

Федеральное агентство по рыболовству  
ФГОУВПО “Мурманский государственный технический университет”  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН  
Полярный геофизический институт КНЦ РАН  
Геологический институт КНЦ РАН

Юбилейная международная научно-техническая конференция

**“НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2010”**,

посвященная 60-летию МГТУ

(5-9 апреля 2010 г.)



International Conference

**”SCIENCE AND EDUCATION – 2010”**

dedicated to the 60-year anniversary of

Murmansk State Technical University

(April 5-9, 2010)

Мурманск  
2010

Наука и образование – 2010

[Электронный ресурс] : материалы межд. науч.-техн. конф., Мурманск, 5-9 апреля 2010 г. / МГТУ. - Электрон. текст дан. (139 Мб.) - Мурманск: МГТУ, 2010. - 1 оптический диск (CD-ROM). — систем. требования : PC не ниже класса Pentium II; 128 Мб RAM; программное обеспечение для просмотра файлов в формате Adobe PDF 1.5; привод компакт-дисков CD-ROM 2-х и выше. -

Гос. рег. НТЦ “Информрегистр” № 0321000362

139 Мб.

1 оптический диск

Компьютерный набор и редактирование: Мартыненко О.В., Золотов О.В.

Материалы докладов международной НТК “НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ — 2010”  
опубликованы в авторской редакции.

Финальная верстка материалов международной НТК “НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ — 2010” осуществлялась с использованием pdfL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X (из дистрибутива T<sub>E</sub>XLive), основанной на созданной проф. Дональдом Э. Кнудом (Donald E. Knuth) издательской системе T<sub>E</sub>X.

T<sub>E</sub>X— зарегистрированная торговая марка  
Американского Математического Общества.

© Murmansk State Technical University, 2010

© Мурманский государственный технический университет, 2010

# Оглавление

<b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ “ОСВОЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ АРКТИКИ. ПРОБЛЕМЫ, ЗАДАЧИ, ПУТИ РЕШЕНИЯ”</b> . . . . .	25
СЕЛИН В.С., Перспективы развития морских коммуникаций в Западной Арктике . . . . .	27
ЕРШОВ А.М., Повышение эффективности деятельности МГТУ . . . . .	28
ЗИЛАНОВ В.К., Современное состояние и перспективы освоения морских живых ресурсов в меняющейся Арктике . . . . .	29
ДОЛГУНОВ К.А., МАРТИРОСЯН В.Н., Состояние изученности и углеводородный потенциал шельфа Арктических морей России . . . . .	30
ШАВЫКИН А.А., Экологическое сопровождение освоения шельфа Баренцева моря. Проблемы и возможные решения . . . . .	31
<b>ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ</b> . . . . .	33
БОГДАНОВА О.А., ПЕТРОВ Б.Ф., Анализ динамики численности контингента в ИДО МГТУ за 5 лет . . . . .	35
ПЕТРОВ Б.Ф., Результаты внедрения дистанционного обучения в МГТУ . . . . .	39
KÄRNÄ VEIKKO, Virtual worlds in distance learning . . . . .	43
KULLERUD K., WebGeology – lectures in geology on the web – a useful tool for distance learning? . . . . .	45
СМАГЛИЙ Т.В., Обеспеченность учебно-методическими материалами специальности «Программное обеспечение ВТ и АС» в ИДО МГТУ . . . . .	49
КОЛПАКЧИ С.С., Проект реализации технологии виртуальных лабораторных работ в информационной системе ИДО МГТУ . . . . .	51
ХАРЧЕНКО Т.В., ПРИВАЛИХИНА Н.В., Результаты набора слушателей ИДО в 2009/2010 учебном году . . . . .	54
ЗОЛОТОВ О.В., О пользе и вреде антиплагиата . . . . .	56
ЛУКОВКИН С.Б., ХОХЛОВА Л.И., Возможности информационных технологий в мониторинге качества образования . . . . .	60
БУРЗУН М.С., Дистанционное образование в программах международного обмена студентами . . . . .	65
МАЛАЕВА А.В., Информационные и коммуникационные технологии в обучении иностранным языкам . . . . .	68
НЕПОМИЛУЕВА О.А., Структура затрат ИДО МГТУ на разработку учебно-методических материалов . . . . .	71

<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ РАЗРАБОТКИ</b> . . . . .	<b>73</b>
Бычкова С.М., Жарких А.А., Имитационное моделирование плотностей распределения вероятностей расстояний между множествами точек плоскости при случайных поворотах и отражениях . . . . .	75
DENCHEVSKY L.T., Expo-Rational B-Splines: Properties, Generalizations And Applications . . . . .	79
СЕРЕДА А.-В.И., Параметрическая идентификация численных моделей . . . . .	81
МАСЛОБОВЕВ А.В., Информационная поддержка логистики инноваций: задачи, методы и технологии . . . . .	86
ДРАНИЦА Ю.П., ДРАНИЦА А.Ю., Потенциальная разрешающая способность методов локации . . . . .	91
ДРАНИЦА Ю.П., АЛЕКСЕЕВСКАЯ О.В., Постановка и решение основной задачи оптимальной линейной фильтрации . . . . .	96
ГОЛУБЕВ В.О., КАЦУБА В.С., Исследование элементов и процесса создания визуализаций учебных объектов и понятий . . . . .	101
СКРЯБИН А.В., КАЦУБА В.С., Интегрированные учебные задания по дисциплинам «Программирование на языке высокого уровня» и «Математический анализ» для бакалавров направления «ИВТ» . . . . .	105
МЕЕВ А.Н., КАЦУБА В.С., Проект интеллектуализации в автогенерации тестовых заданий . . . . .	109
БОРИСОВ Д.А., ПЛЮЩАЕВ В.И., Минимизация расхода топлива двигателями судна при прохождении маршрута за заданное время . . . . .	113
СКРЯБИН А.В., ЛАЗАРЕВА И.М., Проблемы разработки средств создания электронных учебных курсов . . . . .	120
ГОЛУБЕВ Б.В., ШУТОВ А.В., КОБЫЛЯНСКИЙ И.Г., Анализ размерностей в расчетах частоты открывания - закрывания дверей шкафов-витрин холодильных установок . . . . .	123
МАРИНИН А.А., Программа минимизации производственных затрат на имитационной модели управления запасами . . . . .	127
ПОРЦЕЛЬ Н.А., Количественные метрики критичности операций в графе выполнения программы . . . . .	130
ЖАРКИХ А.А., ПАВЛОВ И.А., Исследование свойств самоподобия речевого сигнала на основе разностных и суммирующих алгоритмов дробного порядка . . . . .	133
МАРТЫНЕНКО О.В., Имитационное моделирование большого ансамбля частиц в пространствах различной размерности . . . . .	140
МАРТЫНЕНКО О.В., О понятии вращения в декартовом пространстве произвольной размерности . . . . .	145
БАКУЛИНА И.Р., СМИРНОВ М.Ю., Программа расчета показателей экономической эффективности эксплуатации автопоездов-сортиментовозов . . . . .	149
УМАРОВА Ж.Р., УМБЕТОВ У.У., Моделирование диффузии газа в полимерных мембранах . . . . .	154
БУЙВОЛ П.А., МАКАРОВА И.В., ХАБИБУЛЛИН Р.Г., Использование систем поддержки принятия решений в управлении дилерско-сервисной сетью . . . . .	157

Воронцов А.А., Слесарев Ю.Н., Моделирование магнитной системы магнитострикционного наклономера . . . . .	160
Гайнуллина Г.М., Гальцев А.А., Полулех А.В., Математическое моделирование электромагнитных преобразователей при контроле изделий с прерывистой формой поверхности . . . . .	164
Голубинский А.Н., Булгаков О.М., Мера различимости для верификации личности по голосу на основе модуляционной полигармонической математической модели . . . . .	168
Пчелинцева О.Н., Демин Е.С., Карпухин Э.В., Демин С.Б., Моделирование САУ АЗС с магнитострикционными приборами уровня	172
Жукабаева Т.К., Умбетов У.У., Параметры безопасности в многоуровневой модели разграничения доступа . . . . .	177
Корнюшин Ю.П., Акименко Д.А., Корнюшин П.Ю., Синтез нелинейных регуляторов методом матричных операторов . . . . .	181
Корнюшин Ю.П., Мельников Д.В., Егупов Н.Д., Проекционно-матричный метод анализа нелинейных систем управления с распределенными параметрами . . . . .	185
Кульбицкий А.В., Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Логистический подход к построению модели фракционирования древесной щепы . . . . .	190
Любченко Л.Г., Шпаков М.А., Брейдо И.В., Разработка программного обеспечения работа-манипулятора . . . . .	194
Морозова А.В., Экспертно-аналитическое моделирование в управлении кадровым маркетингом молодых специалистов машиностроительного производства . . . . .	199
Натареев С.В., Венкин Е.Н., Натареев О.С., Исследование процесса сушки глины в камерной сушилке проточного типа . . . . .	204
Подвойский А.О., Боровских В.Е., Реономная концепция динамики снижения предела выносливости . . . . .	206
Портнов К.В., Разработка информационной системы обработки экспериментальных данных для оценки эффективности процессов управления закупки сырья . . . . .	211
Серебренникова А.В., Дорошенко С.А., Ильин А.А., Сравнительный анализ моделей турбулентности, основанных на решении осредненных уравнений Рейнольдса . . . . .	216
<b>Фундаментальные проблемы геологии Кольского полуострова и шельфа Баренцева моря . . . . .</b>	<b>221</b>
Едигарьев В.Г., Оценка целесообразности перехода на транспорт карьерной руды по подземным выработкам . . . . .	223
Едигарьев В.Г., Электронная база данных горного оборудования для ведения подземных работ . . . . .	226
Каменев Е.А., Рудные поля Хибинских месторождений . . . . .	229
Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Нефтегазоносные бассейны Баренцево-Карского региона . . . . .	232
Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Мартынов Е.В., Козлова Н.Е., Возможность геодинамической типизации нефтегазоносных провинций по плотности нефти и содержанию в ней серы . . . . .	237

Пожиленко В.И., Следствия анализа ориентировки и размеров осей фрагментов деформированных обломочных пород . . . . .	242
Предовский А.А., Чикирёв И.В., Абмаева Н.С., О возможном механизме развития гигантских структурных петель Земли . . . . .	246
<b>Физические процессы шельфовых нефтегазовых производств и технологий . . . . .</b>	<b>251</b>
Папуша А.Н., Гонтарев Д.П., О проблеме моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива в окрестности сверхглубокой вертикальной скважины . . . . .	253
Нанкин А.А., Проектирование подводных систем сбора и подготовки газа на Штокмановском газоконденсатном месторождении в системе OPGA . . . . .	258
Юдин Ю.И., Гололобов А.Н., Барахта А.В., Математическое моделирование работы движительно-рулевого комплекса (ДРК) бурового судна . . . . .	263
Папуша А.Н., Шпак Р.С., Проектирование забуривания на глубоководном шельфе в условиях переменных морских течений . . . . .	273
Папуша А.Н., Мархотка Ю.А., Пробковые режимы течения двухфазного потока в эксплуатационном райзере на Штокмановском ГКМ	278
Боголюбов А.А., О некоторых методах описания физических процессов, происходящих вблизи критических точек . . . . .	282
Каиров Т.В., Проектные решения для строительства подводного трубопровода многослойной конструкции на глубокой воде J-методом . . . . .	283
Раруша А.Н., Кузнецов А.Г., Гудместад О.Т.,Jonassen Т.М., Subsea Pipeline at Shallow Water: S-method of Installation in Arctic . . . . .	288
Герасимова О.В., Использование смеси СПГ-дизтопливо на морских судах, обслуживающих газоконденсатные месторождения . . . . .	294
Коротаев А.Б., О двух подходах к изучению многофазных течений . . . . .	296
Мотылёва Т.А., Разработка облегченных полыми микросферами буровых растворов . . . . .	302
Мохов Г.В., Модернизация геофизических судов для совершенствования их технико-технологических параметров . . . . .	303
Морозов Н.Н., Кашкатенко Г.В., Микроволновый разогрев нефтепродуктов в трубопроводах . . . . .	309
Шишко А.Л., Сравнительный анализ транспорта многокомпонентного газа со Штокмановского ГКМ по нормам ОНТП и уточненной методике . . . . .	312
Рокос С.И., Борозды ледового выпаживания в мелководных районах Печорского и Карского морей . . . . .	318
Костин Д.А., Криолитозана и приповерхностные зоны аномально-высокого пластового давления в южной части Западно-Арктического шельфа . . . . .	323
<b>Геофизические процессы в Арктике . . . . .</b>	<b>327</b>
Асминг В.Э., Фёдоров А.В., Об одном новом подходе к обработке данных сейсмической группы . . . . .	329

АСМИНГ В.Э., ЕВТЮГИНА З.А., НАХШИНА Л.П., ПРОКУДИНА А.В., Первые результаты эксплуатации системы совместного детекти- рования инфразвуковых сигналов и локации их источников на базе станций Arcses и Апатиты . . . . .	334
БАРАНОВ С.В., ВИНОГРАДОВ А.Н., НАХШИНА Л.П., ПРОКУДИ- НА А.В., Аномальная сейсмическая активность пролива Стур- фьорд (Архипелаг Шпицберген), наблюдаемая с 2008 года . . . . .	338
ФЁДОРОВ А.В., АСМИНГ В.Э., ЕВТЮГИНА З.А., Первые результаты обработки данных сейсмического процесса зоны Стур-фиорд, архипелаг Шпицберген . . . . .	344
ANDREASSEN K., WINSBORRO M., Deglaciation of the Barents sea (Та- яние льдов в Баренцевом море) . . . . .	347
ВОЛКОВ М.А., Эффект усиления магнитного поля за счет высыпания заряженных частиц . . . . .	352
СЕРГЕЕВА А.Ю., ЗУБОВА Ю.В., НАМГАЛАДЗЕ А.А., Влияние учета колебательного возбуждения молекулярного азота на результа- ты численного моделирования состояния F-области ионосферы . . . . .	355
МАРТЫНЕНКО О.В., БОТОВА М.Г., КНЯЗЕВА М.А., Взаимодействие процессов продольной диффузии ионов и вертикального дрейфа плазмы при формировании экваториальной аномалии . . . . .	360
БЕЛОУШКО К.Е., НАМГАЛАДЗЕ А.А., КНЯЗЕВА М.А., Регулярные вариации критической частоты F2-слоя спокойной среднеши- ротной ионосферы в условиях равноденствия . . . . .	365
ГРИГОРЬЕВА М.А., НАМГАЛАДЗЕ А.А., КНЯЗЕВА М.А., Матема- тическое моделирование летней среднеширотной ионосферы в магнитоспокойных условиях . . . . .	369
ПОРУБОВА С.В., НАМГАЛАДЗЕ А.А., КНЯЗЕВА М.А., Исследование особенностей поведения невозмущенной среднеширотной ионо- сферы в зимних условиях . . . . .	373
ЗОЛОТОВ О.В., ПРОХОРОВ Б.Е., НАМГАЛАДЗЕ А.А., МАРТЫНЕН- КО О.В., Вариации в полном электронном содержании в период подготовки байкальского землетрясения 27 августа 2008 года . . . . .	377
ПРОХОРОВ Б.Е., НАМГАЛАДЗЕ А.А., Термосферная циркуляция по данным модели UAM и спутника CHAMP . . . . .	378
ВИНОГРАДОВ Ю.А., АСМИНГ В.Э., Мобильная инфразвуковая группа . . . . .	379
МАРТЫНЕНКО О.В., БОТОВА М.Г., Особенности процессов продоль- ной диффузии ионов во внешней части плазмосферы . . . . .	383
КНЯЗЕВА М.А., НАМГАЛАДЗЕ А.А., Влияние электрических полей магнитосферного и термосферного происхождения на ночную среднеширотную F2-область ионосферы . . . . .	388
МАРТЫНЕНКО О.В., ЗОЛОТОВ О.В., Программное обеспечение для сопоставления результатов расчетов по модели UAM с данными спутника CHAMP . . . . .	393
ЗУБОВА Ю.В., НАМГАЛАДЗЕ А.А., Исследование поведения субав- роральной и высокоширотной F2-области ионосферы методом математического моделирования с привлечением данных вер- тикального зондирования . . . . .	400

Золотов О.В., Источники геофизических данных в публичных сетях на примере сети INTERNET . . . . .	403
<b>ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ БАЗОВЫХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ . . . . .</b>	<b>413</b>
Власова С.В., Проблема качества высшего профессионального технического образования в современной России . . . . .	415
Власова С.В., Подготовка студентов к Федеральному Интернет-экзамену в сфере профессионального образования по курсу общей физики . . . . .	420
Шиян А.Ф., Вычислительный эксперимент в среде пакета Mathematica . . . . .	425
Мартыненко О.В., Распределение частиц газа по скоростям в пространствах различной размерности . . . . .	429
Мартыненко О.В., Моделирование максвеллизации ансамбля частиц в пространствах различной размерности . . . . .	436
Никонов О.А., Шолохов В.С., Принцип относительности в электродинамике . . . . .	443
Власов А.Б., Виртуальный лабораторный практикум по электронике для студентов технических специальностей . . . . .	446
Быковская Н.Е., Кацуба В.С., Об особенностях восприятия учебного материала при использовании элементов компьютерного обучения . . . . .	447
Кормилицына Т.В., Особенности реализации Государственных образовательных стандартов в рамках дисциплин по выбору . . . . .	451
Кормилицына Т.В., Планирование дисциплины по выбору «Основы геометрического моделирования» для студентов педагогического вуза . . . . .	454
Андрианов В.Г., Степычева Н.В., Инновационные подходы в образовании	458
Голубева Н.В., О необходимости повышения статуса курса «Математическое моделирование систем и процессов» в системе высшего технического образования . . . . .	461
Ихласова Б.И., Гаджимурвдова Р.М., Мурсалова М.Г., Современные подходы к преподаванию химии в техническом ВУЗе . . . . .	463
Корнева И.П., Быкова Н.Т., Использование тестов при обучении физике в БГАРФ . . . . .	467
Куценко С.С., Крукович И.П., Кошелева И.Б., Роль информационно-проектной деятельности в процессе обучения студентов технического вуза . . . . .	470
<b>Химия . . . . .</b>	<b>473</b>
DERKACH S.R., DYAKINA T.A., PETROVA L.A., KUKUSHKINA A.N., Rheological behavior of emulsions: effect of concentration . . . . .	475
Гаврилова А.В., Синтез и некоторые свойства N,N'-бис (триметилсилил) карбодиимида . . . . .	480
Воронько Н.Г., Деркач С.Р., Веденеева Ю.В., Влияние добавок полисахаридов водного происхождения на коллоидно-химические свойства растворов и гелей желатины . . . . .	481

Долгопятова Н.В., Расщепление гликозидных связей хитина в кислой среде . . . . .	486
Порцель М.Н., Выделение хондроитинсульфата из кукумарии . . . . .	489
Безымянова Ю.А., Скиба Г.С., Расчет кристаллизационного разделения солей в системах эвтонического типа . . . . .	492
Широнина А.Ю., Деркач С.Р., Новиков В.Ю., Кинетика ферментативного гидролиза белоксодержащего рыбного сырья . . . . .	497
Путинцев Н.М., Путинцев Д.Н., Высокочастотная диэлектрическая проницаемость воды и ее составляющие . . . . .	501
Зиновьева А.Б., Путинцев Д.Н., Степанова Н.В., Манютин И.О., Путинцев Н.М., Расчет деформационной составляющей диэлектрической проницаемости нормальных спиртов . . . . .	506
Манютин И.О., Зиновьева А.Б., Степанова Н.В., Коновалова И.Н., Путинцев Д.Н., Путинцев Н.М., Расчет деформационной составляющей диэлектрической проницаемости нитрилов . . . . .	510
Белова Л.О., Панфилова В.М., Кирилин А.Д., Некоторые аспекты химических превращений диазолов в реакциях с диметилхлорметилхлорсиланом . . . . .	514
Булычев Н.А., Кистерев Э.В., Применение ультразвуковых технологий в нанохимии . . . . .	516
Васёха М.В., Мотов Д.Л., Очистка электролитных растворов цветной металлургии от примесей железа . . . . .	518
Введенская И.В., Шавырина О.А., Саморазвивающаяся и саморегулируемая система в сапропелеобразовании . . . . .	520
Медведева Е.С., Лупейко Т.Г., Свирская С.Н., Пахомов А.С., Получение гипотиофосфатов лития и натрия в спиртовом растворе . . . . .	523
Лупейко Т.Г., Рыбина И.Н., Свирская С.Н., Исследование взаимодействия сульфидов индия (III) и фосфора (V) в квазизамкнутом объеме при атмосферном давлении . . . . .	527
Чернышев Е.А., Комаленкова Н.Г., Яковлева Г.Н., Быковченко В.Г., Лахтин В.Г., Зueva Е.А., Овчаров Ю.Ю., Разработка метода синтеза биологически активных германийорганических соединений атрановой структуры на основе хлорпроизводных этилена . . . . .	530
<b>Экология и защита окружающей среды . . . . .</b>	<b>531</b>
Абдулаева А.С., Территориальная мощность экспозиционной дозы Дагестана . . . . .	533
Артемкина Н.А., Исаева Л.Г., Химический состав эктомикоризных корней PINUS SYLVESTRIS L. и его изменение в различных экологических условиях . . . . .	537
Баширов Р.Р., Салихов Ш.К., Магомедалиев А.З., Хром, никель, свинец в коричневых почвах предгорной зоны Дагестана . . . . .	541
Баярова Ю.Л., Королева И.М., Динамика гидрохимических и гидробиологических показателей в Кольском заливе . . . . .	545

ВИШНЕВСКАЯ О.А., МАСЛОБОВЕВ В.А., МЕЛЬНИК Н.А., Оценка влияния городского полигона бытовых и промышленных отходов Апатитско-Кировского района на наземные и водные экосистемы . . . . .	547
ВОЛКОВА Е.В., КОРОЛЁВА И.М., Влияние Кандалакшского алюминиевого завода на наземные экосистемы . . . . .	551
ГУБКИНА Т.Г., ЗОСИН А.П., ПРИЙМАК Т.И., КОШКИНА Л.Б., Применение сорбционно-активных материалов на основе сырья Кольского полуострова для ликвидации нефтяных разливов в природных средах . . . . .	553
ДАУВАЛЬТЕР В.А., КАШУЛИН Н.А., САНДИМИРОВ С.С., Тяжелые металлы в донных отложениях озерно-речной системы реки Пасвик .	557
ДАШКЕВИЧ А.Г., КОРОЛЕВА И.М., Заповедники Кольского полуострова .	562
ДОРОЩЕНКОВ А.В., Оценка ростовых параметров FUCUS VESICULOSUS в условиях литорали Кольского залива . . . . .	564
ЕВСТИГНЕЕВ В.В., Гидротермодинамическая обработка природных и сточных вод с использованием эффектов кавитации . . . . .	568
ЕГОРКИНА Р.Ю., Разработка методологического обеспечения оценки воздействия отходов производства нано- и микросистемной техники на компоненты окружающей среды . . . . .	572
ЕРМОЛАЕВА М.Ю., ФЕДОРОВА О.А., Сравнительная характеристика свойств осадков сточных вод . . . . .	575
ЖАРЕНОВА А.В., КОРОЛЁВА И.М., Экологическая маркировка как потребительское свойство товара . . . . .	579
ИВАНЁХА Е.В., ЛУКИНА Т.М., К вопросу о качестве воды подземных источников северного Подмоскovie . . . . .	581
ИЩЕНКО Н.С., Глобальное потепление и эффективные средства борьбы с ней . . . . .	586
КАМЕНЕВ Е.А., Многофакторная классификация техногенного минерального сырья . . . . .	591
КАНИЦЕВ А.А., Технократический путь и будущее человечества . . . . .	595
КИБАРИН А.А., ХОДАНОВА Т.В., Снижение вредного воздействия действующих газоперекачивающих станций на окружающую среду .	598
КОРНЕВ К.П., КОРНЕВ М.К., КОРНЕВА И.П., Проблемы использования стеклообразных полупроводников в приборах контроля параметров окружающей среды . . . . .	602
КУЗНЕЦОВА Н.В., ВУНДЦЕТТЕЛЬ М.Ф., Токсикологическая оценка экосистемы р. Яхрома . . . . .	606
ЛЕБЕДЕВА И.П., ПОЛЯКОВ И.Н., ДОШЛОВ О.И., Степень активации минеральных порошков и их узких фракций . . . . .	610
НАУМОВ В.А., КАРАВАЕВА Е.В., К вопросу о возможности спонтанной цепной реакции в хранилище отработавшего ядерного топлива в губе Андреева . . . . .	614
НИКИТИНА Н.С., Проблемы управления экологической безопасностью Волгоградской области . . . . .	619
ПАНАСЕНКО А.В., БУРАВЛЕВ В.О., КОНДРАТЮК Е.В., ЛЕБЕДЕВ И.А., Применение модифицированных базальтовых волокон для очистки от нефтепродуктов природных и сточных вод . . . .	623

ПАХОМОВ М.В., Изменения в пищевой мотивации и двигательной активности кольчатой нерпы под влиянием низко- и среднечастотных акустических шумов . . . . .	626
ПЕТЕЛЬЧУК К.В., МЕЛЬНИК Н.А., Опыт использования ветроэнергетики в Мурманской области . . . . .	629
РУБЦОВА Е.И., ХНЫКИНА А.Г., БОГОЛЮБОВА И.А., Экологически безопасная технология предпосевной обработки семенного материала	631
СВЕТЛОВ А.В., БАКЛАНОВ А.А., МАХУРА А.Г., СЁРЕНСЕН Й.Х., Воздействие предприятий цветной металлургии Кольского Севера на окружающую среду Северной Фенноскандии . . . . .	634
СТЕЦЮК А.А., Математическое моделирование динамики деструкции нефтяного пятна популяциями нефтеразрушающих микроорганизмов в литоральной зоне Баренцева моря . . . . .	639
ЗАВАЛКО С.Е., Движение воды как регулятор очищающих свойств морских многоклеточных водорослей . . . . .	647
РЯБЦЕВ Е.В., Комплексный анализ влияния свалки в пос. Дровяное на параметры окружающей среды . . . . .	650
ТЕМИРЖАНОВ Р.Д., КОРОЛЁВА И.М., ДЕНИСОВ Д.Б., Сезонная динамика содержания хлорофиллов малого субарктического водоема в условиях интенсивного промышленного загрязнения (на примере оз. Ковдор) . . . . .	653
ТРЕТЬЯКОВА С.Ю., ЗАВАЛКО С.Е., Использование гидробиотического метода для доочистки сточных вод рыбоперерабатывающего производства . . . . .	655
УГЛОВА Н.В., ВАСИЛЬЕВА Ж.В., Поиск новых природных флокулянтов в очистке сточных вод рыбоперерабатывающих производств .	659
УКРАИНСКАЯ К.В., КОРОЛЁВА И.М., Преимущества и риски использования ГМО . . . . .	661
КРИГЕР К.О., АХТУЛОВА Е.М., Перспективы возделывания козлятника восточного на Севере . . . . .	663
ФАРИОН Д.А., КОРОЛЁВА И.М., Решение проблем бездомных животных в России и за рубежом . . . . .	665
ХАНЫГИНА С.С., ЯНУШКО Е.О., ИВАНЁХА Е.В., Гидрохимическая характеристика реки Якоть . . . . .	667
ЩЕГЛОВА С.Ю., КОРОЛЕВА И.М., Ухудшение экологической обстановки как главный фактор изменения социальной структуры населения Мурманской области . . . . .	671
<b>БИОРЕСУРСЫ, УСТОЙЧИВОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ СУБАРКТИКИ</b>	<b>673</b>
АНОХИНА В.С., АНТОНОВА А.А., Современные проблемы экологического нормирования токсических веществ в естественных водоемах .	675
АФОНЧЕВА С.А., МАЛАВЕНДА С.С., КРАВЕЦ П.П., Распределение бентосных сообществ на литорали Кольского залива . . . . .	679
ВАЩЕНКО А.В., Исследование значения флоротаннинов в клетках бурых водорослей . . . . .	683
ДЕНИСОВ Д.Б., Сукцессии фитопланктона озерно-речной системы Пасвик	685

ИСМАИЛОВ Э.Ш., ШАХМАРДАНОВА Э.И., БУГАНОВ Х.А., ЗАГИРОВА Д.З., ДИБИРОВА М.М., Использование микроволн в биотехнологии, сельскохозяйственной технологии и пищевом производстве . . . . .	690
КАЗАКОВА Г.Б., Анализ некоторых типичных ошибок при статистической обработке биологических данных . . . . .	693
КАЛИНИНА Н.Р., Тенденции и проблемы государственного регулирования в аквакультуре . . . . .	698
КРАВЕЦ П.П., Состояние литоральных поселений MYTILUS EDULIS L. северного колена Кольского залива Баренцева моря . . . . .	700
ЛИТВИНОВ Ю.В., Изменение двигательной активности серых тюленей под влиянием метеорологических факторов . . . . .	703
МАЛАВЕНДА С.С., Водоросли литорали губы Тюва Кольского залива . . . . .	706
МИШИН Т.В., Развитие и современное состояние промысла гренландского тюленя в Белом море . . . . .	710
НАСУРЛАЕВА З.Ю., Электромагнитное поле как фактор, стимулирующий рост и развитие зерновых культур . . . . .	715
ПАНТЕЛЕЕВА И.В., Общая оценка зараженности литоральных брюхоногих моллюсков LITTORINA SAXATILIS партенитами трематод на литорали губы Ярнышная Баренцева моря . . . . .	719
ПРИЙМАК Е.В., О ритме развития рдеста альпийского в окрестностях г. Мурманска . . . . .	721
ИСМАИЛОВ Э.Ш., ШАХМАРДАНОВА Э.И., БУГАНОВ Х.А., ЗАГИРОВА Д.З., ДИБИРОВА М.М., Использование микроволн в биотехнологии, сельскохозяйственной технологии и пищевом производстве . . . . .	724
ШОШИНА Е.В., МАЛАВЕНДА С.С., КРАВЕЦ П.П., АНОХИНА В.С., Биологическая изменчивость и разнообразие промысловых гидробионтов в прибрежных районах Баренцева моря . . . . .	727
ШОШИНА Е.В., Биоразнообразии макроводорослей и факторы среды в высоких широтах . . . . .	732
<b>ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ . . . . .</b>	<b>737</b>
ГАСАНОВ Р.Б., Биохимическая характеристика возрастной изменчивости растений в условиях техногенного загрязнения . . . . .	739
ГАСАНОВ Р.Б., Фенологические наблюдения высших растений в условиях г. Мурманска . . . . .	742
ГАСАНОВ Р.Б., ПАХОМОВА Н.А., ЖИРОВ В.К., Подходы к изучению адаптаций высших растений к условиям урбанизированных северных экосистем . . . . .	746
ГЛАДКИХ А.С., Влияние энергетической ценности рыбы на максимальное суточное потребление гренландскими тюленями . . . . .	748
ГОРБУНОВА С.И., Выращивание однолетников в ботаническом саду МГТУ в 2009 году . . . . .	752
ГОРБУНОВА С.И., Выращивание жимолости в ботаническом саду МГТУ . . . . .	756
ГУСЕЙНОВА Б.М., ДАУДОВА Т.И., Оценка сохранности биокомпонентов ежевики и облепихи при шоковом замораживании и холодом хранении . . . . .	760

ДЕВЯТНИКОВА Л.А., НИКОНОВА Ю.В., О некоторых закономерностях технологического процесса очистки от коры круглых лесоматериалов в установках барабанного типа . . . . .	764
ДРОЗДОВА Е.И., Оценка значимости экологических аспектов деятельности предприятий на примере Мурманской области . . . . .	767
ЕГОРОВ М.А., МУХАМЕДЖАНОВА Л.Р., Экологические аспекты этиопатогенеза заболеваний красной каймы губ . . . . .	770
ЖУРАВЛЕВА Н.Г., ОТТЕСЕН О., ОСТРОВСКИЙ А., ИВАКИНА Ю.И., Морфология тимуса трески на ранних стадиях онтогенеза . . . . .	773
ЖУРАВЛЕВА Н.Г., ЛАРИНА Т.М., ОТТЕСЕН О., К вопросу о причинах деформаций ното хорда молоди трески <i>Gadus morhua</i> L., выращиваемой в садках и бассейнах на фермах северных стран Европы . . . . .	775
ЗАЙЦЕВА М.И., Разработка и результаты применения технологии использования порубочных остатков при выращивании сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой . . . . .	779
КАДНИКОВА И.А., Особенности биоаккумуляции металлов красными водорослями Дальневосточных морей . . . . .	783
КОЗЫРЕНКО Е.А., ОТТЕСЕН О., АМИН А., Hatching glands in epidermis of atlantic cod, <i>GADUS MORHUA</i> L. LARVAE . . . . .	788
КОЗЫРЕНКО Е.А., ОТТЕСЕН О., АМИН А., Chloride cells in epidermis of atlantic cod, <i>GADUS MORHUA</i> L. . . . .	791
КОЗЫРЕНКО Е.А., ОТТЕСЕН О., АМИН А., Распределение чувствительных структур и вкусовых почек в эпидермисе атлантической трески <i>GADUS MORHUA</i> . . . . .	794
ЛАЗУРЕНКО В.В., Основные принципы биологического исследования водоемов . . . . .	797
ЛАЗУРЕНКО В.В., Показатели, основанные на учете тотального макрозообентоса, его функциональных групп и таксонов надвидового ранга (без учета видового состава сообщества) . . . . .	799
ЛАРИНА Т.М., ЖУРАВЛЁВА Н.Г., ОТТЕСЕН О., Дисфункция первоначального наполнения плавательного пузыря - одна из причин аномалий развития молоди рыб . . . . .	803
ЛАРИНА Т.М., ЖУРАВЛЁВА Н.Г., ОТТЕСЕН О., Сложности выращивания жизнестойкой молоди трески <i>GADUS MORHUA</i> L. на ранних стадиях развития . . . . .	807
МАРТЕМЬЯНОВА Е.С., Судебная практика Управления Росприроднадзора по Мурманской области по делам об административных правонарушениях . . . . .	810
МАРТЕМЬЯНОВА Е.С., Экологическая политика предприятия ОАО «КАЗ – СУАЛ» . . . . .	815
МАРТЕМЬЯНОВА Е.С., Геологический контроль и надзор за рациональным использованием и охраной недр в регионе . . . . .	820
МАРТЕМЬЯНОВА Е.С., Разработка проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение для предприятий региона . . . . .	825
МИНЧЁНОК Е.Е., Экспресс-метод оценки состояния пресноводных водоемов, подверженных антропогенному загрязнению . . . . .	830

ПАХОМОВА Н.А., Минченко Е.Е., Модель гетеротрофной сукцессии в культуре сеного настоя . . . . .	834
ПАХОМОВА Н.А., Сравнительная оценка структуры популяций <i>LITTORINA SAXSATILIS</i> (OLIVI) и <i>LITTORINA OBTUSATA</i> (L.) в губе Дальнезеленецкой (Баренцево море) в 2008 и 2009 гг. . . . .	835
ХРАПОВА Т.А., ПЕРЕТРУХИНА А.Т., ПАХОМОВА Н.А., Оценка загрязнения акватории Кольского залива в районе Мурманской Судовой верфи по данным исследования 2005-2007 гг. . . . .	839
САЛМОВА Н.А., Перспективы развития морского рыбоводства на Северо-Западе России . . . . .	842
САЛМОВА Н.А., ЖУРАВЛЕВА Н.Г., Марикультура как элемент рационального природопользования . . . . .	845
СТАШКЕВИЧ Т.В., ГЛАВИНСКАЯ Л.Т., Особенности воздействия предприятий малого и среднего бизнеса Калининградской области на окружающую природную среду . . . . .	849
МАРТЕМЬЯНОВА Е.С., Экологическое состояние и использование поверхностных вод бассейна реки Тулома . . . . .	853
<b>МИКРОБИОЛОГИЯ . . . . .</b>	<b>859</b>
АНЦИФЕРОВА А.В., Сезонные изменения в гонадах голотурии <i>CUCUMARIA FRONDOSA</i> Баренцева моря . . . . .	861
БЕЛЯКОВА А.С., Микробиологические исследования морских экосистем Крайнего Севера . . . . .	864
ГЕРАСЬКИН В.С., ПЕРЕТРУХИНА А.Т., Санитарно-микробиологическая оценка состояния почв г. Мурманска . . . . .	867
СВИТНЕВА В.В., Влияние экологических факторов на заболевания новорожденных и родильниц в г. Мончегорске . . . . .	869
ЛАВИНЦЕВА Е.В., МИШИНЕВА З.Р., ВОРОБЕЙ А.В., Актуальные проблемы анизакидоза на территории Российской Федерации и Мурманской области . . . . .	872
ЛИТВИНОВА М.Ю., ПЕРЕТРУХИНА И.В., Сезонная динамика гетеротрофного бактериопланктона среднего и северного колен Кольского залива . . . . .	875
ЛУЦЕНКО Е.С., БЕРЕСТЕННИКОВА И.В., ПЕРЕТРУХИНА И.В., Роль вирусов в морях . . . . .	878
ЛУЦЕНКО Е.С., БЕРЕСТЕННИКОВА И.В., ПЕРЕТРУХИНА А.Т., Экологические, биологические и биохимические особенности цианобактерий и цианофагов в Кольском заливе . . . . .	882
МИЩЕНКО Е.С., Исследование соотношения различных морфологических групп гетеротрофных микроорганизмов в воде литорали Кольского залива . . . . .	885
БОГДАНОВА О.Ю., Эпидемиологическая обстановка по туберкулезу в Мурманской области с 2005 по 2007 годы . . . . .	890
ПЕРЕТРУХИНА А.Т., ЛУЦЕНКО Е.С., Химические и микробиологические исследования сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий . . . . .	895

Новикова А.Н., Теоретические аспекты эффективности метода применения 5-циано-2,3-дигидро-1H-тетразолхлорида для учета численности активных бактерий с использованием флюорисцентной микроскопии . . . . .	900
<b>Биохимия и медицина . . . . .</b>	<b>903</b>
Анохина В.С., Квасоварова А.В., Картина крови гольца озёрного с Князегубского рыбоводного завода Мурманской области . . . . .	905
Блашкова С.Л., Макарова Н.А., Изучение частоты назначения иммунологического обследования больным с хроническим генерализованным пародонтитом с учетом патогенеза заболевания . . . . .	907
Гилязева В.В., Сокольская Д.И., Гиниятуллин И.И., Изучение применения полиоксидония в составе комплексной терапии кариеса зубов . . . . .	911
Дьякова О.Г., Возможность применения дифференциальных операторов на основе гладких функций для анализа магнитно-резонансных томограмм . . . . .	914
Игумнов Р.О., Овчинникова С.И., Биохимические изменения в тканях кумжи ( <i>SALMO TRUTTA</i> ) . . . . .	918
Каменский С.Л., Анохина В.С., Современное состояние туломского стада атлантического лосося . . . . .	920
Кривенко О.Г., Заболевания сердечно-сосудистой системы (обзорная статья) . . . . .	922
Михнюк О.В., Изучение химического состава мышечной ткани форели . . . . .	926
Губайдуллина А.Р., Мухаметжанова Л.Р., Влияние гнатодинамотренинга на состояние тканей пародонта . . . . .	928
Овчинникова С.И., Перспективные направления биохимических исследований гидробионтов . . . . .	932
Панова Н.А., Биоэтические проблемы репродукции . . . . .	933
Похольченко Л.А., Сравнительный анализ липидного состава речной и заводской молоди атлантического лосося <i>SALMO SALAR</i> L. Кольского полуострова . . . . .	935
Рувинская Г.Р., Применение лазерного аппарата «оптодан» при дентальной имплантации . . . . .	937
Старцева Е.Ю., Березин К.А., Эффективность восстановления клиновидного дефекта методом «Sandwich technik» . . . . .	942
Тимакова Л.И., Овчинникова С.И., Использование биохимических маркеров для оценки состояния рыб с разной морфофункциональной активностью . . . . .	947
Смирнова Е.Б., Влияние различных факторов на свойства ферментных препаратов, выделенных из гепатопанкреаса крабов . . . . .	949
Шкуратов П.П., Мухин В.А., Пищевая ценность консервированной продукции, выпускаемой рыбной промышленностью: истинная и декларируемая производителями . . . . .	952
Фазылова Ю.В., Клеточные и гуморальные факторы защиты слизистой оболочки полости рта у больных с хроническими воспалительными заболеваниями пародонта . . . . .	957

ХАЙРУЛЛИНА В.Р., БЁГЕЛЬ Х., ЭНЦИАН А., Изучение взаимосвязи «структура – ингибирование каталитической активности 15-липоксигеназы» методами QSAR . . . . .	961
ХАЙРУЛЛИНА В.Р., ТАИПОВ А.И., САННИКОВА М.Н., ГЕРЧИКОВ А.Я., ЗАРУДИЙ Ф.С., Структурные закономерности эффективных ингибиторов 5-липоксигеназы . . . . .	965
ШАШКОВА Е.В., ПАДАЛКО В.В., Роль биогенных веществ в адаптации хвойных пород на Кольском полуострове . . . . .	969
ШИРОКАЯ Т.А., Биохимические адаптации рыб в условиях акватории Кольского залива . . . . .	971
КЛЮЧКО Е.В., Лекарственная зависимость . . . . .	972
<b>ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ . . . . .</b>	<b>977</b>
БЫКОВА А.Е., БРАЖНАЯ И.Э., Обоснование возможности использования дикорастущего растительного сырья Кольского полуострова в технологии пресервов . . . . .	979
МАСЛОВ А.А., ВЛАСОВ А.В., ВЛАСОВА А.Р., Разработка способа использования конденсата и охлаждающей воды в стерилизационных установках по замкнутому циклу . . . . .	984
ВОЛКОВА А.П., ГРОХОВСКИЙ В.А., Разработка технологии шоколадной пасты на основе изолята рыбного белка (ИРБ) . . . . .	988
ГРОХОВСКИЙ В.А., НИЗКОВСКАЯ О.А., Исследование реологических свойств формованного продукта «Морское ассорти» . . . . .	992
ГРОХОВСКИЙ В.А., НИЗКОВСКАЯ О.А., Особенности посола при разработке технологии формованной продукции из малоценных гидробионтов . . . . .	996
ЕРШОВ М.А., ЕРШОВ А.М., НИКОЛАЕНКО О.А., Особенности методики расчета коэффициентов диффузии влаги в рыбе при построении поля влагосодержания для процессов холодной сушки . . . . .	1000
ЕРШОВ М.А., ТОЛСТОРЕБРОВ И.Н., МАСЛОВ А.А., КАЙЧЕНОВ А.В., АМИНОВ В.А., Малогабаритная сушильная установка . . . . .	1004
МАСЛОВ А.А., ВЛАСОВ А.В., КАЙЧЕНОВ А.В., К вопросу о методах определения стерилизующего эффекта при производстве консервов в автоклавах периодического действия . . . . .	1006
ГОЛУБЕВ Б.В., ШУТОВ А.В., КОБЫЛЯНСКИЙ И.Г., Исследование работы минидымогенератора . . . . .	1010
ГОЛУБЕВ Б.В., ШУТОВ А.В., КОБЫЛЯНСКИЙ И.Г., Способ определения утечек холодного воздуха из внутренних объемов шкафов-витрин холодильных установок или рефрижераторных трюмов судов флота рыбной промышленности с помощью дымогенератора . . . . .	1014
ГОЛУБЕВ Б.В., ШУТОВ А.В., КОБЫЛЯНСКИЙ И.Г., Экспериментальные исследования неустановившегося (нестационарного) режима утечки холодного воздуха при открывании дверей в модели шкафа-витрины . . . . .	1017

КУРАНОВА Л.К., Разработка технологии аналогового продукта «Му- скул морского гребешка имитированный» на основе фарша осо- бых кондиций путассу . . . . .	1022
ТУРШУК Е.Г., ЛОБОДА Е.А., Исследование субпродуктов одомаш- ненных северных оленей . . . . .	1027
ТУРШУК Е.Г., МЕДНОВА Т.В., Исследование мяса одомашненных северных оленей . . . . .	1029
НИКОЛАЕНКО О.А., КУРАНОВА Л.К., ПЕТРОВА И.Б., Разработка научно-обоснованных режимов стерилизации консервов из сы- рья северного региона . . . . .	1031
НИКОЛАЕНКО О.А., К вопросу о подтверждении соответствия про- дуктов питания . . . . .	1036
СЕРПУНИНА Л.Т., Микробиологические и биохимические особенности вторичных пищевых ресурсов переработки шампиньонов . . . . .	1038
СМАНОВСКИЙ В.И., Производство фаршированных полуфабрикатов натуральной рубки из мяса одомашненных северных оленей . . . . .	1042
СУДАК С.Н., К вопросу о предварительной тепловой обработке каль- мара с целью использования его как сырья для производства малосоленых пресервов . . . . .	1043
ТАБАКАЕВА О.В., Перспективные направления использования нерыб- ных гидробионтов Дальневосточного региона . . . . .	1047
ТАБАКАЕВА О.В., Потенциально-промысловые бурые водоросли Дальневосточного региона: перспективы переработки . . . . .	1051
ТЕЛИЦЫНА М.А., КИРИЛЮК О.А., ГРОХОВСКИЙ В.А., Способ изго- товления маринадов из северных ягод с использованием СВЧ-нагрева	1054
ТЕЛИЦЫНА М.А., КИРИЛЮК О.А., ГРОХОВСКИЙ В.А., Разработка рецептуры новых видов быстрозамороженных полуфабрикатов с использованием слоеного теста и оригинальных начинок . . . . .	1056
ТЕЛИЦЫНА М.А., КИРИЛЮК О.А., ГРОХОВСКИЙ В.А., Способ из- готовления повидла из северных ягод с использованием СВЧ-нагрева	1058
ТЕЛИЦЫНА М.А., КИРИЛЮК О.А., ГРОХОВСКИЙ В.А., Разработ- ка новых видов рыбных консервов с использованием ягодных заливок-соусов . . . . .	1061
ТОЛСТОРЕБРОВ И.Н., КУРАНОВА Л.К., ПЕТРОВА И.В., НИКОЛА- ЕНКО О.А., Разработка технологий консервов из пресноводных рыб . . . . .	1063
ЧАЩИНА С.Л., СЕРПУНИНА Л.Т., Влияние режимов хранения рыбы- сырца на содержание гистамина в мышечной ткани . . . . .	1066
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ . . . . .</b>	<b>1071</b>
БАЯСГАЛАН ЗАГДХОРЛОЛ, Особенности и ограничивающие факторы ЭЭС Монголии для создания конкурентного рынка электроэнергии .	1073
БАБОШИН А.А., МАЛЫШЕВ В.С., Устройство для диагностирования состояния поршневой части двигателя по давлению в картере . . . . .	1077
ВЕТЛУЖСКИХ С.Ю., Выбор показателей качества автобусов . . . . .	1081
ВЕТЛУЖСКИХ С.Ю., Анализ моделей комплексной оценки качества продукции . . . . .	1086

ДЗЮБА А.М., Энергосберегающий и экономический эффект замены светильников с люминесцентными лампами и ламп накаливания на светодиодные светильники . . . . .	1091
ДОЛМАТОВА Е.В., МАЛЫШЕВ В.С., Оптимизация состава энергогенерирующих объектов с использованием показателей экоэффективности . . . . .	1094
КАРПОВ В.Н., ЮЛДАШЕВ З.Ш., Асинхронные электродвигатели, используемые в сельскохозяйственном производстве как объект энергосбережения . . . . .	1098
ХАБИВУЛЛИН Р.Г., МАКАРОВА И.В., МАЛАХОВЕЦКИЙ А.Ф., КИНЗИН Р.Х., Использование роликовых и платформенных диагностических стендов для определения технического состояния тормозной системы автомобильной техники . . . . .	1102
МАЛЫШЕВ В.С., КУРЕНКОВ В.В., Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий на основе энергоаудита СОШ № 5 г. Мурманска . . . . .	1104
МАЛЫШЕВ В.С., Модернизация системы отопления здания детского сада с использованием теплонасосной установки . . . . .	1108
МЕДВЕДЕВА О.Н., Рекомендации по развитию структуры снабжения потребителей газовым топливом . . . . .	1109
ЕРШОВ А.М., МИЛКИН В.И., КАЛИТЁНКОВ Н.В., КОРОБКО А.Н., Перманентная приливная электростанция. экологическая безопасность и высокая надежность . . . . .	1113
ЕРШОВ А.М., МИЛКИН В.И., КАЛИТЁНКОВ Н.В., КОРОБКО А.Н., Способ непрерывного действия многофазной приливной станции и устройство для его осуществления – основа экологической безопасности регионов . . . . .	1118
НАУМОВ В.А., КАРАВАЕВА Е.В., К вопросу о возможности спонтанной цепной реакции в хранилище отработавшего ядерного топлива в губе Андреева . . . . .	1121
ОРУДЖОВА О.Н., Возможности использования ОСС ЦБП при строительстве лесовозных дорог . . . . .	1126
ОСИПОВА Н.Н., Определение оптимального радиуса действия газонаполнительной станции . . . . .	1129
СЛЕПУХИН Ю.А., ПАНКРАТОВ П.С., Аспекты применения единой информационной структуры корпоративных приложений в региональной сетевой компании . . . . .	1132
СЛЕПУХИН Ю.А., МУХАЛЕВ В.А., ПАНКРАТОВ П.С., Моделирование объектов, как средство анализирующих и синтезирующих режимов работы схем электроснабжения . . . . .	1136
ЕРОШЕНКО Г.П., ТУЛЕГЕНОВ К.К., Экспериментальные исследования бытового электроинкубатора с резервной системой инкубации . . . . .	1140
ФОФАНОВА А.Ю., Функционирование портового и связанных с ним транспортных комплексов в экономике Мурманской области . . . . .	1142
МАКАРОВА И.В., МАЛАХОВЕЦКИЙ А.Ф., ХАМИДУЛЛИН И.Р., Применение неразрушающего метода контроля при диагностике технических систем как способ их поддержания в равновесном состоянии . . . . .	1146

Южанников А.Ю., Сизганова Е.Ю., Чупак Т.М., Техноценозы и анализ электропотребления промышленного предприятия . . . . .	1148
Фофанова А.Ю., Функционирование портового и связанных с ним транспортных комплексов в экономике Мурманской области . . . . .	1152
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ . . . . .</b>	<b>1157</b>
Барахта А.В., Юдин Ю.И., Типы движителей системы динамического позиционирования . . . . .	1159
Вульфович Б.А., О некоторых актуальных вопросах учебного процесса в МГТУ . . . . .	1162
Гладышевский М.А., Шутов В.В., Рябченко Р.Б., Сиротюк А.А., Прогнозирование рисков - основа снижения уровня аварийности на морском транспорте . . . . .	1167
Юдин Ю.И., Глущенко Н.А., Постановка задачи совершенствования способов управления судном при выполнении швартовки к объекту лежащему в дрейфе . . . . .	1169
Жук В.А., Правовые основы рыболовства в части осуществления физического контроля уловов, перегрузочных операций, выгрузок в порты третьих стран в зоне НЕАФК . . . . .	1172
Жук В.А., Внедрение инновационных технологий в рыбохозяйственный комплекс региона . . . . .	1176
Юдин Ю.И., Каян В.В., Математическое моделирование буксирной операции . . . . .	1180
Клочков Д.Н., Научно-информационное обеспечение океанического рыболовства: проблемы и перспективы . . . . .	1184
Меньшиков В.И., Бражный А.И., К вопросу об исследовании обеспечения безопасности морских буксировок . . . . .	1186
Пасечников М.А., Кузьминых И.С., Помахо С.В., Душин В.Л., Улучшение показателей эффективности функционирования системы управления безопасной эксплуатацией судов . . . . .	1188
Пеньковская К.В., Тропин Б.Л., Пенчук А.Г., Захаров А.В., Интеграция элементов безопасной эксплуатации судов в единую организационно-техническую систему . . . . .	1190
Юдин Ю.И., Анисимов А.Н., Анисимов А.А., Рамков И.А., К вопросу о безопасной скорости в канале . . . . .	1192
Санаев А.И., Санаев Я.М., Баренцево море – специальное режимное море России и Норвегии в новых современных условиях для ловли морепродуктов и охоты на морских животных, зверей и птиц . . . . .	1194
Сарлаев В.Я., Холодов Г.Г., Макеев И.В., Ершов В.А., Математическая модель целостности интерфейса «человеческий элемент - база данных» . . . . .	1197
Тёлушкин Д.П., Сравнительный статистический анализ судовых курсограмм в цифровой форме . . . . .	1198
Фогилев В.А., Аналитические методы обработки астронавигационных обсерваций . . . . .	1202

Холодов Г.Г., Математическая модель критического состояния целостности СНС ГЛОНАСС, как системы ориентации, при работе специализированных судов в режиме динамического позиционирования . . . . .	1205
Холодов Г.Г., Перспективы развития отечественных дифференциальных подсистем СРНС в арктических широтах . . . . .	1212
<b>УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО . . . . .</b>	<b>1217</b>
Зива И.И., Участие рыболовных судов Мурмана в ВОВ . . . . .	1219
Ковальчук Т.А., Ковальчук В.В., Основные задачи исследования и оценки аварийности судов речного и морского флота РФ . . . . .	1222
Недоступ А.А., Орлов Е.К., Эмпирическая формула статического коэффициента трения для полной дуги контакта сетематериалов с фрикционным барабаном промыслового механизма . . . . .	1225
Недоступ А.А., Павленко А.А., Обоснование метода расчета характеристик сетных конусов . . . . .	1230
Орлов Е.К., Сравнительная оценка аналитических и экспериментальных данных статического коэффициента трения для полной дуги контакта сетематериалов с фрикционным барабаном промыслового механизма . . . . .	1234
Подобед В.А., Куряченко Е.А., Инновационные технологии управления электроприводом судовых и портовых кранов . . . . .	1238
Подобед Н.Е., Приложение операционных методов исследования динамики портовых кранов при воздействии ветровых нагрузок . . . . .	1241
Шатохин Б.М., Система информационного обеспечения эффективного управления промыслом (требования, проблемы, теоретические основы, практический опыт) . . . . .	1245
Шеховцев Л.Н., Процессный подход к типологии рыболовных систем . . . . .	1248
Паузе Ю., Инновационные технологии в рыболовстве . . . . .	1250
Анисимов А.Н., Шадрин Ю.А., Шутов В.В., Использование воды в твердом состоянии для тушения пожара . . . . .	1255
Ивкин С.В., Совершенствование подготовки курсантов Морской академии и студентов технологического факультета по вопросам ВМПЭГС . . . . .	1257
Шушко В.Д., Передача груза в море бесконтактным способом . . . . .	1260
Минин Е.Ф., Концепция формирования непрерывной физической культуры в системе профессионального образования моряков (будущих специалистов рыбопромыслового флота) . . . . .	1267
Соловьев А.А., Применение метода пропорциональной навигации для построения траекторий движения судна при траловом лове . . . . .	1270
Шугай С.Н., Применение метода пропорциональной навигации для построения траектории движения судна при кошельковом лове . . . . .	1274
Крылов Г.Г., Совершенствование орудий промышленного рыболовства . . . . .	1279

<b>РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И РАДИОСВЯЗЬ</b> . . . . .	1283
Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гу- рин А.В., Борисенко А.Н., Аппаратурный комплекс для ис- следования влияния неоднородной структуры высокоширотной ионосферы. Азимутальные углы прихода радиоволн . . . . .	1285
Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гу- рин А.В., Особенности диагностики неоднородной ионосферы как среды распространения информационно-навигационных ра- диосигналов . . . . .	1288
Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гу- рин А.В., ЖАРОВЦЕВ А.А., Активная ионосферная антенна. Радиосвязь в северной части морского района А4 . . . . .	1291
Калитёнков А.Н., Калитёнкова М.И., Мищук В.М., ФАДЕ- ЕВ А.П., Программно-аппаратурный комплекс для исследова- ния взаимосвязи между пространственно-временной динамикой форм полярных сияний и точностью позиционирования с помо- щью GPS в северной части морского района А4 . . . . .	1293
Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Кучура А., Гурин А.В., Новые ненаправленные антенны на морском транспорте . . . . .	1296
Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Гурин А.В., Новые подходы к синтезу КВ и УКВ судовых антенных устройств . . . . .	1298
Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Гурин А.В., ЗАГОРОДНЕ- ВА Н.С., АМЕЛЬКИН Д.А., Z-антенны и дуализм поляриза- ций. Безопасность мореплавания в Арктике . . . . .	1300
Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Гурин А.В., КОСПАС-SARSAT – инновационное антенное устройство . . . . .	1306
ЖАРКИХ А.А., Гурин А.В., ПЛАСТУНОВ В.Ю., Использование од- новременной передачи узкополосного сигнала и сигнала с рас- ширенным спектром как метод стеганографии . . . . .	1308
Пономарев О.П., Клишин С.М., Микрополосковая антенна с ме- таматериалом в качестве частотно-селективной структуры . . . . .	1313
Смирнов В.В., Оптимизация метода последовательных приближе- ний при прямом статистическом анализе . . . . .	1317
Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гу- рин А.В., Аппаратурно-программный комплекс для регистра- ции и определения направления на источник радиосигнала сверхнизких частот . . . . .	1322
<b>АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ</b> . . . . .	1325
Маслов А.А., Кайченков А.В., Аминов В.А., Разработка ав- томатической системы управления универсальной коптильно- сушильной установкой . . . . .	1327
Висков А.Ю., Особенности протоколов обмена информации с устройствами удаленного ввода-вывода . . . . .	1331
Власова А.Р., Власов А.В., Разработка и внедрение в учебный процесс учебно-лабораторных стендов для изучения микрокон- троллеров PIC16 . . . . .	1334

МАСЛОВ А.А., ВЛАСОВ А.В., ВЛАСОВА А.Р., Разработка методики определения наименее прогреваемой области стерилизационной камеры автоклава . . . . .	1338
ВОТИНОВ М.В., Анализ современных систем управления дымогенераторами	1343
МАСЛОВ А.А., ВОТИНОВ М.В., Инфракрасные датчики температуры: параметры и особенности применения в технологических процессах . . . . .	1346
МАСЛОВ А.А., ВИСКОВ А.Ю., ВЛАСОВ А.В., КАЙЧЕНОВ А.В., Внедрение технических и программных средств автоматизации «ОВЕН» в учебный процесс и производство . . . . .	1349
ПРОХОРЕНКОВ А.М., КАЧАЛА Н.М., Исследование адаптивных структур регуляторов . . . . .	1353
ПРОХОРЕНКОВ А.М., КАЧАЛА Н.М., Использование прогнозирующих моделей для управления технологическими объектами . . . . .	1354
МАСЛОВ А.А., СОВЛУКОВ А.С., ФАТЕЕВ В.Я., ЯЦЕНКО В.В., ВЛАСОВА А.Р., Радиочастотное резонаторное устройство для измерения физических свойств жидкостей . . . . .	1358
ЛЕЙКО Н.Н., Методика создания электронных учебных материалов . . . . .	1362
МАСЛОВ А.А., ЯЦЕНКО В.В., ВЛАСОВА А.Р., СОВЛУКОВ А.С., Применение радиочастотного метода для непрерывного контроля процесса приготовления копильного препарата . . . . .	1364
ЯЦЕНКО В.В., ВЛАСОВ А.В., Внедрение рейтинговой оценки знаний студентов по дисциплине «Микропроцессорные системы управления»	1368
<b>ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА . . . . .</b>	<b>1373</b>
БАЕВА Л.С., ПАШЕЕВА Т.Ю., Об оценке уровня надежности сварных соединений корпусных конструкций и влиянии технологии сварки на коррозионную стойкость . . . . .	1375
БУЕВ С.А., Оценка технического состояния электрооборудования судов и береговой инфраструктуры методом тепловизионной диагностики . . . . .	1380
ВАЩЕНКО А.В., Анализ причин разрушений деталей судовых технических средств . . . . .	1384
ВЛАСОВ А.Б., Универсальный расчет данных тепловизионного контроля при произвольных условиях испытаний . . . . .	1387
БАЕВА Л.С., ГРИГОРЬЕВА О.П., Система сепарирования топлива . . . . .	1389
ЕФРЕМОВ Л.В., КУМОВА Ж.В., ЧИСТЯКОВА М.А., Вероятностная оценка метрологических характеристик учебных средств измерений . . . . .	1395
КОЛОДЯЖНЫЙ В.И., БАЕВА Л.С., Композиционные антифрикционные покрытия - один из путей решения проблемы преждевременного износа деталей пар трения судовых машин и механизмов . . . . .	1399
ОРЕШКИНА В.М., Нанобетон с содержанием микрокремезема и углеродных нанотрубок . . . . .	1406
ПЕТРОВ А.И., Оценка причин повреждений обмуровок в топках судовых паровых котлов в применении к технологии ремонта . . . . .	1410
ПЕТРОВА Н.Е., Надежность корпусных конструкций судна . . . . .	1412
ПЕТРОВА Н.Е., Износ деталей судовых механизмов . . . . .	1415

---

СЕРГЕЕВ К.О., Жуков А.С., Критерии выбора параметров преоб- разования при дискретном измерении крутильных колебаний . . . . .	1418
СЕРГЕЕВ К.О., САВИН П.А., Стенды для калибровки торсиографов . . . . .	1422
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ</b> . . . . .	<b>1425</b>



---

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ “ОСВОЕНИЕ  
УГЛЕВОДОРОДНЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ  
РЕСУРСОВ АРКТИКИ. ПРОБЛЕМЫ,  
ЗАДАЧИ, ПУТИ РЕШЕНИЯ”



## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ КОММУНИКАЦИЙ В ЗАПАДНОЙ АРКТИКЕ**

**Селин В.С.**, д.э.н., профессор, главный научный сотрудник института экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН.

Материалы представлены в форме презентации. 

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МГТУ**

**Ершов А.М.**, *д.т.н., профессор, ректор МГТУ*

Материалы представлены в форме презентации. 

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ ЖИВЫХ РЕСУРСОВ В МЕНЯЮЩЕЙСЯ АРКТИКЕ**

**Зиланов В. К.**, почетный доктор МГТУ, председатель Координационного Совета работников рыбного хозяйства России, Вице-президент Всероссийской Ассоциации рыбохозяйственных предприятий, предпринимателей и экспортеров (ВАРПЭ)

Материалы представлены в форме презентации. 

## **СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ШЕЛЬФА АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ**

**Долгунов К.А.**, генеральный директор ОАО "Севморнефтегеофизика"

**Мартиросян В.Н.**, заместитель генерального директора ОАО "Севморнефтегеофизика"

Материалы представлены в форме презентации. 

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА  
МОРЯ. ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ**

**Шавыкин А.А., к.т.н., заведующий лабораторией инженерной экологии  
ММБИ КНЦ РАН**

Материалы представлены в форме презентации. 



---

# ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ



## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ КОНТИНГЕНТА В ИДО МГТУ ЗА 5 ЛЕТ

**Богданова О.А., Петров Б.Ф.** (Мурманск, МГТУ, Институт дистанционного обучения, *idodec@mstu.edu.ru*)

Институт дистанционного обучения МГТУ организован в мае 2005 года. Главной целью создания этого структурного подразделения является развитие и практическое внедрение в учебный процесс МГТУ современных образовательных технологий, которые предоставляют обучающимся возможность освоения основных профессиональных образовательных программ высшего профессионального образования в основном дистанционно, без необходимости частого посещения вуза.

Дистанционные технологии обучения представляют собой совокупность технологий получения образования, базирующихся на принципе преимущественно самостоятельного изучения студентом предметов, на основе эффективного использования новейших информационно-коммуникационных технологий, современных достижений в области информационного обмена. Применение дистанционных технологий обучения имеет ряд привлекательных особенностей, к которым, в частности, можно отнести:

- возможность получения высшего образования с минимальным отрывом от места жительства и работы;
- индивидуализация образования, возможность самостоятельного определения студентом желательного темпа прохождения дисциплин предусмотренных учебным планом, индивидуального графика их изучения;
- обеспечение студентов комплектами учебно-методической литературы по изучаемым дисциплинам в электронном виде;
- гибкая система оплаты обучения, в зависимости от режима обучения (индивидуального или группового) и количества выбранных дисциплин;
- уменьшение транспортных расходов, т.к. очная сессия проводится раз в год.

В ИДО учебный процесс устроен таким образом. На разных специальностях имеются заочная полная, заочно-ускоренная формы и заочная переподготовка на базе имеющегося высшего образования. Студенты обучаются на специальностях, относящихся к Экономическому и Техническому блокам.

За пять лет существования ИДО появились определенные успехи, которые лучше всего демонстрируют следующие факты.

В 2005 году прием производился на 1 специальность – 230150.65 «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» (заочная форма). Всего обучалось 20 студентов.

В 2006 году прием производился уже по 7 специальностям. Присоединяются по экономическому блоку 3 специальности 080801.65 «Прикладная информатика (в экономике)» (заочная форма обучения); 040101.65 «Социальная работа» (заочная форма обучения); 080109.65 «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» (заочно-ускоренная форма обучения). Итого на экономическом блоке обучается 41 студент. По техническому блоку открываются специальности 180103.65 «Судовые энергетические установки» (заочная форма обучения); 260302.65 «Технология рыбы и рыбных продуктов» (заочная форма обучения); 260501.65 «Технология продуктов общественного питания» (заочная форма обучения); 270112.65 «Водоснабжение и водоотведение» (заочная форма обучения). Итого на техническом блоке обучается уже 64 студента. Итого в 2006/2007 году обучаются 107 студентов. Итого за первый год увеличение контингента произошло практически в 5 раз.

В 2007 году прием производится уже на 14 специальностей. По экономическому блоку добавляются специальности 080109.65 «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» (заочная, второе высшее формы обучения); 080105.65 «Финансы и кредит» (заочная, заочно-ускоренная, второе высшее формы обучения); 030501.65 «Юриспруденция» (заочная, заочно-ускоренная, второе высшее формы обучения); 080507.65 «Менеджмент организации» (заочная, заочно-ускоренная формы обучения). Итого становится 86 студентов. По техническому блоку присоединяются специальности 130403.65 «Открытые горные работы» (заочная форма обучения); 130404.65 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» (заочная форма обучения); 270102.65 «Промышленное и гражданское строительство» (заочная форма обучения); 260302.65 «Технология рыбы и рыбных продуктов» (заочно-ускоренная форма обучения); 180402.65 «Судовождение» (заочно-ускоренная форма обучения); 180103.65 «Судовые энергетические установки» (заочно-ускоренная форма обучения). Итого становится 176 студентов – по техническому блоку, а всего контингент в 2007/2008 году составил уже 262 студента, что соответствует увеличению контингента более чем в 2,5 раза.

В 2008 году прием производится на те же 14 специальностей, но добавляется по экономическому блоку специальность 080507.65 «Менеджмент организации» (второе высшее образование), по техническому блоку добавляется специальность 260501.65 «Технология продуктов общественного питания» (заочно-ускоренная форма обучения). Итого по экономическому блоку количество студентов становится 172 человека, по техническому блоку 206 студентов. Итого в 2008/2009 году обучаются уже 378 студентов. При том, что происходит незначительное расширение форм обучения уже имевшихся специальностей, увеличение контингента студентов ИДО составило по сравнению с предыдущим годом почти в 1,5 раза.

В 2009/2010 учебном году набор проводился на 26 курсов с учетом разных форм обучения по 14 специальностям. В настоящее время в 2010 в ИДО обучается (308 – по экономическому блоку и 253 – по техническому блоку) 561 студент. По сравнению с 2008/2009 учебным годом численность контингента увеличилась в 1,48 раз. Соответственно за пять лет численность контингента в ИДО возросла в 28 раз. Данное увеличение численности студентов, обучающихся в ИДО, объясняется значительным и достаточно массовым распространением компьютерных технологий в последние годы, осознанием населением удобства и преимуществ дистанционного обучения, все возрастающей ролью профориентационной работы, проводимой в МГТУ.

Доля студентов технических специальностей в ИДО составила в 2005/2006 учебном году 100 %, в 2006/2007 учебном году доля составила 59,4 %, в 2006/2007 учебном году показатель вновь возрос до 68,2 %, в 2008/2009 учебном году снова последовало снижение доли студентов технических специальностей до 54,5 %. В настоящее время доля студентов технических специальностей составляет 45,1 %, что ниже, чем в 2008/2009 году на 9,4 %.

Снижение численности студентов, желающих получить техническое образование, можно объяснить с точки зрения большей привлекательности экономических и социально-гуманитарных специальностей для населения. Именно эти направления подготовки, в основном, выбирают потребители образовательных услуг в качестве дополнительного высшего профессионального образования. Общероссийский спад производства во время мирового кризиса в 2008 - 2009 годах повлиял на то, что потребности производственных предприятий в высококвалифицированных специалистах снизились. Наряду с этим политика российского правительства в настоящее время направлена на поддержку малого бизнеса, которому необходимы специалисты, обладающие знаниями в области Российского законодательства и организации производства и торговли. Эти тезисы подтверждаются резким увеличением контингента студентов, обучающихся на специальностях «Менеджмент организаций» (с

2007 года контингент увеличился в 8 раз, за последний год – 1,9 раза) и «Юриспруденция» (с 2007 года контингент увеличился в 6 раз, за последний год – в 3 раза).

Численность студентов экономического блока в ИДО за 4 года росла довольно быстрыми темпами, каждый год увеличение контингента было значительным и достигало 2 раз. Это показывает популярность экономических и социально-гуманитарных специальностей среди населения, отражает потребности рынка в специалистах.

В табл. 1 представлена динамика численности студентов по Экономическому и Техническому блокам за последние 4 года.

Таблица 1

Динамика увеличения контингента за 4 года

Специальности	Контингент по учебным годам			
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
<b>080109.65</b>	4	12	19	25
<b>080105.65</b>	0	10	45	71
<b>080507.65</b>	0	7	30	57
<b>030501.65</b>	0	13	26	78
<b>040101.65</b>	25	33	36	47
<b>080801.65</b>	14	11	16	30
<b>Итого по ЭБ</b>	<b>43</b>	<b>86</b>	<b>172</b>	<b>308</b>
<b>230150.65</b>	34	51	47	51
<b>270112.65</b>	13	25	23	27
<b>130403.65</b>	0	10	8	12
<b>130404.65</b>	0	12	12	12
<b>270102.65</b>	4	41	73	94
<b>260302.65</b>	3	6	10	10
<b>260501.65</b>	0	4	8	19
<b>180103.65</b>	10	23	21	22
<b>180402.65</b>	0	4	4	6
<b>Итого по ТБ</b>	<b>64</b>	<b>176</b>	<b>206</b>	<b>253</b>

Динамика численности контингента технических специальностей также демонстрирует рост, однако увеличение происходит не столь быстрыми темпами. По-прежнему, как и в 2007 году наиболее популярной специальностью среди технического блока остается «Промышленное и гражданское строительство», хотя рост контингента за последний год составил всего 1,3 раза. Интерес вызывает тот факт, что за последний год вдвое увеличилась численность студентов специальности «Технология продуктов общественного питания». Это может быть связано с большим количеством вновь открывающихся небольших предприятий общественного питания – кафе, бистро, ресторанов. В этой связи сомнений не вызывает тот факт, что структурное подразделение ИДО отвечает передовым потребностям общества.

На рис. 1 и 2 видно, что увеличивался в течение 4 лет быстрее и интенсивнее, чем контингент технических специальностей, опережая в последнее время рост контингента по техническому блоку.

Таким образом, исследования движения контингента в Институте дистанционного обучения за 5 лет показали, что выбранные направления подготовки студентов являются перспективными, отражают современные потребности рынка в высококвалифицированных специалистах. Динамика численности студентов, обучающихся на разных специальностях

ИДО, отражает и современную экономическую и социальную обстановку Мурманской области. Однако, необходимо развивать данное направление предоставления платных образовательных услуг.

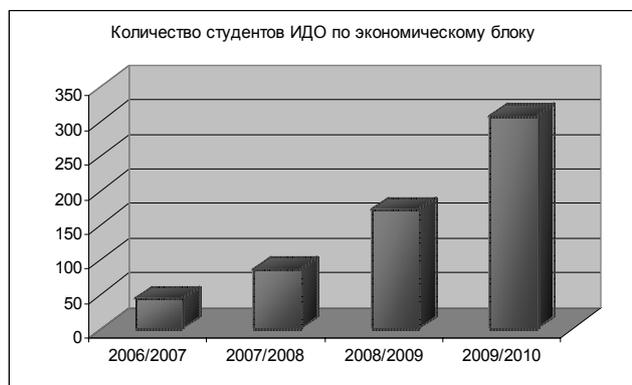


Рис.1. Динамика увеличения численности студентов по экономическому блоку

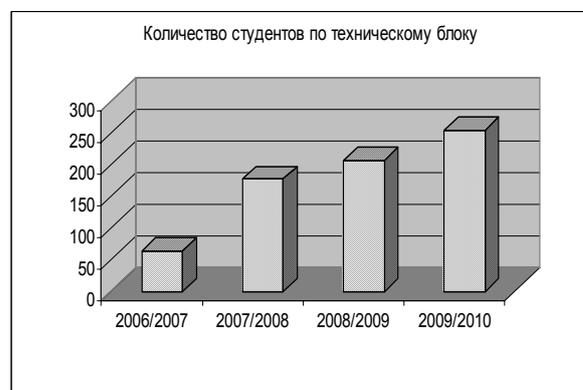


Рис.2. Динамика увеличения численности студентов по техническому блоку

В настоящее время образование в России столкнулось с двумя серьезными проблемами: обеспечение возможности получения профессионального образования различными слоями населения и интеграция российского образования в мировую образовательную систему. Все это требует переноса центра тяжести в учебном процессе с аудиторной на внеаудиторную самостоятельную деятельность обучающихся, построения новых методических схем обучения. В этой связи функционирование Института дистанционного обучения является приоритетным на рынке образовательных услуг Мурманской области и нуждается в развитии. Для реализации учебных программ дистанционно институту необходимо наметить в качестве основных приоритетов следующие направления развития своей деятельности:

- создавать опорные пункты Института дистанционного обучения в тех районах, где проживает наибольшее количество обучающихся в институте студентов или его потенциальных абитуриентов. Например, Североморск, Полярный, Апатиты, Кандалакша, Ревда, Никель, Ковдор и другие.
- шире осуществлять дистанционно реализацию образовательных программ института, в том числе проводить промежуточное тестирование студентов;
- оказывать содействие совершенствованию методик дистанционного обучения;
- увеличить количество пользователей сети дистанционных образовательных услуг института путем подключения к ней новых учреждений образования;
- расширить рекламное пространство для желающих получить образовательные услуги;
- рационально использовать педагогический опыт, материально-технические и информационно-образовательные ресурсы учебных заведений региона;
- формировать и совершенствовать фонд учебно-методического обеспечения, методик организации и проведения учебного процесса;
- каталогизировать учебно-методический банк и информационные ресурсы среды, обеспечивающие возможность максимального информирования пользователей об услугах;
- профессиональное обучение научных и педагогических кадров для приобретения ими навыков дистанционного образовательного процесса;
- мониторинг образовательного пространства, сбор замечаний и предложений по совершенствованию механизма обучения; обмен опытом работы в среде.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В МГТУ

**Петров Б.Ф.** (*Мурманск, Мурманский государственный технический университет, Институт дистанционного обучения, petrovbf@mstu.edu.ru*)

In article the question of introduction of distance education in educational process of Murmansk state technical university is considered. Achievements in this area under programs of the higher and additional vocational training are noted. Development prospects are planned, including formation of the uniform information-educational environment in Northwest region is offered.

В России датой официального развития дистанционного обучения принято считать 30 мая 1997 года, когда вышел приказ Минобразования России, позволяющий проводить эксперимент дистанционного обучения в сфере образования. Отличие дистанционного образования в том, что оно полностью или частично осуществляется с помощью компьютеров и телекоммуникационных технологий.

Но только к 2004 году в России стали заметны значительные успехи целого ряда проектов по использованию дистанционных средств обучения в процессе подготовки и переподготовки кадров некоторых крупнейших в своих отраслях предприятий и организаций. О своем положительном опыте, в частности, заявлял «Норильский никель».

Таким образом, форма образования, при которой обучающийся и преподаватель могут интерактивно взаимодействовать на расстоянии, была признана состоятельной и перспективной крупнейшими российскими работодателями.

МГТУ одним из первых в Мурманской области открыл Институт дистанционного обучения (ИДО) в мае 2005 года. Это структурное подразделение университета стало внедрять в учебный процесс дистанционные образовательные технологии, формировать и реализовывать общую концепцию дистанционного обучения в регионе. ИДО МГТУ также занимается нормативным, методическим и программно-техническим обеспечением, созданием информационно-образовательной среды, как в самом университете, так и во всей Мурманской области.

В сфере образовательной деятельности ИДО работает по следующим основным направлениям: высшее профессиональное образование, довузовская подготовка, послевузовская подготовка, включающая получение второго высшего образования, повышение квалификации и профессиональную переподготовку.

В настоящее время в Институте обучается более 500 студентов заочной формы обучения по специальностям высшего профессионального образования: «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем», «Водоснабжение и водоотведение», «Промышленное гражданское строительство», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», «Финансы и кредит», «Социальная работа», «Юриспруденция», «Менеджмент организации», «Технология продуктов общественного питания», «Прикладная информатика (в экономике)», «Судовые энергетические установки», «Технология рыбы и рыбных продуктов», «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Открытые горные работы».

Специалисты отмечают, что дистанционное обучение имеет глубокую практическую направленность. Применение дистанционной формы при обучении навыкам напоминает тренинг на очном обучении. Тренинг же способен во много раз повысить эффективность учебного процесса, так как направлен на выработку практических навыков. Это связано как раз с самостоятельной работой с материалом. Как известно, на очных лекциях в среднем

слушатели усваивают не больше 20%, если просто слушают, и не больше 40%, если записывают. Дистанционные курсы позволяют на 60% процентов повысить эффективность обучения благодаря возможности на практике отработать полученные знания.

Дистанционное обучение сегодня – самая мобильная форма образовательного процесса, студенты получают знания и навыки независимо от их местонахождения или проживания.

Среди обучающихся в ИДО МГТУ студентов сегодня 36 % - жители г. Мурманска, 60 % - жители Мурманской области, 4 % - проживающие вне Мурманской области.

В 2006/2007 учебном году на базе Апатитского и Мончегорского филиалов МГТУ были созданы опорные пункты ИДО с целью реализации образовательных программ для студентов, проживающих в городах Апатиты, Мончегорск, Кировск, Кандалакша. Данный контингент составляет порядка 27 % обучающихся в ИДО. В 2008 году на базе Архангельского морского рыбопромышленного колледжа открыто представительство МГТУ в г. Архангельске, одной из задач которого является оказание информационных услуг студентам ИДО, проживающим в данном регионе.

Такая форма обучения позволяет получать образование или повышать свой образовательный уровень без отрыва от производства, в удобное время. Возможно, именно поэтому около половины нынешних студентов – это люди социально активного возраста -25-35 лет, более трети обучающихся – молодежь, 12% составляют люди в возрасте 35-45 лет.

Многие из студентов имеют среднее специальное или незаконченное высшее образование, что позволяет им обучаться по сокращенным образовательным программам.

Для обеспечения учебного процесса в ИДО задействовано более 200 преподавателей МГТУ, из которых более 70 % имеет ученую степень, ученое звание.

Графиком учебного процесса в течение учебного года для студентов предусмотрены двухнедельная установочная сессия, самостоятельное дистанционное изучение материала, зачетно-экзаменационная сессия, которая длится три недели. Опыт показывает эффективность проведения установочной сессии, так как ее посещает порядка 70 % студентов.

Промежуточный контроль знаний студентов ИДО проводится в основном с помощью тестирования. С этой целью в Институте разработан программный комплекс, позволяющий делать тестирование студентов по локальной сети (компьютерные классы ИДО МГТУ, Апатитского и Мончегорского филиалов МГТУ) и индивидуально по сети Интернет. Опыт показывает, что большая часть студентов предпочитает тестироваться индивидуально, а в компьютерном классе проходить только итоговое тестирование во время зачетно-экзаменационной сессии.

Важной составляющей учебного процесса в ИДО является разработка учебно-методических материалов по дисциплинам. В настоящее время в процесс их формирования по 210 дисциплинам вовлечено 36 кафедр МГТУ. Поэтому одной из важных задач ИДО является долгосрочное планирование совместной работы с кафедрами-разработчиками учебно-методических материалов (УММ).

Доступ к УММ и к текущей информации по учебному процессу для студентов ИДО обеспечивается посредством Интернет-сайта Института через индивидуальный пароль и логин.

Для реализации учебного процесса в виде электронных семинаров и электронных консультаций на сайте ИДО созданы тематические форумы. Возникающие в ходе освоения дисциплины вопросы студент Института может задать преподавателю по электронной почте или обсудить на форуме. Помимо заочных консультаций графиком учебного процесса в ИДО предусмотрены и очные консультации. Для студентов ИДО, проживающих в Мурманской области, графиком учебного процесса предусмотрено проведение установочных лекций,

семинаров и групповых консультаций посредством видеоконференцсвязи между головным вузом и опорными пунктами в филиалах МГТУ в городах Апатиты и Мончегорск.

В настоящее время на рынке образовательных услуг активно востребованы сокращенные формы обучения по программам высшего образования на базе среднего специального и первого высшего образования. Поэтому в ИДО по большинству открытых специальностей внедрены указанные формы обучения.

Студенты вузов, в том числе и МГТУ, получающие первое высшее образование, могут, начиная с третьего курса, параллельно осваивать в ИДО программы второго высшего образования. Таким образом, к окончанию учебы они будут иметь два диплома.

Опыт работы ИДО показывает эффективность использования дистанционных образовательных технологий не только при заочной форме обучения, но и для организации учебного процесса студентов-очников, которые находятся на индивидуальном графике обучения или по причине проблем со здоровьем не имеют возможности присутствовать на аудиторных занятиях. В частности, в данном направлении с ИДО активно взаимодействуют политехнический, технологический и естественно-технический факультеты университета.

Перспективным направлением работы ИДО является заключение трехсторонних договоров с предприятиями региона о подготовке необходимых для них специалистов. Институт успешно сотрудничает с ФГУП «СРЗ «Нерпа», ОАО «Архангельский траловый флот» в направлении подготовки кадров по специальностям «Судовые энергетические установки», «Судовождение», «Технология рыбы и рыбных продуктов».

В ближайшее время совместно с колледжем МГТУ ИДО планирует начать реализацию программ среднего профессионального образования с использованием дистанционных технологий. Причем данные программы будут взаимосвязаны с программами высшего образования, что позволит обеспечить непрерывность обучения.

В области довузовской подготовки ИДО активно сотрудничает со школами города Мурманска и Мурманским областным центром дополнительного образования детей и юношества «Лапландия» по разработке и реализации различных элективных курсов и корректирующих образовательных программ, в том числе по химии, биологии, математике, информатике. Это позволит повысить образовательный уровень абитуриентов, поступающих в МГТУ. Кроме того, использование дистанционных технологий дает возможность активно проводить профориентационную работу среди потенциальных абитуриентов университета. Так, в 2006/2007 учебном году было проведено два телемоста между МГТУ и гимназией № 7, в ходе которых руководителями учебных структурных подразделений МГТУ была представлена исчерпывающая информация об имеющихся в университете направлениях подготовки, итогах приемной кампании прошлого года, правилах приема на текущий год.

Одним из инструментов пропаганды и внедрения дистанционных образовательных технологий в учебный процесс МГТУ является реализуемый в ИДО курс повышения квалификации для профессорско-преподавательского состава университета «Преподаватель дистанционного обучения», реализуемый в очно-заочной форме без отрыва от производства. Данный курс также прошел апробацию при повышении квалификации педагогического коллектива Мурманского областного центра дополнительного образования детей и юношества «Лапландия» и получил его высокую оценку.

В области программ дополнительного профессионального образования по заявке ОАО «Мурманский траловый флот» ИДО разработан курс повышения квалификации для работников рыбной отрасли в сфере производства кормовых продуктов из гидробинтов, которая уже успешно прошла апробацию.

В рамках открытой в 2008 году при ИДО Ай Ти Академии Microsoft начата реализация образовательной программы повышения квалификации «Внедрение Microsoft

Office SharePoint Server 2007». Проведено обучение специалистов в области Ай Ти технологий компаний г. Мурманска (ООО «Инфорсер-Север», ООО «ТехноЦентр север», ООО «Компания «Альфа»). Готовятся к реализации образовательные программы «Лицензирование по программным продуктам Microsoft предприятий малого и среднего бизнеса», «Лицензирование по программным продуктам Microsoft предприятий крупного бизнеса».

На базе ИДО организован Центр тестирования Prometric по образовательным программам Microsoft, позволяющий слушателям курсов Академии пройти аттестацию на сертификат специалиста Microsoft.

Пролицензирована и готовится к набору первых слушателей программа дополнительного профессионального образования «Менеджмент в охране труда» (1200 ч) с присвоением дополнительной квалификации «Менеджер по охране труда».

Помимо регионального уровня ИДО принимает активное участие в отраслевой многоуровневой системе непрерывного инновационного образования «Виртуальный университет рыболовства» Федерального агентства по рыболовству. Данный проект позволяет обмениваться опытом в области дистанционного образования с коллегами из других учебных заведений рыбной отрасли.

Опыт работы ИДО в области внедрения дистанционных технологий в учебный процесс университета способствовал разработке в 2006 году инновационного проекта «Развитие и использование дистанционных образовательных технологий при подготовке кадров для Евро-Арктического региона по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники, создание региональной информационно-образовательной среды», который вошел в инновационную программу развития МГТУ.

Одной из основных стратегических задач ИДО в настоящее время является формирование информационно-образовательной среды в Северо-западном регионе. Создание такой среды позволит максимально удовлетворить образовательные потребности обучаемых по самому широкому диапазону учебных курсов, специальностей, уровням общего и профессионального образования, позволит рационально использовать педагогический опыт, материально-технические и информационно-образовательные ресурсы учебных заведений региона.

Институт дистанционного обучения МГТУ продолжает оставаться динамично развивающейся структурой, открытый для новых идей и новых подходов в сфере образовательной деятельности университета.

## VIRTUAL WORLDS IN DISTANCE LEARNING

**Veikko Kärnä** (*Rovaniemi, Finland, Rovaniemi University of Applied Sciences, School of Technology, veikko.karna@ramk.fi*)

There are several available virtual worlds, which can be also used in learning. To name a few: Second Life, Habbo, World of Warcraft (game) and WeeWorld. In my presentation I will concentrate on Second Life, which is among the most used virtual worlds in general, and also in education.

Before going into details I will define the most common terms, which are used in this context. A virtual world is typically a 3-D space, in which the actors, players or avatars move. An avatar is a figure or alias of the person, the actor, who uses the virtual world. MMORPG is a massively multiplayer online role-playing game, for instance World of Warcraft. MUVE means Multi-User Virtual Environment, and it is a synonym for a virtual world. Usually, MMORPG's are used by teens, MUVE's by adults.

Virtual worlds are commonly defined to be part of social media or 2.0 web as defined by Tim O'Reilly. Terms like "user created content" and "crowdsourcing" are part of this phenomenon. The idea of social media is that the users form groups of people, small societies, who are interested in working together and communicating through web based interactive societies. The users create content together, thus the term user created content. They also develop different services by innovating new services or products for organizations. The organizations source the innovations from the users, the crowd, thus the term crowdsourcing. Virtual worlds, which try visually and experimentally remind a real 3-D world, can be regarded as such user centered social media societies, in which actors or players form guilds or groups to facilitate co-operation between different people.

Second Life has during the past couple of years risen to be number one virtual world of grown-up people. Actually, Second Life is restricted from persons under 18 year of age, although there is a special version of this virtual world for teens, too. Second Life is a massive virtual world, where anybody (registered users) can create new artifacts or buildings. The Second Life reality is quite real up to the humanity of the avatars. Second Life is owned and managed by an American company called Linden lab. The average age of the users of Second Life today is around 30 – 35 years.

Users of Second Life can build their avatars to look exactly as they want. An avatar moves in Second Life by walking, running or flying, or teleporting (=instant moving) from one location to another. Avatars cannot go through objects like walls or building, they have to go around them. When avatars' of different people meet in Second Life, they can chat through chatting tool of Second Life, or they can speak through microphone and speakers. Communication in Second Life is synchronous. It enables direct broadcasts.

Second Life can also be a business or a working place. There are actually people, who have made millions of dollars in Second Life. They have started to buy or sell land, clothes or hair styles or other things that have demand. People can also work in Second Life as hosts or workers of the sites companies have created. Today, Second Life is also a tool to recruit people, and if one has worked for an organization in Second Life, such work experience can be added to one's CV.

An avatar can build almost everything free of charge by himself, but it is much more convenient, when a service by other members of the society is available. Just by using Second Life's own currency Linden\$ one can purchase the needed items, and you can concentrate on things one can do in Second Life.

Many universities and big business enterprises have founded their own “islands” in Second Life. On those islands they have built replicas of their offices, where they can either present their products, or, as universities, arrange education for students or partners. The education in Second Life can be a direct live broadcasting of a lecture or a ceremony. For instance, the University of Helsinki, broadcasts every year the opening ceremony of the University’s academic year in Second Life. Thus, everybody has the possibility to follow the ceremony, not only people present in the main auditorium of the University.

Apart of normal lecturing Second Life can be used in project work. A group of students can build something for a company, who has their own premises in Second Life. One of the most interesting possibilities to use Second Life is in learning of certain procedures, which require skills of hand or moving in a factory. In other words, simulation of activities is a great possibility for Second Life. For instance, Tampere University of Applied Sciences have built a virtual hospital into Second Life. Students learn step-by-step how to behave in a surgery.

The concrete advantage Second Life has compared to other learning platforms, is the real presence, one can feel, when studying in Second Life. A student can see himself and other people, who are present in the situation. According to Second Life research such emotions can enhance remembering and learning.

Second Life also increases creativity. Project groups from different organizations can meet in most exotic virtual worlds, where one can use his own creativity. The oasis of Africa with palms and hammocks can make the actors feel free of social pressure, and thus, increase the possibility of innovations. Universities from different countries could arrange mutual conferences or meetings in Second Life without travelling. Similarly, students could rehearse their skills in foreign languages through meetings in Second Life.

Rovaniemi University of Applied Science has started to use Second Life in education in 2009. At first the University’s Information Technology Laboratory, pLab, created the University’s island in the virtual world. The Second Life address of the island, the so called slurl, is: [http://slurl.com/secondlife/EduFinland III/236/82/31](http://slurl.com/secondlife/EduFinland/III/236/82/31). One can enter the University’s premises on the Second Life island just by clicking the link.

The island of the University is located in an island group of EduFinland, a place in Second Life in which Finnish universities are located. By concentrating in one place the universities can enhance their co-operation and arrange mutual actions like lectures and meetings in the virtual world. Also research presentations and conferences would be possible in EduFinland. In other countries universities and colleges have their separate islands, which makes the Finnish experience unique.

Education in Rovaniemi University of Applied Science’s Second Life island has started in February 2010. The first experiments have been direct broadcasts of lectures. In future students will be doing group works for the University’s partners in Second Life. The possibility of co-operating with the University’s outside partners will be increased by the use of Second Life. This means that the science and business organizations will increase their mutual work to find new solutions. The students will be a vital part in this process, and they will learn work place skills in almost real situations increasing their possibilities to find job after graduating.

Second Life offers a different kind of possibility for education. It increases the effects of learning, creativity, and makes learning fun and exciting. This means also that the role of the teachers changes from a lecturer to a guide. The use of Second Life can lead to a change in the theory of learning and education from a behavioristic approach toward a constructive one.

## WEBGEOLOGY – LECTURES IN GEOLOGY ON THE WEB – A USEFUL TOOL FOR DISTANCE LEARNING?

**K. Kullerud** (*Tromsø, Norway, University of Tromsø, Department of Geology, kare.kullerud@uit.no*)

The internet site WebGeology (<http://ansatte.uit.no/kku000/webgeology/>) contains about 30 interactive “lectures”, or “e-learning modules”, on different introductory topics in geology. At present, modules have been translated to more than 20 languages, and they are used by students and teachers at universities and high schools all over the world. The modules are available for free on internet. In addition, CDs containing Russian, Kazakh, Portuguese and Brazilian versions of the modules have been made available.

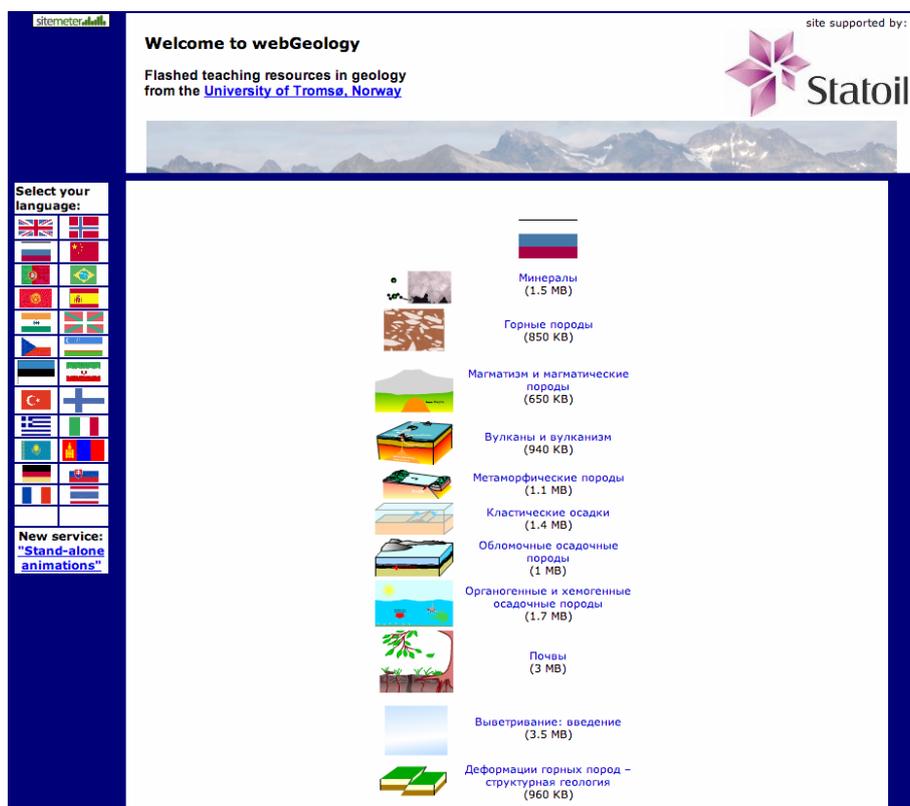


Figure 1. Extract of the WebGeology site, showing the titles of some of the Russian versions of the e-learning modules.

Each module is built up similar to a chapter of a textbook in geology. In the same way as textbooks, the modules contain photographs, illustrations, tables and text (Fig. 2). However, in contrast to textbooks, the modules also contain a large number of animations. Two still pictures from animations are shown in Figs. 3 and 4. Figure 3 is from an animation showing the motion of the Earth’s lithosphere plates during the last 440 million years. Figure 4 shows a still picture of an animation explaining the difference between seismic P-waves and S-waves. It is believed that the use of animations like this can make it easier for students to understand complicated geological processes.

Органогенные и хемогенные осадочные породы

**Состав морской воды**

$\text{Na}^+$	30.64 %
$\text{Mg}^{2+}$	3.76 %
$\text{Ca}^{2+}$	1.20 %
$\text{K}^+$	1.09 %
$\text{Cl}^-$	55.21 %
$\text{SO}_4^{2-}$	7.70 %
$\text{CO}_3^{2-}$	0.21 %
$\text{Br}^-$	0.19 %

Галит -  $\text{NaCl}$

Кальцит -  $\text{CaCO}_3$

Гипс -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Морская вода содержит много растворенных ионов, которые могут входить в состав минералов. Мы уже говорили, что  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  это ионы образующие структуру каменной соли - галита. Морская вода также содержит ионы необходимые для постройки целого ряда других минералов, таких как кальцит и гипс. Галит, кальцит и гипс - а также другие минералы - могут формироваться из ионов, растворенных в морской воде. Образование минералов происходит двумя способами: 1) органогенным - то есть с помощью живых организмов или 2) хемогенным - то есть без участия живых организмов.

Figure 2. Example on a page from an e-learning module. The page contains photographs, an illustration, a table, text and a table of contents. The example is taken from the Russian version of the module “Organic and chemical sedimentary rocks”.

Тектоника плит

**Плэйт-тектонические реконструкции**

230 млн. лет Северный полюс

Южный полюс

Пангея

Океан Тетис

Ссылка Проект Bat

440 млн. лет назад Африка и Южная Америка находились в районе Южного полюса, а Норвегия (красный кружок) находилась немного к югу от экватора. На этой анимации показаны перемещения литосферных плит в течении последних 440 млн. лет. Для плэйт-тектонических реконструкций большое значение имеют результаты палеомагнитных исследований. Некоторые минералы несут информацию об ориентировке магнитного поля Земли в момент своего образования. Изучая намагничённость этих минералов, можно рассчитать на какой широте они образовались. Более подробно о свойствах магнитного поля Земли рассказывает модуль ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ. Для запуска и остановки данной анимации используйте кнопки в ее нижнем правом углу.

Figure 3. Still picture of an animation showing plate tectonic reconstructions during the last 440 million years. From the Russian version of the module “Plate tectonics”.

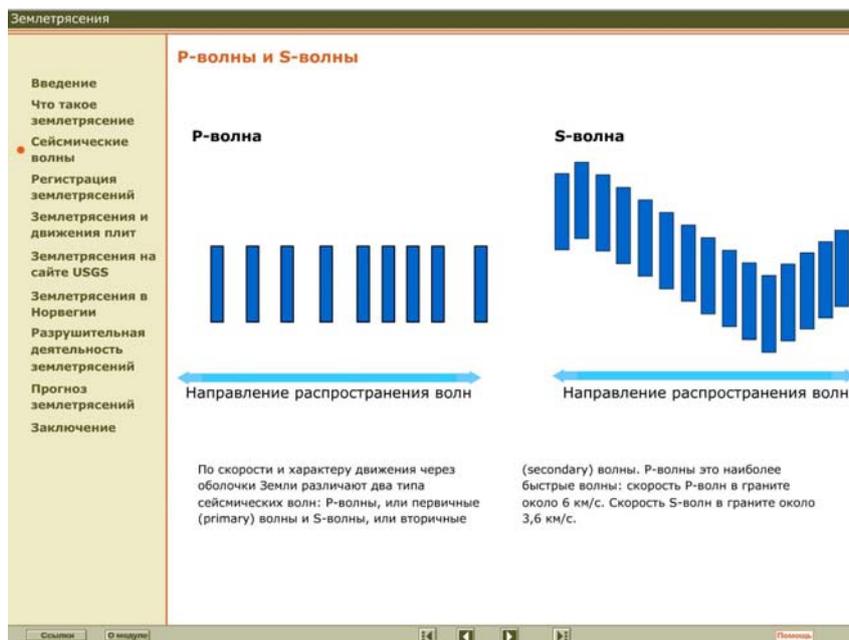


Figure 4. Still picture of an animation explaining the difference between seismic P-waves and S-waves. From the Russian version of the module “Earthquakes”.

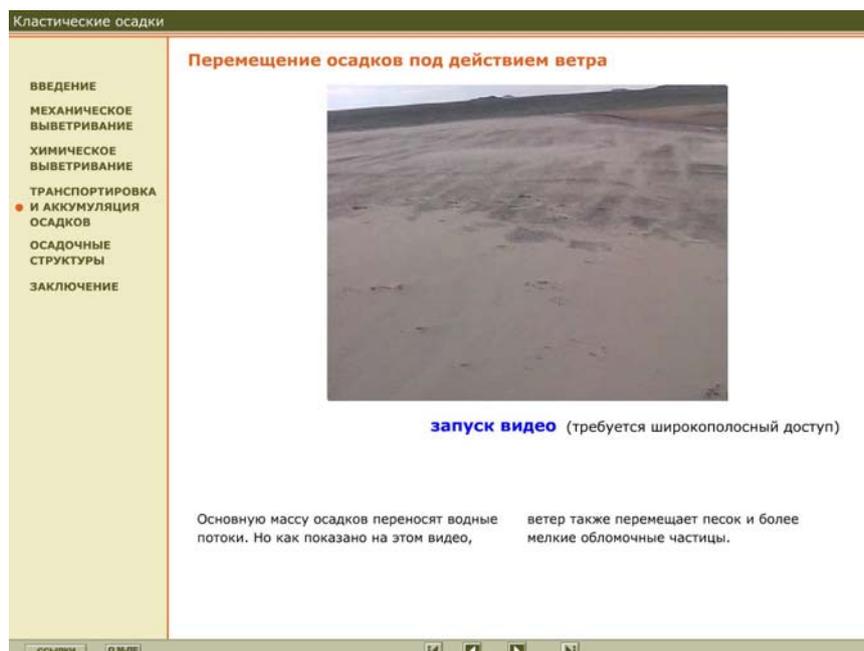


Figure 5. Still picture of a video showing sand blown by wind. From the Russian version of the module “Clastic sediments”.

Videos can also easily be incorporated in e-learning modules. Figure 5 shows a still picture from a video showing sand that is blown by the wind. Videos are particularly suitable for explaining surface geological processes.

The e-learning modules that are available on WebGeology are not intended to replace ordinary lectures or textbooks. However, it is believed that the collection of e-learning modules provides a useful supplement to lectures and textbooks. It is also believed that the e-learning modules may be very useful for distance learning. At present stage, however, some e-learning modules on exogenous geology topics still remain to be produced before an introductory course in geology is completely covered. Other learning management elements have also to be produced before WebGeology fulfill the requirements for a complete distance-learning course.

## **ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВТ И АС» В ИДО МГТУ**

**Смаглий Т.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, старший методист ИДО, smaglytv@mstu.edu.ru*)

Analysis of the problem of teaching materials students of the institute of distance learning by the example of the specialty "Software of computers and automation systems." Results of the analysis and organizational conclusions.

Говоря о дистанционном обучении, хотелось бы отметить, что этот вид заочного обучения носит более гибкий, индивидуальный характер. Обучающийся сам определяет темп обучения, может возвращаться по несколько раз к отдельным темам, может пропускать отдельные разделы и т.д. Мне кажется, ошибочно считать, что дистанционный учебный курс можно получить, просто переведя в компьютерную форму учебные материалы традиционного очного или заочного обучения. При планировании и разработке дистанционных учебных материалов необходимо принимать во внимание, что основные три компоненты деятельности преподавателя, а именно изложение учебного материала, практика, обратная связь, сохраняют свое значение и в дистанционном обучении. Поэтому невольно встает вопрос учебно-методического обеспечения.

Данную проблему рассмотрим на примере специальности «Программное обеспечение ВТ и АС», так как набор в институт дистанционного обучения начался именно с этой специальности. Сейчас по данной специальности на всех курсах (с 1 по 5 курсы) обучается 50 человек.

С 2005 года (момента открытия ИДО) по 2010 год прошло уже 5 лет, и мы смело можем говорить о работе, которая проделана по обеспечению учебно-методическими материалами наших студентов. Приведем цифры, которые показывают общую картину обеспеченности.

Согласно учебному плану студенты за весь период обучения (5 лет 10 месяцев) должны изучить 58 дисциплин, из них на данный момент учебно-методическими материалами обеспечены 41 дисциплина (70%).

Рассмотрим каждый курс в отдельности:

1 курс - всего 11 дисциплин, обеспечены 11 дисциплины (100%);

2 курс - всего 11 дисциплин, обеспечены 11 дисциплины (100%);

3 курс - всего 11 дисциплин, обеспечены 9 дисциплины (82%);

4 курс - всего 11 дисциплин, обеспечены 10 дисциплины (91%);

5 курс - всего 11 дисциплин, обеспечены 4 дисциплины (36%);

6 курс – не обеспечен.

Выпускающей кафедрой по данной специальности является кафедра «Высшей математики и ПО ЭВМ», поэтому основная доля дисциплин, т.е. 35 дисциплин от общего числа приходится на эту кафедру, из них обеспечены учебно-методическими материалами 23 дисциплины (65%), включая дисциплины 6 курса (2010/2011 учебный год). Но ведь УММ – это один из наиболее важных видов раздаточных материалов для учащихся, обучающихся дистанционно. Они обращаются к ней для получения точной и ясной информации.

Остановимся конкретно на методическом обеспечении кафедрой в 2009/2010 учебном году, рассмотрев обеспеченность каждого курса в отдельности:

1 курс - 4 дисциплины, обеспечены 4 дисциплины (100%);

2 курс - 6 дисциплин, обеспечены 6 дисциплины (100%);

3 курс - 7 дисциплин, обеспечены 5 дисциплины (71%);

4 курс - 6 дисциплин, обеспечены 5 дисциплины (83%);

5 курс - 8 дисциплин, обеспечены 4 дисциплины (50%);

6 курс - не обеспечен.

Особое место в своем докладе хотелось отвести рабочим программам. Не по всем дисциплинам вообще имеются таковые. Из 58 дисциплин по специальности «Программное обеспечение ВТ и АС» рабочими программами обеспечены 35 дисциплины (69%). Из них не соответствуют учебно-методическим материалам, предоставленным преподавателем и выставленным на сайте ИДО 6 дисциплин (17%).

С такой проблемой, я думаю, сталкиваются не только в нашем вузе, обучающие программы и курсы могут быть недостаточно хорошо разработаны из-за того, что квалифицированных специалистов, способных создавать подобные учебные пособия, на сегодняшний день не так много. Мало методических материалов по подготовке и проведению дистанционного обучения. Но в нашем университете данная проблема постепенно решается; каждый год в ИДО проводятся курсы повышения квалификации «Преподаватель ИДО». Практически, все преподаватели, работающие в ИДО, окончили данные курсы. Об этом говорят и новые учебно-методические материалы, поступающие к нам для выставления на сайте. Содержание методических указаний, тестов, контрольных и практических работ, форумов (электронный семинар), явно стало качественнее и понятнее для студентов.

И в заключении, хотелось бы отметить, что заочное обучение с элементами дистанционных образовательных технологий в системе российского образования будет продолжаться и совершенствоваться по мере развития Интернет технологий, и совершенствования методов дистанционного обучения, так как такой вид образования открывает студентам доступ к нетрадиционным источникам информации, повышает эффективность самостоятельной работы, дает совершенно новые возможности для творчества, обретения и закрепления различных профессиональных навыков, а преподавателям позволяет реализовывать принципиально новые формы и методы обучения.

## **ПРОЕКТ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ИДО МГТУ**

**Колпакчи С.С.** (*ФГОУВПО МГТУ, Институт дистанционного обучения, kolpakchiss@mstu.edu.ru*)

This paper explains the need for the virtual laboratory introduction as a form of knowledge provision and control in distance learning. We describe the complexity of such works implementation, as well as project realization and integration into the IDE MSTU information system.

### **Введение**

Сегодня неоспоримы достоинства дистанционной формы обучения. Это и индивидуальный подход к каждому обучаемому, и возможность донести знания человеку в любое удобное для него время и место. Однако, дистанционное обучение, прежде всего, ассоциируется с учебными материалами, контрольными работами и тестами в электронном виде. Все эти формы предоставления и контроля знаний имеют два существенных недостатка. Это практически полное отсутствие личного общения обучаемого с преподавателем и невозможность, в полной мере, освоить принципы работы с оборудованием, приборами, с которыми студенты очной формы обучения могут работать в лабораторных кабинетах. Активное развитие телекоммуникационной системы в нашей стране позволяет многим гражданам уже сейчас обмениваться большими объемами данных в кратчайшие сроки, а также использовать технологии видеоконференцсвязи у себя дома. Последнее, позволит в скором времени полностью устранить проблему личного общения преподавателя со студентом, но и вторая проблема вполне решаема. Современные компьютерные технологии позволяют создавать интерактивные графические приложения, которые успешно моделируют работу с различными приборами. Такие приложения принято называть компьютерными тренажерами или симуляторами, но в рамках темы обучения логичнее будет их назвать виртуальными лабораторными работами (ВЛР). Институт дистанционного обучения МГТУ планирует разработать и внедрить целый ряд ВЛР по различным дисциплинам для повышения качества обучения и стимулирования у обучаемых интереса к выполнению практических заданий.

### **Проект реализации виртуальной лабораторной работы**

Сложность реализации ВЛР в отличие, например, от тестов заключается в том, что на данный момент не представляется возможным создание унифицированной базы для разработки таких работ преподавателем и дальнейшего их предоставления студенту. Т.е. нельзя создать некое приложение-редактор для конструирования ВЛР, каждая работа должна создаваться как отдельное приложение со своей спецификой. В связи с этим, для разработки ВЛР необходимо организовывать творческий коллектив из специалистов в области проектирования программных продуктов и программирования, специалистов в предмете ЛР, специалистов по дизайну. В качестве специалистов в предмете ЛР будут выступать, прежде всего, преподаватели дисциплины. Они должны подробно описать ход выполнения (сценарий) работы со всеми возможными реакциями системы на действия студента.

ИДО МГТУ уже располагает информационным комплексом, который позволяет централизованно хранить данные о процессе обучения и его участниках. ВЛР должны взаимодействовать с имеющимся комплексом, а именно выдавать по запросу студента необходимый вариант работы, сохранять полный отчет о проделанной работе и полученную студентом оценку в централизованной базе данных. Для простоты, рассмотрим структуру ВЛР с точки зрения потока данных, начиная с запуска приложения студентом (см. рис. 1).

Сразу после запуска приложения ВЛР студенту предлагается ввести данные для авторизации в системе ДО. Сервер обрабатывает полученную от приложения информацию и возвращает вариант работы, определенный преподавателем.

На основе полученного варианта, модуль инициализации ВЛР производит определение необходимых параметров, которые будут влиять на ход выполнения работы. Все последующие команды пользователя обрабатывает модуль анализа ввода. В задачи модуля входит постоянное отслеживание действий пользователя, проверка корректности ввода, определение объектов ВЛР, с которыми пользователь намеривается взаимодействовать.

После предварительного анализа действий пользователя, модуль сценария определяет, как система должна отреагировать на запрос пользователя. Чаще всего реакцией системы на действие пользователя будет анимация объектов сцены, будь то перемещение по пространству виртуальной лаборатории или использование виртуальных приборов. За расчет анимации отвечает соответствующий модуль.

На последнем этапе, модуль визуализации производит расчет итогового изображения, которое увидит пользователь. Безусловно, все модули ВЛР будут оперировать общим набором данных и объектов. В модуле визуализации предполагается применение стандарта OpenGL для использования аппаратного ускорения вывода как двумерной, так и трехмерной графики.

Простой пример ВЛР может выглядеть следующим образом. Студент видит в окне приложения трехмерную модель изучаемого устройства. Он может управлять камерой для получения лучшего обзора, а кликнув указателем мыши на интересующей детали устройства, получает подробную справку по этой детали. При выполнении заданных условий, взаимодействие с деталью может привести к активации какого-либо процесса.

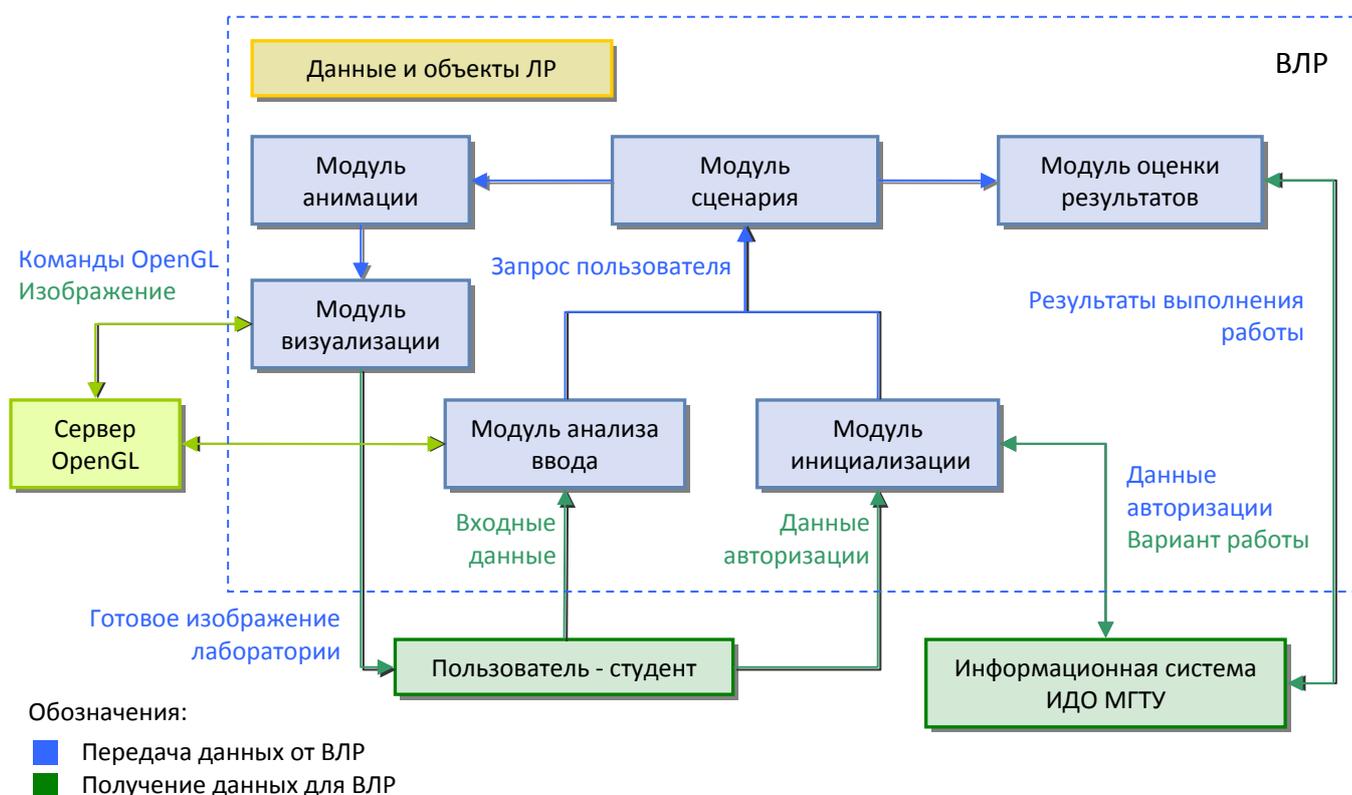


Рис. 1. Упрощенная схема передачи данных в системе виртуальной лабораторной работы.

### **Заключение**

Реализация виртуальных лабораторных работ представляется весьма сложной задачей, однако, их внедрение в процесс образования позволит студентам дистанционной формы обучения освоить работу оборудования в условиях приближенных к реальной лаборатории. ВЛР также мотивирует студента к выполнению практической работы, т.к. визуальное интерактивное приложение значительно интереснее и проще для восприятия, чем алгоритм работы, описанный в методических указаниях. Помимо этого, для ВЛР нет ограничений связанных с дороговизной технического обеспечения лаборатории, что позволит студенту изучить дорогостоящую технику (как например, электронный микроскоп) которой не обеспечены даже реальные лаборатории ВУЗа.

### **Список литературы:**

1. Колпакчи С.С., Юрко А.С. «Построение системы тестирования в рамках технологии дистанционного обучения». 2006, Мурманск, МГТУ, «Наука и образование-2006». С. 71-73
2. Юрко А.С., Колпакчи С.С. «Разработка интернет-сайта как базовая задача, стоящая на первом этапе внедрения дистанционных технологий в образовательный процесс». 2006, Мурманск, МГТУ, «Наука и образование-2006». С. 68-70
3. Колпакчи С.С. «Реализация автоматизированного рабочего места обучаемого в рамках технологии дистанционного обучения», 2009, Мурманск, МГТУ, «Наука и образование-2009». С. 29-30

## РЕЗУЛЬТАТЫ НАБОРА СЛУШАТЕЛЕЙ ИДО В 2009/2010 УЧЕБНОМ ГОДУ

**Харченко Т.В., Привалихина Н.В.** (г. Мурманск, МГТУ, Институт дистанционного обучения О, [idodec@mstu.edu.ru](mailto:idodec@mstu.edu.ru))

The results of a set of distance learning students of the Institute 2009-2010 academic year.

Информационные технологии плотно входят в нашу жизнь, поэтому, если рассматривать дистанционное обучение, как альтернативу традиционному обучению, то на этом фоне оно выглядит гораздо перспективнее. Таким образом, эта система высшего профессионального образования выделяется следующими преимуществами:

- обучение без отрыва от работы и дома;
- снижение расходов учащихся на транспорт и проживание;
- возможность индивидуального обучения, гибкий учебный график и удобное расписание занятий;
- повышение эффективности и качества обучения за счет интенсивного общения с преподавателем, оперативности консультаций, постоянного контроля усвоения знаний и навыков, использования современных учебных материалов и методик, освоения новых информационных технологий;
- сохранение полного комплекта учебных материалов в электронном виде;
- получение результатов индивидуальной диагностики с заключением преподавателя.

Все это ведет к увеличению набора студентов.

Если 5 лет назад, когда открылся «Институт дистанционного обучения», набор был сделан только на одну специальность «Программное обеспечение ВТ и АС» в количестве 23 человек, то на сегодняшний день существует 3 формы обучения (по 9 техническим специальностям и 6 социально-экономическим). По данным формам обучаются:

- заочная - 371 человек;
  - заочно-ускоренная- 101 человек;
  - заочная форма на базе высшего образования - 79 человек.
- Всего 551 человек.

Рассмотрим подробно динамику роста на примере наборов 2008/2009 учебного года и 2009/2010 учебного года.

Форма обучения/ учеб.год	2008-2009 учебный год	2009-2010 учебный год
<b>Заочная форма</b>	137 человек	138 человек
<b>Заочно-ускоренная</b>	43 человека	54 человека
<b>Заочная форма на базе высшего образования</b>	32 человека	46 человек
<b>Всего</b>	212 человек	238 человек

В отличие от очного и заочного образования традиционной формы *возрастной состав* слушателей ИДО значительно шире, что обусловлено мотивированностью к обучению, непрерывностью профессиональной деятельности и повышением ее квалификации. На первый курс этого учебного года поступило:

- в возрасте от 18-25 лет – 67 человек;
- от 25-35 лет - 89 человек;
- от 36-45 лет – 18 человек;
- за 45 лет -1 человек и после 50 лет – 1.

Сегодня происходит массификация высшего образования. Существует мнение, что в таких условиях мы теряем качество образования. Именно поэтому мы должны сосредотачивать внимание не на количестве выпускаемых кадров, а на качестве их подготовки.

В этом году мы действительно почувствовали значительное увеличение количества поступающих обучаться по программам второго высшего образования, особенно по специальности «Юриспруденция».

Если в прошлом году на эту специальность поступило 5 человек, то в текущем году уже 25 человек.

На востребованность второго высшего образования влияет психологический момент: люди не имеют четкого представления о том, что будет происходить в системе высшего образования дальше и хотят воспользоваться тем, что есть сегодня, выбирая наиболее удобную для себя форму обучения.

В работе приходится сталкиваться с нехваткой специальных профессиональных знаний или в области юриспруденции, или в области экономики, а это может помешать карьере и отразиться на материальном благополучии, не спасает и имеющееся высшее образование. Помочь может только получение второго высшего юридического или экономического образования без отрыва от производства. Достаточно иметь только компьютер и выход в Интернет.

Тенденция в получении диплома о втором высшем образовании такова – экономисты хотят иметь еще и юридическое образование, юристы – экономическое. Кроме того, большая часть обладателей учительских дипломов также стремится получить иное образование. 3 человека, только закончив педуниверситет в 2009 году, тут же поступили на второе высшее.

Возраст поступивших показывает, что  $\frac{1}{4}$  часть из них имеет хорошую высокооплачиваемую работу и для карьерного роста или для того, чтобы в условиях кризиса выдержать конкуренцию с молодыми сотрудниками, имеющими специальное высшее образование, им необходимо получение второго высшего образования.

Анализ результатов текущего набора подтверждает эту тенденцию.

1. Из 25 поступивших на специальность «Юриспруденция» - 6 имеют высшее экономическое образование, 6 – педагогическое.

2. Из 4 поступивших на специальность «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» три человека имеют преподавательский диплом.

3. 3 человека, имеющих преподавательский диплом, хотят получить высшее экономическое образование.

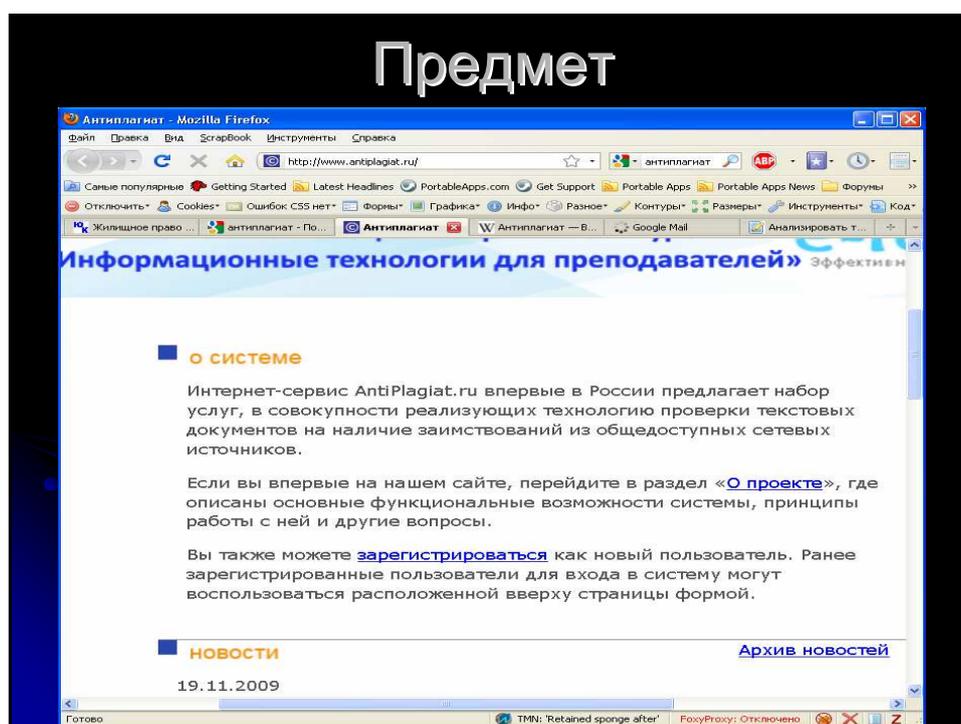
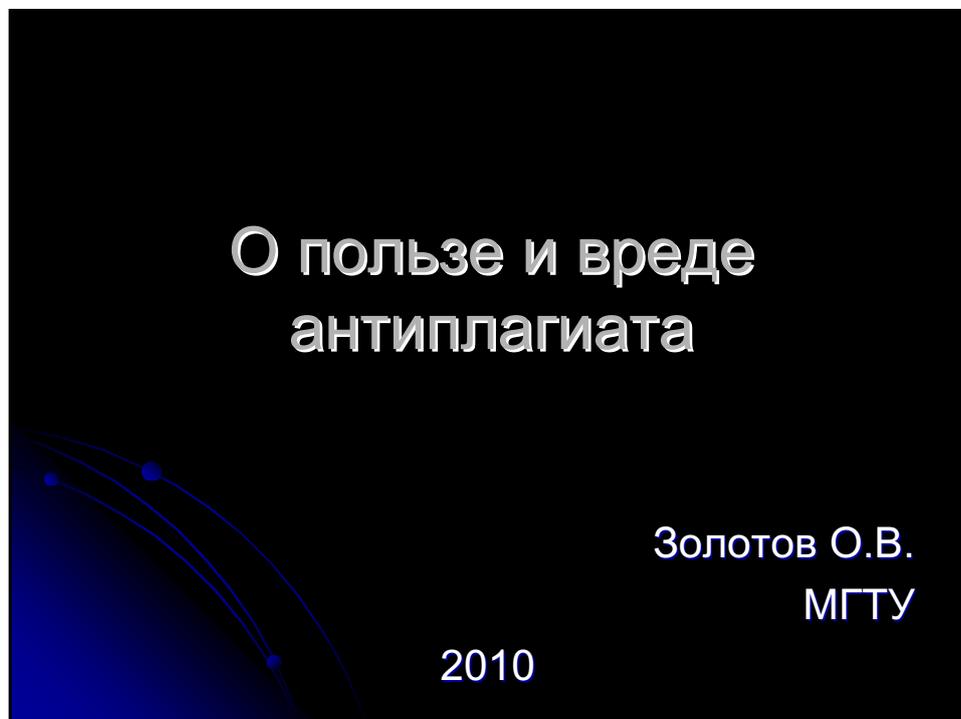
Это объясняется тем, что долгая подготовка студента по узкой специальности экономически не оправдана и к тому же не дает гарантии, что, получив диплом, он будет также востребован, как и на момент его поступления в вуз.

Дистанционное обучение позволяет учиться жителям регионов, где нет иных возможностей для профессиональной подготовки или получения качественного высшего образования, нет учебного заведения нужного профиля или преподавателей требуемого уровня квалификации. На 2009/2010 учебный год больше половины студентов (132 человека) проживают в Мурманской области, находятся на воинской службе в отдаленных местах, что не мешает им активно обучаться в системе дистанционного образования.

## О ПОЛЬЗЕ И ВРЕДЕ АНТИПЛАГИАТА

Золотов О.В. (г. Мурманск, МГТУ, каф. физики)

Материалы представлены в форме презентации



## Обещанные бонусы

проверка текстовых документов на  
наличие заимствований

Других бонусов нет

## Возможные ошибки поиска

Определение оригинального текста как  
заимствованного

Определение заимствованного текста  
как оригинального

Ошибочное определение источника  
заимствования

Неправильное распознавание  
цитирований

## Не распознается

Фиктивное авторство – когда в добросовестно выполненную работу в качестве автора или соавтора включается посторонний человек “за компенсацию”.

## Последствия (для преподавателя)

Сокращение времени проверки на поиск текстовых включений сопровождается временными потерями на валидацию генерированных программой результатов

Провоцирует на проверку работ “по диагонали”

Провоцирует на установку (м.б. неофициальную) формальных количественных показателей “самостоятельности”

## Последствия (для студента)

Провоцирование конформистского поведения, сопровождающееся освоением технических приемов “по удовлетворению” Антиплагиата

“Калечение” лексики в угоду “оригинальности” в ущерб понятности

Потеря времени на технический анализ результата вместо освоения материала и обсуждения сути работы

## Последствия (для учебного процесса)

Квалифицированному преподавателю не дает преимуществ, т.к. позволяет сразу отклонить только слабые работы, которые зачастую “и так видны” и легко отклоняются на защите.

Позволяет преподавателю с недостаточной квалификацией “маскировать” свой уровень техническими приемами вместо надлежащей работы по повышению квалификации

Мотивирует студента в пользу конформистского поведения и демотивирует попытки самостоятельного исследования (до защиты нужно еще дойти, значит, сначала надо решить проблему “технической преграды”, что выливается к привычке использовать набор “технических трюков” на основе отчетов Антиплагиата )

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОНИТОРИНГЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ**

**Луковкин С.Б., Хохлова Л.И.** (г. Мурманск, МГТУ, каф. А и ВТ, каф. ВМ И ПОЭВМ, *kendato@rambler.ru*)

Modern practice of application of information technologies to the activities of educational institution allows to consider that both ways of reception and processing of information necessary within education process are changing. New abilities of application of automated tutoring systems and information and communication technologies emerged. It allows to intensify education, activate abilities of perception and to control results of tuition in operative manner.

Современная практика использования информационных технологий в деятельности учебного заведения дает основание считать, что меняются способы и получения и обработки информации, необходимой в учебном процессе. Появились новые возможности в применении автоматизированных учебных систем и информационных и коммуникативных технологий. Это позволяет интенсифицировать обучение, активизировать способности восприятия, оперативно контролировать результаты обучения.

Потребность в повышении качества образования существенно необходима на данном этапе, так как очевидный кризис в образовании требует пересмотра всех технологий, применяемых в процессе обучения. Отсутствие возможности диалога преподавателя и студента как живого процесса классического обучения, начиная со школы, приводит к тому, что создается непреодолимая пропасть между обучающим и обучаемым. Крайне слабая подготовка большинства студентов практически по всем предметам не позволяет обеспечить прогресс ни по одной отдельной дисциплине. Поэтому сейчас необходима разработка индивидуальных образовательных траекторий для каждого учащегося при постоянном контроле преподавателя, который должен координировать познавательный процесс, постоянно усовершенствовать преподаваемые им курсы, повышать творческую активность и квалификацию в соответствии с нововведениями и инновациями.

Результаты анкетирования, проведенного для курсантов и студентов МГТУ после года обучения, показывают, что

1. Представление о своей будущей специальности имеют 50%
2. Считают, что математика необходимый компонент профессионального образования 70%
3. Считают свою школьную подготовку достаточной для усвоения математики в университете 60%
4. Отношение к математике после обучения в университете улучшилось у 40%, не изменилось у 60%
5. Хотели бы улучшить подготовку по математике 50%
6. Возможность для улучшения подготовки 90% видят в индивидуальных занятиях с преподавателем
7. Личность преподавателя является определяющей на отношении к предмету у 80%.

Таким образом, очевидно, что современному студенту младшего курса необходим на начальном этапе обучения постоянный индивидуальный контакт с преподавателем, который помог бы откорректировать начальную подготовку, научил работать с методической литературой и обеспечил в дальнейшем индивидуальную образовательную программу. Во многом мотивационным фактором в интенсивной учебной работе, и в первую очередь самостоятельной, является личность преподавателя. Преподаватель может быть примером

для студента как профессионал, как творческая личность. Он может и должен помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста.

В связи с этим огромную роль играет организационно-методическая деятельность преподавателя по управлению учебным процессом с использованием информационных и коммуникационных технологий и деятельность по обеспечению процесса обучения учебно-методическими материалами, обеспечивающих самостоятельную учебную работу.

Использование возможностей дистанционного обучения могло бы во многом помочь в обеспечении индивидуализации обучения. Система дистанционного обучения рассматривает студента как субъекта обучения, а образовательный процесс направлен не столько на трансляцию знаний, сколько на развитие познавательных способностей. При этом функции преподавателя меняются от информационно-контролирующих до консультационно-координирующих.

Дистанционное обучение ориентировано на повышенные требования к системе контроля, который при этом имеет свою специфику. Контроль, как и в традиционном учебном процессе, несет проверочную, обучающую, воспитательную, организационную функции и может быть входным, текущим, периодическим, итоговым. Преимуществом дистанционного обучения является входной контроль и корректирующий. С их помощью решаются следующие задачи: оценка знаний и мотивов обучения поступающих; анализ и оценка уровня развитости его профессиональных качеств и способностей; выбор эффективных средств и методов обучения для максимальной индивидуализации процесса обучения. Особую роль приобретает возможность входного контроля знаний на начальном этапе обучения, так как понятие «лично ориентированное обучение» предполагает дифференциацию и индивидуализацию обучения в зависимости от фактических знаний и психолого-педагогических свойств обучаемого.

Очевидно, что тестирование является наиболее быстрым и эффективным способом контроля текущего состояния знаний обучаемого, так как позволяет регулярно следить за уровнем усвоения материала каждым учащимся, своевременно влиять на повышение качества обучения, обеспечивает необходимую текущую коммуникацию преподавателя и студента. Тестовые технологии позволяют оперативно оценивать уровень усвоения учебного материала, освобождают преподавателя от трудоемкой работы проведения обычных контрольных работ, позволяют обеспечить всем испытуемым равные условия, автоматически проводить статистический анализ результатов и используют единую для всех систему оценок.

На данном этапе тестирование должно стать обучающим и оказаться встроенным в учебный процесс. Должны быть выделены специальные классы, составлено расписание тестирования, обеспечена возможность работы в этих классах в свободное время. Таким образом, в образовательном учреждении обязательным является наличие специального подразделения компьютерного тестирования, которое будет заниматься техническими вопросами и в любое время предоставлять преподавателю результат тестирования каждого студента и статистический отчет по проводимому тесту.

Многообразие методов опроса, прежде всего, компьютерного, помогут преподавателю в дальнейшем более рационально использовать экзаменационное время. Сочетание устного опроса, письменных контрольных работ, компьютерного тестирования с различной степенью сложности и рейтинговой оценки знаний позволят практически с момента начала обучения выявить как наиболее подготовленных, самостоятельно и творчески мыслящих учащихся, так и учащихся, нуждающихся в определенной психологической и профессиональной поддержке.

Рассмотрим вопрос о том, как на практике выглядит возможность использования возможностей непрерывного мониторинга в учебном процессе МГТУ. Ниже приведены данные по различным видам мониторинга курсантов в течение первого семестра. Здесь приведены результаты обучения для групп, в которых мониторинг осуществлялся в полной возможной мере, что потребовало значительных усилий со стороны преподавателя и людей, обеспечивающих техническую поддержку. Приведены и результаты тестирования групп, где мониторинг проводился по мере возможности, то есть не в полной мере.

М 191	егэ	Вход кон	Матрицы	Векторы	Аналит геом	функ	прои з	Итог	Среднее	экз
1.	35	2	4	3	2	-	-	-	3	3
2.	78	5	5	5	4	5	4	5	5	5
3.	53	2	2	2	3	2	2	3	2	3
4.	44	2	2	3	4	-	-	3	3	3
5.	44	2	4	2	2	2	2	-	2	2
6.	33	2	4	4	3	2	2	-	3	2
7.	68	5	5	4	2	-	5	3	4	3
8.	60	2	-	-	2	4	-	-	3	3
9.	44	2	4	4	2	4	3	3	3	3
10.	44	-	4	3	4	-	-	4	4	3
11.	58	3	2	4	3	2	3	4	3	3
12.	55	4	4	5	5	4	2	5	4	3
13.	47	4	3	4	2	-	2	-	3	2
14.	45	-	3	5	-	3	5	-	4	2
15.	44	2	2	2	2	2	2	4	3	2
16.	39	2	4	4	3	4	2	4	3	3
17.	52	3	5	5	4	4	-	4	4	3
18.	46	2	3	2	3	5	2	4	3	3
19.	62	4	5	3	4	4	4	5	4	3
20.	-	3	4	2	2	2	3	-	3	2
21.	56	4	3	4	2	-	-	3	3	3
22.	-	2	2	2	2	2	4	4	3	3
23.	60	2	-	5	2	5	4	5	4	3
24.	52	2	4	3	3	-	3	2	3	3
Среднее	51	2.77	3.55	3.48	2.83	3.29	3.00	3.82	3.3	2.8

М 192	егэ	Вход кон	Матрицы	Векторы	Аналит геом	функ	прои з	Итог	Среднее	экз
1.		2	-	2	-	-	-	-	2	-
2.	64	4	5	5	-	-	-	-	5	4
3.	56	2	3	3	-	-	-	-	3	-
4.	48	2	3	3	-	-	2	-	3	3
5.		-	3	4	-	-	-	-	3	2
6.	55	2	4	4	-	-	-	-	4	2
7.	42	2	4	2	-	-	-	-	3	2
8.	41	2	3	2	-	-	-	-	3	2
9.		0	3	2	-	-	2	-	2	2
10.	50	1	2	2	-	-	-	-	2	3
11.	62	4	4	5	-	-	-	-	4	3
12.	52	3	-	4	-	-	-	-	4	3
13.	50	2	3	4	-	-	-	-	4	3
Среднее	52	2	3.36	3.23			2.00	0	3.23	2.6

Э 191	егэ	Вход кон	Матрицы	Векторы	геом	функ	прои з	Итог	Сред нее	экз
1.	44	2		-					-	2
2.	68	4		3					3.5	3
3.	50	3		-					3	-
4.	70	3		5					4	3
5.	47	2		-					2	2
6.	50	2		2					2	2
7.	50	4		3					3.5	3
8.	36	2		-					-	-
9.	47	2		2					2	-
10.	42	2		-					-	3
11.	-	-		3					-	-
12.	52	2		3						-
13.	70	4		-						4
14.	52	2		2						2
15.	-	2		3						2
16.	40	3		-						2
17.	50	3		2						3
18.	60	3		-						3
19.	50	2		-					-	-
20.	55	3		-					-	3
Среднее	52	2.6		2.8						2.6

Сразу же отметим, что в самом начале обучения студентам была предоставлена программа мониторинга, разъяснение его цели, прежде всего, как обучающего компонента образования. То есть, тестирование проводилось перед контрольными работами и позволяло вовремя оценить степень овладения соответствующей темой. В случае необходимости можно было затем воспользоваться возможностью консультации с преподавателем по данной теме.

Анализ приведенных данных показывает, что только в группе М-191 можно провести определенный анализ результата обучения в первом семестре. Сразу же становится и исключительно низкий начальный уровень знаний, ему соответствует и низкий средний балл входного контроля. Интересно, что самый первый тест показал неплохие результаты по теме, что можно объяснить и простотой темы, и тем, что она практически не опирается на знания, полученные в школе и тем, что на начальном этапе основное число обучающихся верят в свои силы и оптимистично настроено на процесс обучения.

Контроль в образовательном процессе заключается в проверке хода и результатов теоретического и практического усвоения студентами учебного материала. Оценка знаний, полученных дистанционно, приобретает особое значение ввиду отсутствия непосредственного контакта обучающегося и педагога. Конечно, здесь встает вопрос о доверии к полученным результатам. Его можно добиться, если использовать возможности записи ответа в виде интервью, когда учащемуся предлагается отвечать на вопросы с одновременной записью на видеокамеру, причем эту запись можно осуществлять в удобное для обучающегося время, а преподавателю проверять в удобное для него время.

При дистанционном обучении, предполагающем увеличение объема самостоятельной работы студентов, возрастает необходимость организации постоянной поддержки учебного процесса со стороны преподавателей. Важное место в системе поддержки занимает проведение консультаций, которые теперь усложняются с точки зрения дидактических

целей: они сохраняются как самостоятельные формы организации учебного процесса, и вместе с тем оказываются включенными в другие формы учебной деятельности (лекции, практики, семинары, лабораторные практикумы и т.д.). Выделяются три этапа овладения приемами решения конкретных задач. На первом этапе необходимо предварительное ознакомление обучающихся с методикой решения задач с помощью печатных изданий по методике решения задач, материалов, содержащихся в базах данных, видеолекций, компьютерных тренажеров. На этом этапе учащемуся предлагаются типовые задачи, решение которых позволяет отработать стереотипные приемы, используемые при решении задач, осознать связь между полученными теоретическими знаниями и конкретными проблемами, на решение которых они могут быть направлены. На втором этапе рассматриваются задачи творческого характера. В этом случае возрастает роль преподавателя. Такие занятия не только формируют творческое мышление, но и вырабатывают навыки делового обсуждения проблемы, дают возможность освоить язык профессионального общения.

На третьем этапе выполняются контрольные работы, позволяющие проверить навыки решения конкретных задач. Выполнение таких контрольных заданий может проводиться как в off-line, так и on-line-режимах в зависимости от содержания, объема и степени значимости контрольного задания. После каждого контрольного задания целесообразно провести консультацию с преподавателем.

Каждый из существующих в мире подходов к обучению «обучение от информации к мышлению» и «обучение от мышления к информации» в настоящее время меняются. Акцент смещается в сторону личности, индивидуализации, дифференциации, самостоятельности. Все эти принципы предполагают использование процессов тестирования. Тесты используются для определения различных показателей обучения и для управления и индивидуализации процесса обучения.

Современная система образования должна быть способна не только давать знания обучающимся, но и из-за постоянного и быстрого обновления знаний формировать потребность в непрерывном самостоятельном овладении знаниями, умениями и навыками самообразования, а также самостоятельной и творческой деятельности в течение всей активной жизни человека.

Таким образом, учебный процесс в высшей школе подчинен не столько задаче информационного насыщения, сколько формированию продуктивного мышления, развитию интеллектуального потенциала личности, становлению способов логического анализа и всесторонней обработки потребляемой информации. Сегодня основой педагогического процесса в высшей школе является формирование потребности в самообразовании посредством обучения методологии самостоятельной работы в информационно-образовательной среде и при увеличении ее доли в образовательном процессе, поэтому технологии дистанционного обучения являются одной из наиболее современных и перспективных систем подготовки специалистов.

## ДИСТАНЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ПРОГРАММАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ОБМЕНА СТУДЕНТАМИ

**Бурзун М.С.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «Информационных систем и прикладной математики», e-mail: burzun\_m@mail.ru)

Remote education in the program of international exchange students. International activities university city of Murmansk in the development of distance learning among the Barents - in the region. There are results of research for the study of forming of economics and knowledge in laws, legislative culture and economics of north region countries.

Развитие интернет - технологий открывает новые возможности в системе обучения, которая ориентирована на оперативную подготовку специалистов, не имеющих время или возможности, проходить обучение или переподготовку в учебных заведениях. Решение вопроса обучения стало возможно благодаря созданию динамичной системы дистанционного обучения.

Дистанционное обучение - комплекс образовательных услуг (доставка учебного материала, его самостоятельное изучение, диалоговый обмен между преподавателем и обучаемым, контроль и проверка результатов обучения), предоставляемых с помощью специализированной информационной образовательной среды, базирующейся на средствах обмена учебной информацией на расстоянии (компьютерная сеть, почта, телефон, факс и т.д.).

Дистанционное обучение позволяет расширить географию слушателей, тематический диапазон преподаваемых курсов и их качество; сократить время обучения благодаря быстроте коммуникаций и использованию всех современных форм обучения.

Одним из основных условий успешной интеграции в мировое сообщество в XXI веке является соответствующее потребностям общественного развития образования молодежи. Молодые люди должны быть готовы не только уверенно вступать в будущее, но и сами создавать его. В условиях модернизации системы образования, предпринимаемой в России, дистанционное образование приобретает особое значение.

Одним из приоритетных направлений деятельности вузов города Мурманска является развитие международной деятельности, взаимовыгодных отношений с высшими учебными заведениями стран Баренц – региона, участие в совместных проектах и программах. Географический разброс вузов различных государств компенсируется программами дистанционного обучения, развитие которого способствует массовому распространению образования, делая учебные курсы доступными для тех категорий слушателей, которые ранее не были охвачены традиционным очным образованием.

В результате внедрения системы дистанционного обучения обеспечиваются:

- значительная экономия времени и средств;
- предоставление возможности обучения большему количеству людей;
- непрерывность и повышение продуктивности обучения;
- рост возврата от инвестиций в обучение;
- универсальный доступ к учебной системе через браузер;
- возможность обучения в любое время, в любом месте за счет универсального доступа.

Программы дистанционного обучения управляют ресурсами и отслеживают прохождения учебных программ учащимися.

Система дистанционного обучения обеспечивает размещение материалов курсов в Интернете на Web-ресурсах, регистрацию обучаемого в режиме on-line, прохождение курса и проверку знаний.

Курсы дистанционного обучения представляют информацию различных типов объектов мультимедиа (текст, графика, включая трехмерную, анимация). Значимым ресурсом является обучающая, тестирующая и контролирующая система, включающая функционально полный гипертекстовый конспект материала дисциплины и комплект учебно-контролирующих и тестирующих программ.

Реализация видеокурсов в режиме on-line осуществляется при наличии мощных телекоммуникационных возможностей и в России может быть востребована только в редких случаях для корпоративных систем. Остальные способы представления информации в Интернете стали уже достаточно традиционными. При этом необходимо учитывать специфику конкретного курса и пропускные способности каналов конкретных пользователей.

В число дистанционных образовательных проектов входят следующие программы: FIRST (Россия, Финляндия), FIRST-Barents (Россия, Финляндия), FIRST-LAPLAND (Россия, Финляндия), North2North (Россия, Финляндия, Норвегия, Канада, Исландия), Fellowship Programme for Studies in the High North (Россия, Норвегия), Barentsplus (Россия, Норвегия). Эти программы предлагают пройти обучение студентов, получить качественное образование, сертификаты европейского образца, опыт общения со своими зарубежными сверстниками и установить контакты, которые могут пригодиться в дальнейшей профессиональной деятельности. Интернет-обучение различается по форме организации курсов: в режиме on-line (синхронные, проходящие по расписанию лекции и семинары) и off-line (асинхронные, проводимые по запросу пользователя интернет – занятия).

В системах обучения в режиме on-line используются презентации, программируемые курсы, диалоговые видеоконференции. Программы включает ряд курсов по изучению культуры, проблем полярного региона, скандинавской политики, особенностей северного общества, истории северных ресурсов. В программах предусмотрена разработка и реализация проектов, направленных на поддержку местного сообщества, сотрудничество с жителями регионов, малых городов и сел, с людьми с ограниченными физическими возможностями, беженцами и вынужденными переселенцами.

В рамках долгосрочного образовательного проекта BCS – Bachelor of Circumpolar Studies (Программа приполярного регионоведения) студенты изучают специфику североевропейских регионов, жизнь коренных регионов севера, осваивают курсы «Экономика северных стран», «Политика северных стран», «Культура народов Севера», «Экология Крайнего Севера».

В рамках образовательного проекта «High North Cross Border Business» (Трансграничный бизнес на Крайнем Севере) велась разработка и чтение курсов в сфере трансграничных отношений (бизнес – культура, торговля, логистика, предпринимательство), проводились рабочие встречи.

Программа «Шведско-российская межкультурная коммуникация» направлена на расширение представления и повышение интереса молодежи России и Швеции о культуре друг друга. В ходе выполнения программы студентами был собран материал для научных статей, опубликован сборник, проведена фотовыставка.

Цели образовательных программ отражают потребность в профессионалах и направлены на обучение специалистов, дают возможность будущим специалистам поднять уровень профессиональных знаний и навыков при работе в условиях рыночной экономики. Содержание курсов предусматривает в равной степени содержание теории и практики, что

позволяет проводить стажировки и обучение без отрыва от производства. Учебные программы различны по наполнению (от краткосрочных курсов повышения квалификации специалистов до получения второго высшего образования).

Студенты, принявшие участие в дистанционных программах обмена, приобретают достаточно обширные знания во всей сфере экономических особенностей северных стран, получают возможность очного обучения за рубежом, включая изучение практики работы финансовых организаций с использованием разработанных модулей, стажировку в ведущих зарубежных банках и финансовых компаниях по индивидуальным программам.

### **Список литературы:**

1. Агапов С.В., Джалиашвили З.О., Кречман Д.Л. Средства дистанционного обучения. Методика, технология, инструментарий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 336 с.
2. Карминский А.М., Черников А.Б. Информационные системы в экономике: В 2-х ч. Ч.1. Методология создания: Учебное пособие. – М: Финансы и статистика, 2006. - 336 с.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ**

**Малаева А.В.** (МГТУ, Гуманитарный факультет, Кафедра иностранных языков)

В настоящее время все больше и больше людей начинают осваивать информационное пространство сети Интернет, в том числе и информационно-образовательное. Чтобы ориентироваться в стремительном потоке информации, уметь оперировать ею для решения профессионально и личностно значимых проблем, каждому человеку необходимо быть способными адаптироваться в современном обществе, владеть функциональной грамотностью. Поэтому к приоритетным целям сегодняшнего образования относятся интеллектуальное и нравственное развитие личности, развитие критического и творческого мышления обучаемых, умений работы с информацией.

Современные тенденции определяют и стратегии развития языкового образования. Согласно учебным стандартам и программам среднего и высшего профессионального образования основной целью обучения ИЯ является развитие иноязычной коммуникативной компетенции обучаемых, которая включает в себя языковую, речевую, социокультурную, компенсаторную, учебную.

Коммуникативная компетенция в современном ее понимании предусматривает формирование способности к межкультурному взаимодействию, что представляет собой адекватное взаимопонимание двух участников коммуникативного акта, принадлежащих к разным национальным культурам.

Специфика дисциплины "иностраный язык" заключается в том, что ведущим компонентом содержания обучения иностранному языку являются не основы наук, а способы деятельности - обучение различным видам речевой деятельности - говорению, аудированию, чтению, письму, переводу. Следует иметь в виду и еще одну особенность этой учебной дисциплины. Обучать речевой деятельности можно лишь в живом общении. Современные средства ИКТ предоставляют такую возможность. Это одна из главных причин, которая заставляет изучающих иностранные языки и преподавателей с надеждой обращаться к услугам и сервисам Интернета.

В связи с этим, методологическими основаниями использования ИКТ в обучении ИЯ на сегодня являются:

- Важность владение умением работать с информацией, размещаемой, главным образом, на электронных носителях и в сети Интернет.
- Необходимость формирования критического мышления обучаемых как базового умения работы с информацией.
- Следование принципам личностно-ориентированного подхода и конструктивизма как приоритетных направлений современного образования.
- Приоритетность проблемного характера познавательной деятельности студентов.

Необъятные информационные ресурсы и коммуникационные возможности средств ИКТ помогают создать современную и эффективную систему обучения ИЯ благодаря:

- Доступу к аутентичной информации (вербальной, звуковой, мультимедийной)
- Поиску информации под поставленную задачу
- Доступу к справочным материалам (словари, справочники, энциклопедии)
- Знакомству со страноведческим материалом, в том числе мультимедийным
- Установлению контактов с носителями языка (общение: совместные проекты,

дискуссии, пр.)

- Участию в профессиональных сообществах и сообществах по интересам.
- Возможности публикации своих материалов в электронных сетевых изданиях разных стран мира.

Более того, Интернет-ресурсы и услуги предоставляют возможность решать многие дидактические задачи учебного процесса, направленного на формирование иноязычной коммуникативной компетенции:

- Создание проблемной ситуации на занятии, ознакомление обучаемых с альтернативными точками зрения на изучаемую проблему.
- Использование мультимедийной, социокультурной, аутентичной информации.
- Использование справочной литературы.
- Организация и проведение совместных телекоммуникационных, проектов;
- Проведение телеконференций (on-line, off-line);
- Проведение видеоконференций.
- Осуществление рефлексии (личные веб-страницы слушателей)
- Дистанционное обучение;
- Контроль и тестирование;
- Самостоятельный поиск информации
- Организация методических объединений преподавателей, администраторов образовательных учреждений.
- Создание виртуальных школ, кафедр, научных объединений.

Итак, роль ИКТ в современной системе языкового образования состоит в следующем:

- Эффективная интеграция современных педагогических технологий проблемного обучения; создание условий для общения на иностранном языке всех участников учебного процесса.
- Использование средств коммуникации для интеграции очного и дистанционного обучения (blended learning), где особое внимание следует уделить педагогическому аспекту.
- Использование ИКТ при организации дистанционного обучения.
- Повышение качества и расширение доступа к обучению.
- Возможность индивидуализировать обучение с учетом потребностей и особенностей (умственных, физических, социальных) обучаемого.
- Возможность открытого доступа к образовательным и информационным мировым ресурсам.
- Установление контактов на профессиональном уровне (для педагогов), в процессе обучения с партнерами из разных стран (для учеников и студентов).

Вместе с тем нельзя не отметить и проблемы использования ИКТ в образовании. Они связаны с:

- эффективным поиском информации;
- отсутствием экспертизы качества информационных ресурсов и изданий;
- неподготовленности обучаемых и преподавателей к работе с информацией;
- отсутствием культуры коммуникации, в том числе и межкультурной;
- недостаточной подготовленностью преподавателей к использованию ИКТ.

Таким образом, учитывая широкие возможности и перспективы использования средств ИКТ, существующие проблемы в любом случае при их эффективном использовании важно ориентироваться на цели языкового обучения, специфику учебной дисциплины и помнить, что все богатство возможностей средств ИКТ должно служить решению дидактических задач, а не наоборот.

**Литература:**

- Сафонова В.В. Коммуникативная компетенция: современные подходы к многоуровневому описанию в методических целях. - М.: Еврошкола, 2004
- Верещагин Е.М., Костомаров В.Г. В поисках новых путей лингвострановедения.- М.: ИКАР, 2000
- Тер-Минасова С.Г. Язык и межкультурная коммуникация. - М.: Слово, 2000.
- Полат, М.Ю. Бухаркина, М.В. Моисеева Теория и практика дистанционного обучения. - М: Издательский центр «Академия», 2004.

## СТРУКТУРА ЗАТРАТ ИДО МГТУ НА РАЗРАБОТКУ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

**Непомилуева О.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, Институт дистанционного обучения, nepomiluevaoo@mstu.edu.ru*)

Для стимулирования разработки качественных учебно-методических материалов создана определенная система оплаты труда преподавателей. Оплата производится на основании приказа Ректора № 1248 от 11.11.2009 года

По опыту прошлых лет было принято решение, что оплату за проделанную работу получают те преподаватели, которые предоставляют полный учебно-методический комплекс, который должен быть отрецензирован и рекомендован соответствующей кафедрой-разработчиком к использованию.

Остановимся подробно на учебно-методических материалах, которые подлежат к оплате:

1. разработка учебников, учебных пособий, практикумов, задачников;
2. разработка конспектов лекций;
3. разработка виртуальных лабораторий;
4. разработка методических указаний по изучению дисциплины;
5. разработка методических указаний по организации и проведению практик;
6. разработка методических указаний к выполнению выпускной квалификационной работы;
7. разработку и ввод тестов для контроля знаний, умений и практических навыков.

Оплата производится из расчета единиц измерения. Единицами измерения служат страницы, часы по учебному плану, лабораторная работа с методическими указаниями, недели по учебному плану, вопросы с вариантами ответа.

Для оплаты учебных и учебно-методических материалов преподаватель предоставляет в ИДО следующий пакет документов:

- для учебников, учебных пособий, практикумов, задачников:

1. выписка из протокола заседания Ученого Совета;
2. внешняя индивидуальная и внешняя коллективная рецензии.

- для всех остальных УММ:

1. выписка из протокола заседания кафедры, на которой читается данная дисциплина;
2. внутренняя рецензия.

За 5 лет существования ИДО было оплачено учебных и учебно-методических материалов на сумму 1 614 440 руб. по 192 дисциплинам.

Учебников, учебных пособий, практикумов, задачников – 16

Конспектов лекций – 19

Виртуальных лабораторий – 1

Методических указаний по изучению дисциплины – 171

Методических указаний по организации и проведению практик – 1

Методических указаний к выполнению выпускной квалификационной работы – 1

Разработка и ввод тестов для контроля знаний, умений и практических навыков – 131.

Дисциплин, которые требуют разработки серьезных и качественных учебно-методических материалов еще много, а если учесть, что открываются новые специальности, то затраты на оплату возрастут.



---

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ  
РАЗРАБОТКИ**



## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ МНОЖЕСТВАМИ ТОЧЕК ПЛОСКОСТИ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ПОВОРОТАХ И ОТРАЖЕНИЯХ

**Бычкова С.М., Жарких А.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра ВМ и ПО ЭВМ, *LyasnikovaSM@yandex.ru*)

In this paper considers the possibility of replacing the probabilistic conclusions by using simulation to solve the problems discussed in [1], [2]. In papers [1], [2] we researched the probabilistic characteristics of distances between points in Euclidean space under random rotations and reflections. In this study some situations required the cumbersome mathematical conclusions. It was decided to replace these conclusions by using simulations.

**Цель работы** - имитационное моделирование распределений расстояний между точками евклидова пространства, отличающихся случайными поворотами или отражениями.

### Введение

В работах [1], [2] исследовались вероятностные характеристики расстояний между точками евклидова пространства при случайных поворотах и отражениях. Ниже кратко изложена суть работ [1], [2] и проблема, которая возникала в исследовании. В данной работе мы предлагаем решение проблемы, используя имитационное моделирование.

Пусть имеется точка  $A = \{A_i(x_i, y_i)\}$ ,  $i=1 \dots N$ , спроецированная из  $R^{2N}$  на плоскость. Координаты этой точки подвергаются одному из двух преобразований. Преобразование 1 – это поворот каждой проекции  $A$  на плоскости на один и тот же случайный угол  $\varphi$  относительно фиксированной точки  $(x_0, y_0)$ . Преобразование 2 – это отражение тех же самых проекций на плоскости относительно прямой, повернутой на случайный угол  $\varphi$  относительно фиксированной точки  $(x_0, y_0)$ . В результате одного из двух преобразований получается новая точка в  $R^{2N}$ . Случайный угол  $\varphi$  равномерно распределен в полуинтервале  $[0; 2\pi)$ .

Рассматривается ситуация, когда координаты точки  $A$ , спроецированной из  $R^{2N}$  на плоскость, попарно делятся на  $M$  произвольных частей,  $M \geq 1$ . Если каждая из этих частей подвергается преобразованию 1, то расстояние между исходной и полученной точкой имеет вид:

$$d = \sqrt{\sum_{k=1}^M d_{\max k}^2 \sin^2(\varphi_k / 2)} \quad (1)$$

Если каждая из этих частей подвергается преобразованию 2, то расстояние между исходной и полученной точкой имеет вид:

$$d = \sqrt{\sum_{k=1}^M (A_k + C_k + E_k \sin(2\varphi_k + \beta_k))} \quad (2)$$

В выражениях (1), (2)  $d_{\max k}$ ,  $A_k$ ,  $C_k$ ,  $E_k$ ,  $\beta_k$  - это некоторые функции от координат  $k$ -ой части. Углы  $\varphi_k$  - равномерно распределены в полуинтервале  $[0; 2\pi)$ .

В работах [1], [2] были получены точные формулы плотностей распределения вероятностей и начальные моменты расстояний для случая  $M = 1$  и  $M = 2$ . При  $M = 2$  плотность распределения вероятностей расстояний как в случае преобразования 1, так и в случае преобразования 2 представляет собой несобственный интеграл от произведения двух функций Бесселя и мнимой экспоненты. Вычислить данный интеграл довольно сложная задача. При  $M \geq 3$  формулы для вычисления плотностей распределения вероятностей как в случае преобразования 1, так и в случае преобразования 2 являются ещё более сложными.

Поэтому в данной работе предлагается заменить вычисление плотностей распределения вероятностей по формулам, выведенным в [1], [2] имитационным моделированием на основе прямого преобразования случайной величины. Для решения задачи имитационного моделирования разработано программное средство «Моделирование случайных величин». Среда разработки Microsoft Visual Studio 2005. Язык разработки C#.

В выражениях (1) и (2), расстояние является функцией  $M$  случайных аргументов  $\varphi_k$ , каждый равномерно распределен в полуинтервале  $[0; 2\pi)$ . Таким образом, в случае  $M \geq 2$ , необходимо наличие  $M$  генераторов псевдослучайных чисел, равномерно распределенных в полуинтервале  $[0; 2\pi)$ . Генераторы равномерно распределенных чисел можно построить с помощью линейных псевдослучайных последовательностей максимальной длины. Ниже рассмотрим моделирование равномерно распределенной случайной величины для создания генераторов равномерно распределенных чисел.

### Моделирование равномерно распределенной случайной величины

Для моделирования равномерно распределенной случайной величины использовались линейные псевдослучайные последовательности (ПСП) максимальной длины.

Линейные псевдослучайные последовательности (ПСП) максимальной длины – это последовательности символов длиной  $L = 2t-1$ , где  $t$  – степень порождающего примитивного неприводимого полинома над полем  $GF(p^t)$ . Существуют доступные таблицы неприводимых примитивных полиномов, например, в источнике [3]. Двоичные ПСП максимальной длины можно использовать для моделирования равномерного распределения, поскольку двоичные ПСП обладают хорошими статистическими свойствами:

- а) число единиц в ПСП на единицу больше числа нулей;
- б) нули и единицы хорошо перемешаны и похожи на случайные комбинации;
- в) последовательности, сформированные на основе разных полиномов одинаковой степени, могут быть интерпретированы, как различные реализации равномерного распределения.

Неприводимый над полем  $GF(p^t)$  примитивный полином обозначим как  $f(x)$ :

$$f(x) = x^t + \sum_{i=0}^{t-1} a_i x^i \quad (3)$$

Тогда последовательность максимальной длины строится по следующему рекуррентному правилу:

$$y_{l+t} = \left( \sum_{r=0}^{t-1} (-a_r) y_{r+l} \right) \bmod p \quad (4)$$

Последовательности, сформированные на основе разных полиномов одинаковой степени, могут быть интерпретированы, как различные реализации равномерного распределения. Рассмотрим алгоритм получения всех неприводимых примитивных полиномов в расширении конечного поля заданной степени на основе одного заданного.

Алгоритм вычисления всех неприводимых примитивных полиномов в расширении конечного поля заданной степени на основе одного заданного неприводимого над полем  $GF(p^t)$  примитивного полинома

- а) Выбрать массив чисел, состоящий из элементов от 1 до  $p^t - 1$  взаимно простых с  $p^t - 1$ . Количество элементов в этом массиве равно  $C = \varphi(p^t - 1)$ , где  $\varphi(p^t - 1)$  - функция Эйлера.

- б) Разбиваем полученное множество взаимно простых чисел из  $C$  элементов на  $\frac{C}{t}$  классов, в каждом классе  $t$  элементов. Обозначим  $t_j = \{j, jp, \dots, jp^{t-1}\} \bmod (p^t - 1)$ , т. е. строим массив  $A = \{jp^l \bmod (p^t - 1)\} \in \{\text{множеству взаимно простых с } p^t - 1\}$ ,  $l = \overline{0, t-1}$ .
- в) В каждом классе есть минимальный представитель –  $j$ , остальные отбрасываем. Сохраняем минимальные представители из этих классов в одном массиве  $j(r)$ ,  $r = \overline{1, \frac{C}{t}}$ ,  $j(1) = 1$ . Числа, записанные в массиве  $j(r)$ , показывают шаг, с которым нужно делать выборку из ПСП максимальной длины, чтобы получить новые коэффициенты.
- г) Выбираем один из минимальных представителей в массиве  $j(r)$ .
- д) В исходной ПСП максимальной длины выбираем элементы с номерами  $0, j, 2j, 3j, \dots$ . Всего  $2t$  элементов.
- ж) Строим из выбранных элементов расширенную матрицу системы линейных уравнений размерностью  $t$  - строк,  $t+1$  – столбцов. В качестве строк матрицы используются выбранные элементы (пункт д) со сдвигом на 1. В качестве последнего столбца расширенной матрицы выбираются последние  $t$  из выбранных элементов.
- к) Решаем систему линейных уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента. Корни уравнения – это коэффициенты полинома.

Данный алгоритм был реализован в программном средстве «Моделирование случайных величин». С помощью этого алгоритма были получены различные реализации равномерного распределения на основе разных примитивных неприводимых полиномов одинаковой степени.

### Заключение

Точные теоретико-вероятностные выводы плотностей распределения вероятностей расстояний были получены на основе теории преобразований одномерных случайных величин с помощью монотонных и немонотонных функций. Использовалась классическая теорема о свертке суммы плотностей распределения вероятностей.

Для решения задачи имитационного моделирования разработано программное средство. Разработанное программное средство базируется на генерации бинарных последовательностей максимальной длины с последующим преобразованием их коротких подпоследовательностей в десятичные числа. Реализован алгоритм, который дает возможность использовать различные реализации равномерного распределения на основе полинома одной степени. Это алгоритм вычисления всех неприводимых примитивных полиномов в расширении конечного поля заданной степени на основе одного заданного. Таким образом, есть возможность формирования псевдослучайных последовательностей равномерно распределенных в полуинтервале  $[0;1)$  с различным количеством десятичных знаков после запятой. С помощью программного средства были построены гистограммы плотностей распределения вероятностей, полученных в [1], [2]. По данным гистограммам были сделаны выводы о том, что вид плотностей распределения вероятностей соответствует виду, ожидаемому теоретически.

### Список литературы:

1. Лясникова С.М., Вероятностные характеристики расстояний между точками евклидова пространства, отличающимися случайными поворотами или отражениями

//Материалы XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». 21-26 апреля 2008 г.: Математика и механика М., 2008.

2. Лясникова С.М., Жарких А.А., Исследование распределений расстояний точек евклидова пространства при случайных аффинных преобразованиях //Доклады 14-й Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов». 21-26 сентября 2009 г. – М.: МАКС Пресс, 2009. – с 49-51.

3. Лидл Р., Нидеррайтер Г., Конечные поля: в 2-х т. Т.1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 430с.

4. Тихонов В.И., Харисов В.Н., Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М: Радио и связь, 1991. – 608с.

**EXPO-RATIONAL B-SPLINES: PROPERTIES, GENERALIZATIONS AND APPLICATIONS****L. T. Dechevsky** (*Narvik, Norway, Narvik University College, Faculty of Technology, ltd@hin.no*)

In [1] a new type of B-spline - the expo-rational B-spline (ERBS) - was introduced. The heuristic motivation for its introduction came from important similarities in several celebrated mathematical constructions originating in approximation theory, differential geometry and operator theory. By derivation result of an Edgeworth and a steepest-descent/saddlepoint asymptotic expansion it was shown that the expo-rational B-splines are the asymptotic limits of polynomial B-splines when the degree of the latter tends to infinity, and *all knots are simple (have multiplicity equal to 1)*, so, that the number of the knots of the B-splines also tends to infinity. As a consequence of their nature as asymptotic limits, the new B-splines exhibit 'superproperties' by outperforming usual B-splines in a number of important aspects: for example, in constructing a minimally supported infinitely smooth partition of unity over triangulated polygonal domains of any dimension, which will be the main topic of the present communication.

In 2006 the author proposed a framework for the generalization of ERBS, the so-called generalized ERBS (GERBS), and considered one important instance of GERBS, the so-called Euler Beta-function B-splines (BFBS) which offered a good trade-off between preservation of the important 'superproperties' of ERBS (with some reductions) and easy computability (BFBS being explicitly and exactly computable piecewise polynomials, while ERBS being special functions computed by a very rapidly converging, yet approximate, numerical integration algorithm). In [2] we provided a detailed systematic exposition of the definitions, basic properties and advanced features and 'superproperties' of GERBS and BFBS, tracing the evolution of these properties as the consideration was being gradually focused from the most general concept of GERBS as reparametrizations of the piecewise-affine B-splines, with bounded Jordan variation, through the justification of the introduction of BFBS as  $m$ -times continuously differentiable (smooth) GERBS, to the ultimate construction of ERBS as infinitely smooth GERBS. In the course of the exposition we kept track of the trade-off between the computability of the GERBS versus the extension of the range of its 'superproperties'. At the same time, we compared the features of GERBS with those of classical polynomial Schoenberg B-splines. In particular, in generalization of the respective results in [1], in [2] it was noted that all possible GERBS can be identified as the asymptotic limits limits of polynomial B-splines when the degree of the latter tends to infinity, and the knots have possibly variable multiplicity, including possible cases of multiplicity tending to infinity.

In the present communication we shall provide some preliminary information about ERBS and GERBS and graphical examples of their use for the geometric modelling of curves and tensor-product surfaces. The main topic of the communication will be the study of (G)ERBS generating smooth minimally supported convex partitions of unity over multidimensional domains. It will be shown how these new partitions of unity simultaneously provide Hermite interpolation on scattered, possibly non-uniformly distributed, point sets in several dimensions. We shall consider four constructions referring to multidimensional domains which are partitioned in:

- (1) Simply-connected, possibly overlapping, tiles;
- (2) Star-shaped, possibly overlapping, tiles;
- (3) Triangulations (the tiles are non-overlapping simplices in the respective dimension);
- (4) Convex, possibly overlapping, tiles.

The order of decreasing generality of these constructions is 1-2-4-3, while the respective constructions exhibit increasingly advanced properties. Constructions 3 and 4 are, in a certain sense, dual to each other. For all four constructions the generalized Vandermonde matrix of Hermite interpolation is always in Jordan normal form, i.e., block-diagonal, with the sizes of the blocks

depending on the multiplicities of Hermite interpolation in the respective knots. This is a very considerable improvement compared to classical polynomial B-splines where the generalized Vandermonde matrix is only band-limited. We provide estimates on the complexity of Hermite interpolation by GERBS versus polynomial B-splines, and these estimates show that the former drastically outperform the latter.

There follows an inexhaustive list of potential (practical and theoretical) applications of GERBS.

- Computer-aided Geometric Design (CAGD)
- Representation and parametrization of smooth manifolds
  - interpolation, fitting, approximation, etc., by differential manifolds diffeomorphically equivalent to an a priori given manifold
- Finite/boundary element methods (FEM/BEM), divergence-free finite volume methods (FVM)
- Multilevel B-splines
- Approximation via Hermite interpolation
  - Finite-dimensional case
    - Finite knot-vector
    - Countably infinite knot-vector
  - Infinite-dimensional case
    - Finite knot-vector
    - Countably infinite knot-vector
- Linear operator theory - reducing linear operators to canonical Jordan (normal) form via Hermite polynomials and GERBS
  - Generalization of the Cauchy integral formula for one complex variable to Green's integral formula for 2 real variables written in terms of a complex variable and its conjugate
    - The formula itself
    - Its various applications (Taylor series, Laurent series, etc.)
  - Operator forms of the generalization from the previous item
    - Jordan normal form of linear operators via Hermite polynomials and GERBS – comparison
    - Linear operator theory - extending finite-rank operators to compact operators (via Hermite interpolation with polynomials and entire functions of exponential type, with additional regularization by a uniformly bounded, strongly continuous operator (semi)group), and to (possibly unbounded) operators with discrete spectra
      - Linear operator theory - generalized spectral operators (à la Dunford & Schwartz)
      - Nonlinear operator theory - extending the previous two items to nonlinear operators (potential plus skew-symmetric plus non-smooth)
      - Integral remainders for Taylor, Lagrange, Hermite, Abel-Goncharoff expansions and Sobolev and Steklov means for general mappings between Banach and more general topological spaces.
      - In the infinite-dimensional case, efficient approximate computation of functional integrals (in particular, Feynman path integrals)

Although the text of this abstract and the respective presentation is in English, the actual lecture will be delivered in Russian.

## References:

- [1] L. T. Dechevsky, A. Lakså, B. Bang. Expo-rational B-splines. *Int. J. Pure Appl. Math.*, **27(3)** (2006) 319--369.
- [2] L. T. Dechevsky, B. Bang, A. Lakså. Generalized expo-rational B-splines. *Int. J. Pure Appl. Math.*, **57(6)** (2010) 833--872.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Серда А.-В.И., (г. Мурманск, МГТУ, кафедра ВМ и ПО ЭВМ.)

Приемлемое качество численного моделирования может быть обеспечено лишь при условии достижения необходимой согласованности результатов моделирования и априорно имеющихся данных о моделируемой характеристике процесса. Требуемый результат может быть достигнут, в частности, при надлежащем выборе значений параметров численной модели - параметрической идентификации модели (калибровки), которая осуществляется в результате постановки и решения соответствующей обратной задачи. В данной работе рассматривается один из возможных методов параметрической идентификации. В качестве регуляризирующего подхода к решению обратной задачи используется построение так называемых  $\varepsilon$ -квазирешений.

Представим задачу прямого численного моделирования в форме:

$$P_\chi = G(\chi), \chi \in X^0 \subset X, P_\chi \in P^0 \subset P, \quad (1)$$

где:  $G(\chi)$  – в общем случае нелинейный оператор, осуществляющий отображение из  $X$  - конечномерного евклидова пространства модельных параметров в  $P$  - конечномерное евклидовое пространство модельных распределений (модельных данных);  $\chi = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_r)^T$  - вектор модельных параметров;  $P_\chi$  - вектор, задающий дискретное распределение моделируемой характеристики – результат решения прямой задачи;  $X^0 \subset X$  – замкнутое, ограниченное подмножество  $X$ ;  $P^0 \subset P$  – замкнутое, ограниченное подмножество  $P$ .

Значения модельных параметров  $\chi_k$  могут выбираться из интервалов их возможных значений, задающих в совокупности подмножество  $X^0$ :

$$\chi_k^{\min} \leq \chi_k \leq \chi_k^{\max}, \quad k=1, 2, \dots, r. \quad (2)$$

Значения компонент модельного распределения  $P_\chi$  определяются в узлах одномерной пространственной сетки:

$$\omega_z = \{x_k : x_{k+1} = x_k + h_{zk}, h_{zk} > 0, z_0 = 0, k=0, 1, 2, \dots, m\}, \quad (3)$$

где  $m+1$  - количество узлов сетки. В общем случае сетка может быть неравномерной.

Пусть  $P^\varepsilon$  - вектор наблюдаемых значений целевой характеристики исследуемого процесса (полевых данных), где  $\varepsilon$  - априорно оцениваемая точность производимых наблюдений. Не умаляя общности, будем считать, что значения компонент полевого распределения  $P^\varepsilon$ , также как и компоненты модельного распределения  $P_\chi$ , заданы в узлах сетки  $\omega_z$ .

Обозначим через  $\Omega$  диагональную  $L \times L$  матрицу ( $L=m+1$  – размерность пространства  $P$ ), диагональные элементы которой определяются в зависимости от степени "доверия" значениям соответствующих компонент вектора  $P^\varepsilon$  и введем в рассмотрение  $R(\chi, P^\varepsilon)$  - векторную функцию взвешенных невязок между полевыми и модельными данными, отнесенных к норме вектора полевых данных:

$$R(\chi, P^\varepsilon) = \Omega(P_\chi - P^\varepsilon) / \|P^\varepsilon\|, \quad (4)$$

где:  $\|P^\varepsilon\|$  - евклидова норма вектора  $P^\varepsilon$ .

В результате, формальная постановка обратной задачи для прямой задачи (1) может быть представлена в следующей редакции:

Определить  $\chi_\varepsilon^* \in X^0$ -вектор модельных параметров, удовлетворяющий условию:

$$\|R(\chi_\varepsilon^*, P^\varepsilon)\| \leq \delta_\varepsilon, \quad (5)$$

где значение  $\delta_\varepsilon > 0$  задается с учетом  $\varepsilon$  - погрешности полевых данных и вычислительной погрешности или экспертно.

Возможность выбора в качестве решения обратной задачи любого вектора  $\chi \in X^0$ , удовлетворяющего условию (5), вполне оправдано с практической точки зрения, поскольку позволяет согласовывать требования к точности получаемых результатов с погрешностью задания  $P^\varepsilon$ . Такое решение будем называть [Бакушинский А.Б, Гончарский А.В., 1989]  $\delta_\varepsilon$  – квазирешением.

Определим функцию рассогласования  $F(\chi, P_q^\varepsilon)$ :

$$F(\chi, P^\varepsilon) = \|R(\chi, P^\varepsilon)\|^2. \quad (6)$$

В качестве метода построения  $\delta_\varepsilon$ -квазирешения задачи (5) может быть использован любой подходящий метод минимизации на множестве  $X^0$  функции  $F(\chi, P^\varepsilon)$ . При этом в качестве  $\chi_\varepsilon^*$  достаточно выбрать любой вектор  $\chi \in X^0 \subset X$ , удовлетворяющий условию:

$$F(\chi, P^\varepsilon) \leq \delta_F, \quad (7)$$

где, например,  $\delta_F = \delta_\varepsilon^2$ .

В данной работе нахождение  $\chi_\varepsilon^*$  предлагается осуществлять на основе методов типа метода Гаусса-Ньютона (Дэннис, Шнабель, 1988) посредством приближенного решения нелинейной системы уравнений вида:

$$R(\chi, P_q^\varepsilon) = 0, \quad 0 \in P, \quad \chi \in X^0, \quad (8)$$

где:  $0$  – нулевой вектор.

В дальнейшем изложении для простоты будем опускать  $P^\varepsilon$  при записи векторной функции  $R(\chi, P^\varepsilon)$  и функции  $F(\chi, P^\varepsilon)$  и записывать эти функции в виде  $R(\chi)$  и  $F(\chi)$ . В результате, (8) переписывается в виде:

Определить вектор  $\chi \in X^0 \subset X$ , удовлетворяющий условию:

$$R(\chi) = 0, \quad 0 \in P, \quad \chi \in X^0. \quad (9)$$

Построение приближенного решения нелинейной системы (9) в смысле метода наименьших квадратов будем осуществлять в рамках одной из квазиньютоновских схем. Процесс реализуется итерационно, посредством построения начиная  $\chi^{(0)} \in X^0$ , последовательности точек  $\chi^{(0)}, \chi^{(1)}, \dots, \chi^{(i)}, \dots$ , принадлежащих  $X^0$ , по правилу:

$$\begin{cases} J(\chi^{(i)}) \cdot S^{(i)} = -R(\chi^{(i)}, P^\varepsilon) \\ \chi^{(i+1)} = \chi^{(i)} + q_i S^{(i)}, S^{(i)} \in X, \chi^{(i)} \in X^0 \end{cases}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, \quad (10)$$

$$\chi^{(i+1)} = \chi^{(i)} + q_i S^{(i)}, S^{(i)} \in X, \chi^{(i)} \in X^0 \quad (11)$$

где:  $J(\chi^k)$  – матрица Якоби для векторной функции  $R(\chi)$  – матрица частных производных компонент  $R(\chi^k)$  по компонентам вектора  $\chi$ , вычисленных в точке  $\chi^k$ . Частные производные для каждой компоненты векторной функции  $R(\chi^k)$  могут быть приближенно вычислены через конечно-разностные отношения:

$$\partial R_i(\chi^k) / \partial \chi_j \approx [R_i(\chi^k + (\delta \chi_j) e^j) - R_i(\chi^k)] / \delta \chi_j, \quad i=1, 2, \dots, L; j=1, 2, \dots, r, \quad (12)$$

где  $R_i(\chi)$  –  $i$ -я компонента векторной функции  $R(\chi) = (R_1(\chi), R_2(\chi), \dots, R_L(\chi))^T$ .

Таким образом, для вычисления элементов матрицы  $J(\chi^k)$  потребуется решить  $r$  прямых задач. Для определения  $S^k$  на каждом шаге необходимо решить в общем случае переопределенную систему линейных уравнений (10). Окончание процесса осуществляется при выполнении условия (7):

Метод (10)-(11) обладает рядом известных недостатков (см., напр., (Дэннис, Шнабель, 1988)), ограничивающих область его эффективного применения.

Наиболее существенным в практическом отношении недостатком метода является заметное замедление скорости его сходимости для случаев, когда система (9) существенно нелинейная или имеет существенно отличную от нуля невязку на решении. Причем при очень сильной нелинейности системы или очень больших невязках на решении системы метод может вообще не иметь локальной сходимости,

Кроме того, необходимо отметить, что при неполном столбцовом ранге матрицы  $J(\boldsymbol{\chi}^k)$  система (10) перестает быть корректно определенной в том смысле, что она не будет иметь единственного решения в смысле метода наименьших квадратов.

В данной работе предложен модифицированный подход, позволяющий, не меняя общей концепции подхода, построить практически достаточно эффективный в вычислительном отношении метод. Большей частью, предлагаемые модификации основаны на рекомендациях, содержащихся в многочисленных публикациях по методам нелинейной оптимизации и решению задач о наименьших квадратах. При этом в основном будем придерживаться рекомендаций, содержащихся в работе (Дэннис, Шнабель, 1988). В следствие ограниченного объема данной работы, приводится лишь общая характеристика основных идей, использованных при разработке предлагаемого метода.

Будем применять так называемый метод Гаусса-Ньютона с регулировкой длины шага.

Начиная с некоторого начального вектора модельных параметров  $\boldsymbol{\chi}^0 = (\chi_1^0, \chi_2^0, \dots, \chi_N^0)^T$ ,  $\boldsymbol{\chi}^0 \in X^0$ , до выполнения условия (7) строим последовательность точек  $\boldsymbol{\chi}^0, \boldsymbol{\chi}^1, \dots, \boldsymbol{\chi}^k, \dots$ , принадлежащих  $X^0$ , по правилу:

$$\begin{cases} \boldsymbol{\chi}^{k+1} = \boldsymbol{\chi}^k + q_k \mathbf{S}^k, & k=0,1,2,\dots, \\ J(\boldsymbol{\chi}^k) \cdot \mathbf{S}^k = -\mathbf{R}(\boldsymbol{\chi}^k), \end{cases} \quad (13)$$

$$(14)$$

где: число  $q_k$  задает длину шага в выбранном направлении. Значение  $q_k$ , можно определять, например, используя процедуру дробления шага, которая начинается  $q_k=1$  и завершается при выполнении условия:

$$F(\boldsymbol{\chi}^k + q_k \mathbf{S}^k) \leq F(\boldsymbol{\chi}^k) + \varepsilon q_k (\nabla F(\boldsymbol{\chi}^k)^T, \mathbf{S}^k), \quad (15)$$

Если матрица  $J(\boldsymbol{\chi}^k)$  имеет полный столбцовый ранг, то при надлежащем выборе значения  $q_k$  такой подход обеспечивает сохранение локальной сходимости метода даже для очень сильно нелинейных задач или задач с большой невязкой на решении.

К ключевому моменту в предлагаемом методе относится также обеспечение выполнения условия  $\boldsymbol{\chi}^k \in X^0$  для всех элементов генерируемой последовательности точек  $\boldsymbol{\chi}^1, \dots, \boldsymbol{\chi}^k, \dots$ . Кроме того, необходимо иметь в виду, что направление  $\mathbf{S}^k$ , в общем случае (если матрица  $J(\boldsymbol{\chi}^k)$  не имеет полного столбцового ранга) может не быть (Дэннис, Шнабель, 1988) направлением спуска для функции рассогласования  $F(\boldsymbol{\chi})$  в точке  $\boldsymbol{\chi}^k$ . Рассмотрим практическое разрешение указанных проблем.

### Нахождение вектора $\mathbf{S}^k$

Поскольку матрица  $J(\boldsymbol{\chi}^k)$  и правая часть системы (14) заданы неточно, при ее решении нет необходимости стремиться к большей точности, чем точность исходных данных. Прежде всего, необходимо обеспечить требуемую величину нормы невязки и устойчивость получаемого решения к незначительным вариациям исходных данных. С целью обеспечения устойчивости получаемого решения системы (14) за счет минимально необходимого увеличения нормы невязки предлагается использовать при ее решении сингулярное разложение матрицы  $J(\boldsymbol{\chi}^k)$  с последующим сингулярным анализом (см., например, Лоусон, Хенсон, 1986).

Одновременно при необходимости с целью улучшения характеристик плохо обусловленной системы (14) осуществляется переход к решению близкой к ней системе:

$$(J(\boldsymbol{\chi}^k) + \delta I) \cdot \mathbf{S}^k = -\mathbf{R}(\boldsymbol{\chi}^k), \quad (16)$$

что основывается на идеях подхода, рассматривавшегося еще в работах М.М.Лаврентьева (Лаврентьев, 1959, 1960, 1962).

Таким образом, к основным элементам вычислительной схемы решения системы (14) относятся:

- построение сингулярного разложения матрицы  $J(\boldsymbol{\chi}^k)$ ;

- проведение детального сингулярного анализа с целью определения характеристики обусловленности системы (14) и построения в общем случае устойчивого приближения к ее обобщенно-нормальному решению;

- в случае плохой обусловленности системы (14) переход к решению системы (16), решение которой осуществляется аналогично.

Кроме того, с целью улучшения свойств получаемого решения системы (14) целесообразно проведение ряда подготовительных операций по ее преобразованию. К числу таких операций относятся:

-масштабирование варьируемых параметров;

-взвешивание уравнений системы;

-присвоение отдельным варьируемым параметрам фиксированных значений.

Обоснование и способы организации указанных операций в принципе хорошо известны (см., например, (Лоусон, Хенсон, 1986)). Конкретная схема реализации выбирается исходя из анализа свойств системы (14) на текущем шаге.

Отметим, что если полученное в результате решения (14) и последующих корректировок направление  $S^k$  все же не является направлением спуска для функции рассогласования в точке  $\chi^k$ , то в качестве такового может быть использовано, в крайнем случае, направление, противоположное градиенту  $\nabla F(\chi^k)$  функции рассогласования. Вычисление вектора  $\nabla F(\chi^k)$  может быть организовано одновременно с вычислением матрицы  $J(\chi^k)$  и не потребует дополнительных решений прямой задачи.

#### **Обеспечение выполнения условия $\chi^{k+1} \in X^0$**

Нахождение длины шага  $q_k$  в соответствии с правилом (15) не учитывает наличие ограничений на изменение значений варьируемых параметров задачи, задаваемых множеством  $X^0$ .

В рамках рассмотренного выше метода решения обратной задачи ограниченность области  $X^0$  приводит к необходимости проверки на каждом шаге итерационного процесса условия  $\chi^{k+1} \in X^0$  и, в случае его невыполнения, обоснованной корректировки направления  $S^k$  и (или) значения  $q_k$ .

В данной работе корректировку направления  $S^k$  в указанном случае предлагается осуществлять таким образом, чтобы откорректированное направление оставалось направлением спуска для функции рассогласования  $F(\chi^k)$  в точке  $\chi^k$ , допускающим шаг ненулевой длины ( $q_k > \gamma > 0$ ), не выводящий за пределы множества  $X^0$ .

В заключение отметим, что если известно  $\chi^\# \in X^0$  - предполагаемое (или желаемое) решение обратной задачи (5), то  $F(\chi)$  - функция рассогласования может быть представлена в виде:

$$F(\chi) = \|R(\chi)\|^2 + \lambda^2 \|\chi - \chi^\#\|^2, \quad (17)$$

где  $\lambda > 0$  – весовой множитель.

Подобное представление функции рассогласования достаточно широко используется при постановке обратных задач (см. напр., (Tarantola, 1987)). С одной стороны, оно позволяет локализовать поиск  $\delta_\varepsilon$ -квазирешения обратной задачи в окрестности ожидаемого решения  $\chi^\# \in X^0$ . С другой стороны, представление функции рассогласования в виде (17) является известным и эффективным способом регуляризации некорректных задач (см. например, (Лоусон, Хенсон, 1986)).

Многочисленные вычислительные эксперименты на реальных и опытных данных подтверждают несомненную практическую эффективность предлагаемого метода решения обратной задачи.

**Литература:**

1. Бакушинский, А. Б. Итеративные методы решения некорректных задач / А. Б. Бакушинский, А. В. Гончарский. – М. : Наука, 1989. – 128 с.
2. Дэннис, Дж. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений : пер. с англ. / Дж. Дэннис, Шнабель Р. (мл.). – М. : Мир, 1988. – 440 с.
3. Лаврентьев, М. М. Об интегральных уравнениях первого рода / М. М. Лаврентьев // ДАН СССР. – 1959. - Т.127, №1. – С. 31-33
4. Лаврентьев, М. М. Об интегральных уравнениях первого рода / М. М. Лаврентьев // ДАН СССР. – 1960. - Т.133, №2.
5. Лаврентьев, М. М. О некоторых некорректных задачах математической физики / М. М. Лаврентьев. - М. : Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1962. - 92 с.
6. Лоусон, Ч. Численное решение задач метода наименьших квадратов / Ч. Лоусон, Р. Хенсон ; пер. с англ. Х. Д. Икрамова. – М. : Наука, 1986. – 230 с.
7. Tarantola, A. Inverse problem theory: Methods for data fitting and model parameter estimation / A. Tarantola. – Elsevier (Netherlands) - 1987. – P. 386.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЛОГИСТИКИ ИННОВАЦИЙ: ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**Маслобоев А.В.** (*г. Апатиты, ИИММ КНЦ РАН, лаборатория Региональных информационных систем, e-mail: masloboev@iimm.kolasc.net.ru*)

The paper considers information support problem of innovation processes logistics. The main supply chains management problems are discussed. The state-of-the-art methods and technologies for complex logistic and manufacturing systems management are represented. An agent-based information technology for information support of innovation logistics has been developed. Supply chains multi-agent models synthesis procedures used for all innovation life-cycle stages complex resource-support are proposed.

В настоящее время актуальной народно-хозяйственной проблемой является повышение конкурентоспособности современных экономических систем и развитие интеллектуального потенциала человечества с целью выхода из затянувшегося мирового экономического кризиса. Данная проблема является комплексной и многоаспектной. Одним из направлений решения этой проблемы являются развитие научно-инновационной деятельности и информационно-аналитическая поддержка антикризисного управления региональными социально-экономическими системами на основе передовых методов имитационного моделирования и информационных технологий.

Инновационные процессы, представляющие собой бизнес-процессы развития [1], нуждаются не только в информационном, но и в логистическом обеспечении для успешной реализации всех этапов жизненного цикла инновации от ее зарождения до внедрения и коммерциализации. Перспективным направлением в решении задачи логистического обеспечения инновационных процессов является развитие методов, механизмов и инструментов информационной поддержки логистики инноваций.

Согласно работе [2], современными тенденциями развития ИТ для управления цепями поставок является разработка систем класса E-SCM (Electronic Supply Chain Management - системы управления цепями поставок) на основе Интернет-технологий, а также обеспечение эффективного взаимодействия между различными классами систем, используемых различными участниками обеспечивающих бизнес-процессов. В концепции E-SCM, Интернет выступает в качестве среды коммуникации партнеров в цепях поставок и их информационных систем. Несмотря на столь высокий уровень компьютеризации, специфические особенности инновационных процессов ограничивают возможность создания адекватных средств информационной поддержки логистики инноваций на основе существующих методов и технологий, апробированных и хорошо себя зарекомендовавших в корпоративных информационно-управляющих системах. Поэтому задача информационного обеспечения логистики инновационных процессов требуют развития существующих и разработки новых подходов для ее решения.

Объектом исследования в настоящей работе являются формализованные модели организационных структур инноваций, представляющих собой совокупность взаимодействующих друг с другом субъектов инновационной деятельности (инноваторов, инвесторов, поставщиков ресурсов, производителей и т.д.) и ориентированных на реализацию потенциально эффективных инновационных проектов. Целью работы является разработка моделей и технологий информационного обеспечения логистики инноваций на основе мультиагентного подхода для повышения эффективности ресурсообеспечения процессов разработки, производства и последующего внедрения наукоемкой продукции.

### **Задачи управления логистикой инновационных процессов**

Суть управления логистикой инновационных процессов на основе современных ИТ заключается в создании комплексной системы взаимодействия виртуальных организационных структур инноваций с использованием Интернет-технологий и технологий интеллектуальных информационных систем, обеспечивающей организацию кооперационных отношений, интегрированное управление логистическими процессами, создание единого информационного пространства для координации и коммуникации участников инновационных процессов. Взаимодействие виртуальных организационных структур инноваций в едином информационном пространстве осуществляется децентрализованно.

Согласно работе [3] к основным задачам управления логистическими цепями (ЦП) относятся задачи планирования и оперативного управления ЦП. На этапах планирования и оперативного управления ЦП также решаются задачи синтеза и анализа ЦП. Задача синтеза состоит в выборе на множестве альтернативных ЦП наилучшей конфигурации ЦП (состава исполнителей и плана выполнения работ) с учетом параметров бизнес-проектов (сроки поставок, цены, количество, технология производства и т.д.), а также характеристик доступных в данный момент времени компетенций предприятий (производственные мощности, затраты и т.д.). Задача анализа плана ЦП состоит в проверке его выполнимости в реальных условиях функционирования. Задача оперативного управления ЦП состоит из задач оперативного анализа ЦП (мониторинга) и реконфигурирования (синтеза нового структурно-функционального облика ЦП) в случае недопустимых отклонений от плановых состояний в результате воздействия возмущающих факторов. Задача мониторинга состоит в как можно более раннем распознавании рискованных ситуаций, которые могут привести к отклонениям в работе ЦП, а задачей регулирования – разрешение проблемных ситуаций с помощью определенных управляющих воздействий.

Вместе с тем, в области информационного обеспечения логистики бизнес-процессов можно выделить задачи моделирования и автоматизации логистических процессов и систем. Задача моделирования обеспечивающих процессов заключается в создании и исследовании моделей сложных логистических цепей с целью анализа и прогнозирования сценариев их развития и определения рисков и эффектов их реализации для конкретных бизнес-процессов. Модели ЦП могут быть также использованы для исследования динамики поведения активных элементов ЦП. Задачи моделирования традиционно решаются с помощью широкого арсенала методов и средств моделирования, таких как метод системной динамики, технологии концептуального моделирования и математического программирования, методы теоретико-игрового моделирования структурного синтеза и др. Задача автоматизации ЦП состоит в разработке методов, технологий и программных средств получения, обработки и анализа информации для оперативного управления поставками ресурсов и поддержки принятия решений на всех этапах жизненного цикла бизнес-процессов. Решение задачи автоматизации функционирования обеспечивающих процессов и логистических систем предполагает всестороннее использование передовых технологий интеллектуальных информационных систем и распределенных вычислений, таких как технология мультиагентных систем, технологии Business Intelligence, Grid-технологии, технология одноранговых (P2P) систем и т.д.

Наилучший эффект при исследовании и моделировании сложных логистических и производственных систем достигается за счет комбинирования различных научных парадигм: исследование операций, теория систем и управления, нечеткая логика, имитационное моделирование, аналитические, статистические и эвристические методы, методы искусственного интеллекта, методы управления знаниями на основе онтологий и др. Данные концепции, согласно работе [2], обеспечивают основу интегрированного

моделирования и комплексной информационной поддержки логистики сложных бизнес-процессов, в том числе и инновационных. При этом мультиагентные системы представляют собой концептуальную основу моделирования и автоматизации взаимодействия активных элементов логистических систем. Теория систем и управления служит теоретической основой анализа и синтеза ЦП. Методы исследования операций выступают в роли базовых методов оптимизации ЦП. Концепция нечеткой логики используется в целях описания качественных характеристик моделей. Аналитические методы предназначены для получения оптимальных значений, статистические – вероятностной оценки и прогнозирования. Эвристические методы используются для решения трудно формализуемых задач большой размерности с неполной информацией. Имитационное моделирование используется для исследования процессов ЦП в динамике и анализа различных сценариев развития ЦП.

### **Основные этапы и результаты исследования**

В ходе исследований проведен анализ отечественных и зарубежных разработок в области логистического обеспечения инновационных процессов. Разработана мультиагентная технология информационной поддержки логистики инноваций (рис. 1).

Технология состоит из последовательности этапов, в рамках которых на основе взаимодействия интеллектуальных агентов субъектов инновационной деятельности осуществляется поиск потенциальных поставщиков ресурсов (материальных, финансовых, трудовых, информационных и т.д.) для реализации инновационных проектов и формирование интегрированных мультиагентных моделей сетей поставок для комплексного ресурсообеспечения всех этапов жизненного цикла инноваций. Частные и интегрированные модели логистических цепей формируются динамически под конкретный инновационный проект из множества потенциальных исполнителей, функционирующих в виртуальной бизнес-среде, как для отдельных этапов этого проекта, так и для всего проекта в целом. Характерным является наличие альтернативных исполнителей, отличающихся друг от друга по некоторым параметрам ключевых компетенций (сроки поставок, цены и т.д.), что необходимо для поддержания работоспособности системы. Технология синтеза мультиагентных моделей сетей поставок для комплексного ресурсообеспечения всех этапов жизненного цикла инноваций схематично представлена на рис. 1. Основу технологии составляют созданные в инструментальной среде агентного имитационного моделирования Anylogic [4] модели распределения ресурсов и инвестиций (модели сетей поставок) для реализации инновационного продукта на различных этапах его жизненного цикла. Модели могут быть использованы для идентификации информационных, инвестиционных, материальных и прочих потребностей и возможностей участников инновационных процессов в виртуальной бизнес-среде развития инноваций и позволяют обеспечить гибкую и эффективную реконфигурацию ресурсов системы. Предложено формализованное описание цепей поставок и их активных компонентов в терминах агентно-ориентированной концептуальной модели виртуальной бизнес-среды развития инноваций [5]. Технология реализуется в рамках подсистемы логистического обеспечения инновационных процессов в распределенной мультиагентной системе информационной поддержки инноваций [6], разработанной творческим коллективом ИИММ КНИЦ РАН и реализующей виртуальную бизнес-среду развития инноваций. Система информационной поддержки инноваций обеспечивает единое информационное пространство для плодотворного взаимодействия субъектов инновационной деятельности.

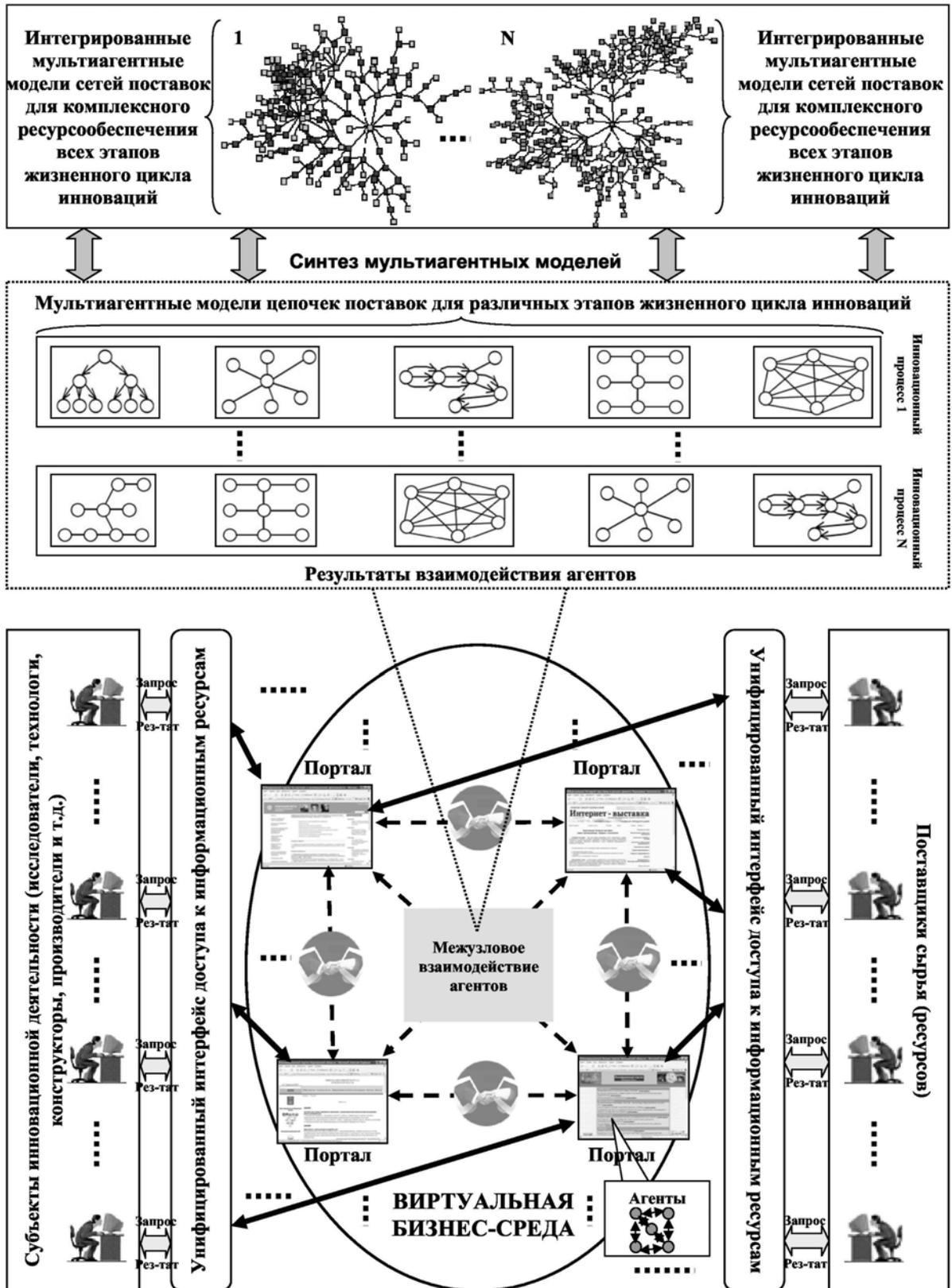


Рис. 1. Технология синтеза мультиагентных моделей сетей поставок для комплексного ресурсообеспечения всех этапов жизненного цикла инноваций

Особое внимание в работе направлено на определение критериев оценки эффективности цепочек поставок и разработку технологии автоматизированного формирования и выбора оптимальной сети поставщиков ресурсов для реализации инновационных проектов или отдельных этапов их жизненного цикла.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-07-00301-а «Разработка информационной технологии и распределенной информационно-аналитической среды поддержки инновационной деятельности»).

### **Список литературы:**

1. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006.- 240 с.
2. Иванов Д.А. Supply Chain Management: концепции, технологии, модели.- СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005.- 168 с.
3. Иванов Д.А. Логистика. Стратегическая кооперация. М.: Вершина, 2005. – 176 с.
4. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.- СПб.: БХВ-Петербург, 2005.- 400 с.
5. Маслобоев А.В., Путилов В.А., Шишаев М.Г. Концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды развития инноваций // Информационные технологии в региональном развитии. - Сб. науч. тр. ИИММ КНЦ РАН, вып. VII.– Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007.- С.15-27.
6. Маслобоев А.В., Шишаев М.Г. Одноранговая распределенная мультиагентная система информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.- №4(62).- СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2009.- С. .108-114.

## ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕТОДОВ ЛОКАЦИИ

Драница Ю.П. (г. Мурманск, МГТУ, e. mail: axday@mail.ru)

Драница А.Ю. (г. Москва, ЗАО "Ланит")

The new method of solution of the task of detection and ranging are made. The method is grounded on the analysis of phase relations of a signal. The resolution of a technique is parsed depending on the form of a sounding pulse, sequence of reflections and errors of measurements. Was installed, that the solutions of the task are steady and on 1-2 order exceed permissions grounded on conventional methods. The resolution of a technique is limited in sampling rate of the data.

К локации мы относим технический прием изучения структуры пространства или объекта, основанный на их облучении зондирующим импульсом (ЗИ), с последующим приемом и анализом отраженного сигнала. С этой точки зрения к методам локации можно отнести: сейсмическую разведку, гидро и радио локацию, томографию, оптическую и электронную микроскопию и другие методы.

Отметим, что большинство задач локации относятся к классу линейных. Это связано с тем, что принципы линейности хорошо выполняются для многих сложных природных объектов. Например, распространение звуковых волн малой интенсивности в геологической и водной средах, деформация физических тел при малых нагрузках (закон Гука), распространение оптических и радио волн и т.д. являются линейными процессами. Поэтому будем рассматривать технические средства локации как некоторые линейные системы (ЛС).

В свою очередь линейность базируется на постулатах пропорциональности и суперпозиции решений и позволяет достаточно просто связать входные и выходные сигналы ЛС в рамках теории обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) или так называемых импульсных переходных характеристик (ИПХ) ЛС. Описание ЛС в рамках ОДУ или ИПХ являются эквивалентными, т.к. ИПХ является частным решением неоднородного ОДУ. Знание ОДУ ЛС позволяет построить ее ИПХ и наоборот, по ИПХ можно восстановить ОДУ [7]. Отметим, что с точки зрения задач локации роль ИПХ играет форма ЗИ.

Рассмотрим линейную инвариантную во времени систему, на вход которой воздействует сигнал  $f(t)$  и описываемую линейным ОДУ с постоянными коэффициентами  $l$ -ого порядка

$$a_0 x^{(l)}(t) + a_1 x^{(l-1)}(t) + \dots + a_{(l-1)} x(t) + a_l = f(t), \quad (1)$$

где  $x^{(n)}(t)$  - производная  $n$ -ого порядка выходного сигнала ЛС;  $t$  - параметр типа времени. Решение этого дифференциального уравнения для различных значений входной величины  $f(t)$  дает соответствующую выходную величину  $x(t)$ . Частным решением неоднородного ОДУ (1) является интеграл

$$x(t) = \int_a^b h(\lambda) f(t - \lambda) d\lambda + n(t) = \int_{a1}^{b1} h(t - \lambda) f(\lambda) d\lambda + n(t), \quad (2)$$

где  $\lambda$  - переменная интегрирования типа времени;  $n(t)$  - ошибки измерений и моделирования;  $h(\lambda)$  – ИПХ ЛС. Уравнение (2) устанавливает связь между входным, выходным сигналами и ИПХ линейной системы. В зависимости от конкретной задачи, пределы интегрирования могут быть константами, переменными, или несобственными числами  $\pm\infty$ .

При известной ИПХ на основе уравнения (2) могут быть сформулированы многие задачи линейной обработки данных [3-6], в частности задача оптимальной линейной фильтрации и обратная постановка. В технических приложениях наибольшее распространение получило описание ЛС на основе ИПХ. Это связано с тем, что для простых технических систем ИПХ легко оценивается экспериментально. В результате этой возможности возник так называемый принцип "черного" ящика, который предполагает проводить оценку внутренней структуры ЛС по изучению сигналов ее входов и выходов. Для этого на вход ЛС подают тестовые сигналы и измеряют ее отклик на эти сигналы [7]. В стационарном случае этой информации достаточно для оценки ИПХ ЛС.

Мы будем рассматривать следующую постановку задачи локации на основе уравнения (2). Будем считать, что неизвестна либо одна, либо обе подынтегральных функции уравнения (2), т.е. будем решать обратную задачу. В этом случае, в зависимости от пределов интегрирования, выражение (2) является интегральным уравнением Вольтера или Фредгольма первого рода. Как известно, решение этих уравнений являются некорректно поставленными. Поэтому традиционно для его решения прибегают к регуляризации, например, по Тихонову. Однако регуляризация резко снижает разрешающую способность решения, особенно в тех случаях, когда на вход ЛС подается сигнал, по статистике близкий к белому шуму. В результате разрешающая способность традиционных методов решения задач локации лимитируется либо длительностью ЗИ, либо его основной частотой (длиной волны).

Таким образом, разрешающая способность методов локации по современным представлениям лимитируется длиной волны (длительностью) ЗИ. Так, например, моделирование основной задачи сейсморазведки показало [8], что ее разрешение лимитируется половиной длины волны ЗИ. В частности это связано с тем, что из-за сложной физики распространения звуковой волны через геологическую среду, точная оценка ИПХ не представляется возможной. Однако основной причиной низкого разрешения методов локации, основанных на традиционных методах решения задачи, является интерференция волн, отраженных от близко расположенных объектов.

Проведенные нами исследования показали, что принцип "черного" ящика не применим для анализа сложных природных и технических объектов. В частности нами показано, что экспериментальная оценка функции  $h(t)$  для сложных природных и технических ЛС невозможна. В связи с этим нами сформулирован принципиально новый подход, предназначенный для исследования сложных ЛС и линейных процессов [3-4], который можно представить следующим образом: при исследовании сложных ЛС и процессов следует опираться только на доступную информацию, в данном случае только на измеренные данные. Привлечение априорной информации должно быть минимальным.

В результате была разработана принципиально новая теория решения основной задачи локации, основанная на фазовых принципах. В основе этих принципов лежат два положения: 1. отказ от прямого решения уравнения (2); 2. изначальный учет интерференции ЗИ, отраженных от близких объектов. Эти подходы первоначально разрабатывались нами для интерпретации измерений, основанных на волоконно-оптических принципах [1-2] и были впоследствии доработаны для решения основной задачи локации и других.

Эти новые принципы позволили переформулировать все основные постановки и решения задач, основанных на линейном подходе [3-4]. Основная идеология этих постановок заключается в отказе от необоснованных априорных предположений и неформального сближении математического аппарата с физикой изучаемого процесса. В частности, принятая концепция дала возможность избавиться от некорректности постановки решения задачи локации и повысить его разрешающую способность на 1-2 порядка, а практически до частоты дискретизации, т.е. частоты Найквиста.

Настоящая работа посвящена изучению разработанного метода с целью оценки его фактической разрешающей способности на модельных данных. Для этих целей формировались дискретные числовые последовательности согласно уравнению (2) при различных входных сигналах  $f(t)$  и ИПХ, т.е.  $h(t)$ . Ошибки моделирования  $n(t)$  задавались с помощью генератора случайных чисел с равномерным распределением и различной мощности. В результате, согласно уравнению (2), получался некоторый выходной, т.е. “измеренный” сигнал  $x(t)$ .

Предполагалось, что ни входной сигнал, ни ИПХ ЛС неизвестны, а в распоряжении экспериментатора имеется только выборка “измерений”  $x(t)$ . Требовалось только на основе знания “выходного” сигнала оценить как ИПХ ЛС  $h(t)$ , так и сигнал  $f(t)$ , без привлечения какой-либо априорной информации. Другими словами, ставилась обратная задача. Для исследования устойчивости получаемых решений в широких пределах варьировались при свертке (2) как форма ЗИ  $h(t)$ , так и входной сигнал  $f(t)$ . Белый шум различной интенсивности позволял оценить устойчивость решений к измерительным ошибкам, ошибкам, связанных с дискретизацией сигнала, его оцифровкой и другими помехами

В результате проведенных экспериментов установлено, что разрешающая способность методики слабо зависит как от формы ЗИ, так и входного сигнала, т.е. методика решения задачи является устойчивой. Зависимость деградация решения от уровня внешнего шума  $n(t)$  является довольно сложной. Малый уровень шума практически не сказывается на качестве решения. Однако по мере уменьшения отношения сигнал/помеха качество решения уменьшалось (за качество решения принималась корреляция между входным сигналом и его оценкой). Постепенное снижение качества решения по мере роста помех также говорит об устойчивости решений.

Таким образом, предложенная методика дает устойчивые решения задачи локации, с разрешением, практически ограниченным частотой Найквиста, т.е. техническими причинами. Качество решения зависит от отношения сигнал/помеха.

Очевидно, что возможность увеличения на несколько порядков разрешающей способности, выводят методы локации на принципиально новый уровень. Например, в настоящее время в мире накоплен гигантский архив сейсмической информации. Его переобработка по новой методике с повышением разрешения на 1-2 порядка является вполне реальной. Экономические, научные и практические выгоды такой переобработки вполне очевидны.

Мы вполне отдаем себе отчет в том, что для локации мелкомасштабных объектов требуется соответствующая энергетика отражений. Однако фазовые методы являются более помехоустойчивыми и чувствительными, чем амплитудные. Вероятно, и здесь речь может идти о величинах в 1-2 порядка. Однако этот вопрос требует более тщательной теоретической проработки и экспериментирования.

Мы рассмотрели задачу активной локации с использованием ЗИ. Аналогичным образом могут быть поставлены и решены задачи так называемой пассивной локации. Известно, что различные объекты, например, автомобили, самолеты и др. являются источниками широкополосных электромагнитных излучений. Другим источником информации может быть акустический шум, генерируемый, например, движением судов в воде. Даже неподвижные объекты, находящиеся в водной среде, изменяют естественный акустический фон окружающей среды, что также является источником информации. Всю эту информацию также можно использовать с целью опознания объектов и оценке их некоторых геометрических и материальных характеристик.

Пассивными методами могут, например, изучаться и так называемые естественные шумы горных пород. Увеличение разрешения позволит, например, проанализировать внутреннюю структуру естественных шумов, выявлять те или иные их особенности. Вполне ве-

роятно, что полученная информация позволит на принципиально новом уровне взглянуть на процессы, происходящие в Земных недрах.

Отметим, что предложение использовать фазу сигнала при интерпретации данных не представляет совершенно новую и неизвестную процедуру. Так, например, в технических приложениях имеется ряд примеров успешного применения фазовых методов анализа информации. Например, в физике - это голография, в измерительной технике - измерительные системы, основанные на принципах когерентной оптики [1-2]. Эти казалось бы далекие друг от друга приложения объединяет общая концепция - они используют фазовую информацию. Особенно впечатляют успехи, достигнутые за последние 10-15 лет когерентными измерительными системами. За это время пройден путь от опытных образцов до серийных изделий, которые на порядок и более увеличили потребительские качества измерительных приборов и систем по сравнению с амплитудными методами измерений.

Предпринятая нами попытка использования фазовых методов для решения ряда задач линейного анализа данных показала, что это направление исследований, вероятно, является достаточно перспективным. Метод представляет ряд этапов преобразования информации, при этом каждый этап имеет собственную математическую модель, в той или иной мере опирающуюся на динамический подход. Начальным этапом этой цепочки преобразований является аппроксимация данных выходом некоторой абстрактной линейной системы.

Несмотря на определенные успехи, достигнутые при решении поставленной задачи, проделанная работа породила много дополнительных вопросов. Так, например, совершенно не изучены в теоретическом аспекте свойства устойчивых и высокоразрешающих решений на разных потоках данных. В частности, неисследованной осталась зависимость качества решения от частотного состава данных. Не совсем ясна природа некоторой вариации качества решения в зависимости от данных. Решение этих проблем, по нашему мнению, позволит не только стабилизировать, но и несколько улучшить качество решений.

Практически не исследовано применение методики для многоканальных данных, хотя это направление работ, по нашему мнению, является очень перспективным, т.к. многоканальные данные более информативны, имеют большее число степеней свободы по отношению к одноканальным. Хотя многоканальный вариант метода не содержит принципиально новых решений, но он не сводится к сумме одноканальных решений из-за перекрестных связей между отдельными каналами. Использование этой дополнительной информации, вероятно, может повысить качество решений.

Другой аспект проблемы заключается в реализации методики для решения конкретных прикладных задач. И хотя нами была предпринята попытка реализации разработанного подхода при создании волоконно-оптических измерительных систем, по ряду причин эти работы были заморожены. Вполне реальной, на наш взгляд, является, например, НИР и ОКР по повышению разрешающей способности радио/гидро локатора, или оптического микроскопа на несколько порядков.

Таким образом, разрабатываемая нами теория находится в стадии становления, выполнен лишь небольшой этап теоретических исследований и экспериментирования. Для дальнейшего прогресса в этом направлении требуются значительные теоретические и практические усилия.

#### **Список литературы:**

1. Драница Ю.П., Жеребцов В. Д., Слипченко В. А. Частотно-временной метод обработки фазовых измерений в геофизике. //Журнал "Измерительная техника", №6, 2001.
2. Драница Ю.П., Жеребцов В. Д. и др. Использование волоконно-оптических технологий в геофизике. // Журнал "Геофизика", № 6, 2002.

3. Драница Ю.П., Драница А.Ю. Некоторые аспекты интерпретации экспериментальных данных на основе теории линейных динамических систем. // Вестник МГТУ. Тр. Мурм. гос. технич. ун-та. Т.12, № 1, 2009.

4. Драница Ю.П., Драница А.Ю. Некоторые постановки задач интерпретации временных последовательностей на основе линейного моделирования. //электронный журнал "Дифференциальные уравнения и процессы управления", № 3, 2009.

5. Драница Ю.П., Драница А.Ю. Некоторые постановки задач на основе динамического моделирования. // Вестник МГТУ. Тр. Мурм. гос. технич. ун-та. Т.12, № 2, 2009.

6. Драница Ю.П., Драница А.Ю., Алексеевская О.В. Задача корректной оценки и алгоритмы манипулирования функцией автокорреляции на основе линейной модели. // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. Тверь, 2009. Выпуск №3 (14).

7. Краус М., Вошни Э. Измерительные информационные системы. М.: Мир, 1975.

8. Троян В.Н, Соколов Ю.М. Методы аппроксимации геофизических данных на ЭВМ. Л.: Из-во Ленинградского Университета, 1989.

## ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ОСНОВНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Драница Ю.П. (г. Мурманск, МГТУ, e. mail: axday@mail.ru)  
Алексеевская О.В. (г. Москва, ЗАО "Ланит")

Классическим фильтром сглаживания и воспроизведения является линейный оптимальный фильтр Колмогорова-Винера. Поскольку для реализации оптимального фильтра нужно знать сам восстанавливаемый объект, алгоритм его построения представляет, главным образом, теоретический интерес [7]. Исключение составляет анализ временных рядов, которому и были посвящены исследования А.Н. Колмогорова и Н. Винера.

Но и в случае фильтрации временных рядов, для оценки восстанавливаемого объекта в классической постановке, на сигналы помехи приходится накладывать очень серьезные априорные ограничения. Фактически эти ограничения сужают класс фильтруемых помех до сигналов типа белого шума. Во многих случаях эти ограничения оправдываются на практике и позволяют конструировать фильтры. Однако в более общей постановке, вероятно, эта задача до сих пор не ставилась и не решалась.

В то же время, практические потребности обработки сигналов требуют решения этой задачи в более общей постановке при минимальных априорных ограничениях, накладываемых на фильтруемые данные. Например, часто требуется иметь представление о внутренней структуре сигнала, динамических свойствах его компонент и т.д. В связи с этими потребностями, нами выполнена постановка и решение более общей задачи, формулировка которой приводится ниже. Разработанная методика в рамках линейного моделирования позволяет рассматривать сигнал как некоторую смесь компонент и выделять (подавлять) любую совокупность смеси.

Теория основана на представлении временной анализируемой последовательности выходом некоторой абстрактной линейной системы (ЛС), описываемой обыкновенным линейным дифференциальным уравнением (ОДУ) [2-3]. В этих работах поставлена и решена задача оценки коэффициентов этого ОДУ по экспериментальным данным. Эти оценки позволяют сформулировать естественный базис разложения, основанный на фундаментальной системе решений (ФСР) однородного части этого ОДУ.

Принятая концепция позволяет рассматривать измеренные данные как результат свертки сигнала, воздействующего на вход линейной модели и ее импульсной переходной характеристики (ИПХ), или весовой функции. С точки зрения линейного подхода, ИПХ является частным решением неоднородного линейного ОДУ. Поэтому, оценка коэффициентов ОДУ позволяет аппроксимировать составляющие ИПХ. В результате появляется возможность корреляционных оценок, как отдельных составляющих смеси, так и некоторой их совокупности.

### **Общая постановка проблемы**

В процессе конструирования оптимальных линейных фильтров сглаживания и воспроизведения возникает следующая задача. Пусть фильтруемый сигнал  $y(t)$  состоит из аддитивной смеси двух сигналов, т.е.  $y(t)=y_1(t)+y_2(t)$ . Обычно предполагается, что один из сигналов является полезным, а другой - помехой или шумом наблюдений. Чтобы отфильтровать помеху линейным оптимальным фильтром [7] необходимо знание функции автокорреляции (ФАК) измеренного сигнала и функции взаимной корреляции (ФВК) между измеренным сигналом  $y(t)$  и полезным сигналом (допустим  $y_1(t)$ ). По определению упомянутые ФАК и ФВК заменяются следующими оценками

$$R_{yy}(\tau) = E(y(t)y(t+\tau)), \quad R_{y_1,y}(\tau) = E(y_1(t)y(t+\tau)), \quad (1)$$

где  $E()$  – оператор вычисления математического ожидания. Очевидно, что оценка функции  $R_{yy}(\tau)$  не представляет каких-либо проблем, т.к. она является непосредственно вычисляемой по наблюдаемым данным, проблемы возникают при оценке  $R_{y_1,y}(\tau)$ , т.к. сигнал  $y_1$  не является измеряемым. Распишем вторую формулу (1) более подробно

$$R_{y_1,y}(\tau) = E(y_1(t)y(t+\tau)) = E(y_1(t)(y_1(t+\tau) + y_2(t+\tau))) = E(y_1(t)y_1(t+\tau)) + E(y_1(t)y_2(t+\tau)) = R_{y_1,y_1}(\tau) + R_{y_1,y_2}(\tau). \quad (2)$$

В классической постановке предполагается, что сигналы  $y_1$  и  $y_2$  между собой не коррелируют ( $R_{y_1,y_2}(\tau) = 0$ ) и в этом случае оценки ФАК и ФВК будут иметь следующий вид

$$R_{yy}(\tau) = R_{y_1,y_1}(\tau) + R_{y_2,y_2}(\tau), \quad R_{y_1,y}(\tau) = R_{y_1,y_1}(\tau). \quad (3)$$

Так как ФАК помехи  $R_{y_2,y_2}(\tau)$  можно определить экспериментально [1], формула (3) и является решением задачи. Условие  $R_{y_1,y_2}(\tau) = 0$  сильно ограничивает класс функций, которые могут находиться в смеси. Это обстоятельство резко снижает возможности фильтрации. Действительно, полезный сигнал обычно представляет низкочастотную, а шум – высокочастотную составляющие наблюдений. В этом случае требование некоррелируемости между полезным сигналом и помехой означает, что ее статистика близка к распределению типа белого шума.

В то же время практическая необходимость диктует постановку и решение данной проблемы в более широком плане, а именно. В общем случае фильтруемый шум может иметь любую природу с неизвестным законом распределения. Другой аспект проблемы заключается в том, что для повышения разрешающей способности записи, возникает необходимость выделения из полезных данных их наиболее высокочастотных составляющих. Необходимость декомпозиции данных возникает и при диагнозе работы сложной системы – так называемая проблема сепарации данных. Все это приводит к необходимости постановки и решения следующей более общей задачи.

Пусть наблюдаемый сигнал представляет аддитивную смесь некоторого количества сигналов. Ни количество сигналов в смеси, ни их корреляционные свойства априорно не известны. Имея только наблюдаемые данные требуется: 1) оценить число сигналов в смеси; 2) рассчитать их основные динамические характеристики; 3) сделать оценки ФВК отдельных компонент смеси или их произвольной комбинации; 4) построить алгоритм фильтрации как отдельных компонент смеси, так и их произвольной комбинации.

Первая задача связана с определением оптимального лага регрессионной модели. Эта задача в литературе хорошо проработана, некоторые рекомендации по ее решению можно найти, например, в работе [7]. Расчет собственных частот и постоянных затухания сигналов смеси на основе теории линейных динамических систем излагается в работах [2-3]. Данная работа посвящена решению третьей задачи с позиций теории линейных динамических систем. Решение четвертой задачи, в концепции построения оптимальных линейных фильтров, автоматически следует из решения третьей задачи.

### ***Предлагаемая теория построения векторов ФВК смеси сигналов***

Рассмотрим задачу оценки ВФАК для произвольных сигналов с позиции теории линейных динамических систем. Пусть некоторая динамическая система, возбуждается

внешним воздействием  $x(t)$ . Положим, что система линейна и инвариантна во времени, а входные и выходные сигналы являются стационарными случайными процессами. При таких предположениях выход динамической системы описывается уравнением свертки [6]

$$y(t) = \int_{-\infty}^t u(\lambda)x(t - \lambda)d\lambda, \quad (4)$$

где  $u(\lambda)$  – импульсная реакция системы,  $t$  – параметр времени,  $\lambda$  – переменная интегрирования типа времени. Задержанный на время  $\tau$  выходной сигнал будет иметь вид

$$y(t + \tau) = \int_{-\infty}^t u(\eta)x(t + \tau - \eta)d\eta, \quad (5)$$

где переменные  $\tau, \eta$  имеют смысл времени. Найдем ФАК выхода системы  $R_{yy}(\tau)$ . Согласно определения

$$\begin{aligned} R_{yy}(\tau) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T y(t)y(t + \tau)dt = \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T dt \int_{-\infty}^t u(\lambda)x(t - \lambda)d\lambda \int_{-\infty}^t u(\eta)x(t + \tau - \eta)d\eta. \end{aligned} \quad (6)$$

Нами показано, что соотношение (6) можно свести к выражению вида

$$R_{yy}(\tau) = \sum_{k=1}^m R_{yy}(\tau) = \sum_{k=1}^m \int_{-\infty}^{\infty} u_k(\lambda)R_{yx}(\tau - \lambda)d\lambda = \int_{-\infty}^{\infty} u(\tau - \lambda)R_{yx}(\lambda)d\lambda, \quad (7)$$

где  $R_{yx}(\gamma)$  – ФВК между возбуждающим систему сигналом и ее выходом;  $u_k(\gamma)$  – некоторая составляющая ИПХ. Из выражения (7) следует, что выходной сигнал ЛС представляет суперпозицию сигналов от различных составляющих ИПХ и никаких других сигналов, в рамках линейного подхода, в смеси быть не может. Также следует, что ФАК  $R_{yy}(\tau)$  является суперпозицией ФВК между отдельными компонентами смеси и выходным сигналом ЛС.

В работах [2-4] установлено, что ФСР представляет функции вида

$$\begin{aligned} T_1(t) &= \exp(\alpha_1 t), \dots, T_j = \exp(\alpha_j t), \\ T_{j+1}(t) &= \exp(\alpha_{j+1} t) \cos(\omega_{j+1} t), T_{j+2}(t) = \exp(\alpha_{j+1} t) \sin(\omega_{j+1} t), \dots, \\ T_{2m-1}(t) &= \exp(\alpha_m t) \cos(\omega_m t), T_{2m}(t) = \exp(\alpha_m t) \sin(\omega_m t), t = 0, 2, \dots, l, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\alpha_i, \omega_i$  – соответственно коэффициенты затухания и собственные частоты затухающих гармоник;  $t$  – время;  $m$  – число функций в ФСР;  $j$  – число затухающих экспонент. Будем считать, что ИПХ  $u(\lambda)$ , ФАК  $R_{yy}$  и функции ФСР (8) представляют вектор столбцы размера  $(l+1)$ . Нами показано, что в этом случае выполняются соотношения

$$u(\tau) = \sum_{k=1}^j T_k(\tau) + \sum_{k_1=j+2}^m T_{k_1}(\tau), R_{yy}(\tau) = \sum_{k=1}^m z_k T_{1k}, k_1 = j+2, j+4, \dots, 2m, \quad (9)$$

где  $z_k$  – веса разложения ФАК по ФСР;  $T_{1k} = \exp(\alpha_k t)(A_k \cos(\omega_k t) + B_k \sin(\omega_k t))$ . Аппроксимации (9) позволяют переписать соотношение (7) в следующем виде

$$R_{yy}(\tau) = \sum_{k=1}^M R_{yiy}(\tau) = \sum_{k=1}^M \int_{-\infty}^{\infty} T_k(\lambda) R_{yx}(\tau - \lambda) d\lambda = \sum_{k=1}^M z_k T_k(\lambda). \quad (10)$$

Рассмотрим  $i$ -ое слагаемое (10)

$$R_{yiy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} T_k(\lambda) R_{yx}(\tau - \lambda) d\lambda = z_k T_k(\lambda). \quad (11)$$

Выражение (11) представляет линейное интегральное уравнение Фредгольма 1-ого рода с ядром  $R_{yx}(\gamma)$  [5]. Для перехода к дискретному виду обозначим дискретный образ этого ядра матрицей  $\mathbf{R}_{yx}$ , а вектора ФВК и ФСР соответственно  $\mathbf{R}_{yiy}$  и  $\mathbf{T}_k$ . В этих обозначениях дискретный аналог уравнения (11) будет иметь вид

$$\mathbf{R}_{yiy} = \mathbf{R}_{yx} \mathbf{T}_k = z_k \mathbf{T}_k. \quad (12)$$

Выражения (12), с точки зрения линейной алгебры, представляет собой задачу на вычисление собственных чисел и собственных векторов матрицы  $\mathbf{R}_{yx}$ . И хотя матрица  $\mathbf{R}_{yx}$  является неизвестной, удалось выполнить ее факторизацию в рамках динамической модели. В результате принятой факторизации получено, что коэффициенты  $z_1, z_2, \dots, z_M$  разложения (9) являются собственными числами, а вектора  $\mathbf{T}_k$  ФСР – собственными векторами матрицы  $\mathbf{R}_{yx}$ .

Таким образом, разложение ФАК динамического процесса по функциям ФСР позволяет решить поставленную выше задачу. Однако установленная связь дает возможность сформулировать более общую задачу, а именно. Выполнить оценки как ФВК  $R_{yx}(\tau)$ , так и ФАК  $R_{xx}(\tau)$  входного сигнала. Явные оценки этих характеристик являются дальнейшим шагом в комплексном описании наблюдаемых данных.

Успешное решения поставленной проблемы, вероятно, можно связать с удачной факторизацией задачи. В большинстве случаев обрабатываемая информация рассматривается абстрактно, как некоторая данность. В нашем подходе анализируемые данные были представлены выходом некоторой линейной системы. Такой подход вполне очевиден, т.к. наблюдаемая информация по своей природе является результатом многочисленных преобразований, оценки которых, вероятно, нам никогда полностью не будут доступны.

Как отмечается в [2-3], постановка задач исследования сложных динамических систем принципиально иная, чем для простых систем, принятых в технических приложениях. Например, для многих сложных систем невозможно выделить в явном виде систему входов и выходов, а тем более осуществлять целенаправленное воздействие на входы. Следовательно для таких систем принципиально невозможно оценить ее ИПХ анализом входов и выходов.

Все эти затруднения побудили нас разработать принципиально новую концепцию для изучения сложных динамических систем. В рамках этой концепции любые измерения рассматриваются нами в качестве информации, генерируемой одним из выходов некоторой абстрактной линейной динамической системы, входы (число которых может быть не ограничено) которой могут быть не определены.

Дальнейшее развитие данного подхода к фильтрации заключается в переходе к многоканальным данным. Этот переход, вероятно, позволит не только улучшить качество фильтрации, но извлечь дополнительную информацию о ЛС, в частности о когерентности

сигналов по разным каналам. Таким представляется дальнейшее развитие этого направления работ.

**Список литературы:**

1. Губанов В.С. Обобщенный метод наименьших квадратов. СПб.: Наука, 1997.
2. Драница А.Ю., Драница Ю.П. Некоторые аспекты интерпретации экспериментальных данных на основе теории линейных динамических систем. /Вестник МГТУ. Тр. Мурман. гос. технич. ун-та. Т. 12, № 1, 2009.
3. Драница Ю.П., Драница А.Ю. Некоторые постановки задач интерпретации временных последовательностей на основе линейного моделирования. //электронный журнал "Дифференциальные уравнения и процессы управления", № 4, 2009.
4. Драница Ю.П., Драница А.Ю., Алексеевская О.В. Задача корректной оценки и алгоритмы манипулирования функцией автокорреляции на основе линейной модели. /Вестник ТвГУ, серия прикладная математика, № 28, Выпуск 3(14), 2009.
5. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978.
6. Кулаханек О. Введение в цифровую фильтрацию в геофизике. М., Недра, 1981.
7. Тербиж В.Ю. Введение в статистическую теорию обратных задач. М.: Физматлит, 2005.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЙ УЧЕБНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПОНЯТИЙ**

**Голубев В.О., Кацуба В.С.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «ВМ и ПО ЭВМ», e-mail: [golubevvladislav@yandex.ru](mailto:golubevvladislav@yandex.ru))

Visualization is an important aspect of perception of educational information. The given work investigates the elements and the process of creation of visualization of educational objects and notions. The final aim of the work is to create a detailed technique of visualization of mathematical objects and notions and to develop a service tool to get visualization of mathematical objects and notions on the basis of this technique.

### **Введение**

В российской системе образования в настоящий момент активно идет процесс информатизации. Институт информатизации образования РАО дает следующее определение данному понятию [1]: «информатизация образования - целенаправленно организованный процесс обеспечения сферы образования теорией, технологией и практикой создания и оптимального использования научно-педагогических, учебно-методических, программно-технологических разработок, ориентированных на реализацию дидактических возможностей информационных и коммуникационных технологий, применяемых в комфортных и здоровьесберегающих условиях». Процесс информатизации образования направлен в первую очередь на использование в обучении возможностей компьютерных технологий. Такими возможностями являются: интерактивность, компьютерная визуализация учебной информации, компьютерное моделирование, хранение больших объемов информации, автоматизация процессов вычислительно и информационно-поисковой деятельности, организационное управление учебной деятельностью и контроль результатов усвоения.

Как показывают исследования в области методики преподавания, важным аспектом восприятия человеком учебной информации является визуальная составляющая [2]. В связи с этим использование систем мультимедиа для представления учебной информации является одним из ключевых составляющих информатизации образования. Предметом моего исследования являются визуализации учебных объектов и понятий. Целью моего исследования является разработка технологии визуализации учебных объектов и понятий в математических дисциплинах. Область применения данной технологии: демонстрации и экспериментальная работа обучающегося.

### **Технология визуализации учебных объектов и понятий**

В процессе исследования были сформулированы основные элементы технология визуализации математических объектов и понятий [3]:

- 1) описание математической модели визуализируемого объекта;
- 2) выбор размерности визуализации;
- 3) описание дополнительных визуализаций для объекта;
- 4) выделение параметров визуализации;
- 5) моделирование динамики объекта;
- 6) организация интерфейса взаимодействия пользователя;
- 7) создание средства визуализации на основе инвариантных элементов (таких как точка, прямая, контур и т.д.);

Визуализация, созданная с использованием данной технологии, будет удовлетворять потребностям обучения соответствующему материалу по следующим своим признакам:

- наглядность;
- возможность изменения параметров;
- анимированное представление;
- взаимодействие с пользователем.

### Детализация элементов технологии визуализации математических объектов и понятий

#### Описание математической модели визуализируемого объекта

На данном этапе необходимо выделить математическое описание представляемого объекта, а именно выделить функции и ограничения, которые описывают структуру и поведение объекта.

#### Выбор размерности визуализации

В визуализации может использоваться двухмерное, трехмерное, а также двухмерное и трехмерное пространство вместе. Для создания визуализации необходимо определить, в каком пространстве она будет производиться.

#### Описание дополнительных визуализаций для объекта

В некоторых случаях для визуализации понятия может потребоваться дополнительная визуализация, представленная, например, графиком или гистограммой. Такая визуализация рекурсивно описывается и строится с помощью этой же технологии.

#### Выделение параметров визуализации

Параметризация визуализации позволяет пользователю настраивать визуализацию. Такими параметрами являются, например, толщина линий, прозрачность, количество разбиений и др. При этом от значения параметра могут зависеть свойства нескольких инвариантных элементов, в то время как пользователю в контексте визуализации они представляются одним цельным объектом.

#### Моделирование динамики объекта

Данная часть является одной из самых важных при создании визуализации, так как не статичная картинка намного усиливает наглядность и восприятие визуальной информации. В визуализации учебных объектов и понятий может быть выделено несколько видов анимации, представленные на следующей схеме:



Рис. 1. Иерархия видов анимации, используемых в визуализации учебных объектов и понятий

При статической анимации создается отдельная программа на одном из языков программирования, которая в течение определённого промежутка времени от момента начала анимации до её конца будет изменять некоторое количество параметров

визуализации. Если требуется создать другую анимацию, то такой метод построения анимации потребует дополнительных затрат сил и времени на разработку новой программы. При этом она будет так же ограничена в своих возможностях, как и предыдущая, а именно невозможно будет изменить параметры, по которым производится анимация без необходимости изменения исходного кода программы.

При динамической анимации визуализация создается с использованием инструментального средства, предоставляющего пользователю удобный интерфейс для настройки анимации. При этом пользователь может настроить анимацию для всех используемых в визуализации инвариантных элементов по свойствам некоторых типов. Значения данных свойств будут изменяться в течении анимирования с помощью некоего общего алгоритма. Такими алгоритмами могут быть промышленные методы компьютерной анимации, такие как метод анимации по ключевым кадрам, метод захвата движения, синтез движений и т.д. [4];

Динамическую анимацию, воспроизводимую в течение одного непрерывного промежутка времени, назовем простой анимацией. Простая анимация может использоваться для визуализации несложных понятий и объектов. В таких анимациях, как правило, присутствует небольшое количество инвариантных элементов. Данная анимация должна поддерживать следующие возможности управления: старт, пауза и остановка.

Динамическую анимацию, состоящую из нескольких простых анимаций, назовем составной анимацией. Такая анимация используется, когда необходимо разделить анимацию визуализации на несколько логических частей. Для использования такой анимации необходимо обеспечить следующие возможности управления: старт, пауза, продолжить и остановка.

Составную анимацию, поддерживающая возможность перемотки назад и перемотки вперед, назовем управляемой анимацией. Используя такую анимацию, можно существенно расширить управление процессом воспроизведения анимации визуализации.

#### *Организация интерфейса взаимодействия пользователя*

При воспроизведении визуализации необходимо предоставить пользователю интерфейсы для изменения параметров анимации (ч. 4 технологии визуализации) и для управления процессом анимации визуализации (ч. 5 технологии визуализации).

Визуализация должна позволять пользователю производить повороты и переносы сцены мышью или кнопками клавиатуры. Для обеспечения интерактивности визуализации необходима поддержка механизм выбора частей инвариантных элементов мышью с целью детализации информации о ней. Таким образом, для обучающегося появляется возможность практически «дотронуться» до объекта изучения, изучить не только его визуальное представление, но и его структуру.

Главной целью организации интерфейса взаимодействия пользователя является просмотр визуализации и экспериментирование с математическим объектом или понятием, для которого создана визуализация.

#### *Создание средства визуализации на основе инвариантных элементов*

Для создания визуализаций с использованием перечисленных элементов технологии необходимо инструментальное средство, позволяющее:

- создавать 2-х и 3-х мерные сцены из набора инвариантных элементов;
- настраивать свойства каждого используемого в визуализации инварианта;
- настраивать составную анимацию инвариантных элементов;
- параметризовать визуализацию;
- сохранять и загружать визуализацию;

- воспроизводить визуализацию и управлять её анимацией.

Такое инструментальное средство может быть разработано в любой среде разработки, позволяющее работать с графическими библиотеками OpenGL, DirectX или другими графическими библиотеками. Например [5].

### **Результаты работы**

На данный момент сформулирована и детализирована технология визуализации математических объектов и понятий. При этом предполагается открытость элементов технологии к дальнейшей детализации и углублению.

Для создания и воспроизведения визуализаций разработано инструментальное средство – программный элемент управления визуализацией (ЭУ). ЭУ является реализацией последней части технологии визуализации математических объектов и понятий. С использованием ЭУ создана визуализация понятия скалярного поля.

В дальнейшем планируется апробирование технологии визуализации и ЭУ на создании визуализаций к нескольким математическим объектам и определениям.

### **Список литературы:**

1. Толковый словарь терминов понятийного аппарата информатизации образования. – М.: ИИО РАО, 2009. – 98 с.

2. Резник Н.А. Визуализация учебного контента в современном информационном пространстве // Информационно-образовательная среда современного вуза как фактор повышения качества образования. Материалы международной научно-практической конференции «Информационно-образовательная среда современного вуза как фактор повышения качества образования». Мурманск, 01-03 ноября 2007 г.

3. Возженников А.П., Голубев В.О. Технология визуализации математических объектов и понятий // Прикладная информатика №4 (16) 2008. стр. 22-26. - М.: ООО "Маркет ДС Корпорейшн".

4. Тютин В.В. Обзор методов анимации персонажа в системах 3D-графики. Компьютерная графика и мультимедиа. Выпуск №3(1)/2005. <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/69>

5. Голубев В.О., Кацуба В.С. Элемент управления визуализацией математических объектов // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 25-27 февраля 2009г., ч.2 – Томск: Изд-во СПб Графикс – с. 153-154.

## ИНТЕГРИРОВАННЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНАМ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ» И «МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ» ДЛЯ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ИВТ»

**Кацуба В.С., Скрябин А.В.** (Мурманский государственный технический университет, кафедра Высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, [takius@bk.ru](mailto:takius@bk.ru))

The article contains integrated practical exercises designed for teaching bachelors of technical university in to disciplines: mathematics (general) and programming (general vocational). The expediency of such exercises is justified.

В реализации основной образовательной программы подготовки бакалавров техники и технологии по направлению «Информатика и вычислительная техника» цикл общепрофессиональных дисциплин начинается курсом «Программирование на языке высокого уровня» (ПЯВУ), который проходит в течение второго и третьего семестров. К началу изучения этого курса студентами освоена значительная часть материала, относящегося к циклу общематематических и естественно-научных дисциплин. Учитывая трудности адаптации к учебному процессу и большую фактическую загруженность студентов младших курсов, а также дидактическую необходимость связей между изучаемыми дисциплинами, естественно при разработке учебно-методических материалов дисциплин предусматривать возможность интегрированных практических заданий (ИПЗ), в том числе с элементами исследования.

Под интегрированным практическим заданием будем понимать учебное задание, которое выполняется студентами в рамках двух (или более) дисциплин, предусмотренных ГОС высшего профессиональной подготовки специалистов определенного направления. ИПЗ может быть предназначено для учебно-тренинговой или контролирующей цели по одной или/и обоим дисциплинам, а также может иметь повторительную цель в одной из дисциплин. К преимуществам ИПЗ по сравнению с автономными заданиями по каждой дисциплине нужно отнести:

- комплексность процесса обучения, активизацию междисциплинарных связей;
- возможность более глубоких заданий с элементами исследования и трактовками результатов решения;
- практическую значимость (направленность) учебных заданий.

В таблице 1 приведены ИПЗ, названные базовыми и предназначенные для выполнения в аудитории всеми студентами на практических или лабораторных занятиях по дисциплине ПЯВУ с целью отработки основных дидактических единиц этой дисциплины и повторения пройденного материала по математике.

Таблица 1. Базовые ИПЗ

№ п/п	Название и краткая суть задачи	Дидактические составляющие дисциплины	
		Математический анализ	Программирование на ЯВУ
II семестр			
1	Табулирование значений функции одной переменной (ФОП) $f(x), x \in [a, b] \subset \mathbb{O}\mathbb{O}\Phi$ .	- табличное задание функции одной переменной на конечном множестве значений аргумента;	- ввод данных с клавиатуры; - вывод данных на монитор;

		- ООФ $f(x)$	- использование подключаемых библиотек для операций ввода/вывода; - использование циклов; - использование условных операторов
2	<i>Вычисление приближенных значений производной ФОП и их сравнение с точными значениями.</i>	- определение производной; - повторение техники дифференцирования; - абсолютная и относительная погрешности приближенного вычисления	- определение и составление математической модели вычислений; - одномерные массивы; - поиск в одномерном массиве.
3	<i>Вычисление приближенного значения определенного интеграла с точностью <math>\varepsilon</math>, используя квадратурные формулы прямоугольников.</i>	- определение определенного интеграла; - основные квадратурные формулы	- использование пользовательских функций и процедур; - использование пользовательских библиотек.
4	<i>Приближенное вычисление корней уравнения <math>f(x)=0</math> методом половинного деления и методом хорд и касательных.</i>	- графическое определение количества корней уравнения и промежутков их изоляции; - приближенные методы уточнения корней	- использование рекурсивных функций; - анализ временной эффективности алгоритма; - оценка стиля программирования
5	<i>Построение графика ФОП <math>f(x)</math>, <math>x \in [a, b] \subset \text{ООФ}</math>.</i>	- графическое задание функции одной переменной; - замена дуги гладкой кривой отрезком стягивающей хорды	- работа в графическом режиме; - использование графических примитивов
6	<i>Табулирование значений функции двух переменных и ее частных производных в прямоугольной области <math>f(x, y)</math>, <math>x \in [a, b]</math>, <math>y \in [c, d]</math></i>	- табличное задание функции двух переменных; - вычисление частных производных ФНП	- использование многомерных массивов; - работа с файлами; - поиск в двумерном массиве
<b>III семестр</b>			
7	<i>Вычисление приближенного значения суммы сходящегося числового ряда. Исследование скорости сходимости рядов</i>	- определение суммы числового ряда; - оценки остатков знакопеременных рядов и некоторых знакоположительных рядов; - понятие скорости сходимости ряда	- использование линейных списков; - использование пользовательских процедур и функций
8	<i>Построение графика суммы сходящегося степенного ряда. Исследование качества поточечной сходимости ряда</i>	- сумма функционального ряда; - разложение заданной функции в степенной ряд; - область поточечной сходимости степенного ряда	- использование динамических структур данных; - работа в графическом режиме; - разработка модульных программ

Работа над базовыми ИПЗ в аудитории под руководством преподавателя дает возможность сформулировать для самостоятельной работы студентов интегрированные задания, предусмотренные формами рубежного или итогового контроля по одной или обоим дисциплинам.

В первой части дисциплины ПЯВУ, которая изучается во втором семестре, итоговый контроль включает в себя курсовую работу, целью выполнения которой является формирование основных навыков разработки программы на одном из языков высокого уровня и ее анализа. Для выполнения этой курсовой работы поставлены на программную реализацию следующие математические задачи:

1. Составить таблицу значений и построить графики функций  $F(x)$ , которые являются первообразными для заданной функции  $f(x)$ ,  $x \in [a, b]$ .
2. Составить таблицу значений заданной функции двух переменных  $z = f(x, y)$  в заданной области  $D$ , не являющейся, вообще говоря, прямоугольной.
3. Для заданной матрицы  $A_{n \times n}$  ( $n=3$ ) вычислить собственные числа как корни характеристического уравнения  $\det(A - \lambda E) = 0$ . Найти собственные векторы, соответствующие полученным собственным числам.
4. Используя метод наименьших квадратов, найти сглаживающие функции  $y = f(x)$  для заданной таблицы значений  $x$  и  $y$ . Выполнить сравнение сумм квадратов отклонений.
5. Вывести таблицу значений и построить линии уровня заданной функции двух переменных  $z = f(x, y)$  в прямоугольной области.
6. Используя численное интегрирование, решить уравнение  $\int_a^x f(t) dt = b$  для заданной  $f(t)$ .
7. Функция  $y = y(x)$  является решением дифференциального уравнения  $y' = f(x, y)$  при начальных условиях  $y(x_0) = y_0$ . Найти значение  $y(a)$  с заданной точностью  $\varepsilon = 10^{-3}$ .
8. Вычислить приближенное значение заданного определенного интеграла с точностью  $\varepsilon$ , используя квадратурные формулы трапеций и парабол.

Задания на курсовую работу по дисциплине ПЯВУ включают:

- постановку задачи на разработку программы;
- анализ предъявляемых требований;
- разработку алгоритма решения задачи;
- программную реализацию разработанного алгоритма;
- тестирование и анализ полученной программы.

В рамках курсовой работы студент должен решить и защитить одну из поставленных задач (предоставляется возможность выбрать задачу), при этом каждая задача относится к понятной студенту предметной области, а разбор задачи для ее программной реализации усиливает знания в математике.

В третьем семестре большое интегрированное задание составлено по теме «Решение краевой задачи для одного из уравнений математической физики», которое выполняется как курсовая работа в заключительной части дисциплины «Математический анализ» и как расчетно-графическое задание в дисциплине ПЯВУ. Студент получает на полное решение и исследование одну из задач колебания струны, нестационарной теплопроводности в тонком стержне или стационарной теплопроводности в тонкой пластинке. Задание на курсовую работу включает:

- построение математической модели полученной задачи в виде краевой задачи для двумерного уравнения в частных производных в прямоугольной области;

- получение точного решения краевой задачи методом Фурье;
- получение приближенного решения краевой задачи методом сеток;
- численную реализацию и исследование полученных решений.

Ниже приведена постановка задачи на численную реализацию.

1. Имеется аналитическое выражение функции  $U$ , зависящей от двух переменных  $(x, y)$  или  $(x, t)$ , представленной функциональным рядом

$$U(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n(x, y) \quad (1)$$

Независимые переменные изменяются в прямоугольной области, конечной или полубесконечной:

$$D: \begin{cases} 0 \leq x \leq a \\ 0 \leq y \leq b \end{cases} \quad \text{или} \quad D: \begin{cases} 0 \leq x \leq l \\ 0 \leq t < +\infty \end{cases}$$

2. Выражение (1) для функции  $U$  может содержать несколько управляемых параметров  $a, b, l, A, B, \dots$ , которые задаются постановкой задачи или вычисляются через физические характеристики материалов.
3. Функция  $U$  должна удовлетворять некоторому уравнению в частных производных и набору граничных и начальных условий. Подбор количества членов ряда (1) нужно осуществить так, чтобы все эти условия удовлетворялись с заданной точностью  $\varepsilon$ .
4. В программной реализации требуется:
  - 1) подобрать количество членов ряда (1);
  - 2) протабулировать значения функции  $U$  в узлах прямоугольной сетки, покрывающей область  $D$ ;
  - 3) построить график функции  $U$  над областью  $D$ , используя таблицу ее значений;
  - 4) вычислить приближенные значения функции  $U$ , полученные методом сеток;
  - 5) сравнить приближенные значения  $U$  с точными значениями, проанализировав абсолютные и относительные погрешности;
  - 6) построить графики сечений (разрезов) поверхности  $U(x, y)$  плоскостями, параллельными осям координат (в том числе, линии уровня функции  $U$ ).

Программная реализация этого задания в рамках РГЗ по дисциплине ПЯВУ выполняется с целью развития и закрепления у студентов практических навыков разработки модульных программ с использованием методов структурного программирования на одном из языков высокого уровня.

В разработанных интегрированных заданиях по двум курсам подготовки бакалавров направления «Информатика и вычислительная техника» реализуются несколько основных принципов обучения общеобразовательным и общепрофессиональным дисциплинам:

- профессионально-прикладная направленность обучения;
- единство математического и профессионального мышления;
- постепенное наращивание сложности учебных заданий и оптимизация процесса их выполнения;
- поэтапное формирование общетеоретических представлений об объекте профессиональной деятельности.

## ПРОЕКТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ В АВТОГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Меев А.Н., Кацуба В.С. (г. Мурманск, МГТУ, ВМ и ПО ЭВМ, alexeymeev@yandex.ru)

To expand opportunities of autogeneration of test tasks the authors offer to use elements of intellectualization. The given process is directed on creation of new tasks by the analysis of generation scripts. Intellectualization consists of several stages: revealing of relations and dependences between parameters, definition of accessible types of tasks and formation of new tasks. To provide a required level of access directly to the code of calculations the language of test tasks description on mathematics has been designed.

Большинство современных программных средств тестирования требуют методической разработки большого количества заданий, вводимых вручную в тестовую базу. Одним из направлений автоматизации процесса создания тестов является автоматическая генерация фасетных (в терминологии единого государственного экзамена) заданий [1]. Однако при реализации программных систем проверки знаний, использующих указанный подход, сам алгоритм генерации заложен в коде программы или динамической библиотеки, что затрудняет модификацию старых заданий и делает невозможным создание новых. Кроме этого остается открытым вопрос повторного использования кода генерации – как с точки зрения функциональных элементов, так и с точки зрения внутренних связей (отношений) между объектами предметной области. И если разработка архитектуры, позволяющей дальнейшее использование имеющегося функционала, остается на усмотрение проектировщика, то программный код вычислений, содержащий обширную информацию о предметной области (зависимость параметров, промежуточные данные, условие существования различных элементов и т.д.), остается незадействованным.

Авторы данной статьи предлагают решить указанные проблемы посредством использования элементов интеллектуализации в автогенерации тестовых заданий. *Под интеллектуализацией понимается процесс создания новых тестовых заданий в фиксированной предметной области путем выявления закономерностей и отношений между свойствами объектов, образующих базу знаний в этой предметной области.* Как уже отмечалось ранее, код генерации содержит обширные сведения о предметной области, которые и предполагается применять для синтеза новых заданий. Для обеспечения требуемого уровня доступа непосредственно к коду вычислений спроектирован специализированный интерфейс – *язык описания тестовых заданий по математике (ЯО).*

Язык описания является скриптовым языком, предназначенным для создания типовых заданий, применяемых в обучении. Язык оснащен простейшими вычислительными способностями, а также синтаксисом, приближенным к общепринятой нотации записи математических выкладок. Эти характеристики языка должны обеспечить разработку стратегий генерации новых тестовых заданий преподавательским составом учебных заведений в привычной для него форме. При этом именно язык описания является необходимым условием использования интеллектуализации. Помимо предоставления практически недоступной ранее возможности внесения поправок в сценарии генерации, специализированная направленность языка и особенности синтаксиса позволят использовать его конструкции для анализа и выявления закономерностей. Указанные характеристики позволят превзойти в данном направлении и универсальные языки программирования, и

аналогичные разработки (например, описание заданий на основе теории формальных грамматик [3]).

Сценарии генерации на ЯО состоят из конструкций, позволяющих получить ответ в рамках поставленной задачи. Центральным понятием ЯО является *объект генерации* (ОГ) – некоторый элемент предметной области. Объекты генерации составляют *базу знаний*, т.е. организованную совокупность знаний, представленную в форме, которая допускает автоматизированное использование этих знаний на основе реализации возможностей информационных технологий [2]. Таким образом, механизм генерации тестовых заданий основан на обработке формализованных сведений о предметной области, а не на программных библиотеках. Будем предполагать, что база знаний, содержащая конечное количество объектов генерации, создана.

Объект генерации состоит из нескольких частей, наиболее важными из них являются (с точки зрения интеллектуализации):

- *определение объекта* – набор переменных ОГ и математическое выражение, содержащее используемые в дальнейшем параметры;
- *свойства объекта* – именованные параметры ОГ, вычисляемые по определенной формуле и (или) соответствующие определенным логическим условиям;
- *задания* – состоят из цели и конструкций достижения этой цели (вычисление результата). Например, заданием является решение уравнения, целью – корни уравнения.

Рассмотрим в качестве примера объекта генерации квадратный трехчлен (для наглядности используется общепринятая нотация с пояснениями, а не конструкции языка описания), таблица 1.

Таблица 1. Характеристики объекта генерации «квадратный трехчлен»

Определение	Свойства	Задания
$f(x) = ax^2 + bx + c$ - «квадратный трехчлен»	1. $D = b^2 - 4ac$ - «дискриминант» ...	1. $f(x) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}, \text{ если } D > 0 \\ x_1 = x_2 = \frac{-b}{2a}, \text{ если } D = 0 \\ x \in \emptyset \text{ на множестве } R, \\ \text{если } D < 0 \end{cases}$ ...

Приведенного описания достаточно для получения множества генерируемых заданий на решение уравнения  $f(x)=0$  – имеется как общий вид задачи, т.е. определение ОГ, так и формула вычисления корней. Параметры  $a$ ,  $b$  и  $c$  могут быть случайно определяемыми, но с накладываемыми условиями формирования. Стоит обратить особое внимание на тот факт, что минимальное количество данных, требуемое для формирования задачи и описания его решения, непосредственно содержит необходимый набор сведений для синтеза новых заданий. Условные операторы в вычислениях, свойства (промежуточные данные), результат, зависящий от параметров – все эти элементы, являясь неотъемлемой частью практически любой задачи, могут быть использованы как дополнительные условия задания в рамках интеллектуализации.

Перейдем к рассмотрению аспектов интеллектуализации автогенерации. В целом процесс можно разделить на *три этапа: выявление отношений и зависимостей между параметрами, определение доступных типов задач и формирование новых заданий* (рис. 1). В рамках анализа для первого этапа обработке подвергаются данные, содержащиеся в частях «Свойства» и «Задания» (предварительно код обрабатывается транслятором). В результате этого формируется множество зависимостей одних параметров ОГ от других, при этом параметрами могут быть свойства, цели задач (результаты вычислений), промежуточные переменные и т.д.

Под *зависимостью* будем понимать функциональную зависимость, под *отношением* - логическое отношение. Таким образом, параметр  $A$  будет зависеть от параметра  $B$ , если:

1.  $A=F(B)$ , где  $F$  – аналитическое выражение;
2. значение  $A$  зависит от значения  $F(B)$ , где  $F$  – логическое отношение.

Построение новых заданий осуществляется в соответствии со строгой типизацией. Синтез конкретной задачи возможен только при удовлетворении *критериев типа* этой задачи. Критериями могут быть тип задания ОГ (уравнение, неравенство, свойство и т.д.), условие при вычислении (например, вычисление корней в зависимости от дискриминанта), вложенность отношений и т.п. Конечный набор типов синтезируемых задач предполагается разработать на основе педагогических методик составления заданий по математике.

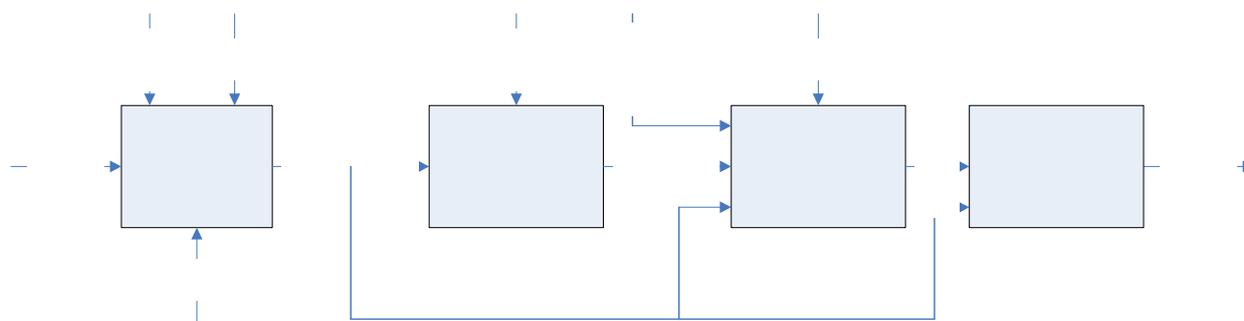


Рис. 1. Диаграмма потока данных «Процесс синтеза новых задач»

Полученное множество отношений и определенный для данного объекта генерации ряд типов заданий используется для генерации новых задач. Стоит отметить, что для составления стилистически правильных и понятных заданий потребуются ввод текстовой информации – определений (например, «квадратное уравнение», «действительные корни» и т.д.).

Рассмотрим процесс автогенерации тестовых заданий применительно к ОГ «квадратный трехчлен». При выделении множества отношений получим ( $x_n$  – обобщенное обозначение корней уравнения):

$$\{D(a,b,c), x_n(D, a, b)\},$$

то есть выделяются два отношения: дискриминант определяется через коэффициенты квадратного трехчлена, а корни уравнения зависят от дискриминанта и вычисляются с помощью параметров  $a$  и  $b$ . В таблице 2 приведен один из возможных типов задания.

С точки зрения квадратного трехчлена результатом должно быть задание относительно одного из коэффициентов  $a$ ,  $b$  или  $c$  (используется непосредственное вычисление дискриминанта – т.е. функциональная зависимость), при условии, что вычисление корней и их существование зависит от значения дискриминанта (логическое отношение). Таким образом, имеется возможность генерации нового задания, используя отношение  $x_n(D(a,b,c), a, b)$ :

Таблица 2. Демонстрационный тип задания

Описание	Критерии	Результат
Синтез новых заданий основан на использовании двухуровневой зависимости: логическое отношение (позволяет добавить нестандартное условие задачи) и функциональная зависимость (построение вопроса относительно одного из второстепенных параметров).	1) двухуровневая зависимость ( $a$ зависит от $b$ , а $b$ зависит от $c$ ); 2) первый уровень должен соответствовать логическому отношению; 3) второй уровень должен соответствовать функциональной зависимости.	Результатом будет задание вида: «При каких значениях $p$ название исходной задачи имеет условие задачи», то есть «название исходной задачи» будет заменено в данном случае на «квадратное уравнение». При этом «условие задачи» будет зависеть от логического отношения и принимать значение текстовой информации, соответствующее одному из возможных вариантов («два действительных различных корня», «два действительных равных корня», «корней нет»).

*«При каких значениях  $p$  квадратное уравнение  $ax^2 + px + c = 0$  имеет два различных действительных корня?»*

Как видно из рассмотренного примера, при отсутствии дополнительных действий по описанию данных (только изначальный код генерации) было получено новое задание, отличающееся нестандартностью постановки задачи.

Использование интеллектуализации позволит многократно упростить процесс составления тестовых заданий – как за счет автоматизации на основе уже существующего кода, так и путем синтеза новых нестандартных заданий. При этом в большинстве случаев в связи с обобщенностью критериев один и тот же тип задания может быть использован для различных сценариев генерации.

#### Список литературы:

1. Гаев Л.В. Применение информационных технологий в образовании при проектировании средств автоматизации создания тестовых заданий // Электронный периодический Журнал "Компьютерные учебные программы и инновации", №9, 2006г.
2. Роберт И.В., Лавина Т.А. Толковый словарь терминов понятийного аппарата информатизации образования. – М.: ИИО РАО, 2009. – 98 с.
3. Сергушичева А. П. Метод и алгоритмы автоматизированного построения компьютерных тестов контроля знаний по техническим дисциплинам: диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01.- Санкт-Петербург, 2007.- 201 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-5/2099.

## МИНИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЯМИ СУДНА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ МАРШРУТА ЗА ЗАДАННОЕ ВРЕМЯ

**Борисов Д.А., Плющев В.И.** (Н.Новгород, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волжская государственная академия водного транспорта», кафедра радиоэлектроники, e-mail: dim\_shared@mail.ru)

This paper deals with the problem of minimizing the amount of fuel to be required for a given voyage. As a result, we have obtained a formula that determines the optimal time of passing each section of the route.

Важным требованием при эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ) является оптимальное использование в любых ситуациях и режимах топливо-энергетических ресурсов для достижения поставленных целей с учетом существующих ограничений.

Решение задачи оптимизации осложняется существенной зависимостью режимов работы СЭУ от внешних условий и факторов. К первой группе факторов можно отнести осадку судна, состояние корпуса и движительно-рулевого комплекса (винтов, рулей, и др.), средние глубины участков фарватера и другие факторы длительного влияния.

Ко второй группе относятся факторы кратковременного действия (отклонения глубин от значений, принятых при расчете, волнение, ветер, и т.п.), оказывающие существенное влияние на режимы работы СЭУ и имеющие, как правило, случайный характер. Учет факторов второй группы при решении задачи оптимизации режимов работы СЭУ должен проводиться в режиме реального времени непосредственно на борту судна.

Рассмотрим задачу минимизации затрат топлива на прохождение заданного маршрута за фиксированный промежуток времени. Задача решается применительно к судам речного флота. В этом случае, основные особенности маршрута и внешние факторы, влияющие на затраты топлива – это глубины фарватера и скорости течения вдоль маршрута.

На базе общепринятых представлений была разработана математическая модель, описывающая динамику комплекса корпус-двигатель-движитель при движении по фарватеру с переменной глубиной транспортного судна.

Для исследования влияния условий плавания и стратегии управления СЭУ на расход топлива указанную модель необходимо дополнить методикой расчета расхода топлива.

Зависимость момента двигателя от оборотов (при отсутствии регулятора) представлена на рис. 1 (на основе паспортных характеристик реального дизеля Г-70). Примем, что изменение цикловой подачи топлива  $G_c$  приводит к линейному смещению кривой  $M(n)$  параллельно самой себе вдоль оси  $M$  (см. рис. 1).

В этом случае, зависимость момента двигателя от оборотов и цикловой подачи топлива, можно описать следующим уравнением:

$$M(G_c, n) = M_{max}(n) - \left( \frac{G_{c_{max}} - G_c}{G_{c_{max}} - G_{c_{min}}} \right) \cdot M_{max}(n_{min}), \quad (1)$$

где:  $n_{min}$  – минимальные устойчивые обороты дизеля;

$G_{c_{max}}$  – подача топлива, при которой зависимость момента двигателя от оборотов  $M(n)$  соответствует максимальной внешней характеристике  $M_{max}(n)$ ;

$G_{c_{min}}$  – гипотетическая подача топлива, при которой момент двигателя на минимальных устойчивых оборотах  $M(n_{min})$  равен нулю.

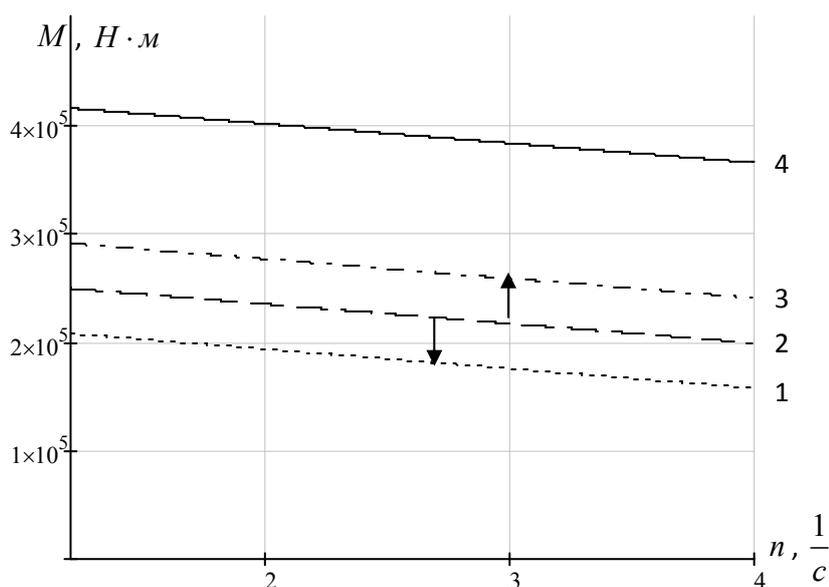


Рис. 1. Зависимость момента двигателя от оборотов при различной цикловой подаче топлива ( $G_{c1} < G_{c2} < G_{c3} < G_{c_{max}}$ ).

1 –  $M(n)$  при  $G_c = G_{c1}$ ; 2 –  $M(n)$  при  $G_c = G_{c2}$ ; 3 –  $M(n)$  при  $G_c = G_{c3}$ ; 4 –  $M(n) = M_{max}(n)$  при  $G_c = G_{c_{max}}$ .

Тогда, зависимость цикловой подачи топлива от оборотов и момента двигателя

$$G_c(n, M) = \left( \frac{M - M_{max}(n) + M_{max}(n_{min})}{M_{max}(n_{min})} \right) \cdot (G_{c_{max}} - G_{c_{min}}) + G_{c_{min}}. \quad (2)$$

Для «привязки» к реальному дизелю были использованы характеристики  $M(n)$  и  $g_t(n)$ , приведенные в [1], с использованием которых были подобраны коэффициенты  $G_{c_{max}}$  и  $G_{c_{min}}$  выражения (2). Зависимость часовой подачи топлива от оборотов ( $g_t(n) \left[ \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \right]$ ) можно вычислить из зависимости цикловой подачи топлива от оборотов и момента двигателя ( $G_c(n, M) \left[ \text{кг} \right]$ ) по следующей формуле:

$$g_t(n) = G_c(n, M(n)) \cdot n \cdot 3600. \quad (3)$$

На рис. 2 приведены зависимость часовой подачи топлива (3) и паспортная кривая из [1].

Математическая модель комплекса корпус-двигатель-движитель, дополненная уравнением (2), использована в дальнейшем для исследования влияния условий плавания и стратегий управления СЭУ судна на расход топлива.

Зависимость расхода топлива за единицу времени от скорости при различных глубинах определяется выражением

$$g_{vh}(v, h) = G_c(n_{vh}(v, h), M_{vh}(v, h)) \cdot n_{vh}(v, h), \quad (4)$$

где:  $n_{vh}(v, h)$  – обороты, необходимые для поддержания заданной скорости при заданной глубине;

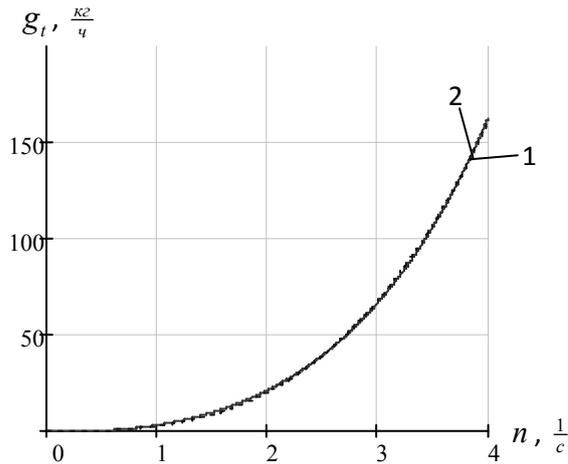


Рис. 2. Зависимость часовой подачи топлива от оборотов. 1 – расчетная; 2 – паспортная.

$M_{vh}(v, h)$  – момент двигателя, необходимый для поддержания оборотов  $n_{vh}(v, h)$  при заданной скорости ( $n_{vh}(v, h)$  и  $M_{vh}(v, h)$  определяются путем решения системы уравнений, описывающих динамику комплекса корпус-двигатель-движитель).

Для аналитического решения задачи оптимизации расхода топлива при движении по фарватеру с изменяющейся глубиной, зависимость (4) слишком сложна. Будем искать решение в следующем виде:

$$g_{vh}(v, h) = g_{pas} \cdot c_{vh}(v, h) \cdot v^k, \quad (5)$$

где:  $g_{pas}$  – паспортный расход топлива;

$k$  – некоторая степень;

$c_{vh}(v, h)$  – коэффициент условий плавания.

Это позволит «разделить» влияние на расход топлива таких факторов, как глубина фарватера и скорость движения судна на данном участке.

$$c_{vh}(v, h) = G_c(n_{vh}(v, h), M_{vh}(v, h)) \cdot \frac{n_{vh}(v, h)}{g_{pas} \cdot v^k}. \quad (6)$$

На рис. 3 приведены зависимости  $c_{vh}(v, h)$  при различных  $k$ .

Приведенные на рис. 3 зависимости позволяют утверждать, что можно подобрать такое  $k$  (рис. 3б), при котором, с большой степенью достоверности, можно считать коэффициент условий плавания функцией только глубины ( $c_{vh}(v, h) \approx c_h(h)$ ). Тогда, уравнение (5) примет вид

$$g_{vh}(v, h) = g_{pas} \cdot c_h(h) \cdot v^k. \quad (7)$$

В уравнении (7) значения  $c_h(h)$  рассчитываются по формуле (6). В простейшем случае – при некоторой наперед заданной скорости  $v$ .

Выражение (7) позволяет решить задачу минимизации затрат топлива при прохождении заданного маршрута за заданное время  $T$ . Разобьем траекторию движения судна на  $m$  участков длиной  $l_i$  с постоянной глубиной  $h_i$ , на которых судно идет с постоянной скоростью  $v_i$  в течение времени  $t_i$ .

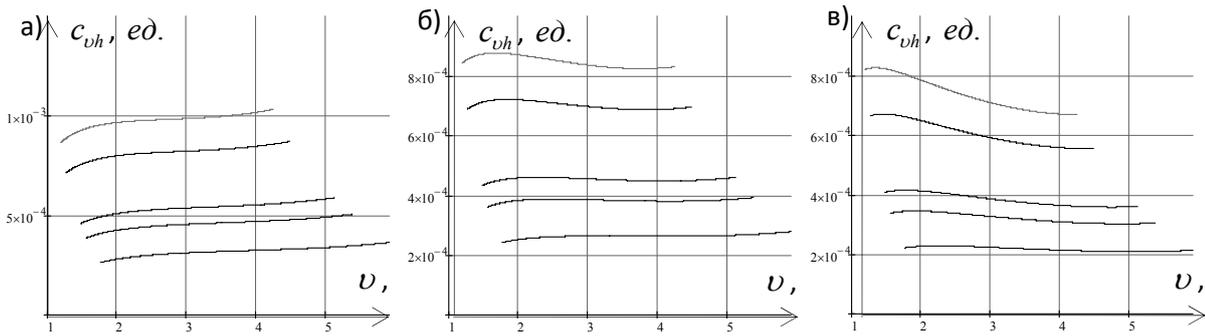


Рис. 3. Зависимости коэффициента условий плавания от скорости на различных глубинах (при различных  $k$ ).

1 –  $h = 1,8 \cdot T_h$ ; 2 –  $h = 2 \cdot T_h$ ; 3 –  $h = 3 \cdot T_h$ ; 4 –  $h = 4 \cdot T_h$ ; 5 –  $h = \infty$  ( $T_h$  – осадка судна).

а)  $k = 2,7$ ; б)  $k = 2,85$ ; в)  $k = 3,0$ .

Расход топлива при прохождении  $i$  участка:

$$g_i = g_{vh}(v_i, h_i) \cdot t_i. \quad (8)$$

Учитывая (7) получим:

$$g_i = g_{pas} \cdot c_i \cdot v_i^k \cdot t_i, \quad (9)$$

где:  $c_i = c_h(h_i)$  – коэффициент условий плавания на  $i$  участке.

Уравнение (9) позволяет решить задачи минимизации расхода топлива при движении судна по фарватеру с изменяющейся глубиной.

Расход топлива на всём маршруте

$$G_t(\vec{t}) = \sum_{i=1}^m (g_i) = \sum_{i=1}^m \left( g_{vh} \left( \frac{l_i}{t_i}, h_i \right) \cdot t_i \right). \quad (10)$$

Необходимо найти такие времена прохождения участков маршрута  $\vec{t} = \{t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_m\}$  при которых суммарный расход топлива  $G_t(\vec{t})$  будет минимальным, учитывая, что суммарное время прохождения маршрута ( $\sum_{i=1}^m t_i$ ) равно  $T$ .

Для нахождения минимума функции  $G_t(\vec{t})$  воспользуемся методом множителей Лагранжа. Задачу поиска минимума можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{cases} G_t(\vec{t}) \rightarrow \min, \vec{t} \in \mathbb{R}^m; \\ \varphi(\vec{t}) = \sum_{i=1}^m t_i - T = 0. \end{cases} \quad (11)$$

На основе сформулированной задачи (11) строится функция Лагранжа, как линейная комбинация целевой функции  $G_t(\vec{t})$  и функции граничных условий  $\varphi(\vec{t})$ :

$$L(\vec{t}, \lambda) = G_t(\vec{t}) - \lambda \cdot \varphi(\vec{t}), \quad (12)$$

где  $\lambda$  – множитель Лагранжа.

Если  $\vec{t}^*$  – локальное решение задачи (11), то существует  $\lambda^*$  такое, что

$$L'(\vec{t}^*, \lambda^*) = 0. \quad (13)$$

Условие (13) разворачивается в систему

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial \lambda} (G_t(\vec{t}^*) - \lambda^* \cdot \varphi(\vec{t}^*)) = 0; \\ \frac{\partial}{\partial t_i} (G_t(\vec{t}^*) - \lambda^* \cdot \varphi(\vec{t}^*)) = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Учитывая, что в системе (14)  $\frac{\partial}{\partial \lambda} (G_t(\vec{t}^*) - \lambda^* \cdot \varphi(\vec{t}^*)) = 0$  при любых  $\lambda^*$ , после некоторых преобразований получаем:

$$\frac{\partial}{\partial t_i} (G_t(\vec{t}^*)) = \lambda^* \cdot \frac{\partial}{\partial t_i} (\varphi(\vec{t}^*)). \quad (15)$$

Или, при записи в операторной форме:

$$\nabla G_t(\vec{t}^*) = \lambda^* \cdot \nabla \varphi(\vec{t}^*), \quad (16)$$

где:  $\nabla \varphi(\vec{t})$  – градиент функции граничных условий

$$\nabla \varphi(\vec{t}) = \{1, 1, \dots, 1\}; \quad (17)$$

$\nabla G_t(\vec{t})$  – градиент целевой функции

$$\nabla G_t(\vec{t}) = \left\{ -k_g \cdot c_1 \cdot \left(\frac{l_1}{t_1}\right)^k \cdot (k-1), \dots, -k_g \cdot c_i \cdot \left(\frac{l_i}{t_i}\right)^k \cdot (k-1), \dots, -k_g \cdot c_m \cdot \left(\frac{l_m}{t_m}\right)^k \cdot (k-1) \right\}. \quad (18)$$

Подставив значения (17), (18) в формулу (16) получим:

$$-k_g \cdot c_i \cdot \left(\frac{l_i}{t_i^*}\right)^k \cdot (k-1) = \lambda^*. \quad (19)$$

Выразим  $t_i^*$  из (19)

$$t_i^* = \left( \frac{-k_g \cdot l_i^k \cdot c_i \cdot (k-1)}{\lambda^*} \right)^{\frac{1}{k}}. \quad (20)$$

Из функции граничных условий (11) следует, что

$$\sum_{i=1}^m t_i = T. \quad (21)$$

Подставив найденное значение  $t_i^*$  из формулы (20) в (21) получим:

$$\sum_{i=1}^m t_i^* = \sum_{i=1}^m \left( \frac{k_g \cdot l_i^k \cdot c_i \cdot (k-1)}{\lambda^*} \right)^{\frac{1}{k}} = T. \quad (22)$$

Тогда:

$$\lambda^* = \frac{k_g \cdot (k-1)}{T^k} \cdot \left( \sum_{i=1}^m \left( l_i^k \cdot c_i \right)^{\frac{1}{k}} \right)^k. \quad (23)$$

Подставив найденное значение  $\lambda^*$  (23) в уравнение для  $t_i^*$  (20), получаем

$$t_i^* = \left( \frac{k_g \cdot l_i^k \cdot c_i \cdot (k-1)}{\frac{k_g \cdot (k-1)}{T^k} \cdot \left( \sum_{i=1}^m \left( (l_i^k \cdot c_i)^{\frac{1}{k}} \right) \right)^k} \right)^{\frac{1}{k}}.$$

После несложных преобразований получим:

$$t_i^* = \frac{T \cdot l_i \cdot \sqrt[k]{c_i}}{\sum_{i=1}^m (l_i \cdot \sqrt[k]{c_i})}. \quad (24)$$

$\vec{t}^* = \{t_1^*, \dots, t_m^*\}$  – стационарная точка функции  $G_t(\vec{t})$ .

Для определения, является ли точка  $\vec{t}^*$  экстремумом, исследуем гессиан функции  $G_t(\vec{t})$ .

Если Гессиан положительно определен и не вырожден, то  $\vec{t}^*$  – точка локального минимума. Квадратичная форма является положительно определенной, тогда и только тогда, когда все угловые миноры её матрицы строго положительны.

Поскольку все смешанные производные функции  $G_t(\vec{t})$  равны нулю, матрица Гессе имеет следующий вид:

$$H(G_t(\vec{t})) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 G_t}{\partial t_1^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\partial^2 G_t}{\partial t_2^2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{\partial^2 G_t}{\partial t_n^2} \end{bmatrix}. \quad (25)$$

Вторые частные производные равны:

$$\frac{\partial^2 G_t}{\partial t_i^2} = \frac{\partial^2}{\partial t_i^2} \left( g_{vh} \left( \frac{l_1}{t_1}, h_1 \right) \cdot t_1 + \dots + g_{vh} \left( \frac{l_i}{t_i}, h_i \right) \cdot t_i + \dots + g_{vh} \left( \frac{l_n}{t_n}, h_n \right) \cdot t_n \right). \quad (26)$$

Поскольку  $\frac{\partial^2}{\partial t_i^2} \left( g_{vh} \left( \frac{l_j}{t_j}, h_j \right) \cdot t_j \right) = 0$  для всех  $j \neq i$ , то

$$\frac{\partial^2 G_t}{\partial t_i^2} = \frac{\partial^2}{\partial t_i^2} \left( g_{vh} \left( \frac{l_i}{t_i}, h_i \right) \cdot t_i \right). \quad (27)$$

Учитывая (8) получим:

$$\frac{\partial^2 G_t}{\partial t_i^2} = \frac{\partial^2}{\partial t_i^2} \left( k_g \cdot c_i \cdot \left( \frac{l_i}{t_i} \right)^k \cdot t_i \right) = \frac{k \cdot k_g \cdot l_i^2 \cdot c_i \cdot \left( \frac{l_i}{t_i} \right)^{k-2} \cdot (k-1)}{t_i^3} > 0. \quad (28)$$

Так как все  $\frac{\partial^2 G_i}{\partial t_i^2}$  положительны при  $k > 1$ , то и все угловые миноры матрицы Гессе положительны. Следовательно,  $\vec{t}^*$  является минимумом функции  $G_i(\vec{t})$ .

Таким образом, полученное выражение (24), определяет оптимальное время прохождения каждого участка пути. Использование этой формулы при составлении графика движения позволяет минимизировать затраты топлива на прохождение произвольного маршрута, составленного из участков с заданной глубиной за заданное время.

#### Список литературы:

1. Судовой дизель Г70. Дизель 6ЧРН 36/45 Руководство по эксплуатации Г70-1000 РЭ. 1990. 404 с.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

**Скрябин А.В., Лазарева И.М.** (*Мурманский государственный технический университет, кафедра Высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, takius@bk.ru*)

This report examines the problems of developing software for creating e-learning courses. Author describes advantages and disadvantages of known software, which can be used to develop e-learning courses, and gives suggestions on the principles of developing such software to simplify the process of creating materials for e-learning courses.

Организация процесса обучения посредством компьютера невозможна без разработки соответствующих электронных учебно-методических материалов (ЭУММ). Создание материалов для электронных курсов – это сложный и длительный процесс, требующий профессиональных знаний и навыков, по крайней мере, в двух областях: в области разработки учебно-методических материалов и в области компьютерных технологий. Однако в настоящее время наиболее опытные с точки зрения методики обучения преподаватели не обладают достаточными навыками работы на компьютере, в связи с чем реализация учебно-методических идей на ЭВМ обычно осуществляется специалистами по программированию. В этом случае может быть искажен заложенный преподавателем методический смысл элементов электронного курса, а кроме того, существенно повышается стоимость его разработки.

В случае, когда преподаватель сам берется за программную реализацию своего курса, также неизбежны трудности. Не обладая достаточными познаниями о потенциальных возможностях имеющихся у него программных инструментов, преподаватель создает электронный курс с минимальной долей интерактивности, который в большинстве случаев получается близким к электронной версии бумажного конспекта лекций или практикума. Следовательно, для оптимизации процесса разработки ЭУММ необходимо компенсировать недостаток знаний о компьютерных технологиях у преподавателя. Одним из возможных решений этой проблемы является предоставление автору курса специального программного инструментария. Для определения требований к такому инструментарию рассмотрим существующие программные средства, которые может использовать преподаватель при разработке электронного курса.

Наиболее распространенным в настоящее время инструментом создания электронных лекций является Microsoft Word. Это программное средство предоставляет возможность набора текста и его форматирования. В создаваемые курсы можно ввести некоторую степень интерактивности за счет использования гиперссылок, связывающие различные части документов. Также в создаваемые тексты можно вставлять графические изображения и мультимедиа. Возможность использования стилей текста позволяет обеспечить единообразие оформления всего электронного курса. Однако Microsoft Word является профессиональным текстовым процессором, не предназначенным специально для создания электронных курсов. В связи с этим наблюдается перегруженность интерфейса, затрудняющая эффективное использование всех возможностей этого программного средства даже опытному пользователю. Кроме того, в Microsoft Word (и аналогичных программных средствах) не рассматривается вопрос о том, что создаваемые материалы в дальнейшем будут служить исходным материалом для обучающей системы и, следовательно, не организуется работа по обеспечению автоматической обработки содержания электронных материалов.

Существующие специальные программные средства для разработки электронных курсов предоставляют стандартный функционал по работе с электронными данными: редактирование текстов, вставка графической и мультимедийной информации. Кроме того, они дают разработчику электронного курса дополнительные возможности: управление структурой курса, создание тестов, экспорт курсов в различные международные стандарты (SCORM 2004, SCORM 1.2, AICC) для использования в разнообразных средах обучения и другие. Кроме того, в названиях элементов интерфейса таких программных средств используются знакомые преподавателю термины, что упрощает работу с этими инструментами. Однако вопросы автоматизации отдельных процессов разработки электронного курса в этих инструментах также рассмотрены слабо.

Отдельной группой вопросов при разработке ЭУММ является создание отдельных технологических компонентов электронного курса: графических изображений, мультимедийных элементов, интерактивных приложений.

Для создания *графических изображений* в настоящее время существует множество различных графических редакторов, начиная от простейших (например, Microsoft Paint или встроенный в Microsoft Office графический редактор) и заканчивая мощными графическими пакетами (Adobe Photoshop, CorelDraw и др.). Несомненно, что эти средства можно использовать при разработке графических иллюстраций для электронных учебных курсов, однако для этого необходимо знать довольно много специфических технологических моментов, не связанных напрямую с предметом разработки. На изучение принципов работы с графическими редакторами дополнительно требуется значительное время. Представляет сложность также создание графиков и диаграмм, что обычно требует привлечения отдельных программных средств и последующей доработки полученных изображений в графическом редакторе.

В сфере создания *мультимедийных элементов* также существует множество известных программных средств:

- для создания анимированных изображений (Adobe After Effects, CorelDraw, ...);
- для редактирования видеоматериалов (Microsoft Movie Maker, Adobe Premiere, ...);
- для редактирования аудиоматериалов (встроенное в операционную систему Windows средство «Звукозапись», Adobe Audition, ...).

Самые простые из этих средств имеют довольно дружественный интерфейс, достаточный для неопытного пользователя, однако для эффективной работы с ними требуется знание ответов на связанные технологические вопросы. Кроме того, создание мультимедийных элементов для электронных учебных курсов может потребовать специфических методов работы с этими элементами.

Если речь идет о создании *интерактивных приложений*, с которыми непосредственно взаимодействует пользователь-обучаемый, то в большинстве случаев решение этой задачи под силу только опытному программисту. Однако можно разработать механизм создания однотипных интерактивных приложений и реализовать его в специальном программном инструменте, которым сможет пользоваться преподаватель при работе над ЭУММ.

Таким образом, можно отметить, что существующие программные средства, которые можно использовать для разработки ЭУММ, обладают функциональной перегруженностью ввиду своей универсальности, а также требуют для работы с ними знания различных технологических моментов. В связи с этим для повышения эффективности разработки электронных учебных курсов, необходимо предоставить преподавателям специальные программные средства, имеющие, как минимум, следующие свойства:

- предметная ориентированность;

- учет особенностей электронных учебных материалов;
- обеспечение возможности автоматизации обработки создаваемых ЭУММ;
- простота и удобство интерфейса, позволяющие абстрагироваться от технологической стороны разработки ЭУММ.

Нами не были рассмотрены программные средства для организации обучения посредством компьютера, так как преподаватели непосредственно с ними не работают. Однако те учебно-методические моменты, которые должны быть реализованы при организации такого обучения (например, реализация адаптивного подхода в обучении), необходимо учитывать уже на этапе разработки электронного курса и реализация этих моментов должна входить в функционал программных средств его разработки.

Одним из возможных вариантов программных средств, соответствующих этим требованиям, могут быть программы-конструкторы, в которых материалы создаются из примитивов, соответствующих конкретной дисциплине. Разработке множеств таких примитивов, а также программных средств, использующих эти примитивы, должно быть посвящено отдельное исследование. Кроме того, должны быть исследованы возможные пути автоматизации процессов разработки электронного учебного курса, особенности электронных учебных материалов и учебно-методические моменты, которые могут быть реализованы при организации обучения посредством компьютера. В проведении этих исследований необходимо участие группы специалистов, в которую должны входить:

- преподаватели, реализующие учебный процесс;
- программисты-проектировщики конструкторов ЭУММ;
- программисты-разработчики (возможно, разного уровня подготовки).

#### **Список литературы:**

1. Кацуба В.С., Лазарева И.М. Методика проектирования электронных конспектов лекций // Международная научная конференция «Образование, наука и экономика в ВУЗах. Интеграция в международное образовательное пространство», г. Плоцк, Польша, 2008. — С. 736-742.
2. Скрябин А.В., Лазарева И.М. О проблемах создания программных средств разработки электронных конспектов лекций. Тезисы докладов Международной научно-образовательной конференции «Наука в вузах: математика, физика, информатика. Проблемы высшего и среднего профессионального образования». – М.: РУДН, 2009. – С.916-918.

## АНАЛИЗ РАЗМЕРНОСТЕЙ В РАСЧЕТАХ ЧАСТОТЫ ОТКРЫВАНИЯ - ЗАКРЫВАНИЯ ДВЕРЕЙ ШКАФОВ-ВИТРИН ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

**Б.В. Голубев, А.В. Шутов**, (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологического и холодильного оборудования)

**И.Г. Кобылянский** (г. Мурманск, Инженерно-экономический факультет СПбГУ ВК МФ, кафедра естественно-научных и математических дисциплин)

In clause the way of the analysis of dimensions is described, with which help it is possible to receive precise representation about the  $\pi$  - theorem and definition of the hashed current of air at opening - closing of doors of cases - show-windows of refrigerating machineries with the help of accounts of the  $\pi$  - theorem.

### 1. Введение

Отношение размеров двух объектов является величиной постоянной вне зависимости от того, в каких единицах они выражаются. Например, если отношение площади, занимаемой окнами, к площади стен составляет 0,2, то этот результат останется неизменным, если сами площади выражать в  $мм^2$ ,  $м^2$  или  $км^2$ .

Под размерностью понимают формулу в виде степенного одночлена, связывающую производную величину с основными. Основная единица выражается символом соответствующей величины. Например, длина -  $L$ , масса -  $M$ , время -  $T$ ; либо, длина - метр (м), масса – килограмм (кг), время – секунда (с).

Общий вид этой закономерности имеет вид  $\dim X = L^x \cdot M^y \cdot T^z$ , где  $x, y, z$  - показатели размерности. Например, размерность скорости  $\dim V = L \cdot T^{-1}$ .

Для безразмерной величины все показатели  $x = y = z = 0$ , и, следовательно,  $\dim X = 1$ .

Таким образом любое физическое соотношение должно быть размерностно однородным. Это означает, что все члены, входящие как в правую, так и в левую его части должны иметь одинаковую размерность. Это значит, что метры можно складывать только с метрами и никак не с килограммами или секундами, и позволяет четко представлять, что такое правило остается справедливым и при рассмотрении самых сложных решений.

Анализ размерностей базируется на Пи-теореме ( $\pi$ -теорема), которая устанавливает связь между функцией, выраженной через размерные параметры, и функцией в безразмерной форме.

Полная формулировка теоремы: любая функциональная зависимость между размерными величинами может быть представлена в виде зависимости между  $N$  безразмерными комплексами (числами  $\pi$ ), составленными из этих величин. Число этих комплексов  $N = m - n$ , где  $n$  - число основных единиц; в гидромеханике  $n = 3$  (кг, м, с), а пусть  $m = 5$ , т.е. является функцией пяти размерных величин для величины  $A$ .

$$A = f(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon) \quad (1)$$

Из Пи-теоремы следует, что эта зависимость может быть преобразована в зависимость, содержащую два числа  $\pi$  ( $N = m - n = 5 - 3 = 2$ ).

$$A = f_1(\pi_1, \pi_2) \quad (2)$$

где  $\pi_1$  и  $\pi_2$  - безразмерные комплексы, составленные из размерных величин.

Эту теорему называют Пи-теоремой Бэкингема. Однако при исследовании очень сложных процессов в ряде случаев не удастся составить дифференциальное уравнение,

описывающее процесс. В таких случаях для получения уравнения подобия применяют метод анализа размерностей.

## 2. Способ решения задач конвективного течения несжимаемой среды с помощью Питеоремы Бэкингема или анализа размерностей

Для расчета конвективного ламинарного и турбулентного движения несжимаемой среды необходимо было установить вид зависимости, позволяющий определить потери давления либо напора при турбулентном течении в шкафах-витринах при открытии-закрытии дверей холодильных установок.

Из рассмотрения закономерностей турбулентного течения получить соотношения определяющие потери давления (напора) при открытии-закрытии дверей шкафов-витрин холодильных установок чисто теоретическим путем практически невозможно. Поэтому представляет несомненный интерес установить, как эта задача может быть решена с помощью анализа размерностей и даст ли это решение какую-то новую информацию.

Необходимо отметить, что падение давления при открытии шкафов-витрин можно рассматривать, как затраты энергии на преодоление сил вязкого трения обратно пропорционально внутреннему объему ( $V$ ) шкафа-витрины, поэтому с целью сокращения переменных целесообразно рассматривать не  $\Delta P$ , а  $\Delta P/V$ , т.е. потери давления на единицу внутреннего объема шкафа-витрины.

Из представлений о физической сущности процесса можно предположить, что возникающие потери должны зависеть:

- от средней скорости течения рабочей среды ( $v$ );
- от внутреннего объема шкафа-витрины ( $V$ );
- от физических свойств транспортируемой среды, характеризующих её плотностью ( $\rho$ ) и вязкостью ( $\mu$ );
- потери температуры от частоты ( $\nu$ ) открывания дверей шкафов-витрин холодильных установок.

Таким образом, зависимостью (1) можно определить первый уровень анализа размерностей следующей формулой:

$$\frac{\Delta P}{V} = f_1(v, V, \rho, \mu, \nu) \text{ или } f_2(v, V, \rho, \mu, \nu, \frac{\Delta P}{V}) = 0 \quad (3)$$

В соответствии с  $\pi$ -теоремой, число влияющих параметров, входящих в зависимость,  $m = 6$ . Следовательно, число безразмерных комплексов  $N = m - n = 6 - 3$ , т.е. уравнение (3) должно определиться формулой:

$$f_3(\pi_1, \pi_2, \pi_3) = 0 \quad (4)$$

Нахождение чисел  $\pi$  определим методом, предложенным Рэлеем.

Основным достоинством его является то, что он представляет собой алгоритм, приводящий к решению задачи.

Из параметров, входящих в уравнение (4) необходимо выбрать три любых, но так, чтобы в них входили основные единицы, т.е. метр, килограмм и секунда, например  $v, V, \rho$ , которые удовлетворяют поставленному требованию.

Образуются числа  $\pi$  в виде степенных одночленно из выбранных параметров, умноженных на один из оставшихся в уравнении (3)

$$\pi_1 = v^{x_1} \cdot V^{y_1} \cdot \rho^{z_1} \cdot \frac{\Delta P}{V} \quad (5)$$

$$\pi_2 = v^{x_2} \cdot V^{y_2} \cdot \rho^{z_2} \cdot \mu \quad (6)$$

$$\pi_3 = \nu^{x_3} \cdot V^{y_3} \cdot \rho^{z_3} \cdot \nu \quad (7)$$

Задача сводится к нахождению всех показателей степеней. При этом они подбираются таким образом, чтобы числа  $\pi$  были безразмерны.

Для решения задачи определим размерности всех параметров:

$$\dim \nu = L \cdot T^{-1}; \quad \dim V = L; \quad \dim \rho = M \cdot L^{-3}$$

$$\text{Вязкость } [\mu] \rightarrow \text{Па} \cdot \text{с} \rightarrow \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} \rightarrow \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}}, \text{ т.е. } \dim \mu = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}.$$

$$\text{Параметр, } \frac{\Delta P}{V} \rightarrow \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}^3} \rightarrow \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^4}, \text{ т.е. } \dim \frac{\Delta P}{V} = M \cdot L^{-2} \cdot T^{-2}.$$

Параметр,  $\dim \nu = L$ .

Таким образом, размерности чисел  $\pi$  будут следующими:

$$\dim \pi_1 = (L \cdot T^{-1})^{x_1} L^{y_1} (ML^{-3})^{z_1} \cdot MT^{-2} \cdot L^{-2}$$

или

$$\dim \pi_1 = L^{x_1+y_1-3z_1-2} \cdot T^{-x_1-2} \cdot M^{z_1+1}$$

Аналогично рассчитываются два других размерности чисел  $\pi$ :

$$\dim \pi_2 = L^{x_2+y_2-3z_2-1} \cdot T^{-x_2-1} \cdot M^{z_2+1}$$

$$\dim \pi_3 = L^{x_3+y_3-3z_3+1} \cdot T^{-x_3} \cdot M^{z_3}.$$

Для любой безразмерной величины показатели размерности  $x=y=z=0$ . Поэтому, например, для числа  $\pi_1$  можем записать  $L^{x_1+y_1-3z_1-2} \cdot T^{-x_1-2} \cdot M^{z_1+1} = L^0 T^0 M^0$ .

Приравнивая показатели степеней, получаем три уравнения с тремя неизвестными:

$$x_1 + y_1 - 3z_1 - 2 = 0$$

$$-x_1 - 2 = 0$$

$$z_1 + 1 = 0$$

Откуда находим  $x_1 = -2$ ;  $y_1 = 1$ ;  $z_1 = -1$ . Подставляя эти значения в уравнение (5), получаем формулу:

$$\pi_1 = \frac{\Delta P \cdot V}{\rho \cdot \nu^2 \cdot V} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot \nu^2} \quad (8)$$

Аналогично получаем формулы:

$$\pi_2 = \frac{\nu \cdot V \cdot \rho}{\mu} \text{ и } \pi_3 = \frac{\nu}{V}.$$

Таким образом, уравнение (4) можем записать следующей формулой:

$$f_3\left(\frac{\Delta P}{\rho \cdot \nu^2}, \frac{\nu \cdot V \cdot \rho}{\mu}, \frac{\nu}{V}\right) = 0 \quad (9)$$

Так как  $\frac{\Delta P}{\rho \cdot \nu^2}$  есть неопределенное число Эйлера (число подобия), то уравнение (9)

можно записать как функциональную зависимость:

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot \nu^2} = f\left(\frac{\nu \cdot V \cdot \rho}{\mu}, \frac{\nu}{V}\right) = 0$$

или

$$\Delta P = f\left(\frac{v \cdot V \cdot \rho}{\mu}, \frac{v}{V}\right) \left(\frac{V}{V} \cdot \rho \cdot v^2\right) = f\left(\frac{v \cdot V \cdot \rho}{\mu}, \frac{v}{V}\right) (\rho \cdot v^2) \quad (10)$$

Необходимо отметить, что анализ размерностей не дает каких-то числовых значений в получаемых с его помощью соотношениях. Поэтому он должен завершаться анализом результатов и при необходимости их корректировкой, исходя из общих физических представлений.

Например в уравнении (10) в правую его часть входит квадрат скорости, но эта запись не выражает ничего, кроме того, что скорость возводится в квадрат. Однако, если поделить эту величину на два, т.е.  $\frac{v^2}{2}$ , то известно из гидромеханики, величина приобретает важный

физический смысл: удельной кинетической энергии, а  $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$  - динамическое давление, обусловленное средней скоростью.

Таким образом перепад давления (напора) при открытии-закрытии дверей шкафов холодильных установок, т.е. уравнение (10) будет иметь следующий вид и запишется формулой:

$$\Delta P = f\left(\frac{v \cdot V \cdot \rho}{\mu}, \frac{v}{V}\right) \rho \frac{v^2}{2} \quad (11)$$

### 3. Заключение

1) Анализ конвективных течений необходимо проводить расчетами с помощью анализа размерностей при отрывании-закрывании дверей в шкафах-витринах холодильных установок через размерные параметры и числа  $\pi$  в безразмерной форме.

2) Метод анализа размерностей позволяет получить уравнение подобия (11), описывающее перепад давления (напора) при открытии-закрытии дверей шкафов холодильных установок.

#### Список литературы:

1. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии.- М.: Химия, 1987.- 496с.
2. Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике.- М.:Наука,1972.- 440с.

## **ПРОГРАММА МИНИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАТРАТ НА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ**

**Маринин А.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии металлов и судоремонта)

Высокая техническая культура современного производства требует обязательной 'электронной' грамотности специалистов: инженеров, экономистов и менеджеров.

Творчески мыслящий, хорошо подготовленный к работе с электронно-вычислительной машиной специалист – вот кто определяет сегодня развитие производства, внедрение передовых технических идей, прогрессивных технологических решений.

С каждым днем программировать становится все более популярно среди обычных пользователей, что связано с интенсивным развитием информационных технологий.

Программисты всегда старались сделать свою жизнь более легкой, изобретая и совершенствуя технологии программирования, и на этом поприще им удалось одержать ряд действительно крупных побед.

Однако программное обеспечение отстает сегодня от потребностей производства. Это сдерживает использование вычислительной техники заводскими специалистами.

ЭВМ должна стать основным инструментом рабочего места деятельности специалиста при решении своих производственных задач, заменив собой, набор различных справочников и таблиц, калькулятора и т.п.

Разрыв между потребностями производства и возможностями программирования, которых требуется все больше во всех отраслях и сферах деятельности можно преодолеть, только научив специалиста программировать свои задачи. Это будет эффективнее, чем программистами осваивать многие другие специальности.

Например, применение ЭВМ могло бы снизить трудоемкость работ по проведению систематической аттестации рабочих мест, но для этого необходимо разработать программы анализа технологических возможностей имеющегося оборудования, экономического обоснования выбора нового оборудования, обработки результатов аттестации.

Целью моделирования минимизации производственных затрат на имитационной модели управления запасами является поиск оптимальной организации поставок в производственную систему.

Требуется определить, какой запас исходного сырья и материалов надо иметь на заводском складе; сколько их надо заказывать; как часто требуется повторять заказы, чтобы при определенном спросе на продукцию данного предприятия, минимизировать сумму издержек хранения запаса; установить затраты, связанные с организацией поставок; а также выяснить возможность потерь, если из-за нехваток материалов на складе произойдет срыв поставок готовой продукции.

Математическая модель управления запасами описывается параметрами, которые можно разделить на четыре функциональные группы:

1. Переменные, характеризующие состояния системы:
  - а) затраты на хранение запаса на складе - T1;
  - б) издержки, связанные с организацией поставок (почтовые, транспортные расходы и т.д.) - T2;
  - в) потери предприятия из-за срыва поставок вследствие нехватки материалов на складе - T3.

Все эти величины задаются как ежедневные на единицу выпускаемой продукции. Сумма этих величин определяет полные издержки данного предприятия -  $T$ .

Кроме того, устанавливаются следующие переменные, характеризующие состояния системы:

- а) текущее время -  $C$ ;
- б) время очередной поставки -  $Q$ ;
- в) величина запаса на складе -  $U_i$ .

2. Переменные, характеризующие спрос на продукцию:

- а) спрос на  $i$ -й день моделирования -  $D_i$ ;
- б) время, необходимое для выполнения  $i$ -го заказа на поставку -  $L_i$ .

Обе эти переменные являются случайными величинами с вероятностями, распределенными по закону Пуассона с параметрами  $D1$  - математического ожидания спроса и  $L1$  - математического ожидания времени выполнения заказа (количества дней).

В строке 15 программы указаны значения начального уровня запаса на складе, средний ежедневный спрос на товар и среднее время выполнения заказа.

Чтобы провести моделирование с другими значениями переменных, характеризующих спрос на продукцию предприятия, надо изменить данные именно в этой строке.

3. Управляющие переменные:

- а) объем одной поставки -  $E$ ;
- б) точка возобновления запаса, т.е. при каком количестве оставшихся на складе изделий предлагается делать новый заказ -  $R$ .

Очевидно, что доводить запас до нуля неразумно, так как вслед за этим неизбежно последует срыв поставок готовой продукции, в то же время, делать заказ преждевременно - нерационально, так как вызовет сверхнормативные запасы и увеличение затрат на хранение.

Обе эти величины задаются с пульта ручного ввода оператором, осуществляющим моделирование.

К этой же группе можно отнести параметр, характеризующий продолжительность периода моделирования -  $F$ .

Наиболее важным параметром системы управления запасами является точка возобновления запаса, так как время выполнения заказа подвержено случайным колебаниям и потому заказ должен делаться заранее, не допуская полного истощения.

4. Экономические параметры производственной системы:

- а) стоимость хранения единицы продукта в течение -  $C1$ ;
- б) затраты на организацию одной поставки -  $C2$ ;
- в) величина потерь, которые понесет предприятие, если не сможет выпустить одно товарное изделие из-за нехватки материалов на складе -  $C3$ .

Указанные величины записаны в строке 10 программы, поэтому для выполнения моделирования системы с другими параметрами необходимо изменить данные в этой строке.

В работе в качестве примера приводится разработанная программа минимизации производственных затрат на имитационной модели управления запасами при реализации газеты 'Аргументы и факты'

В рассматриваемом примере приняты следующие величины переменных параметров:

- 1. Стоимость хранения единицы продукции -  $C1 = 1$  руб.
- 2. Затраты на организацию одной поставки -  $C2 = 9$  руб.

3. Потери из-за нехватки единицы продукта -  $C3 = 8$  руб.
4. Продолжительность периода моделирования -  $F = 14$  дней
5. Начальный уровень запаса на складе -  $B1 = 20$  шт.
6. Средний ежедневный спрос на товар -  $D1 = 10$  шт.
7. Среднее время на выполнения заказа -  $L1 = 2$  дня.

Примечание. Для выполнения моделирования других систем необходимо изменить только эти данные.

Порядок работы с программой.

Открыть папку "Склад", нажав клавишу дважды клавишу "ENTER", затем запускающий файл "Qb.exe"

На открывшемся сверху меню выбрать "File", затем "Open program".

Запустить программу "SRLAD.BAS" и затем в открывшемся меню командами "RUN" и "ENTER" и далее следуйте указанием программы.

Выход из программы командой "EXIT"

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТРИКИ КРИТИЧНОСТИ ОПЕРАЦИЙ В ГРАФЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

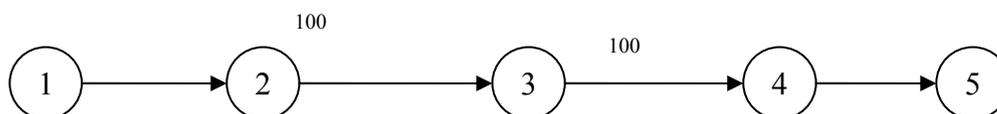
**Порцель Н.А.** (МГТУ, каф. высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, portsel@gmail.com)

This paper describes numerical metrics for performance analysis methodology (slack, cost, criticality) and outlines their using in algorithm optimization based on critical path concept.

При анализе производительности программ обычно применяется методика, основанная на подсчёте событий. При этом потери производительности, вызванные каждым событием, суммируются (см., напр., [1], с. С15). Данный подход разрабатывался для однопоточных систем, но для многопоточных приложений он зачастую оказывается неэффективным [2].

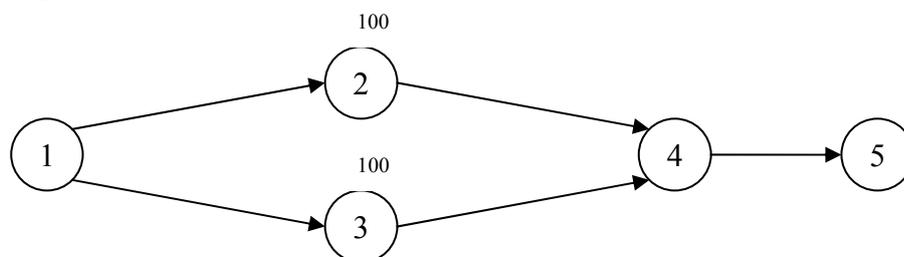
Так, если два события, происходят последовательно (рис. 1), связанные с их выполнением задержки выполнения суммируются.

**Рисунок 1**



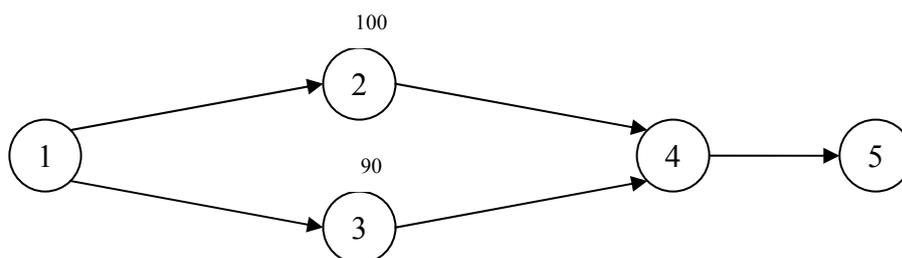
Однако если события, требующие больших затрат времени на выполнение, происходят одновременно и обрабатываются независимо друг от друга (т.е. в разных ветвях алгоритма), такого «суммирования потерь» не происходит и одно событие полностью или частично «скрывает» другое.

**Рисунок 2**



В данном случае оптимизация (сокращение времени выполнения) любой из операций 2 или 3 не приводит к сокращению времени выполнения программы в целом, то есть не повышает производительность. Таким образом, оптимизация одних частей алгоритма существенно повышает производительность, других – не влияет на неё.

**Рисунок 3**



Если рассмотреть граф выполнения программы, понятно, что операции, оптимизация которых позволяет сократить время выполнения программы, находятся на критическом пути этого графа.

Однако при оптимизации всех или части этих операций длина пути может сократиться настолько, что критическим станет другой путь. Так, на рис. 3 критическим является путь 1-2-4, однако при сокращении времени выполнения операции 2 на  $\Delta t_2 > 10$  критическим становится путь 1-3-4. Соответственно, справедливо и обратное: замедление выполнения операции 3 (не лежащей на критическом пути) на  $\Delta t_3 < 10$  задержки выполнения операции 4 не происходит. Такое значение  $\Delta t_3$  называют допустимой задержкой [3]. Для предельного значения  $\Delta t_i$ , которое не вызывает задержки выполнения последующих операций, существует понятие резерва (slack) операции  $i$ . [2] При этом разделяют локальный и глобальный резерв.

**Локальный резерв** операции  $i$  – максимальное число тактов (или единиц времени), на которое может быть задержано выполнение операции  $i$ , не вызывая задержки выполнения последующих операций (на рис. 3 – без задержки выполнения операции 4).

**Глобальный резерв** операции  $i$  – максимальное число тактов (или единиц времени), на которое может быть задержано выполнение операции  $i$ , не вызывая задержки выполнения последней операции в программе, т.е. без увеличения времени выполнения программы (на рис. 3 – без задержки выполнения операции 5).

При этом для последовательных событий глобальный резерв является разделяемым, то есть увеличение времени выполнения (сокращение резерва) одной из операций вызывает уменьшение глобального резерва не только этой операции, но и остальных. Обычно в качестве верхней границы допустимой задержки используют глобальный резерв.

Можно также ввести аналогичные локальную и глобальную метрики для определения того, насколько большую задержку выполнения программы даёт операция.

В качестве глобальной метрики в [2] предлагается использовать понятие издержек (cost). По определению, издержки выполнения операции  $i$ :

$$C_i = t - t(i) \quad (1),$$

где  $t$  – время выполнения программы (без оптимизации), а  $t(i)$  – время выполнения программы при условии, что операция  $i$  идеально оптимизирована

Это понятие можно обобщить на случай **совокупных издержек**  $C_g$  для множества событий, которые будут определяться как ускорение, достигаемое в случае идеализации всех рассматриваемых событий.

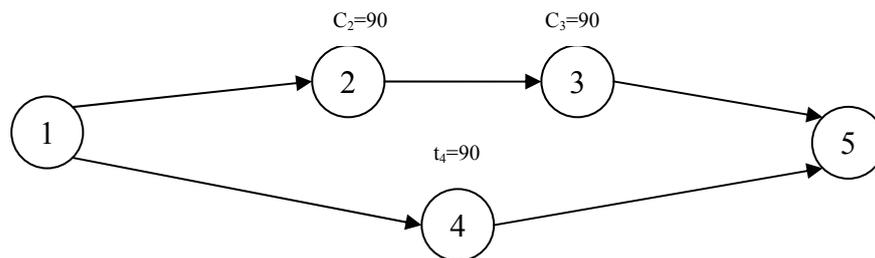
Рассмотрим теперь соотношение  $C_g$  и  $C_i$ .

Если для двух операций  $i$  и  $j$   $C_{g(i,j)} > C_i + C_j$  – операции выполняются полностью или частично параллельно, поэтому для повышения быстродействия необходимо оптимизировать каждую из ветвей. Повышение быстродействия, достигаемое при оптимизации лишь одной из двух ветвей, не превышает  $|C_i - C_j|$ .

Если  $C_{g(i,j)} < C_i + C_j$  – оптимизация каждой операции повышает производительность и не связана с оптимизацией других операций; необходимости в комплексном рассмотрении операций нет. Такая ситуация складывается, когда события выполняются последовательно.

Случай  $C_{1..n} > \sum_{i=1}^n C_i$  ( $C_{g(i,j)} < C_i + C_j$ ) рассмотрим подробнее. На первый взгляд, такая ситуация кажется невозможной на практике. Однако, как показало исследование, материалы которого приведены в [2], это довольно частый случай. Такая ситуация возникает, когда рассматриваемые операции выполняются последовательно, а параллельно с ними в другой ветви алгоритма выполняется операция (операции), дающие значительную задержку. Пример такой ситуации приведён на рис. 4

Рисунок 4



Действительно, как несложно убедиться, в этом случае для операций 2 и 3  $C_{g(2,3)} < (C_2 + C_3)$ . Это вызвано упоминавшимся тем, что при оптимизации может измениться критический путь графа исполнения программы. В результате оптимизация части операций является излишней, а затраты на такую оптимизацию – избыточными.

Обобщением указанных метрик является понятие критичности операции. Критичность операции характеризует, насколько должно измениться время выполнения операции, чтобы изменилась принадлежность операции к критическому пути графа исполнения программы. Если издержки операции выше её критичности, то при достижении нулевой критичности дальнейшая оптимизация не повышает быстродействия программы. Если резерв операции не превосходит её критичности, то оптимизация такой операции не приводит к увеличению быстродействия программы.

Учёт этого эффекта позволяет избежать явления «переоптимизации», когда более полная оптимизация не повышает производительность по сравнению с менее полной (затрагивающей лишь часть операций).

#### Список литературы:

1. Hennessy, J.L. Computer architecture: a quantitative approach. 4th edition / J.L.Hennessy, D.A.Patterson. - San Francisco: Morgan Kauffman Publishers, 2007. – 704 p.
2. B.A.Fields. Using Criticality to Attack Performance Bottlenecks: PhD thesis. /B.A.Fields, Berkeley, 2006 – 224 p.
3. Srinivasan, S.T., Lebeck, A.R. Load Latency Tolerance In Dynamically Scheduled Processors // Proceedings of the 31st annual ACM/IEEE international symposium on Microarchitecture. Dallas, 1998. - P. 148-159
4. Parcerisa, J.-M., González, A. Improving Latency Tolerance of Multithreading through Decoupling // IEEE Transactions on Computers - Vol. 50 , Issue 10 (October 2001) – P. 1084 – 1094

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ САМОПОДОБИЯ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ РАЗНОСТНЫХ И СУММИРУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

**Жарких А.А., Павлов И.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «ВМ и ПО ЭВМ», e-mail: zharkihaa@mstu.edu.ru, ilya.pavlov@list.ru)

The purpose of this work is the impact assessment of difference and summarising algorithms of fraction order on a speech signal. In the software implementation the moving sums and the moving differences describing the low-frequency and the high-frequency filtering of a initial speech signal accordingly are used. The frequency transfer constants of appropriate filters are raised to the fractional order. The multiple meaning of this nonlinear conversion leads to a numerous scenarios of creation of difference and summarising signals of the fractional order. It is supposed to use this approach in the task of speech signal recognition at the speech front-end processing stage.

### **Введение**

Цель работы – оценка влияния на речевой сигнал разностных и суммирующих алгоритмов дробного порядка.

Как показывают натурные исследования, речевые сигналы обладают свойством самоподобия. Интуитивно это свойство можно понимать следующим образом. При некотором выборе разделяющей частоты в спектре речевого сигнала его низкочастотная и высокочастотная составляющие воспринимаются на слух с очень высокой степенью сходства, но различной громкостью. При этом низкочастотная область звучит существенно громче, чем высокочастотная. Кроме того, в силу значительной избыточности речевого сигнала исходный речевой сигнал и низкочастотная составляющая звучат практически одинаково. Известно, что низкочастотный фильтр реализуется процедурой интегрирования, а высокочастотный – процедурой дифференцирования. Если пренебречь ослаблением высокочастотной составляющей, то можно считать, что речевой сигнал квазиинвариантен относительно операций интегрирования и дифференцирования.

В работе [5] приведены теоретические сведения, необходимые для реализации алгоритмов дифференцирования и интегрирования дробного порядка.

В данной статье приведено краткое описание структуры программного модуля, разработанного для анализа самоподобия речевого сигнала. Для упрощения анализа была использована дискретная модель речевого сигнала. В дискретном случае операция дифференцирования может быть представлена конечной разностью, а операция интегрирования конечной суммой. В программной реализации использованы скользящие суммы и скользящие разности, описывающие низкочастотную и высокочастотную фильтрацию исходного речевого сигнала соответственно. Частотные коэффициенты передачи соответствующих фильтров подвергаются нелинейному преобразованию – возведению в дробную степень. Многозначность этого нелинейного преобразования приводит к многочисленным сценариям формирования разностных и суммарных сигналов дробного порядка, что проявляется в выходном речевом сигнале при изменении его фазовых параметров.

### **Цифровое представление речевого сигнала**

Считаем  $x(k)$  отсчетным значением речевого сигнала, дискретизированного согласно теореме Котельникова [2]. Соответствующие спектральные компоненты будем обозначать  $X(m)$ . Время записи речевого сигнала  $T = N \cdot \Delta t$ , где  $N$  – число отсчетов,  $\Delta t$  – интервал дискретизации.

Мы используем стандартную запись дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [2, 6]:

$$X(m) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot W_N^{-mk}, \quad (1)$$

где  $W_N = e^{j\frac{2\pi}{N}}$  – первообразный корень  $N$ -й степени из 1.

Обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ) – переход от дискретного спектра к временным отсчётам – описывается следующим выражением:

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) \cdot W_N^{mk}. \quad (2)$$

### Разностные и суммирующие преобразования цифрового сигнала

Для начала отметим два важных свойства ДПФ.

Во-первых, ДПФ линейно. Во-вторых, если задержать исходную последовательность на  $S$  отсчётов (напомним, что последовательность считается периодической):

$$z(k) = x(k - S), \quad (3)$$

то спектр полученного сигнала будет связан со спектром исходного сигнала:

$$Z(m) = X(m) \cdot W_N^{-mS}. \quad (4)$$

Рассмотрим разностное преобразование:

$$y_{sub}(k) = x(k) - x(k - S). \quad (5)$$

Тогда

$$Y_{sub}(m) = X(m) \cdot (1 - W_N^{-mS}). \quad (6)$$

При  $S = 1$  такое преобразование служит аналогом дифференцирования.

Суммирующее преобразование определяется следующим образом:

$$y_{sum}(k) = \frac{1}{S+1} \sum_{i=0}^S x(k+i). \quad (7)$$

Его спектр также связан со спектром входного сигнала:

$$Y_{sum}(m) = \frac{1}{S+1} X(m) \frac{W_N^{-m(S+1)} - 1}{W_N^{-m} - 1}. \quad (8)$$

### Разностные и суммирующие преобразования дробного порядка

В предыдущем разделе был получен результат, касающийся вида спектра сигналов, полученных в результате применения к исходному сигналу разностного и суммирующего преобразований (формулы (6) и (8)).

Фактически, выше представлены линейные стационарные фильтры, которые могут быть описаны формулой:

$$Y(m) = K(m)X(m), \quad (9)$$

где для разностного преобразования

$$K(m) = 1 - W_N^{-mS}, \quad (10)$$

а для суммирующего преобразования

$$K(m) = \frac{1}{S+1} \cdot \frac{W_N^{-m(S+1)} - 1}{W_N^{-m} - 1}. \quad (11)$$

Очевидно, что при выполнении разностного или суммирующего преобразований не один, а  $P$  раз – спектры получаемых сигналов примут вид:

$$Y(m) = K^P(m)X(m). \quad (12)$$

Интерес для исследования представляют значения параметра  $P$ , не являющиеся целыми числами. При использовании рациональных значений параметра  $P$ , лежащих в интервале

(0; 1), получаем, соответственно, разностные и суммирующие преобразования дробного порядка. Аналогичный подход использован в [7], где рассматриваются дифференцирование и интегрирование дробного порядка.

Переход к дробной степени  $q$  передаточной функции фильтра означает, что фильтр остаётся линейным и стационарным, но меняются его пропускающие свойства.

Известно, что возведение комплексного числа в степень  $q$ , где  $0 < q = \frac{a}{r} < 1$  и  $a$  и  $r$  взаимно простые, даёт  $r$  значений. Если цифровой сигнал имеет  $N$  отсчётов, то использование вычитающего или суммирующего преобразований дробного порядка даёт  $r^N$  таких вариантов.

Ограничение числа таких вариантов возможно лишь при наличии некоторых внешних допущений. Требование физической реализуемости сигнала  $y(t)$  на выходе фильтра сводится к тому, что этот сигнал должен быть вещественным. Известно, что для этого необходимо и достаточно выполнения условия:  $\overline{Y(m)} = Y(N - m)$ . Это приводит к ограничению передаточной функции фильтра:  $\overline{K^q(m)} = K^q(N - m)$ .

Частотный коэффициент передачи фильтра после нелинейного преобразования – возведения в дробную степень  $1/n$  определяется выражением:

$$\tilde{K}(m) = |K(m)|^{1/n} \cdot e^{j(\varphi(m)/n)} \cdot e^{j(2\pi k/n)}, (k = 0, \dots, n-1), \quad (13)$$

где  $k$  – индекс, обозначающий номер ветви извлечения корня.

В частном случае,  $n=2$ , частотный коэффициент передачи фильтра после нелинейного преобразования – возведения в дробную степень  $1/2$ :

$$\tilde{K}(m) = |K(m)|^{1/2} \cdot e^{j(\varphi(m)/2)} \cdot (-1)^k, (k = 0, 1) \quad (14)$$

Частотный коэффициент передачи фильтра после нелинейного преобразования – возведения в дробную степень  $1/2$  с корректировкой фазового спектра с помощью последовательности  $s(m)$ :

$$\tilde{K}(m) = |K(m)|^{1/2} \cdot e^{j(\varphi(m)/2)} \cdot s(m), (m = 0, \dots, N-1), \quad (15)$$

где  $s(m)$  – фазовая последовательность – код из +1 или -1.

$s(m) = s(N - m) \in \{-1; +1\}$ ,  $m = 1, \dots, N/2 - 1$ ,  $s(0) = s(N/2) = 1$ ,  $N$  – число отсчетов сигнала,  $N = 2^n$ .

Далее было проведено компьютерное моделирование разностного алгоритма порядка  $q = 1/2$  без корректировки и с корректировкой фазового спектра различными последовательностями.

### Результаты моделирования

Было проведено два вида компьютерного эксперимента для анализа самоподобия речевого сигнала.

В компьютерном эксперименте первого вида оценивалась степень сходства исходного сигнала, разностного сигнала и разностного сигнала дробной степени без корректировки на основе фазовой последовательности.

Для этого авторы сравнивали результаты (натурное прослушивание, графики сигналов во временной области, графики сигналов в частотной области) высокочастотной фильтрации на основе нелинейного преобразования частотных коэффициентов передачи – возведения в степени 0, 1/2 и 1.

Использовался речевой сигнал  $x(k)$  с произнесением фразы «Иоганн Себастьян Бах». Число уровней квантования – 16, частота дискретизации – 22050 Гц.

Нулевая степень ( $q = 0$ ) частотного коэффициента передачи  $K(m)$  согласно формуле (12) означает, что сигнал остается без изменений, т.е. результатом преобразования является исходный сигнал.

Для степеней частотного коэффициента передачи  $K(m)$  равных 1 и 1/2 результат преобразования находился по следующему алгоритму. Находился спектр  $X(m)$  исходного сигнала. Затем был рассчитан частотный коэффициент передачи  $K(m)$  по формуле (10), значение параметра  $S = 1$ . Далее, для случая, когда степень  $q = 1$ , находился спектр  $Y(m)$  по формуле (9). Для случая, когда степень  $q = 1/2$ , частотный коэффициент передачи возводился в дробную степень 1/2 по формуле (14) и для всех отсчетов выбирался нулевой корень. Результат преобразования получался аналогично формуле (12).

На рисунках ниже можно увидеть результаты разностных преобразований сигналов: возведение в степени 0, 1/2 и 1 частотного коэффициента передачи фильтра. Представлены графики сигналов во временной области и в частотной области. Для временного представления сигнала единица измерения оси абсцисс – время в секундах, оси ординат – значение отсчета сигнала в диапазоне [-1, 1]; для амплитудного спектра сигнала по оси абсцисс отложена частота спектральных составляющих в герцах (Гц), а по оси ординат – значения амплитуд этих спектральных составляющих в децибелах (дБ). На рис.1 и рис. 3 слева изображены графики во временной области соответствующие возведению частотного коэффициента передачи фильтра в степень 0 и степень 1 соответственно, а средний – в дробную степень 1/2. Возведение в степень 0 означает, что преобразования не было, т.е. это исходный сигнал. На этих графиках видно, что с увеличением значения  $q$  уменьшается амплитуда сигнала. Правые графики рис.1-3 – соответствующие амплитудные спектры. На них можно увидеть, что разностное преобразование работает как высокочастотный фильтр и низкие частоты частично гасятся.

Прослушивание результатов преобразований позволяет сделать следующие выводы: сигнал после разностного преобразования степени 1/2 звучит немного тише и более высокочастотно (звонко) относительно исходного сигнала, сигнал после разностного преобразования степени 1 звучит ещё тише и ещё более высокочастотно (звонко) по отношению к исходному сигналу.

В компьютерном эксперименте второго вида оценивалось влияние корректирующей фазовой последовательности на форму выходного речевого сигнала, подвергнутого разностному преобразованию дробного порядка.

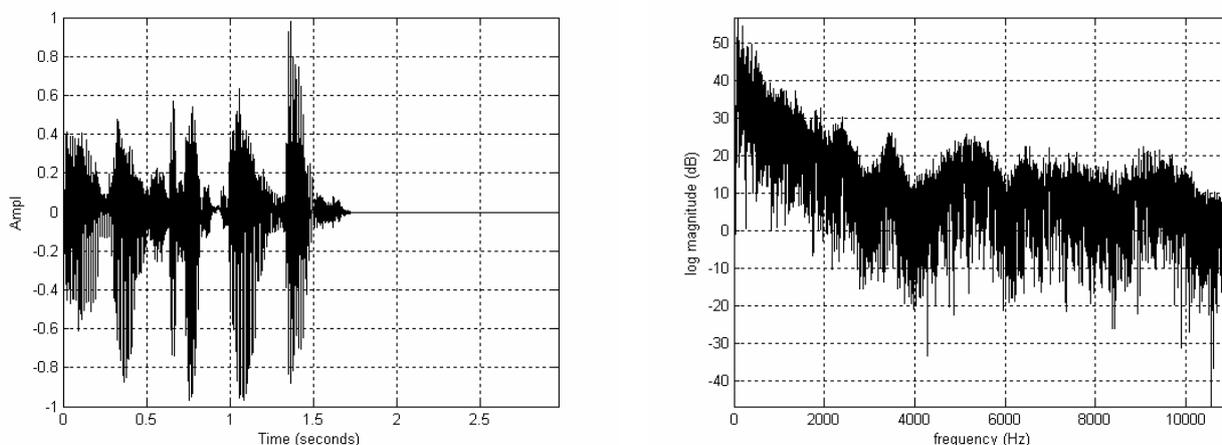


Рис. 1. Исходный речевой сигнал (результат разностного преобразования при  $S=1$ ,  $q=0$ .)

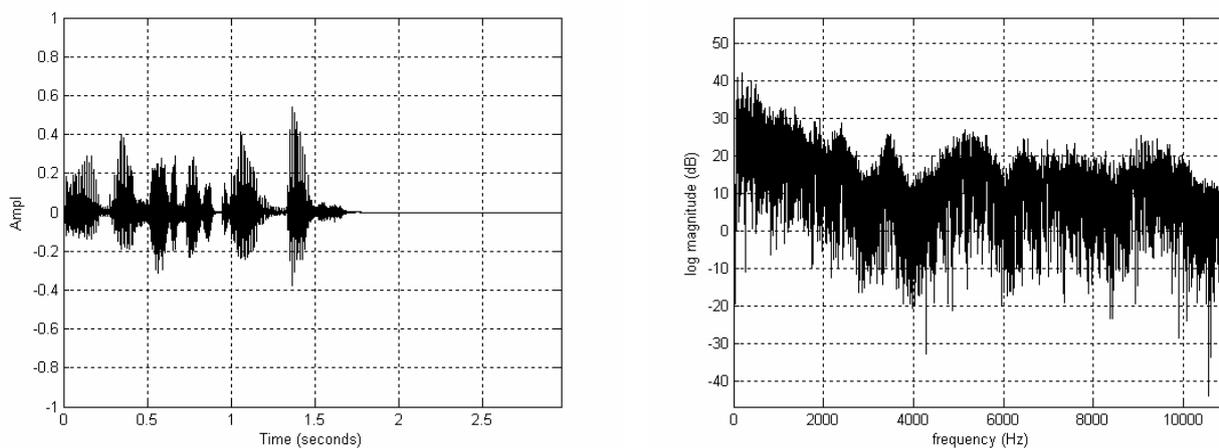


Рис. 2. Результат разностного преобразования при  $S=1, q=1/2$ .

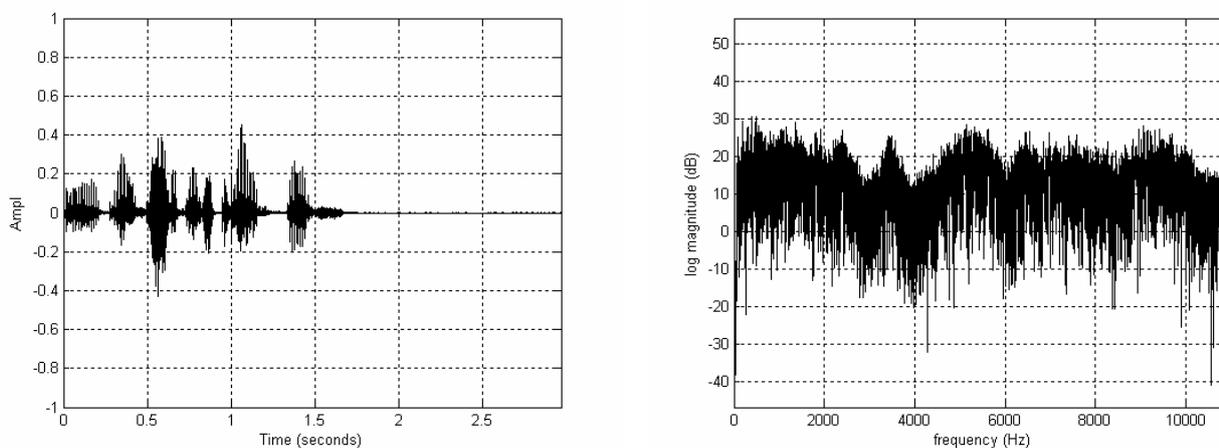


Рис. 3. Результат разностного преобразования при  $S=1, q=1$ .

Если длина входной последовательности отсчетов сигнала не являлась степенью числа 2, то эта последовательность дополнялась нулями.  $N = 2^u$  – количество точек используемое для вычисления преобразования Фурье. Затем рассчитывался частотный коэффициент передачи  $K(m)$  по формуле (10), значение параметра  $S = 1$ . Далее – этап формирования массива  $s$  – кода из +1 и -1. Массив формировался следующим образом. Выбиралось количество групп  $2^p$  (равно количеству бит встраиваемой в сигнал информации),  $p = \{0, 1, \dots, u - 1\}$ . В каждую группу встраивался 1 бит информации. В соседние группы встраивались разные биты информации, т.е. встраиваемая информация для групп 1, 2, ... была -1, 1, -1, ... или 1, -1, 1, ... Соответствующие комплексно-сопряженным элементам значения  $s$  приравнивались. Затем рассчитывался частотный коэффициент передачи в степени  $q = 1/2$  по формуле (15). Результат преобразования получался аналогично формуле (12).

Амплитудный спектр для всех результатов преобразований соответствует рис. 2 справа, поскольку изменения знаков в комплексных числах не влияет на модули этих чисел.

Отметим лишь несколько характерных результатов введения корректирующих фазовых последовательностей (рис. 4-5). На всех графиках единица измерения оси абсцисс – время в секундах, оси ординат – значение отсчета сигнала в диапазоне [-1, 1].

Оценки прослушивания результатов преобразований для различных значений параметра  $p$  и соответствующего количества встраиваемой информации приведены в таблице 1.

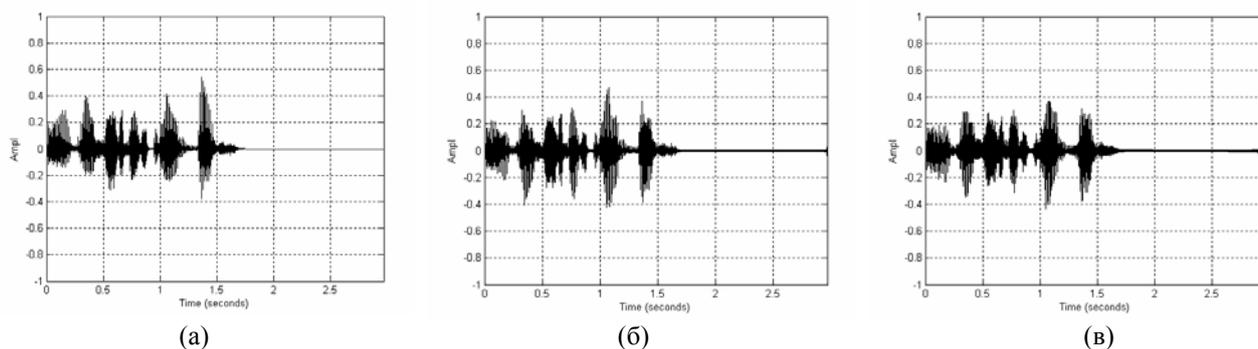


Рис. 4. Результаты разностного преобразования с введением корректирующей фазовой последовательности для  $S=1$ ,  $q=0.5$ , (а)  $p=0$  (1 бит), (б)  $p=4$  (16 бит), (в)  $p=6$  (64 бит).

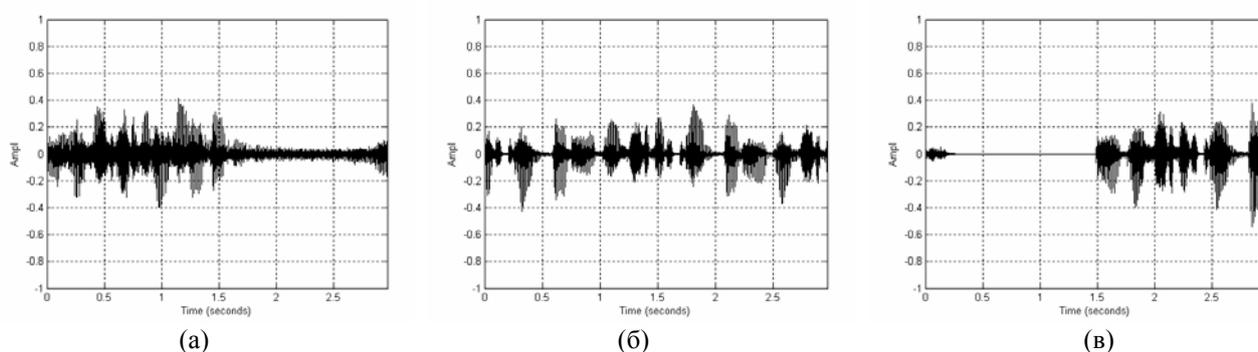


Рис. 5. Результаты разностного преобразования с введением корректирующей фазовой последовательности для  $S=1$ ,  $q=0.5$ , (а)  $p=11$  (2048 бит), (б)  $p=14$  (16384 бит), (в)  $p=15$  (32768 бит).

Таблица 1. Таблица оценок прослушивания результатов преобразований для различных значений параметра  $p$  и соответствующего количества встраиваемой информации

<b>Значение параметра <math>p</math> и соотв. кол-во встраиваемой информации</b>	<b>Оценка прослушивания результатов преобразований</b>
$p = 0, 1, 2, 3$ (соответствует 1, 2, 4, 8 битам встраиваемой информации)	нет значительных искажений исходного сигнала
$p = 4, 5$ (соответствует 16, 32 битам встраиваемой информации)	наличие фоновой ВЧ составляющей
$p = 6, 7, 8, 9, 10$ (соответствует 64, 128, 256, 512 битам встраиваемой информации)	наличие фоновой ВЧ составляющей, речь искажена, но разборчива
$p = 11, 12, 13$ (соответствует 2048, 4096, 8192 битам встраиваемой информации)	наличие эффекта эхо, речь искажена, но разборчива
$p = 14$ (соответствует 16384 битам встраиваемой информации)	двукратное повторение исходной фразы со смещением во времени
$p = 15$ (соответствует 32768 битам встраиваемой информации)	перестановка во времени фрагмента речи в конце фразы и остального фрагмента речи

### Особенности программного модуля

- На настоящий момент в программном модуле реализованы следующие блоки:
- считывание речевого сигнала из файла или с микрофона в реальном времени;
  - запись речевого сигнала в файл для последующего воспроизведения;

- вычисление дискретного прямого и обратного преобразования Фурье с использованием FFT-алгоритма быстрого преобразования Фурье;
- низкочастотная и высокочастотная фильтрация во временной области соответственно на основе суммирования и вычитания;
- низкочастотная и высокочастотная фильтрация в частотной области;
- низкочастотная и высокочастотная фильтрация на основе нелинейного преобразования частотных коэффициентов передачи – возведения в дробную степень;
- нелинейное преобразование частотного коэффициента передачи путём возведения в степень дробного порядка с возможностью введения корректирующих фазовых последовательностей.

Отдельные блоки представленного программного модуля были апробированы ранее на некоторых классах аудиосигналов [1, 4].

Программный модуль реализован в среде разработки Microsoft Visual Studio 2008 на языке программирования C#, имеет удобный интерфейс и показал свою работоспособность при решении поставленных задач.

#### **Заключение**

Результаты предварительного исследования позволяют сделать вывод о том, что дробные суммирующие и вычитающие операции занимают промежуточное место между соответствующими целочисленными суммирующими и вычитающими операциями.

Результаты работы программного модуля можно использовать:

- для формирования дополнительных признаков речевого сигнала в задачах распознавания речи;
- для исследования механизмов речеобразования и речевосприятия;
- для уплотнения передачи сигналов путём введения дополнительной информации в виде фазовой корректирующей последовательности.

#### **Список литературы:**

1. Zharkikh A., Pavlov I. Audio signal feature extraction based on the algorithm of audio wave coding // Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies: Conference Proceedings, Vol. 2. – Nizhny Novgorod, the Russian Federation, 2008, pp. 355 – 358.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2000.
3. Венцов А.В., Касевич В.Б. Проблемы восприятия речи. – М.: Едиториал УРСС, 2003.
4. Жарких А.А., Павлов И.А. Оценка возможности использования алгоритма кодирования аудиоволны для формирования признаков аудиосигнала. Цифровая обработка сигналов, №1, С.58-62, 2009.
5. Жарких А.А., Степанов А.Н., Юрко А.С. Анализ самоподобия речевого сигнала на основе разностных и суммирующих алгоритмов дробного порядка // Труды 61-й научной сессии, посвященной Дню радио, М.: НТОРЭС им. А.С.Попова, 2006, С. 376-377.
6. Марпл-мл. Б.М. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 2002.
7. Шахтарин Б.М. Случайные процессы в радиотехнике. – М.: Радио и связь, 2002.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОЛЬШОГО АНСАМБЛЯ ЧАСТИЦ В ПРОСТРАНСТВАХ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Мартыненко О.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики)

**Аннотация.** Описывается разработанная автором молекулярно-динамическая численная модель газа как ансамбля частиц в пространстве произвольной размерности. Модель может быть использована как основа виртуальной физической лаборатории для исследования законов молекулярной физики и термодинамики, а также вообще статистических законов поведения ансамблей, состоящих из большого числа частиц.

Газ представляет собой на микроуровне ансамбль большого числа хаотически движущихся частиц, взаимодействие между которыми большую часть времени незначительно и заметно проявляется лишь при столкновениях. Описание его поведения в классической физике делалось методами статистики, через функции распределения параметров, или на еще более высокоагрегированном уровне, в пятимоментном гидродинамическом приближении, оперирующем макроскопическими характеристиками плотности, давления и температуры.

С появлением компьютеров появилась возможность изучать поведение газов путем численного моделирования движения каждой отдельной частицы в ансамбле. Такой метод, получивший название молекулярной динамики, активно развивался в 1960-70-е годы (Лагарьков, Сергеев, 1978). Но несовершенство существовавшей тогда вычислительной техники заставляло ограничивать размер моделируемого ансамбля несколькими десятками или максимум сотнями частиц, а для обобщения на большие ансамбли использовать эргодическую гипотезу. Тем не менее, уже в первых работах (Mayer, 1962; Rahman, 1964) методом молекулярной динамики было проведено исследование выполнения общих закономерностей движения классической системы многих частиц: сохранение энергии, установление температуры и релаксация к максвелловскому распределению частиц по скоростям.

Произошедший в последние десятилетия гигантский скачок в развитии компьютерной техники позволяет сегодня проводить аналогичные исследования на обычных персональных компьютерах, причем даже с большим количеством рассматриваемых частиц. Разработанная для этой цели компьютерная модель описывается в данной статье.

Модель методом численного моделирования воспроизводит механическое движение большого количества частиц в декартовом пространстве произвольной размерности. Аналогично (Alder, Wainwright, 1958), частицы представляются твердыми сферами (с учетом произвольной размерности пространства – на самом деле гиперсферами) определенного радиуса. Масса и радиус задаются отдельно для каждой частицы, что позволяет воспроизводить поведение смеси газов. Считается, что взаимодействие между частицами существует только в момент столкновений, в виде абсолютно упругого удара (хотя в программе предусмотрена и возможность задать неупругие столкновения частиц – см. ниже).

Блок-схема общего алгоритма имитационной модели показана на рис. 1.

Объем, в котором движутся частицы, задается системой неравенств

$$\{ R/2 \leq x_i \leq A_i + R/2 \}, \quad i = 1, \dots, N,$$

где  $x_i$  – одна из пространственных координат центра частицы в  $N$ -мерном пространстве,  $R$  – радиус этой частицы,  $A_i$  – константа. Другими словами, этот объем представляет собой  $N$ -

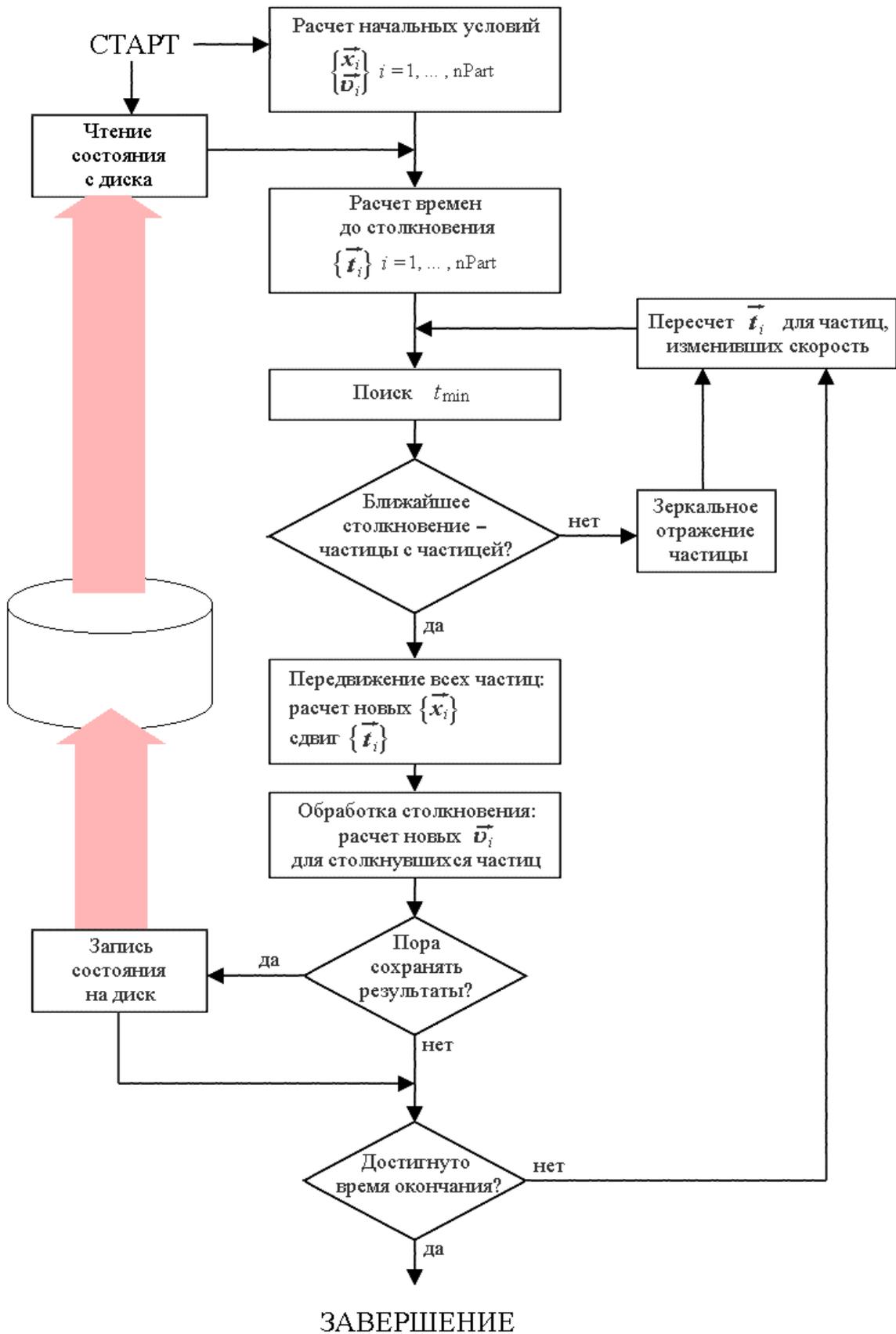


Рис. 1. Алгоритм модели

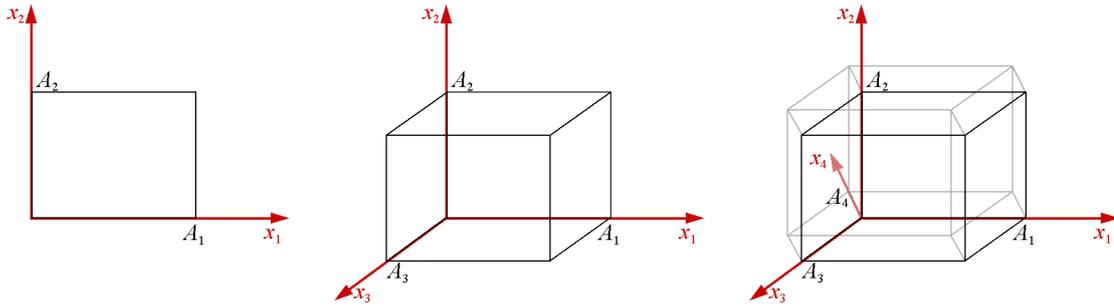


Рис. 2. Моделируемый объем для случаев 2-, 3- и 4-мерного пространства

мерный гиперпараллелепипед, одна из вершин которого совпадает с началом координат (см. рис. 2), а грани параллельны координатным плоскостям.

Начальные условия задаются в виде начального распределения частиц по пространству и скоростям. В принципе, можно задавать его в любом желаемом виде – это делается отдельной независимой подпрограммой. Стандартными начальными условиями в проведенных модельных расчетах было равномерное (с помощью генератора случайных чисел) распределение частиц по пространственным координатам, разумеется, с условием, что они не занимают одно и то же место в пространстве (им запрещалось размещаться ближе некоторого минимального расстояния друг от друга). Скорость у всех частиц каждого сорта задается одинаковой по модулю, но случайной по направлению (снова с равномерным распределением). Такой способ задания начальной скорости упрощал контроль за выполнением закона сохранения энергии в ходе модельного расчета.

На границах пространства частицы упруго (зеркально) отражаются от стенок. Таким образом, изменение модуля их скорости (и кинетической энергии) происходит только при столкновениях с другими частицами. Между столкновениями частицы движутся равномерно и прямолинейно, т.е. считается, что никакие другие силы на них не действуют.

Моделирование поведения ансамбля частиц производится путем численного интегрирования по времени уравнений движения для каждой частицы. Особенностью данной модели является то, что в качестве шага интегрирования выбирается время до ближайшего изменения скоростей частиц – до ближайшего столкновения. Таким образом, каждый шаг модельного цикла в предельно упрощенном виде состоит из перебора всех частиц с целью определить их ближайшее столкновение со стенкой, затем перебора всех пар частиц с целью найти ближайшее их столкновение и затем расчета перемещения всех частиц за этот интервал и обработки столкновения с изменением скоростей сталкивающихся частиц.

Для определения времени столкновения  $i$ -й и  $k$ -й частиц сначала вычисляются относительные координаты  $\mathbf{R}_0$  и скорость  $\mathbf{V}$  второй частицы относительно первой:

$$\begin{aligned}\mathbf{R}_0 &= \mathbf{x}_k - \mathbf{x}_i; \\ \mathbf{V} &= \mathbf{v}_k - \mathbf{v}_i.\end{aligned}$$

Затем проверяется выполнение условия сближения этих частиц:

$$(\mathbf{R}_0 \cdot \mathbf{V}) < 0,$$

где  $(\mathbf{R}_0 \cdot \mathbf{V})$  – скалярное произведение. Далее проверяется, что дистанция минимального сближения частиц  $D$  будет меньше дистанции столкновения  $R_{кр}$  – суммы их радиусов:

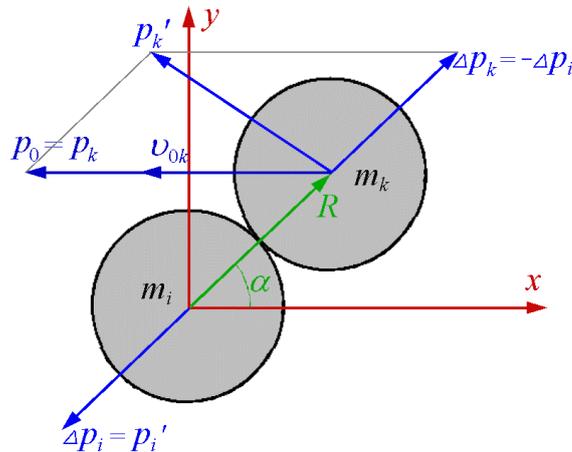
$$\{ D^2 = \mathbf{R}_0^2 - (\mathbf{R}_0 \cdot \mathbf{V}) / V^2 \} < \{ R_{кр}^2 = (\mathbf{r}_k + \mathbf{r}_i)^2 \},$$

и если все эти условия выполняются, из зависимости  $\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}_0 + \mathbf{V} \cdot t$  вычисляется время  $t_{ik}$  до их сближения до  $\mathbf{R}(t_{ik}) = R_{кр}$ :

$$t_{ik} = \frac{-(\mathbf{R}_0 \cdot \mathbf{V}) - \sqrt{(\mathbf{R}_0 \cdot \mathbf{V})^2 - V^2 \cdot (\mathbf{R}_0^2 - R_{kp}^2)}}{V^2}$$

Для повышения вычислительной эффективности модели применен ряд специальных приемов. Если ближайшим является столкновение со стенкой, то вместо пересчета положений всех частиц изменяется только текущее положение летящей к стенке частицы – она заменяется ее зеркальным отражением за эту стенку. Времена до ближайших столкновений для каждой частицы запоминаются в специальной структуре данных и пересчитываются заново только для тех частиц, скорости которых изменились на данном шаге (столкнувшихся), а для всех остальных только уменьшаются на величину сделанного шага по времени. Все это позволило повысить скорость работы программы более чем на порядок.

Рис. 3. Расчет изменения импульса при столкновении частиц



Центральным блоком модели является блок расчета столкновений частиц. Столкновениями с участием одновременно трех и более частиц пренебрегается – они обрабатываются как последовательность парных столкновений. Расчет столкновений производится в координатной системе, связанной с одной из частиц. Одна из осей проводится параллельно вектору скорости второй частицы  $\mathbf{v}_0$ , а вторая – перпендикулярно ей в плоскости, включающей этот вектор и центры обеих сталкивающихся частиц (рис. 3). Так задача независимо от начальной размерности пространства сводится к двумерной. Для жестких гладких сфер вектор изменения импульса каждой из них очевидно будет направлен перпендикулярно к поверхности сферы в точке столкновения, т.е. вдоль линии, соединяющей в момент столкновения их центры. Из законов сохранения импульса и кинетической энергии можно получить выражение для изменения импульса:

$$|\Delta \mathbf{p}| \equiv |\Delta \mathbf{p}_i| = |\Delta \mathbf{p}_k| = \frac{2 m_i}{(m_i + m_k)} \cdot |\mathbf{p}_0| \cos \alpha,$$

где индексы  $i$  и  $k$  означают, соответственно,  $i$ -ю (принимаемую за неподвижную) и  $k$ -ю (налетающую с начальной скоростью  $\mathbf{v}_0$ ) частицы,  $\mathbf{p}$  – их импульсы,  $m$  – массы. Угол  $\alpha$  можно найти из скалярного произведения векторов  $\mathbf{R}$  и  $\mathbf{v}_0$ :

$$\cos \alpha = |(\mathbf{R} \cdot \mathbf{v}_0)| / (|\mathbf{R}| \cdot |\mathbf{v}_0|).$$

Структурно расчет обмена импульсом при столкновении частиц реализован в виде отдельной подпрограммы. Это позволяет легко доработать ее для описания более сложных объектов, чем жесткие сферы. Если, к примеру, нужно включить в рассмотрение неупругие столкновения, требуется лишь внести соответствующие изменения в приведенное выше

выражение для изменения импульса: учесть при его выводе, что при столкновении достаточно энергичных частиц переход часть кинетической энергии с некоторой вероятностью (сечением реакции) может перейти во внутреннюю (в возбуждение электронных или колебательных уровней).

Другая легко осуществимая доработка описываемой модели – замена одной из неподвижных стенок на движущуюся. При отражении от такой стенки скорость и кинетическая энергия частиц будет изменяться. Это позволит, например, моделировать зависимость изменения температуры газа (среднеквадратичной скорости его частиц) от изменения занимаемого им объема и другие газовые законы и отклонение от приближения идеального газа в зависимости от размера самих частиц.

Если же двигать не одну стенку, а пару противоположных, и не равномерно, а равноускоренно, то, используя принцип эквивалентности, можно воспроизводить распределение частиц газ в гравитационном поле – барометрическое распределение Больцмана, и изучать его отклонение от приближения идеального газа (*Кикоин, Кикоин, 1976*).

Возможно также использовать представляемую модель для моделирования синергетических явлений – возникновения упорядоченных структур из хаоса (*Haken, Wunderlin, 1991*).

Таким образом, на базе описываемой модели может быть создана целая виртуальная физическая лаборатория для исследования законов молекулярной физики и термодинамики, а также вообще статистических законов поведения ансамблей, состоящих из большого числа частиц. Особый интерес представляет возможность проводить исследования для пространств произвольной размерности, что делает данную модель уникальным научным инструментом.

Некоторые исследования, проделанные с целью демонстрации потенциала данной модели, описаны в других наших работах (*Мартыненко, 2010а; 2010b*), представленных на настоящую конференцию.

## Литература

- Лагарьков Л.Н., Сергеев В.М.** Метод молекулярной динамики в статистической физике. *УФН*, т. 125, вып. 3, с. 409-448, 1978.
- Мартыненко О.В.** Распределение частиц газа по скоростям в пространствах различной размерности. // Наука и образование – 2010: материалы межд. науч.-техн. конф. - Мурманск: МГТУ, 2010а
- Мартыненко О.В.** Моделирование максвеллизации ансамбля частиц в пространствах различной размерности. // Наука и образование – 2010: материалы межд. науч.-техн. конф. - Мурманск: МГТУ, 2010b
- Alder B.J., Wainwright T.E.** – *In: Transport Processes in Statistical Mechanics / Ed. I. Prigogine.* – N.Y.: 1958.
- Mayer J.E.,** – *J. Phys. Chem.*, v. 66, p. 591, 1962.
- Rahman A.,** – *Phys. Rev., Ser. A*, v. 136, p. 405, 1964.
- Кикоин А.К., Кикоин И.К.** Молекулярная физика. М.: Наука, 480 с. 1976.
- Haken H., Wunderlin A.** Die Selbststrukturierung der Materie: Synergetik in der unbelebten Welt. Frankfurt, Vieweg, 466 S., 1991.

## О ПОНЯТИИ ВРАЩЕНИЯ В ДЕКАРТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

**Мартыненко О.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики*)

**Аннотация.** Предложено определение вращения для пространства произвольной размерности и матричное представление соответствующих операторов поворота. Продемонстрированы некоторые свойства данного отображения, в частности, превращение "правых троек" векторов в левые. Сформулированы требования к компьютерному приложению, отображающему проекции вращающихся многомерных тел и позволяющему попытаться выработать интуитивное представление о них.

*Узнай, а есть предел там, на краю земли,  
и можно ли раздвинуть горизонты?*

*В.С. Высоцкий*

Вопрос, рассмотрению которого посвящена настоящая работа, возник у автора в ходе поиска пределов возможностей человеческого воображения, его способности включить в свой "образ мира" объекты, принципиально отличающиеся от знакомых из предыдущего опыта и даже невозможные в нашей физической реальности (*Мартыненко, 2010*). В качестве таких объектов были выбраны геометрические тела в пространстве размерности 4 и более. Исследуется способность человека интуитивно представить их поведение.

При этом используется следующая модель формирования в сознании интуитивного представления о мире (*Баксанский, Кучер, 2002*):

1. образ мира есть система субъективных ожиданий относительно развития событий реальности;
2. на основании этой системы ожиданий строятся гипотезы, определяющие структурирование и предметную идентификацию отдельных перцепций;
3. для детерминации гипотезой восприятия её объективная достоверность не имеет существенного значения;
4. ожидания, не подтвердившиеся в реальном опыте субъекта, не закрепляются в виде устойчивых структур;
5. отказ от не подтвердившейся в опыте перцептивной гипотезы сопряжен с формированием новой, иначе интерпретирующей связи и характеристики реальности.

Поскольку "напрямую" представить 4-мерное пространство не удастся (по крайней мере, пока), в качестве "интуитивного представления" поведения 4-мерного тела используется "интуитивное угадывание" изменения вида его 3-мерных проекций при некоторых воздействиях на 4-мерный оригинал. Воздействием же было выбрано вращение данного 4-мерного тела. Это вполне соответствует опыту формирования "обычного" индивидуального "образа мира" у ребенка, который, чтобы научиться интуитивно представлять поведение какого-либо предмета, крутит его в руках.

Предлагаемая методика такого исследования в самом общем виде может быть описана следующим образом. Специальной программой на экране компьютера строится изображение некоего многомерного геометрического тела (его проекция на двумерную плоскость экрана). Программа предоставляет пользователю возможность произвольно вращать этот объект в различных направлениях. Предполагается, что после некоторого времени работы с данной программой человек приобретет способность интуитивно предсказывать изменение вида

проекции при любых возможных воздействиях на объект, примерно так же, как он способен предсказывать изменение вида проекции на экран обычного трехмерного тела при его различных вращениях. Это и будет означать переход восприятия данного объекта с абстрактно-логического на интуитивный уровень представления.

Но при попытке реализовать такой подход в виде компьютерной программы возникла трудность. Автору не удалось найти определения понятия вращения для пространств размерности выше 3D. Поэтому пришлось описать его самостоятельно, чему и посвящена предлагаемая работа.

Под вращением в общем виде предлагается понимать отображение пространства самого на себя, обладающее следующими свойствами:

1. расстояние между любыми точками сохраняется;
2. хотя бы одна точка пространства отображается сама на себя.

В 2D пространстве эти свойства определяют вращение плоскости вокруг точки, в 3D пространстве – вращение вокруг прямой. Существование такой прямой доказывается теоремой Эйлера о вращении.

В матричном виде оператор поворота на угол  $\varphi$  вокруг точки начала координат в 2D пространстве записывается как

$$A_2 = \begin{vmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{vmatrix}$$

$$A_2 \mathbf{x} = \mathbf{x}',$$

где  $\mathbf{x}'$  – результат применения поворота к вектору  $\mathbf{x}$  (образ точки  $\mathbf{x}$ ).

Очевидно, что точка  $(0; 0)$  таким оператором отображается сама на себя. Покажем также, что расстояния между любыми двумя точками  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$  сохраняются.

Введем обозначения:

$$c = \cos \varphi, \quad s = \sin \varphi; \quad \mathbf{a} = (a_x, a_y), \quad \mathbf{b} = (b_x, b_y).$$

Тогда:

$$\mathbf{a}' = A_2 \mathbf{a} = \begin{vmatrix} c & -s \\ s & c \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_x \\ a_y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_x \cdot c - a_y \cdot s \\ a_x \cdot s + a_y \cdot c \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{b}' = A_2 \mathbf{b} = \begin{vmatrix} c & -s \\ s & c \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_x \\ b_y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b_x \cdot c - b_y \cdot s \\ b_x \cdot s + b_y \cdot c \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} \|\mathbf{a}' \mathbf{b}'\|^2 &= (a'_x - b'_x)^2 + (a'_y - b'_y)^2 = \\ &= (c \cdot (a_x - b_x) - s \cdot (a_y - b_y))^2 + (s \cdot (a_x - b_x) + c \cdot (a_y - b_y))^2 = \\ &= c^2 \cdot (a_x - b_x)^2 + s^2 \cdot (a_y - b_y)^2 - 2sc \cdot (a_x - b_x) \cdot (a_y - b_y) + \\ &+ s^2 \cdot (a_x - b_x)^2 + c^2 \cdot (a_y - b_y)^2 + 2sc \cdot (a_x - b_x) \cdot (a_y - b_y) = \\ &= (s^2 + c^2) \cdot (a_x - b_x)^2 + (s^2 + c^2) \cdot (a_y - b_y)^2 = \\ &= (a_x - b_x)^2 + (a_y - b_y)^2 = \|\mathbf{a} \mathbf{b}\|^2, \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Перейдем к 3-мерному пространству. "Канонический" вид оператора поворота в 3D пространстве следующий:

$$A_3 = \begin{vmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Поворот при этом осуществляется вокруг 3-й координатной оси ( $Oz$  в привычных обозначениях) на угол  $\varphi$ . Координата  $z$  для любой точки сохраняет свое значение после поворота, а координаты  $x$  и  $y$  изменяются по тому же закону, что и при 2-мерном повороте. Свойства сохранения расстояний и неподвижности точек оси  $Oz$  для такого отображения вполне очевидны: третья координата при таком отображении не меняется, а для двух координат доказательство приведено выше.

Экстраполируя на 4D пространство, можем записать оператор поворота в виде

$$A_4 = \begin{vmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Выполнение при этом отображении перечисленных выше свойств также очевидно, поэтому данное преобразование отвечает принятому нами определению вращения. Но здесь уже видно отличие от привычных двух- и трехмерного вращений. Поворот осуществляется не вокруг прямой, а вокруг *координатной плоскости*, построенной на 3-й и 4-й координатных осях. Соответственно, сохраняются значения этих двух координат. Будем называть такое вращение (вокруг плоскости, построенной на паре координатных осей, т.е. с "почти диагональной" матрицей оператора вращения) "каноническим вращением".

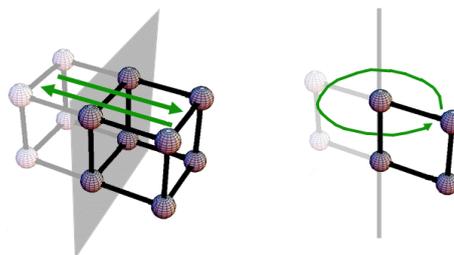
Можно заметить любопытное свойство этого преобразования. Рассмотрим поведение тройки векторов-ортов ( $y, z, w$ ) при вращении вокруг гипероси  $Ozw$ . Очевидно, что вектора  $z$  и  $w$  будут оставаться неподвижными, а образом вектора  $y$  при повороте на  $180^\circ$  будет  $-y$ . Таким образом, если изначально они представляли собой "правую тройку" в 3D пространстве  $Ouzw$ , то после такого поворота тройка превратится в "левую", и наоборот.

В рамках обычного 3D пространства "правые" и "левые" тройки считаются несводимыми друг к другу, но это, как видим, легко достигается их поворотом через 4-е измерение. Впрочем, совершенно аналогичная ситуация существует и для привычных нам пространств 2D и 3D: в пределах плоскости перевести фигуру в ее зеркальное отображение невозможно, но поворотом через 3-е измерение это делается с легкостью.

Для "трехмерного наблюдателя", обитающего в пространстве  $Ouzw$ , такое вращение (например, вращение 3D куба, ребра которого в начальном состоянии совпадают с ортами) будет выглядеть как постепенное уменьшение длины вектора  $y$  (сжатие куба вдоль соответствующего ребра) вплоть до превращения его в точку (в плоский квадрат), а затем опять вытягивание  $y$  в противоположном направлении (выворачивание куба "наизнанку").

Точно так же будет выглядеть вращение того же 3D куба для наблюдателя из пространства  $Oxzw$ , только со сдвигом по фазе – начальным положением будет квадрат, который сначала "утолщится" до превращения в куб, а затем снова сожмется и "вывернется наизнанку". А вот обитатели 3D пространств  $Oxuz$  и  $Oxuw$  (пересекающихся с гиперосью вращения только по одной прямой) увидят вместо куба квадрат, вращающийся вокруг одной из своих сторон (рис. 1).

Рис. 1. Проекция 3D куба, вращающегося в 4D пространстве, в 3D подпространство:  
слева – пересекающееся с гиперосью вращения по плоскости;  
справа – пересекающееся с гиперосью вращения по прямой.  
Гиперось вращения показана серым цветом.



Можно продолжить ряд операторов поворота на случаи более высоких размерностей, введя аналогичным образом операторы вращения для 5-мерного, 6-мерного и т.д. пространств. Во всех случаях осью (точнее – гиперосью) вращения в N-мерном пространстве будет являться подпространство размерности N-2, а изменяться при вращении будут только 2 координаты, причем изменение их будет совершенно аналогично привычным нам 2- и 3-мерному вращениям.

Остается открытым вопрос, существуют ли другие преобразования, отвечающие данному выше определению вращения для пространств размерности более 3, и можно ли, аналогично теореме Эйлера, для любого отвечающего определению преобразования выбрать систему координат, где его матрица примет "канонический" вид. Вероятно, более простым будет вопрос, является ли "каноническим вращением" комбинация двух вращений вокруг разных гиперосей (т. е. можно ли для нее выбрать систему координат, где гиперось совпадет с одной из координатных гиперплоскостей).

Но все эти вопросы уже далеко выходят за пределы поставленной нами задачи – определить понятие вращения в многомерном пространстве для реализации его в виде компьютерной программы, позволяющей "покрутить в руках" многомерное тело, чтобы научиться интуитивно представлять его поведение.

С учетом всего вышесказанного, требования к компьютерному приложению можно сформулировать следующим образом. Оно должно позволять пользователю самостоятельно создавать разнообразные 4-мерные тела и "вращать" их на произвольные углы с произвольной скоростью вокруг выбираемых пользователем четко обозначенных гиперосей (вероятно, достаточно реализовать вращение вокруг координатных плоскостей). Результаты вращения должны представляться на экране в виде 2-мерных проекций.

Наиболее подходящими для выбора в качестве вращаемого многомерного тела представляются гипермногогранники (возможно, полупрозрачные). Они обладают целым рядом удобных для этого свойств. Их поведение при вращении легко описать аналитически через преобразование координат их относительно немногочисленных вершин. Кроме того, в теории компьютерной графики для многогранников хорошо проработаны вопросы устранения из изображения их невидимых частей и достоверного отображения различной освещенности разных граней. В то же время любое другое тело может быть с любой степенью точности приближено соответствующим многогранником.

Программа должна позволять создавать как "каркасные" тела (в том числе с разноцветными шарами-вершинами, видимый диаметр которых может меняться при их удалении или приближении в ходе вращения), так и "сплошные", где дальние их части будут обозначаться худшей видимостью, вплоть до полной непрозрачности закрывающих их более близких граней. В то же время возможность использования законов перспективы для отображения относительного удаления различных частей моделируемого тела требует дополнительного исследования.

## Литература

- Баксанский О.Е., Кучер Е.Н.** Современный когнитивный подход к категории "образ мира". *Вопросы философии*, №8, с. 52, 2002.
- Мартыненко О.В.** Гносеологические этюды. 1. Об интуитивном и логическом восприятии мира. // Всеросс. науч.-практ. конф. "Социально-гуманитарные чтения памяти профессора В.О. Гошевского" – Мурманск: МГТУ, 2010.
- d'Amateur: Записки 4D любителя. <http://damateur.narod.ru>

## ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОПОЕЗДОВ-СОРТИМЕНТОВОЗОВ

Бакулина И.Р.<sup>1</sup>, Смирнов М.Ю.<sup>2</sup>

(г. Йошкар-Ола, "Марийский государственный технический университет", 1- кафедра начертательной геометрии и графики, 2- кафедра транспортно-технологических машин, [BakulinaIR@marstu.net](mailto:BakulinaIR@marstu.net) )

The article is devoted to the problem of the work optimization of the log truck group, the part of which being equipped with hydraulically powered knuckle-boom grapple loader. Present example of deciding a problem in ambience of development Delphi 7.

**Введение.** В последние годы произошёл значительный рост количества автопоездов с навесными гидроманипуляторами. В зависимости от производственных условий, количественного соотношения транспортных средств и погрузочных механизмов, вывозка лесоматериалов на предприятиях лесной отрасли осуществляется в настоящее время по двум основным организационным формам работы: индивидуальной и звеньевой. Основной задачей при разработке проектов организации вывозки лесоматериалов является обоснование оптимального соотношения количества лесовозных автопоездов и навесных гидроманипуляторов в погрузочно-транспортном звене. Для решения данной проблемы разработана экономико-математическая модель оптимизации погрузочно-транспортного звена и создана компьютерная программа, реализующая эту модель.

**Объектом исследований** являлись автопоезда с гидроманипуляторами и без них.

**Цель** данной работы – определение границ эффективного применения автопоездов, оснащенных гидроманипуляторами, при звеньевой форме организации их работы.

**Решаемые задачи:** 1) разработка методики определения границ эффективного применения погрузочно-транспортного звена; 2) реализация методики в среде *DELPHI*.

**Новизна результатов.** Для решения задачи первоначально были составлены алгоритмы функционирования автопоездов с гидроманипуляторами в составе звена и математическая модель их работы, разработана методика расчета продолжительности погрузочно-разгрузочных работ, на которые получены свидетельства о регистрации разработок в отраслевом фонде алгоритмов и программ [1, 2].

**Интерпретация результатов.** Обоснование оптимального соотношения количества лесовозных автопоездов и навесных гидроманипуляторов в погрузочно-транспортном звене сводится к отысканию таких значений исследуемых параметров, которые обеспечивают минимум критерия оптимизации. В качестве критерия оптимизации при решении данной задачи приняты удельные эксплуатационные затраты.

При расчете удельных эксплуатационных затрат определяются: основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих; отчисления на социальные нужды; расходы на содержание и эксплуатацию техники (заработная плата вспомогательных рабочих и обслуживающего персонала; отчисления на социальные нужды; амортизационные отчисления; затраты на текущий ремонт; затраты на топливо и смазочные материалы; прочие производственные расходы).

Программа расчета показателей экономической эффективности эксплуатации автопоездов-сортиментовозов предназначена: для автоматизации расчётов по выбору возможных вариантов соотношения автопоездов с гидроманипулятором и автопоездов, не оснащенных навесными гидроманипуляторами, в заданных природно-производственных условиях; для оптимизации числа лесовозных автопоездов в погрузочно-транспортном звене; определения

производительности и простоев звена лесовозных автопоездов; удельных эксплуатационных затрат и капитальных вложений.

Разработанная программа позволяет: вычислять предельное число автопоездов без гидроманипулятора, которые в течение смены будут обслуживаться одним автопоездом с гидроманипулятором; производить поиск возможных вариантов комплектования погрузочно-транспортного звена по заданным исходным данным о параметрах сортиментов и подвижном составе; определять продолжительность пребывания автопоездов в пунктах погрузки и выгрузки лесоматериалов и производительность погрузочно-транспортного звена; вычислять себестоимость вывозки  $1 \text{ м}^3$  лесоматериалов.

Исходная информация, необходимая для работы по программе, классифицируется по назначению и использованию её на различных этапах расчета. В зависимости от поставленной задачи ряд параметров может иметь фиксированные значения или варьироваться.

На первом этапе производится формирование возможных вариантов комплектования погрузочно-транспортного звена. Для этого находится предельное число автопоездов без гидроманипулятора, которые в течение смены будут обслуживаться одним автопоездом, оснащенным гидроманипулятором. На основе разработанного алгоритма совместного функционирования автопоезда с гидроманипулятором и без них [1] получено выражение для определения  $N_2^{\max}$  в зависимости от расстояния вывозки, продолжительности рабочей смены, рейсовых нагрузок автопоездов  $Q_{нол1}$  и  $Q_{нол2}$

$$N_2^{\max} \leq \frac{\left( (T - t_{n3}) \cdot K_g - (l_1 \cdot t_1 + l_2 \cdot t_2 + l_3 \cdot t_3 + n_{ш} \cdot (t_c + t_{mp} + t_{mm}) + \right. \\ \left. + (n_{ш} - 1) \cdot \frac{l_{ш}}{60 \cdot v_{ш}} + t_{yв} + t'_c + t_{mp} + t_{mm} + T_{n1} + T_{e1} - 2 \cdot t_{cm} \right)}{2 \cdot t_{cm} + T_{n2} + T_{e2}}, \quad (1)$$

где  $T$  – продолжительность рабочей смены, мин.;  $t_{n3}$  – подготовительно-заключительное время, мин.;  $K_g$  – коэффициент использования рабочего времени;  $l_1, l_2, l_3$  – расстояния перемещения груза по дорогам различных категорий, км;  $t_1, t_2, t_3$  – время хода 1 км пути по дорогам различных категорий в порожнем и грузовом направлении, мин/км.;  $t_c, t'_c$  – продолжительность установки автопоезда под погрузку и разгрузку, мин.;  $t_{mp}, t_{mm}$  – продолжительность приведения манипулятора из транспортного положения в рабочее и обратно, мин;  $T_{n1}, T_{n2}, T_{e1}, T_{e2}$  – продолжительность загрузки и разгрузки самозагружающегося и автопоезда без манипулятора, мин.;  $n_{ш}$  – число штабелей, из которых загружается звено;  $l_{ш}$  – расстояние между штабелями, м.;  $v_{ш}$  – скорость движения автопоезда между штабелями, м/с;  $t_{yв}$  – продолжительность увязки веза, мин.

Для определения продолжительности погрузочно-разгрузочных работ  $T_{n1}, T_{n2}, T_{e1}, T_{e2}$  разработаны методика, алгоритм и подпрограмма расчета [2], позволяющие по исходным данным о параметрах сортиментов и подвижном составе осуществлять расчет: продолжительности одного цикла погрузки и выгрузки сортиментов; количества рабочих циклов гидроманипулятора, затрачиваемых на загрузку или разгрузку автопоезда; продолжительности пребывания автопоездов в пунктах погрузки и выгрузки лесоматериалов с учётом времени подготовительно-заключительных операций.

При моделировании совместной работы лесовозных автопоездов пребывание их непосредственно под загрузкой или разгрузкой рассматривается, как процесс формирования или разобращения пачки лесоматериалов за несколько рабочих циклов, совершаемых гидроманипулятором. Число рабочих циклов гидроманипулятора при формировании пачки груза или разгрузке автопоезда, определяется полезной рейсовой нагрузкой автопоезда и числом сортиментов, захватываемых грейфером за один рабочий цикл.

На первом этапе по средним таксационным параметрам сортиментов (диаметру, объему) на основе математического аппарата метода Монте-Карло осуществляется моделирование числа сортиментов, захватываемых грейфером за один цикл погрузки или выгрузки. По смоделированным значениям и исходным данным определяется объем пачки груза, погруженной за рабочий цикл  $Q_i$

$$Q_i = n_{ci} \cdot V_c, \quad (2)$$

где  $n_{ci}$  – количество сортиментов в  $i$ -ой пачке груза;  
 $V_c$  – средний объем сортимента, м<sup>3</sup>.

При решении задачи учитываются ограничения:

– объем, захватываемой группы сортиментов не превышает грузоподъемности манипулятора при заданном вылете стрелы

$$Q_i \leq Q_{gm}, \quad (3)$$

где  $Q_{gm}$  – грузоподъемность манипулятора на заданном вылете стрелы, м<sup>3</sup>;

– объем сформированной пачки груза не должен превышать полезную рейсовую нагрузку автопоезда

$$\sum_{i=1}^{n_y} Q_i \leq Q_{пол}. \quad (4)$$

Для определения продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора используются зависимости, полученные экспериментальным путём при проведении наблюдений за работой автопоездов с гидроманипуляторами на действующих лесозаготовительных предприятиях Республики Марий Эл:

$$t_{ц} = f(n_{ci}, h_{и}, l_n). \quad (5)$$

Продолжительность загрузки и разгрузки автопоезда является результатом сложения значений времени всех рабочих циклов манипулятора, в течение которых формируется или разобщается пачка груза.

Результаты расчетов времени, затрачиваемого на погрузку и выгрузку 1 м<sup>3</sup> лесоматериалов на автопоезда с гидроманипулятором и без гидроманипулятора, могут быть выведены на экран (рис. 1).

Также отображается перечень допустимых вариантов состава погрузочно-транспортных звеньев, отличающихся различным сочетанием автопоездов с гидроманипулятором и автопоездов без гидроманипулятора (рис. 2).

Состав автопоезда - Маз 5434 + ТМЗ 802 + СФ65с
Время погрузки 1 куб.м. лесоматериалов на самозагружающийся автопоезд, мин. =1,38772
Время погрузки 1 куб.м. лесоматериалов на автопоезд без ГМ, мин. =1,64692
Время выгрузки 1 куб.м. лесоматериалов с самозагружающегося автопоезда, мин. =0,81912
Время погрузки 1 куб.м. лесоматериалов с автопоезда без ГМ, мин. =1,09332
Предельное число автопоездов для одного самозагружающегося автопоезда =3
Предельное число автопоездов для двух самозагружающихся автопоездов =0

Рис. 1 Результаты расчетов продолжительности погрузочно-разгрузочных работ

Рис. 2 Варианты состава погрузочно-транспортного звена

Варианты автопоездов
Один с ГМ и 0 без ГМ
Один с ГМ и 1 без ГМ
Один с ГМ и 2 без ГМ
Один с ГМ и 3 без ГМ

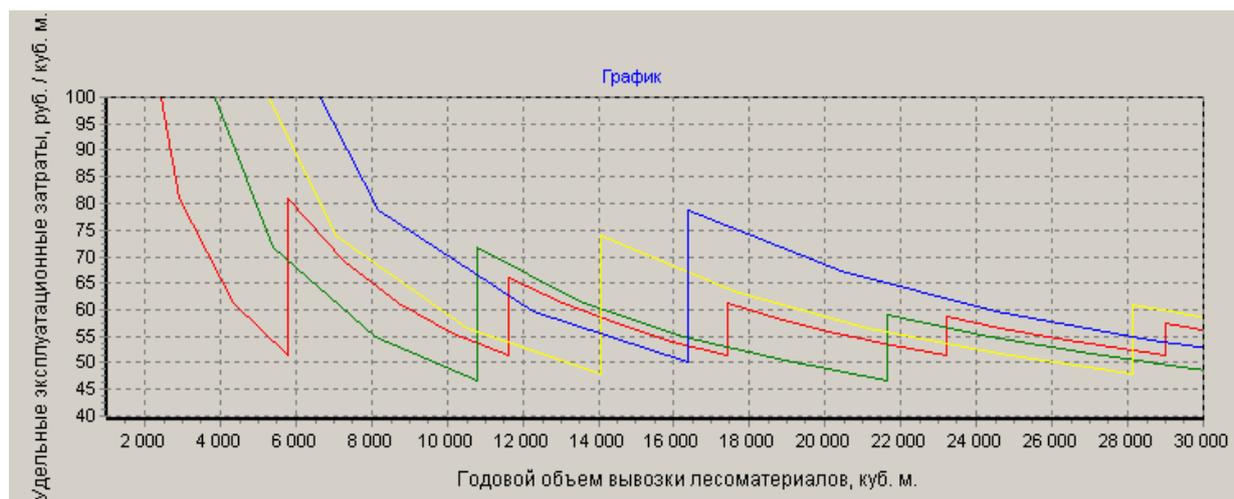


Рис. 3 График удельных эксплуатационных затрат в зависимости от годового объема вывозки лесоматериалов

На стадии вариантного обоснования состава погрузочно-транспортного звена не учитываются затраты на погрузку, вывозку и выгрузку лесоматериалов. Дальнейший выбор наиболее эффективного варианта из нескольких альтернативных осуществляется по критерию эффективности. В качестве основного критерия экономической эффективности при решении задачи оптимального соотношения автопоездов с гидроманипулятором и без гидроманипулятора принимаются удельные эксплуатационные затраты. В этом случае целевая функция критерия оптимизации имеет вид

$$C_{уд}^э = \frac{(C_1 \cdot N_1 + C_2 \cdot N_2) \cdot N_{зв}}{Q_{год}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  – эксплуатационные затраты на автопоезд с гидроманипулятором и без манипулятора, соответственно;  $N_{зв}$  – число погрузочно-транспортных звеньев, необходимых для заданного объема вывозки лесоматериалов,  $Q_{год}$  – годовой объем вывозки лесоматериалов, м<sup>3</sup>.

Результаты расчета удельных эксплуатационных затрат выводятся на экран в виде графика в зависимости от объема вывозки лесоматериалов (рис. 3). Скачкообразный рост кривых объясняется наличием предельных режимов работы звена автопоездов. Например, для варианта 1 при увеличении объема вывозки свыше 6,0 тыс. м<sup>3</sup> один автопоезд уже не справляется и необходимо применение второго, что резко увеличивает эксплуатационные затраты.

Любые изменения природно-производственных условий (состава автопоезда, расстояния вывозки и др.) приведут к смещению кривых и к изменению областей эффективного применения звеньевой формы работы автопоездов.

По окончании работы с программой полученные результаты можно сохранить, передать данные в Microsoft Word для генерации отчета о проделанной работе или распечатать.

**Область применения.** Программа может быть использована в учебном процессе высших и средних специальных учебных заведений при выполнении курсовых и дипломных проектов. Реализация компьютерной программы в учебном процессе при выполнении практических и лабораторных работ по курсам «Транспорт леса», «Организация, планирование управления производством» позволяет повысить качество обучения студентов при изучении вопросов выбора погрузочного механизма, комплектования погрузочно-транспортного звена и анализа затрат на погрузку, вывозку и выгрузку лесоматериалов. Использование её на предприятии лесной отрасли поможет определить по заданным природно-производственным

условиям экономическую эффективность совместной работы автопоездов с гидроманипуляторами и без них для проектируемого или существующего производственного процесса.

Минимальные технические требования для работы с программой:

- процессор Intel Pentium II или AMD Athlon;
- объём оперативной памяти 128 Мб;
- операционная система Windows 2000 или Windows XP;
- свободное место на жёстком диске 10 Мб.

Программа разработана в среде Delphi 7, имеет интуитивно понятный интерфейс, удобна в использовании.

### **Список литературы**

1. Бакулина, И.Р. Технология работы звена лесовозных автопоездов [Текст] / И.Р. Бакулина, М.Ю. Смирнов // Свидетельство № 10021; зарегистрировано в Отраслевом фонде алгоритмов и программ 19.02.2008.

2. Бакулина, И.Р. Расчет продолжительности погрузочно-разгрузочных работ навесным гидроманипулятором [Текст] / И.Р. Бакулина, М.Ю. Смирнов // Свидетельство № 9400; зарегистрировано в Отраслевом фонде алгоритмов и программ 01.11.2007.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ГАЗА В ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАНАХ

Умарова Ж.Р., Умбетов У.У. (Казахстан г.Шымкент Южно-Казахстанский Государственный Университет им.М.Ауезова, Zhanat-u@mail.ru )

In this article was modeled gas diffusion in polymeric membrane. Also was made analyses of polymer substance for which material permeability is much faster.

Реализованные в последнее время современные технологические процессы получения различных веществ и материалов, а также обработки отходов и сточных вод, как это не покажется странным, увеличивают общий объем отходов. Существующая мировая статистика свидетельствует о том, что в настоящее время только 7-12% исходного сырья преобразуется в конечный продукт, а, примерно, 90% на разных стадиях производства и потребления переходят в отходы, которые в то же время могут быть ценным сырьем, представляющим собой полуфабрикат, переработка которого может быть в несколько раз рентабельней, чем стандартного сырья, конечно, при условии реализации экологически безопасных технологий и получения при этом высококачественных конкурентоспособных продуктов. В этой связи уже сегодня можно сделать предположение, что XXI век будет в значительной степени посвящен созданию экологически безопасных и, самое главное, малозатратных экономически и технологически обоснованных процессов переработки материалов, отходов и получения на их базе полезных и необходимых для общества продуктов [1].

Одной из первых, если не самой первой среди таких технологических процессов следует отнести мембранные, другие нетрадиционные и комбинированные процессы обработки веществ и материалов. Мембранные методы разделения жидких и газообразных сред уже сегодня заняли прочное место в арсенале промышленных технологических процессов, хотя полное становление и отдача мембранной науки и технологии ожидается в XXI веке. Существуют области, где мембранная технология вообще не имеет конкурентов.

Наш век называют веком полимеров. Синтетические полимерные материалы получили широкое распространение во всех областях науки и техники. Реакция мембранной науки была адекватной, и в настоящее время полимерные мембраны являются основой технологических процессов, использующих принципы мембранного разделения.

Перенос веществ через мембраны происходит под действием разности концентраций, разности электрических потенциалов по обе стороны мембраны и разности давлений [2].

Простейшая модель, используемая для объяснения и прогнозирования проникновения газов через непористые полимеры является решением диффузионной модели. В этой модели предполагается, что газ со стороны высокого давления мембраны растворяется в полимере и диффундирует градиент концентрации в сторону низкого давления, где газ десорбируется [3]. В дальнейшем, предполагается, что сорбция и десорбция на поверхностях раздела быстро меняется по сравнению со скоростью диффузии в полимере. Газовая фаза с высоким и низким давлениями находится в равновесии с поверхностью раздела полимера. Сочетание закона Генри (растворимости) и закона Фика (диффузии) приводит к выражению

$$J = \frac{D * S * \Delta p}{l} \quad (1)$$

которое может быть приведено к виду

$$J = \frac{P * \Delta p}{l} \quad (2)$$

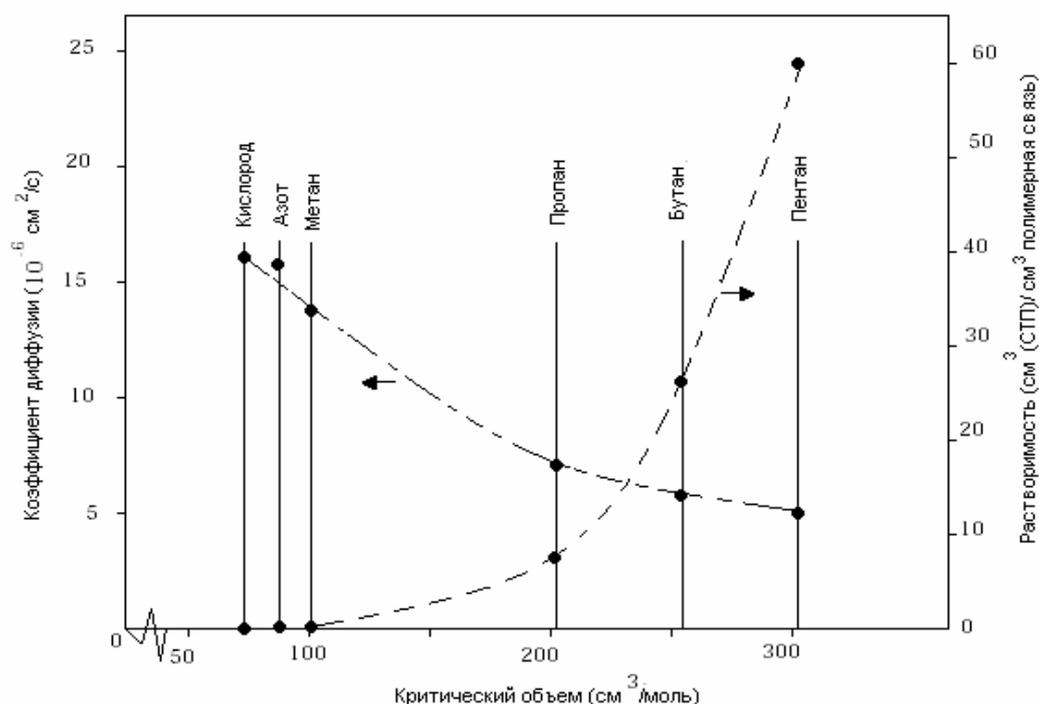


Рис.1 Коэффициенты диффузии и растворимости для различных газов в силиконовом каучуке

где  $D$  коэффициент диффузии газа в полимере,  $S$  является растворимостью газов,  $\Delta p$  является разностью давлений между высоким и низким давлениями,  $L$  – толщина мембраны и  $P$  - коэффициент проницаемости.

Как видно из формул (1) и (2) коэффициент проницаемости  $P$  – это результат произведения  $D$  (выражение кинетики) и  $S$  (выражение термодинамики).

$$P = D \cdot S \quad (3)$$

Селективность полимера к газу  $A$  по отношению к другому газу  $B$  может быть выражена в терминах идеальной селективности  $\alpha_{AB}$  и определена соотношением

$$\alpha_{AB} = \frac{P_A}{P_B} = \frac{D_A}{D_B} \cdot \frac{S_A}{S_B} \quad (4)$$

Отношение  $D_A/D_B$  может быть рассмотрено как изменчивость селективности, а отношение  $S_A/S_B$ , как селективность растворимости. Для данного газа пара селективности изменчивости и растворимости зависит от химических и физических свойств полимерных материалов. Вспомним о взаимосвязи между структурой полимеров и транспортными свойствами газов. Некоторые общие правила полезны для первого понимания. Коэффициент диффузии всегда уменьшается с увеличением размера молекулы. Масштабы этого снижения, как правило, зависят от гибкости цепи полимера. Чем жестче структура полимера, тем выше изменчивая избирательность для данной пары газов. Избирательность мобильности является доминирующей для большинства стеклянных полимеров. Следовательно, это благоприятствует транспорту меньших молекул. С другой стороны, растворимость газов

обычно возрастает с размерами молекул, так как возрастают межмолекулярные силы между газом и полимером. Большинство каучуков показывают низкую избирательность изменчивости благодаря своей гибкой полимерной цепи, а их способность разделять газы является доминирующей по отношению к их избирательной растворимости [4]. Такие большие органические молекулы могут проникать гораздо быстрее через некоторые каучуки, чем меньше газы, такие например, как кислород или азот. Это изображено для силиконового каучука на рисунке 1.

Видно, что коэффициент диффузии большой молекулы пентана в 3,6 раза меньше, чем коэффициент диффузии кислорода. Однако, растворимость пентана примерно в 200 раз больше растворимости кислорода. Эта избирательная растворимость превосходит обратную селективность диффузии. В результате, силиконовый каучук является более проницаемым для пентана, чем для кислорода.

В отличие от каучуков, стеклянные полимеры обычно оказываются проницаемыми для меньших молекул. Их изменчивая избирательность значительно выше, чем наоборот селективная растворимость [5].

### Список литературы:

1. Дытнерский Ю.И., Брыков В.П., Каграманов Г.Г. Мембранное разделение газов. М.: Химия, 1991.
2. Мембранные процессы разделения / Хванг С.Т., Каммермеймер К. – М., Химия 1984. – 464 с.
3. Диффузия в полимерных системах / Чалых А.Е. – М., Химия, 1987. – 312 с.
4. Membrane Technology in the Chemical Industry, S.Pereira Nunes, K-V Peinemann, Wiley-VCH, 2006y.-p.346
5. Membrane Technology and Applications, Richard W.Baker, Wiley, 2004y.-p.257

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ДИЛЕРСКО-СЕРВИСНОЙ СЕТЬЮ**

**Буйвол П.А., Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г.** (*г. Набережные Челны, ГОУ ВПО  
«Камская государственная инженерно-экономическая академия», кафедра СТС,  
skyeyes@mail.ru, kamIVM@mail.ru, hrg\_kampi@mail.ru*)

The research purpose is working out the effective algorithm of management by the dealer-service network of the machine-building enterprise with application of the information system including integrated automated systems of dealers, intended for gathering, storage and the analysis of the primary registration information, and system of support of decision-making, based on imitating model of dealer-service network territorial placing.

Крупные промышленные предприятия сталкиваются с тем, что совокупность услуг, связанных со сбытом и эксплуатацией высокотехнологичной продукции, становится основным фактором конкурентоспособности. Политика в области сервиса во всех развитых странах заключается в том, что продающий технику гарантирует и ее сервисное сопровождение, а также оперативное обеспечение оригинальными запасными комплектующими. Выполнение последнего предполагает наличие оптимально спроектированной дилерско-сервисной сети (ДСС), а также непрерывный мониторинг ее функционирования при помощи налаженного механизма обратной связи с целью корректировки параметров и принятия научно обоснованных управленческих решений на основе накопленной статистической информации.

ДСС относятся к классу сложных организационно-технических систем [1]. Вследствие сложности системы фирменного обслуживания, состоящей из множества дилерско-сервисных центров, функционирующих в разных условиях и отличающихся по целому ряду параметров, принятие обоснованных и рациональных решений по управлению ею невозможно на основе обычной интуиции, опыта, здравого смысла руководителя. Анализ причинно-следственных связей между субъектами сети усложняется наличием значительного числа факторов, многие из которых являются стохастическими и плохо формализуемыми, что во многих случаях не позволяет оптимизировать структуру и повысить эффективность функционирования системы традиционными методами [2].

Отсутствие полной информации о состоянии системы, внешних условиях, а также последствиях затрудняет процесс принятия решений. Дефицит информации не может быть восполнен ни проведением натурального эксперимента над ДСС вследствие огромных финансовых затрат, ни использованием коллективного мнения специалистов, которое вносит существенную долю субъективности в процесс управления. Применение имитационного моделирования, которое воспроизводит ситуации, близкие к реальным, является единственным выходом в данном случае. Таким образом, эффективным методом управления, минимизирующим роль субъективных факторов может быть СППР на основе имитационного моделирования. Мировая практика показывает, что внедрение СППР повышает эффективность оперативного управления в среднем на 10% - 15%, а при стратегическом планировании экономия может составлять до десятков процентов от стоимости проекта [3].

Задача производителя сводится к интеграции деятельности отдельных дилеров в единый комплекс с системой управления производственным предприятием, т.е. к организации единого информационного пространства, позволяющего получить

синергетические эффекты при автоматизации. Для этого информация, предоставляемая дилерами, должна быть унифицирована и передана в единую базу данных головной компании, которая в дальнейшем будет составлять информационную базу СППР.

Следующим этапом является решение задачи оптимизации территориального размещения объектов ДСС, которая может быть решена методом имитационного моделирования с использованием геоинформационных систем (ГИС). ГИС-технологии при решении задач пространственного размещения с картографической привязкой объектов к местности являются эффективным инструментарием группировки, анализа и моделирования [4]. Они позволяют организовать хранение данных сложных структур и типов.

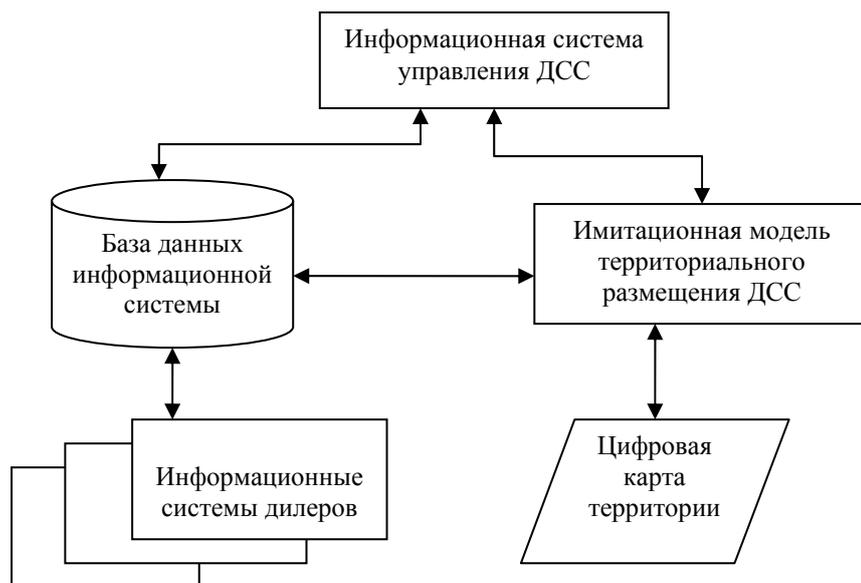


Рис. 1. Схема интегрированной СППР

На данном этапе разработаны типовая конфигурация автоматизированной системы управления для субъектов ДСС и конфигурация головной организации, следующим этапом является разработка имитационной модели территориального размещения ДСС и СППР на ее основе.

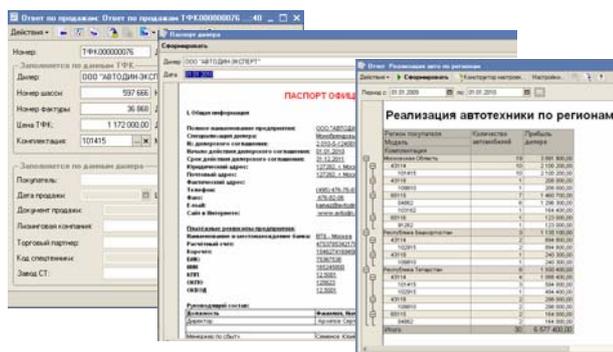


Рис.2. Общий вид интерфейса подсистемы сбора, хранения и анализа первичной учетной информации

Полнота и достоверность информационной базы СППР гарантирует объективность и обоснованность принимаемых управленческих решений, позволяет оперативно реагировать на изменение параметров функционирования системы. Кроме того, наличие обратной связи

позволяет выявлять проблемы, возникающие при эксплуатации, своевременно их решать, тем самым повышая доверие к бренду и конкурентоспособность продукции.

### Список литературы

1. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами: Учебное пособие/ Е.С. Кузнецов – МАДИ (ТУ) – М., 1997. – 202с.
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Any Logic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.: ил.
3. Борщев А., Попков Т. Мировой опыт оценки стратегических решений и рисков при управлении транспортно-логистической инфраструктурой. – URL: <http://www.xjtek.ru/anylogic/articles/8/>. Дата обращения – 11.09.2009.
4. Зеленский К.Х., Игнатенко В.Н., Коц А.П. Компьютерные методы прикладной математики. – К.: Дизайн-В, 1999. – 352 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО НАКЛОНОМЕРА

**Воронцов А.А., Слесарев Ю.Н.** (г.Пенза, ПГТА, кафедра "Электроники и электротехники", *antigona81@mail.ru*)

The mathematical model of the magnetic field which is generated in a place of interaction of a magnetic field, generated by a ring permanent magnet in one of versions of a magnetostrictive so xу clinometer is adduced.

Для определения значения крена судна, положения различных высотных сооружений, плотин, определения величины прогибов и деформаций опор и балок, контроля углов наклона автомобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальтоукладчиков, подъемников, кранов и экскаваторов применяются приборы, называемые наклономерами. В последние годы для этих целей все чаще находят применение магнитострикционные наклономеры.

Один из вариантов реализации первичного преобразователя двухкоординатного магнитострикционного наклономера приведен на рисунке 1.

Он содержит магнитострикционный преобразователь перемещений, выполненный в виде сферического корпуса 1 из немагнитного материала, например пластика, с заполненной наполовину рабочей жидкостью 2, поплавковым элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом 4, однотипными С-образными звукопроводами (магнитопроводами) 5, 6 из магнитострикционного материала [1].

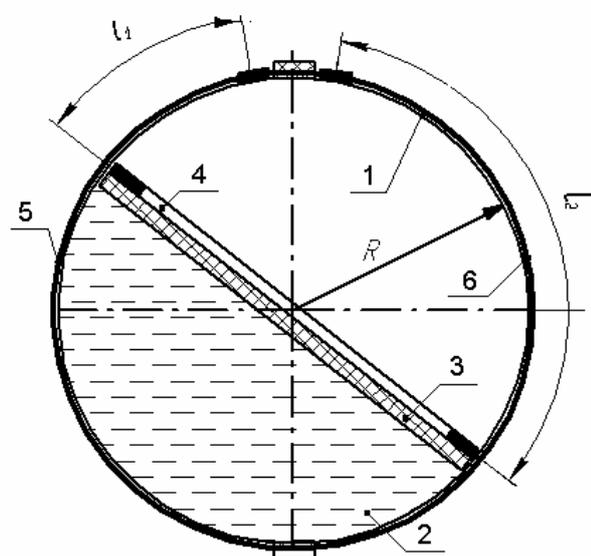


Рис. 1

При изменении положения постоянного магнита 4 относительно звукопровода (ферромагнитного элемента) и протекании по нему импульсного электрического тока, происходит возбуждение ультразвуковых волн в звукопроводах 5, 6. Разность пройденных звуковыми волнами путей преобразуется в цифровой код, пропорциональный углу наклона поплавкового элемента 3.

Имеющиеся методики анализа магнитной системы наклономера не могут быть использованы из-за приближенных аналитических моделей, лежащих в их основе [2]. Основным инструментом анализа в настоящее время можно считать моделирование сложных процессов с помощью таких программных комплексов как ANSYS, ELCUT и др.

В качестве инструмента анализа был выбран ELCUT, представляющий собой интегрированную диалоговую систему программ, позволяющую решать линейные, нелинейные, плоские, осесимметричные задачи, а также связанные задачи нескольких типов, в которых решение, полученное из одной задачи, используется в качестве входных данных для другой задачи.

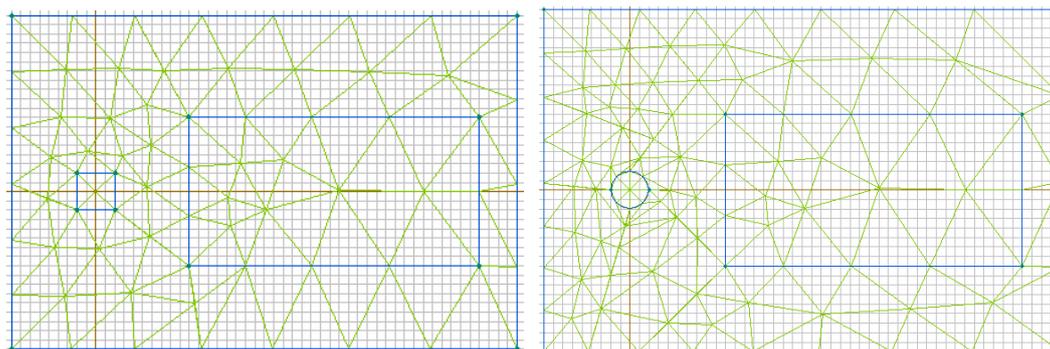


Рис.2

На рис. 2 приведены геометрические модели расчетной задачи по определению величин деформации в магнитопроводе угломера для магнитопровода квадратной и круглой формы.

Расстояние между узлами сетки составляет 100 мкм.

На рис. 3 изображена модель электрической цепи импульсного генератора, реализованная в системе ELCUT, служащего источником возбуждения крутильных колебаний в магнитопроводе и форма импульса тока и напряжения в магнитопроводе (рис.4).

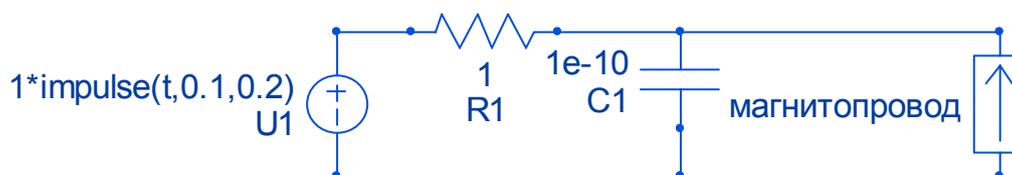


Рис.3

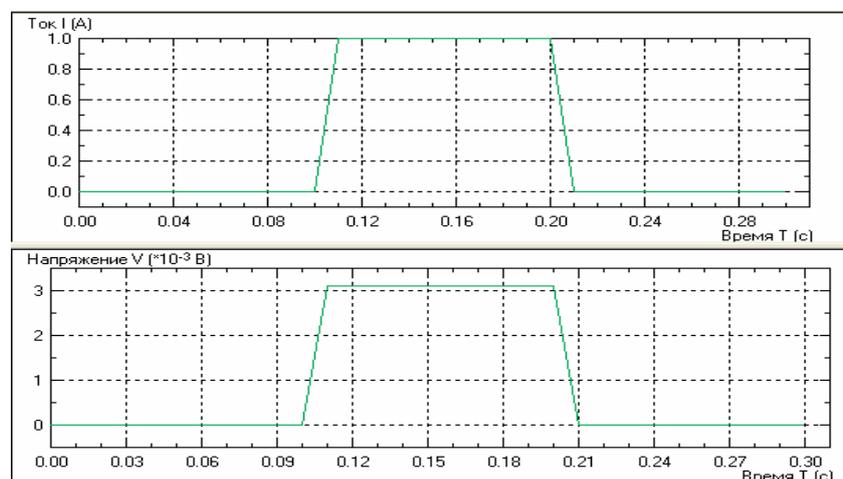


Рис.4

Магнитное круговое поле магнитопровода (рис.5) от токового импульса взаимодействует с магнитным полем постоянного магнита на основе соединения NdFeB (рис.6), обладающего петлей гистерезиса, часть которой приведена на рис. 7. В соответствии с эффектом Видемана происходит деформация магнитопровода, упругие константы которого приведены на рис. 8, что вызывает появление крутильных колебаний магнитопровода, представленной его деформацией (рис.9).

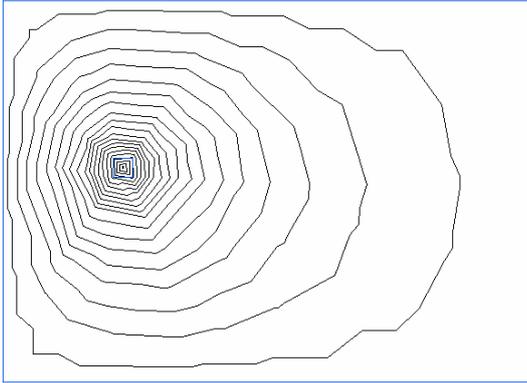


Рис. 5

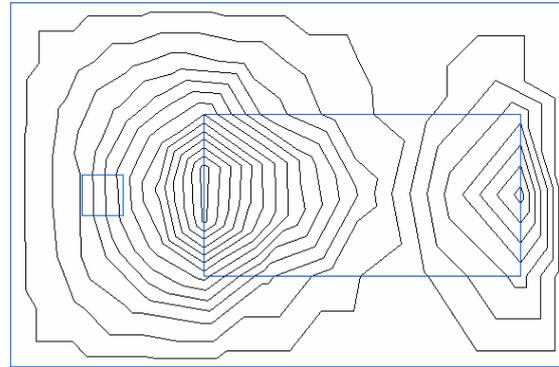


Рис.6

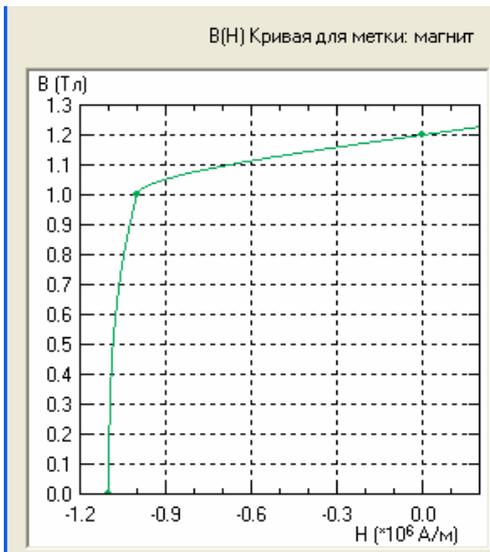


Рис.7.

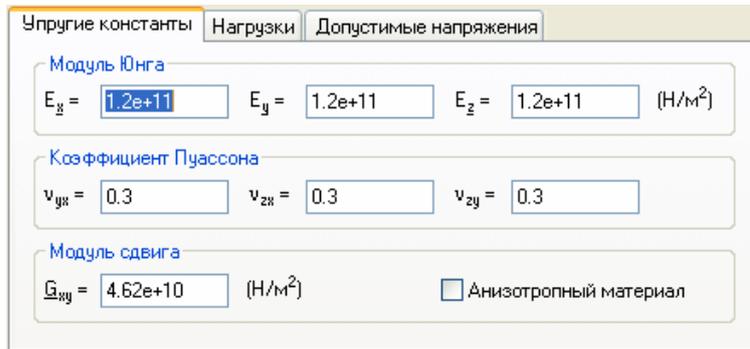


Рис.8

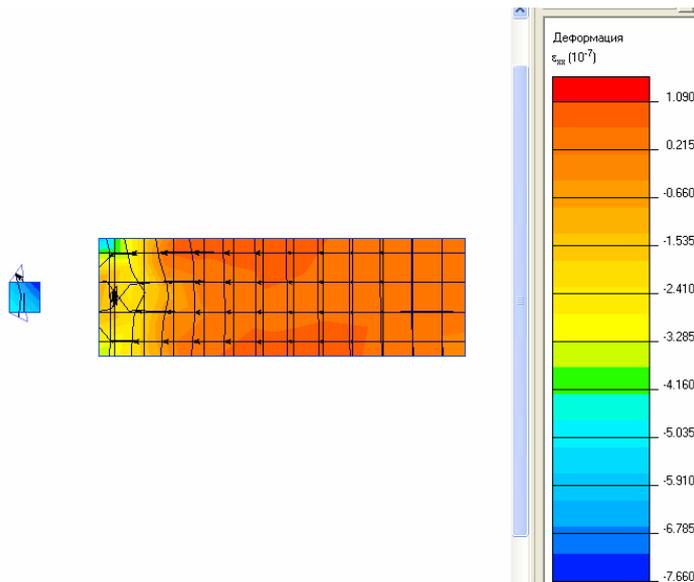


Рис.9

Моделирование работы магнитной системы накломера с помощью пакета ELCUT позволило выполнить комплексный анализ влияния геометрических, электрических, магнитных, упругих параметров магнитной системы накломера. В частности анализ показал, что в магнитопроводе квадратной формы можно получить большую амплитуду звуковой волны, чем в форме круга.

#### **Список литературы:**

1. *Патент РФ № 2075728*. Ультразвуковой преобразователь углов наклона.//С.Б.Демин.
2. Демин С.Б. Магнитострикционные системы для автоматизации технологического оборудования.: Монография. - Пенза: ИИЦ ПГУ, 2002.-182с.
3. Ограничитель нагрузки крана ОНК-140. Руководство по эксплуатации. ЛГФИ. 408844.009 РЭ. - Арзамас, Нижегородской обл., ОАО "Арзамасский приборостроительный завод", 1998.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ИЗДЕЛИЙ С ПРЕРЫВИСТОЙ ФОРМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Гайнуллина Г.М., Гальцев А.А., Полулех А.В. (г.Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет, кафедра общей информатики, *inform@ssau.ru*)

Problem solution on calculation of eddy-current field parameters at interaction between eddy-current transducer with homogeneous structure of the primary field and two extended elliptical cylinders is introduced. The expression derived for vector potential allows calculating both magnetic and electrical field strength, as well as the introduced parameters of the transducers.

При разработке вихретоковых преобразователей (ВТП) для контроля изделий прерывистой формы представляет интерес анализ взаимодействия поля ВТП с несколькими протяженными изделиями ограниченных размеров. При теоретических исследованиях с достаточной для практических расчетов точностью такие изделия можно представить в виде электропроводящих эллиптических цилиндров.

В данной работе рассматривается задача о двух бесконечно длинных эллиптических цилиндрах с параллельными осями  $OZ_1, OZ_2$ , электропроводностями  $\sigma_1, \sigma_2$ , магнитными проницаемостями  $\mu_1, \mu_2$  расположенных в однородном квазистационарном магнитном поле ВТП  $H = H_0 e^{j\omega t}$  направленном по нормали к осям цилиндров, где  $H_0$  – напряженность поля,  $\omega$  – угловая частота (рис. 1). Требуется определить параметры вторичного поля (поля вихревых токов).

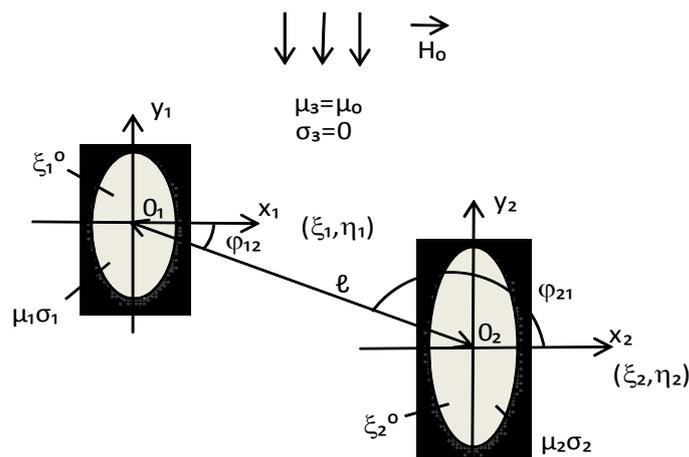


Рис. 1. Расчетная модель в виде двух бесконечно длинных эллиптических цилиндров, находящихся в однородном квазистационарном магнитном поле ВТП

Строгое решение задачи по расчету электромагнитного поля от воздействия двух или большего числа контролируемых объектов может быть получено на основе использования классического метода разделения переменных в сочетании с теоремами сложения для гармонических функций [1, 2]. Применим этот метод для решения поставленной задачи. Вследствие линейности рассматриваемых сред векторный потенциал поля вне цилиндров можно представить в виде:

$$\vec{A}_3 = \vec{A}_0 + \vec{A}_{p1} + \vec{A}_{p2}, \quad (1)$$

где  $\vec{A}_{p1}, \vec{A}_{p2}$  - векторные потенциалы поля вихревых токов (вторичного поля) первого и второго цилиндров;  $\vec{A}_0 = \mu_0 f \vec{H}_0 ch \xi \cos \eta$  - векторный потенциал однородного магнитного поля, записанный в системе координат эллиптического цилиндра  $\xi, \eta$ .

Свяжем с каждым из цилиндров локальные системы координат эллиптического цилиндра  $(\xi_1, \eta_1, Z_1), (\xi_2, \eta_2, Z_2)$  с центрами  $O_1$  и  $O_2$ . С учетом бесконечной аксиальной длины цилиндров уравнение Гельмгольца для векторного потенциала преобразуется в локальной системе координат  $(\xi_i, \eta_i, Z_i) (i = 1, 2)$  к виду:

$$\frac{\partial^2 A_{pi}}{\partial \xi_i^2} + \frac{\partial^2 A_{pi}}{\partial \eta_i^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{1}{f_i (ch^2 \xi_i - \cos^2 \eta_i)} \left( \frac{\partial^2 A_i}{\partial \xi_i^2} + \frac{\partial^2 A_i}{\partial \eta_i^2} \right) + \kappa_i^2 A_i = 0 \quad (3)$$

где  $A_i$  — векторные потенциалы поля внутри цилиндров;  $\kappa_i^2 = -j\omega\mu_i\sigma_i$ ;  $\mu_i, \sigma_i$  - магнитная проницаемость и электропроводность  $i$ -ого цилиндра,  $f$  — межфокусное расстояние эллиптических цилиндров.

В уравнениях (2), (3) под  $A$  понимается  $z$ -ая компонента векторного потенциала, остальные компоненты которого равны нулю в силу бесконечной длины цилиндров. Для однозначного определения полей в системе уравнений (2), (3) необходимо добавить условия на границе раздела сред и на бесконечности [1]:

$$\begin{cases} A_p = A_i \\ \frac{1}{\mu_3} \frac{\partial A_3}{\partial \xi_i} = \frac{1}{\mu_i} \frac{\partial A_i}{\partial \xi_i} \\ \lim_{\xi \rightarrow \infty} A_3 = 0, \xi_i = \xi_i^0 (i = 1, 2) \end{cases} \quad (4)$$

где  $\xi_i^0$  — координата поверхности  $i$ -ого цилиндра.

Решения уравнений (2), (3), не имеющие особенностей в объемах рассматриваемых тел и удовлетворяющие условию на бесконечности, имеют следующий вид [3]:

$$\begin{aligned}
 A_{p1} &= \sum_{n=1}^{\infty} bn^{(1)} e^{-n\xi_1} \cos(n\eta_1), \\
 A_1 &= \sum_{n=1}^{\infty} a_n^{(1)} ce_n(\xi_1, q_1) ce_n(\eta_1 q_1); \\
 A_{p2} &= \sum_{n=1}^{\infty} bn^{(2)} e^{-n\xi_2} \cos(n\eta_2), \\
 A_2 &= \sum_{n=1}^{\infty} a_n^{(2)} ce_n(\xi_2, q_2) ce_n(\eta_2 q_2), \quad (5)
 \end{aligned}$$

где  $q_i = \frac{1}{4} \kappa_i^2 f_i^2$ ,  $ce_n$  — функции Матье n-ого порядка.

Неизвестные коэффициенты разложения  $a_n^{(i)}, b_n^{(i)}$  определяются из граничных условий. При подстановке  $A_{p2}$  в граничные условия для первого цилиндра или функции  $A_{p1}$ , в граничные условия для второго цилиндра используется теорема сложения, позволяющая записать гармонические функции одной локальной системы координат через функции другой системы:

$$\begin{aligned}
 e^{-m\xi_i} \cos(m\eta_i) &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{j^{m+n} (n+m-1)!}{2^{m+n-1} m! (n-1)!} \\
 &\times \frac{\sin\left(m \frac{\pi}{2}\right)}{\sin\left(n \frac{\pi}{2}\right)} \cdot \left(\frac{f_{s'}}{l}\right)^n \left(\frac{f_i}{l}\right)^m \\
 &\times [ch(n\xi_s) \cos(n\eta_s) \cos(n+m)\varphi_{is} \\
 &+ sh(n\xi_s) \sin(n\eta_s) \sin(n+m)\varphi_{is}] \quad (6)
 \end{aligned}$$

где  $\ell$  — расстояние между центрами цилиндров,  $s = 1,2; i = 2,1$ .

Данная теорема сложения получена из известных теорем сложения для волновых функций эллиптического цилиндра [1] при условии, что постоянная распространения  $k \rightarrow 0$ .

Подставляя (5) в граничные условия (4) и используя соотношения (6), получим систему уравнений для определения коэффициентов разложения. Представим функцию Матье 1-ого рода в виде разложения в ряд по тригонометрическим функциям:  $ce_n(\eta_i, q_i) = \sum_{r=0}^{\infty} A_r^n(q_i) \cos(r\eta_i)$  где постоянные коэффициенты  $A_r^n$ , зависящие от  $q_i$ , находятся из рекуррентных соотношений [1].

Из сравнения отдельных тригонометрических составляющих в силу ортогональности тригонометрических функций следует, что в решении данной системы существуют только члены рядов с индексом  $n=1$ . Для остальных членов справедливо равенство  $a_n^{(i)} = b_n^{(i)} = 0(n>1)$ .

Коэффициенты  $a_1^{(i)}, b_1^{(i)}$  определяются из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} -b_0 f_1 ch \xi_1^0 + b_1^{(1)} e^{-\xi_1^0} - b_1^{(2)} \left( \frac{f_1 f_2}{2l^2} \right) ch \xi_1^0 \cos 2\varphi_{12} = a_1^{(1)} ce_1'(\xi_1^0, q_1) A_1^1(q_1) \\ -b_0 f_1 ch \xi_1^0 - b_1^{(1)} e^{-\xi_1^0} - b_1^{(2)} \left( \frac{f_1 f_2}{2l^2} \right) ch \xi_1^0 \cos 2\varphi_{12} = \frac{\mu_0}{\mu_1} a_1^{(1)} ce_1'(\xi_1^0, q_1) A_1^1(q_1) \\ -b_0 f_2 ch \xi_2^0 + b_1^{(2)} e^{-\xi_2^0} - b_1^{(1)} \left( \frac{f_1 f_2}{2l^2} \right) ch \xi_2^0 \cos 2\varphi_{12} = a_1^{(2)} ce_1'(\xi_2^0, q_2) A_1^1(q_2) \\ b_0 f_2 ch \xi_2^0 - b_1^{(2)} e^{-\xi_2^0} - b_1^{(1)} \left( \frac{f_1 f_2}{2l^2} \right) ch \xi_2^0 \cos 2\varphi_{12} = \frac{\mu_0}{\mu_2} a_1^{(2)} ce_1'(\xi_2^0, q_2) A_1^1(q_2), \end{cases} \quad (7)$$

где  $ce_1'$  - производная модифицированной функции Матье 1-ого рода по аргументу.

Векторный потенциал вторичного поля может быть записан в любой локальной системе координат. Так, например, в координатах первого цилиндра выражение для векторного потенциала вторичного поля будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} A_p &= A_{p1} + A_{p2} = b_1^{(1)} \cdot e^{-\xi_1} \cos \eta_1 \\ &+ b_1^{(2)} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \frac{i^{m+1} \cdot m}{2^m \cdot \sin\left(m \frac{\pi}{2}\right)} \times \left(\frac{f_1}{l}\right)^m \cdot \left(\frac{f_2}{l}\right) \\ &\times [ch(m \xi_1) \cos(m \cdot \eta_1) \cos(m+1) \cdot \varphi_{21} \\ &+ sh(m \xi_1) \cdot \sin(m \eta_1) \cdot \sin(m+1) \cdot \varphi_{21}] \end{aligned} \quad (8)$$

Аналитическое выражение (8) для векторного потенциала вторичного поля позволяет по известным методикам рассчитать распределения напряженности магнитного и электрического полей, а также вносимые параметры вихретоковых преобразователей заданной формы.

Полученные результаты могут использоваться при разработке методов измерения расстояний между краями листовых изделий; при разработке преобразователей, предназначенных для контроля смещения изделий ограниченных размеров в плоскости ВТП; при определении количества листовых изделий и в ряде других случаев неразрушающего контроля плоских изделий ограниченных размеров.

#### Список литературы:

1. Иванов Е.А. Дифракция электромагнитных волн на двух телах. - Минск: Наука и техника, 1968.
2. Полулех А. В. Моделирование дефектных изделий ограниченных размеров при электромагнитном контроле // Известие вузов. Электромеханика, 1985, № 9. - С. 19-25.
3. Бейтмен Г., Эрдейи А. Высшие трансцендентные функций. - М.: Наука, 1978. С. 296.

## МЕРА РАЗЛИЧИМОСТИ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ГОЛОСУ НА ОСНОВЕ МОДУЛЯЦИОННОЙ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Голубинский А.Н., Булгаков О.М. (г. Воронеж, Воронежский институт МВД России, annikgol@mail.ru)

The measure of distinguishability of speech signal for authentication of the person on a voice is proposed, at parametrization speech voiced sections on the basis of modulation polyharmonic mathematical model. Possibility of application of the proposed measure of distinguishability is pointed, at model construction in scope both determinate, and stochastic approaches.

Речевой сигнал, как важный источник информации, широко используется в телефонии, медицине, системах управления и хранения информации, различных приложениях цифровой обработки сигналов [1]. Для эффективной обработки речевых сигналов необходимо изучение их структуры, процесса формирования и выявление особенностей их характеристик [2]. В этой связи, представляет научный интерес разработка и анализ моделей речевого сигнала, отражающих индивидуальные особенности голоса человека, его уникальность при произнесении определенного речевого сообщения [2,3].

При этом на пути создания систем аутентификации (верификации и идентификации) по голосу стоят проблемы параметризации речевых сигналов, и последующего сравнения вычисленных существенных параметров, отвечающих за уникальность человеческого голоса.

Существуют различные методы построения моделей речевых сигналов [1–3]. Одна из математических моделей речевого сигнала, адекватно описывающая гласные и сонорные согласные звуки (которые в значительной мере отвечают за уникальность голоса) – модель речевого сигнала в виде импульса АМ-колебания с несколькими несущими частотами, преимущества и недостатки данной модели подробно обсуждались в работе [3].

Объектом исследования в данной работе являются речевые сигналы для аутентификации личности по голосу, предметом исследования – математические модели речевых сигналов и способы сравнения существенных параметров модели для принятия решения об их сходстве или различии.

Запишем математическую модель речевого сигнала в виде импульса АМ-колебания с несколькими несущими для случая модуляции суммой гармоник [3]:

$$u(t) = \sum_{k=0}^K M_k \cos(\Omega_k t + \Phi_k) \sum_{l=1}^L U_l \cos(\omega_l t + \varphi_l), \quad t \in [0; \tau_{\text{и}}], \quad (1)$$

где  $M_k$ ,  $\Omega_k$  и  $\Phi_k$  – соответственно относительная амплитуда (глубина модуляции), угловая частота и начальная фаза  $k$ -й гармоники модулирующего колебания;  $U_l$ ,  $\omega_l$  и  $\varphi_l$  – соответственно амплитуда, угловая частота и начальная фаза  $l$ -й гармоники несущего колебания;  $\tau_{\text{и}}$  – длительность импульса. Из практических соображений ограничимся конечным количеством гармоник ряда, т.е. положим, что  $(K+1)$  – количество модулирующих гармоник,  $L$  – количество несущих гармоник (с учетом пренебрежения низкочастотной составляющей несущего колебания, соответствующей  $U_0$ , в связи с затуханием в резонаторе речевого тракта, а также сильным ослаблением и искажением микрофоном и звуковой платой ЭВМ).

Математическая модель (1) может быть построена как в рамках детерминированного

подхода, так и в рамках стохастического подхода (если  $\Phi_k$  и  $\varphi_l$  – случайные величины, равномерно распределённые в интервале  $[0; 2\pi]$ , то модель  $u(t)$  является квазидетерминированным процессом).

При верификации личности по голосу, вычисленная каким-либо образом мера различимости  $D$  сравнивается с порогом  $D_0$ , при этом, если порог не превышен:  $D \leq D_0$ , диктор верифицирован (принят), т.е. система приняла решение: диктор – “свой”, а при условии  $D > D_0$  не верифицирован (отклонён), т.е. система приняла решение: диктор – “чужой”.

В качестве  $D$ , как правило, используется взвешенная евклидова мера различимости между существенными параметрами верифицируемого и эталонного дикторов, применительно к нашему случаю:

$$D_1 = \sum_{l=1}^L \gamma_l (U_l^{\text{вер}} - U_l^{\text{эт}})^2 + \gamma_{L+1} (f_0^{\text{вер}} - f_0^{\text{эт}})^2, \quad (2)$$

где  $\gamma_l$  – весовые коэффициенты, определяемые на этапе обучения (введения эталонов) системы,  $l = \overline{1; L+1}$ ;  $L$  – количество существенных параметров (сравниваемых амплитуд гармоник).

В случае идентификации мера  $D_{1,n}$  вычисляется для каждого набора параметров  $n$ -го эталонного диктора ( $n = \overline{1; N}$ ) хранящихся в базе данных. При этом параметры  $U_l^{\text{вер}}$   $f_0^{\text{вер}}$  имеют смысл параметров идентифицируемого (заявляемого) диктора  $U_l^{\text{ид}}$   $f_0^{\text{ид}}$ , а эталонные дикторы соответственно имеют параметры  $U_l^{\text{эт}}$   $f_0^{\text{эт}}$ . Принимается решение, что идентифицируемый диктор соответствует  $n$ -му эталонному диктору из базы данных для которого минимальна мера различимости  $\min_n D_{1,n}$ , при этом должно выполняться условие

$$D_{1,n} \leq D_0. \text{ Если же } \min_n D_{1,n} > D_0, \text{ то принимается решение о не соответствии}$$

идентифицируемого диктора ни одному из имеющихся эталонов.

Расчет весовых коэффициентов меры различимости (2) является весьма не простой задачей, требующей введения дополнительных критериев, условий и ограничений, накладываемых на веса [4]. При этом, как правило, требуются дополнительные реализации эталонного и неэталонного дикторов (причём, чем их больше, тем оценки весовых коэффициентов состоятельнее). Также не следует забывать о собственных ошибках методов вычисления весов, которые дополнительно понижают надёжность работы системы верификации.

В этой связи приобретает актуальность задача разработки новых мер различимости  $D$ , которые были бы лишены указанных выше недостатков при сохранении высокой степени достоверности результатов верификации.

Предлагается использовать новую меру различимости двух речевых сигналов для идентификации и верификации личности по голосу применительно к математической модели в виде импульса АМ-колебания с несколькими несущими частотами:

$$D_2 = \sum_{l=1}^L \left( \frac{U_l^{\text{вер}}}{f_0^{\text{вер}}} - \frac{U_l^{\text{эт}}}{f_0^{\text{эт}}} \right)^2. \quad (3)$$

Существенным преимуществом предложенной меры различимости (3), является то, что не

используются весовые коэффициенты. В тоже время в мере (3) присутствует большая чувствительность меры к изменению амплитуд несущих гармоник  $U_l^{\text{вер}}$  относительно  $U_l^{\text{эт}}$ , при этом данная чувствительность связана с зависимостью от частоты основного тона соответственно  $f_0^{\text{вер}}$  и  $f_0^{\text{эт}}$ . Проводя аналогию между мерами (2) и (3), можно сказать, что в мере (2), весовые коэффициенты  $\gamma_l$  являются заданными в неявном виде функциями от существенных параметров речевого сигнала и модели, т.е. для  $\gamma_l = \gamma_l(f_0^{\text{эт}}, U_l^{\text{эт}}, f_0^{\text{вер}}, U_l^{\text{вер}})$  может и не существовать выражения, записанного в аналитическом виде. Представим меру (2) в виде:

$$D_1 = \sum_{l=1}^L \gamma_l \cdot \Delta U_l^2 + \gamma_{L+1} \cdot \Delta f_0^2, \quad (4)$$

где  $\Delta U_l = U_l^{\text{вер}} - U_l^{\text{эт}}$  и  $\Delta f_0 = f_0^{\text{вер}} - f_0^{\text{эт}}$  – соответственно абсолютные рассогласования по амплитуде  $l$ -й гармоники и по частоте основного тона. В данных обозначения мера (3) может быть записана:

$$D_2 = \sum_{l=1}^L \left( \frac{\Delta U_l \cdot f_0^{\text{эт}} - U_l^{\text{эт}} \cdot \Delta f_0}{f_0^{\text{эт}} \cdot (\Delta f_0 + f_0^{\text{эт}})} \right)^2 = \sum_{l=1}^L \left( \frac{1}{(\Delta f_0 + f_0^{\text{эт}})^2} \right) \cdot \Delta U_l^2 + \left( \sum_{l=1}^L \frac{(U_l^{\text{эт}})^2}{(f_0^{\text{эт}})^2 \cdot (\Delta f_0 + f_0^{\text{эт}})^2} \right) \cdot \Delta f_0^2 - \sum_{l=1}^L \frac{2U_l^{\text{эт}}}{f_0^{\text{эт}} \cdot (\Delta f_0 + f_0^{\text{эт}})^2} \cdot \Delta U_l \cdot \Delta f_0. \quad (5)$$

Как видно из сравнения выражений (4) и (5), полного покомпонентного соответствия между мерами не наблюдается из-за наличия перекрёстного слагаемого с произведением двух рассогласований  $\Delta U_l \cdot \Delta f_0$ . К тому же, эквиваленты весовых коэффициентов в мере (5), зависят не только от постоянных для каждой эталонной реализации значений  $U_l^{\text{эт}}$  и  $f_0^{\text{эт}}$ , но и от текущих параметров, отвечающих за отличия по каждому из существенных параметров  $\Delta U_l$  и  $\Delta f_0$ , что не позволяет выразить весовые коэффициенты в виде констант, записанных в явном виде.

Предложенная мера различимости (3) хорошо удовлетворяет практическим требованиям, уменьшаясь при близости существенных параметров модели речевого сигнала эталонного и верифицируемого дикторов и увеличиваясь при их отдалённости.

Отметим, что в предложенной мере различимости (3) присутствует потенциальный недостаток – мера обращается в ноль при выполнении условия:

$$\frac{\Delta U_l}{U_l^{\text{эт}}} = \frac{\Delta f_0}{f_0^{\text{эт}}}, \quad (6)$$

что может ухудшить точность верификации, если условие (6) выполняется для “чужого”. Однако в экспериментах установлено, что вероятность выполнения условий (6) одновременно хотя бы для трёх значений  $l$  с относительной погрешностью менее 1% составила менее 0,1%. То есть, выполнение условия (6) для всех (например, десяти) амплитуд гармоник для реальных речевых сигналов разных дикторов практически невозможно.

Заметим, что предлагаемая мера различимости (3) даёт в подавляющем большинстве случаев результаты идентификации и верификации лучшие по сравнению с мерой (2).

Результаты верификации, проведенной на основе алгоритма при использовании

существенных параметров  $f_0, U_1, \dots, U_{10}$  таковы: для 20 различных дикторов по 10 реализаций у каждого, вероятность ошибки первого рода  $\alpha$  составила 1,5%, при вероятности ошибки второго рода  $\beta$  равной нулю. В тестовом режиме работы системы верификации на основе разработанного алгоритма параметров средняя вероятность ошибки  $P_e = (\alpha + \beta)/2$  не превышала 1%.

Таким образом, предложена мера различимости речевых сигналов для аутентификации личности по голосу, при параметризации вокализованных участков речи на основе модуляционной полигармонической математической модели. Отметим, что практическое применение предложенной меры различимости возможно при построении систем аутентификации на основе математических моделей, разработанных как в рамках детерминированного, так и стохастического подходов.

#### **Список литературы:**

1. Рабинер Л.Р. Цифровая обработка речевых сигналов / Л.Р. Рабинер, Р.В. Шафер. – М.: Радио и связь, 1981. – 496 с.
2. Сорокин В.Н. Фундаментальные исследования речи и прикладные задачи речевых технологий / В.Н. Сорокин // Речевые технологии. – 2008. – № 1. – С. 18–48.
3. Голубинский А.Н. Методика расчета параметров модели речевого сигнала в виде импульса АМ-колебания с несколькими несущими частотами, для случая модуляции суммой гармоник / А.Н. Голубинский // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 4.1. – С. 156–161.
4. Голубинский А.Н. Метод расчета весовых коэффициентов меры различимости речевого сигнала, моделируемого импульсом АМ-колебания с несколькими несущими / А.Н. Голубинский, О.М. Булгаков // Телекоммуникации. – 2010. – № 1. – С. 10–15.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ САУ АЗС С МАГНИТОСТРИКЦИОННЫМИ ПРИБОРАМИ УРОВНЯ

Пчелинцева О.Н., Демин Е.С., Карпухин Э.В., Демин С.Б. (ПГТА, кафедра ЭиЭ, [dstabor@yandex.ru](mailto:dstabor@yandex.ru))

The basic results of research of efficiency of systems of the automatic account of gasoline stations with magnetostrictive devices of level on the basis of methods of mathematical modelling are resulted.

### Введение

В настоящее время в нефтеперерабатывающей отрасли при построении систем автоматического учета автозаправочных станций (САУ АЗС) находят применение электромагнитные, герконовые и магнитострикционные приборы уровня (МПУ). Все перечисленные устройства имеют разные технические, эксплуатационные характеристики и массо-габаритные показатели, поэтому требуют оценки эффективности работы в подобных технических подсистемах АСУТП при выборе их в качестве элементов обратной связи [1–5].

### Математические модели САУ АЗС с МПУ

Для оценки эффективности работы САУ АЗС с МПУ на волнах кручения погружного типа относительно известных преобразователей уровня проведем исследование таких САУ АСУТП, используя метод математического моделирования.

Структурная модель подобной системы с МПУ приведена на рисунке 1, состоящая из ряда моделей типовых передаточных звеньев.

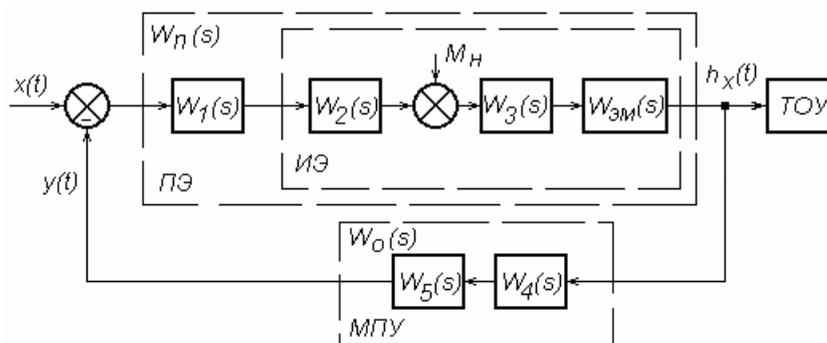


Рисунок 1– Структурная модель САУ АЗС:

$x(t)$ – входное воздействие,  $y(t)$ – реакция по цепи обратной связи,  $M_n$  – момент нагрузки,  $h_x(t)$  – контролируемый уровень технологического объекта управления ТОУ

Преобразовательным элементом ПЭ в такой системе является электронный усилитель мощности с коэффициентом усиления  $K1$ , описываемый передаточной функцией  $W_1(s) = K1$ , где  $s$  – оператор Лапласа.

Исполнительным элементом ИЭ в системе выступает перекачивающий центробежный насос. Он может быть описан в виде передаточных функций  $W_2(s)$ ,  $W_3(s)$ ,  $W_{эм}(s)$  инерционного, запаздывающего звеньев и звена, учитывающего электрические и механические потери. Тогда, разомкнутая САУ АЗС будет описываться моделью передаточной функции:

$$W_n(s) = W_1(s) \cdot W_2(s) \cdot W_3(s) \cdot W_{эм} \quad (1)$$

В обратную цепь системы включен МПУ, который можно представить в виде последовательно включенных колебательного и интегрирующего типовых звеньев с передаточными функциями  $W_4(s)$  и  $W_5(s)$  соответственно. Это позволяет записать модель его передаточной функции в виде:

$$W_o(s) = W_4(s) \cdot W_5(s) \quad (2)$$

Принимая во внимание (1), (2), имеем следующую модель передаточной функции для замкнутой САУ АЗС:

$$W(s) = W_n(s) / (1 + W_n(s) \cdot W_o(s)), \quad (3)$$

позволяя далее провести исследование эффективности управления САУ с МПУ по известным частотным и временным критериям теории автоматического управления и регулирования [6].

Исследования САУ АЗС по частотным критериям проведем по математическим моделям амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) их звеньев, выполнив замену  $s \rightarrow iw$ . В результате имеем значения АЧХ для разомкнутой  $|W_n(iw)|$  и замкнутой  $|W(iw)|$  САУ при разных значениях постоянной времени  $T_n$  преобразователя уровня (рисунок 2).

Результаты моделирования показывают, что введение контура обратной связи приводит к уменьшению коэффициента  $K$  усиления САУ АЗС, плавности регулирования, положительно отражаясь на качестве работы системы.

Статическая точность позиционирования уровня  $h_x(t)$  ГОУ определяется метрологическими характеристиками преобразователей уровня и неравномерностью АЧХ САУ АЗС.

Исследования  $|W(iw)|$  САУ АЗС с МПУ для диапазона преобразования  $h_x = 0.5 - 14.0 м$  и значений  $T_n = 0.001 - 0.05 с$  показывают отсутствие неравномерности АЧХ на частоте среза системы  $w_o = 57.2 Гц$  при постоянной нагрузке  $M_n$  (рисунок 3).

Как следует из графиков рисунка 3 с ростом значений  $T_n = 0.05 - 0.1 с$  МПУ нарастает инерционность в начальной стадии процесса регулирования без изменения резонансной частоты  $w_o$  САУ АЗС и ее усилительных свойств. На основании этого можно утверждать об устойчивости исследуемой системы, имеющей 2-й порядок, и целесообразности использования МПУ на падающих и отраженных волнах кручения относительно других типов приборов уровня, которые имеют более высокие значения показателя  $T_n$  [1,2].

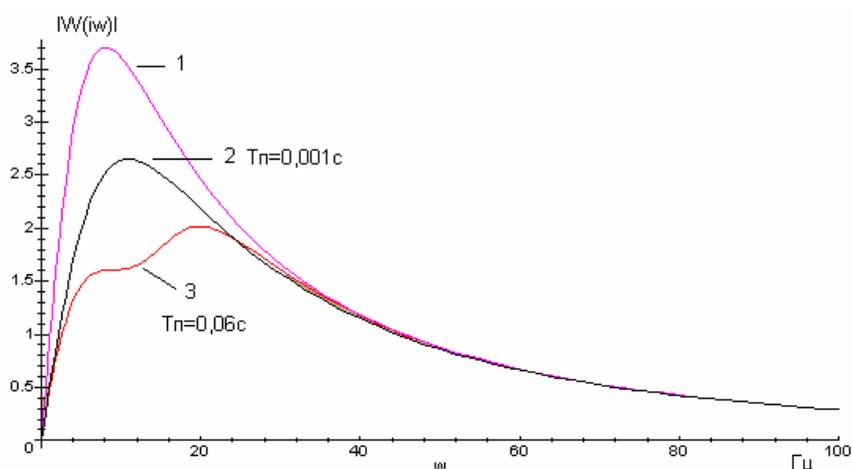


Рисунок 2– Модели АЧХ разомкнутой (1) и замкнутой (2) САУ АЗС

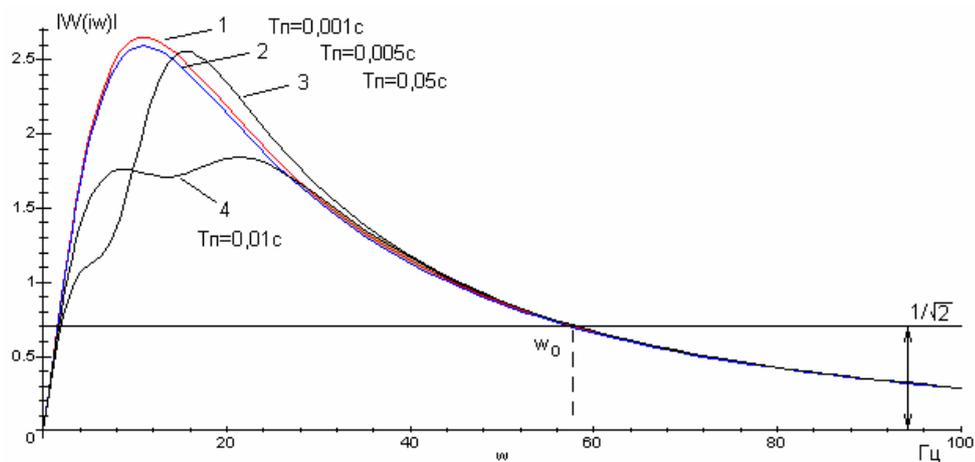


Рисунок 3– Модели АЧХ замкнутой САУ АЗС при разных значениях  $T_n$

К важнейшим критериям качества САУ относятся такие показатели, как эффективность управления и собственно управляемость САУ [6,7]. Они отражают способность автоматизированной системы обрабатывать управляющий сигнал  $x(t)$  при заданной точности слежения за уровнем  $h_x(t)$ , влиянии моментов нагрузки  $M_n$ , инерционности и гистерезисе исполнительных и регистрирующих элементов системы.

Эффективность управления САУ АЗС с МПУ определяется по известному коэффициенту эффективности управления (рисунок 4) и показывает, что с уменьшением значений  $T_n$  прибора уровня, ее эффективность возрастает. Этому критерию отвечают МПУ на волнах кручения, относящиеся к ультразвуковым устройствам.

Управляемость САУ АЗС, как прямой показатель эффективности, оценивают по коэффициенту управляемости [3,6,7] с использованием моделей АЧХ для замкнутой системы  $|W(i\omega)|$  (рисунок 5).

Результаты исследований показывают, что управляемость автоматизированной системы АЗС с МПУ на частотах  $\omega = 2.0 - 45.0 \text{ Гц}$  высокая и имеет тенденцию увеличиваться с уменьшением значений постоянной времени  $T_n$  преобразователя уровня.

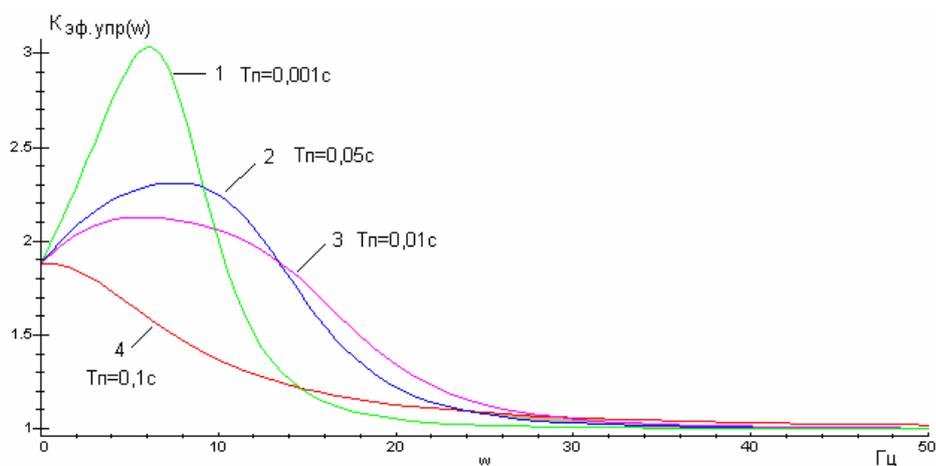


Рисунок 4– Влияние  $T_n$  на показатели  $K_{\text{эф.упр}}$  САУ

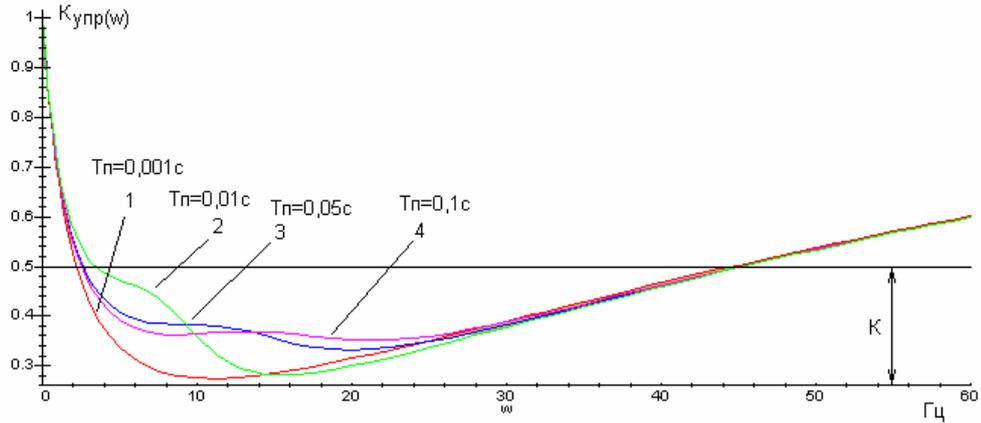


Рисунок 5– Управляемость САУ АЗС при разных значениях  $T_n$

Решая задачу оптимизации САУ АЗС с МПУ следует оценить качество ее работы во временной области, т.е. по качеству переходного процесса [6]. Для этого представим выражения (1)–(3) в виде переходных характеристик системы, выполнив переход во временную область через замену  $\omega = 2\pi / T$ , где  $T$  – период сигнала. Отсюда имеем математические модели для передаточных характеристик для разомкнутой  $h_n(t)$  и замкнутой  $h(t)$  САУ АЗС:

$$h_n(t) = h_1(t) \cdot h_2(t) \cdot h_3(t) \cdot h_{эм}(t), \quad h(t) = h_n(t) \cdot [1 + h_n(t) \cdot h_o(t)]^{-1}. \quad (4)$$

Исследования моделей переходных характеристик САУ АЗС с МПУ (4) показывают нелинейно возрастающий процесс на ступенчатое воздействие  $x(t)$  с временем успокоения  $t_{усп} = 0.1 - 0.2c$  и временем запаздывания  $t_{зан} = 0.001 - 0.02c$  (рисунок 6).

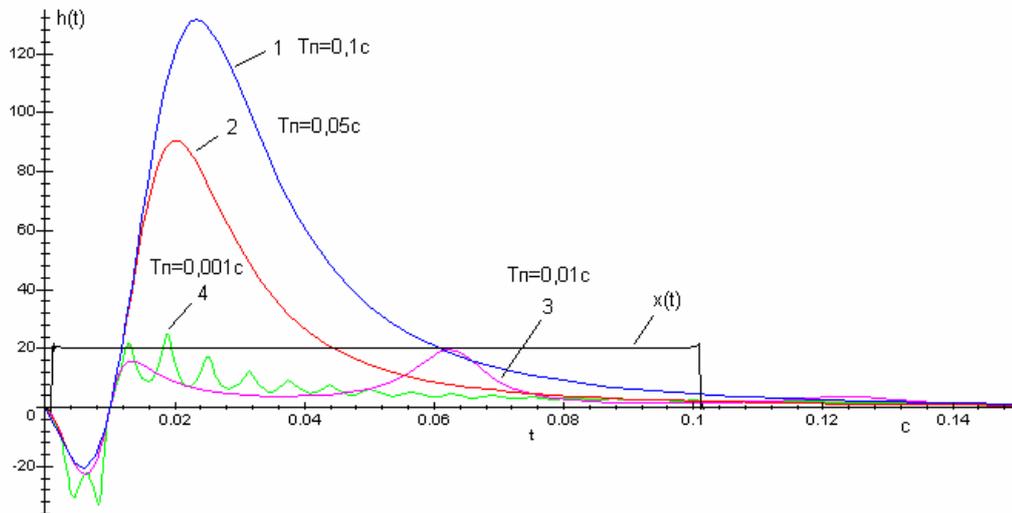


Рисунок 6– Влияние  $T_n$  на форму переходной характеристики  $h(t)$  САУ АЗС

В системе полностью отсутствуют колебательные процессы, что позволяет говорить о ее устойчивости на возмущающие воздействия  $x(t)$ . Время успокоения  $t_{усп}$  несколько возрастает с увеличением значения постоянной времени  $T_n$  преобразователя уровня.

## **Заключение**

Таким образом, повышение эффективности и качества управления и регулирования систем автоматизированного учета АЗС достигается за счет уменьшения времени переходных процессов в системе и повышения разрешающей способности преобразователя уровня. Этим подтверждается целесообразность использования в подобных системах магнитострикционных приборов уровня [3-5], которые имеют высокую разрешающую способность, точность и быстродействие, малое энергопотребление и себестоимость изготовления.

### **Список литературы:**

1. *Бабилов О.И.* Ультразвуковые приборы контроля.– Л.: Машиностроение, 1985.– 117 с.
2. *Конюхов Н.Е.* Электромагнитные датчики механических величин/ Н.Е.Конюхов, Ф.М.Медников, М.Л. Нечаевский.– М.: Машиностроение, 1987.– 256 с.
3. *Демин С.Б.* Магнитострикционные системы для автоматизации технологического оборудования.– Пенза, Изд-во ИИЦ ПГУ, 2002.– 182 с.
4. *Патент RU №2310174, G01F23/28.* Ультразвуковой уровнемер/ С.Б.Демин, И.А.Демина, О.Н. Пчелинцева// БИ№31-2007.
5. *Патент RU №2319935, G01F23/28.* Магнитострикционный уровнемер/ С.Б.Демин, И.А.Демина, О.Н. Пчелинцева// БИ№8-2008.
6. *Егоров К.В.* Основы теории автоматического регулирования.– М.: Энергия, 1967.– 648 с.
7. *Касаткин А.С.* Эффективность автоматизированных систем контроля. – М.: Энергия, 1975.– 88 с.

## ПАРАМЕТРЫ БЕЗОПАСНОСТИ В МНОГОУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА

**Жукабаева Т.К., Умбетов У.У.** (Казахстан г.Шымкент Южно-Казахстанский Государственный Университет им.М.Ауезова, *tamara\_kokenovna@mail.ru*)

Multilevel security (abbreviated as MLS) is the application of a computer system to process information with different sensitivities (i.e., at different security levels), permit simultaneous access by users with different security clearances and needs-to-know, and prevent users from obtaining access to information for which they lack authorization. MLS allows easy access to less-sensitive information by higher-cleared individuals, and it allows higher-cleared individuals to easily share sanitized documents with less-cleared individuals. A sanitized document is one that has been edited to remove information that the less-cleared individual is not allowed to see.

В информационных системах, особенно правительственных, в которых хранится и обрабатывается критичная информация, политика безопасности основывается на многоуровневой политике безопасности (МПБ). Многоуровневая политика безопасности принята всеми развитыми государствами мира. В конце 70-х годов, когда были разработаны первые модели многоуровневого управления доступом в информационных системах, разработчики систем защиты информации пришли к выводу, что для больших, сложных систем именно подобного рода модели больше подходят для применения на практике [2]. Основное назначение полномочной политики безопасности, базирующейся на многоуровневой мандатной модели разграничения доступа, заключается в регулировании доступа субъектов системы к объектам с различным уровнем критичности и предотвращении утечки информации с верхних уровней должностной иерархии на нижние, а также блокировании возможного проникновения с нижних уровней на верхние. Полномочное управление доступом подразумевает, что:

- все субъекты и объекты системы, подлежащие защите, должны быть однозначно идентифицированы;
- каждому объекту системы присвоена метка критичности, определяющая ценность содержащейся в нем информации;
- каждому субъекту системы присвоен уровень прозрачности, определяющий максимальное значение метки критичности объектов, к которым субъект имеет доступ.

Если описывать политику разграничения доступа некоторой организации в форме высокоуровневых спецификаций разграничения доступа, то, прежде всего, необходимо определить параметры безопасности, которые определяют свойства субъектов и объектов защиты организации, а также разрешенные операции субъектов системы над объектами.

Многоуровневая защита баз информации строится обычно на основе модели Белл-ЛаПадула (Bell-LaPadula), которая предназначена для управления субъектами, т. е. активными процессами, запрашивающими доступ к информации, и объектами, т. е. файлами, представлениями, записями, полями или другими сущностями данной информационной модели [3]. Основой многоуровневой политики является решетка ценностей. Пусть между двумя произвольными объектами  $X$  и  $Y$  имеется информационный поток от  $X$  к  $Y$ , где  $X$  - источник,  $Y$  - получатель информации. Если  $c(Y) > c(X)$ , то это означает, что  $Y$  - более ценный объект, чем  $X$ .

Политика MLS считает информационный поток от  $X$  к  $Y$  разрешенным тогда и только тогда, когда  $c(Y) > c(X)$ , т.е.  $Y$  секретнее чем  $X$ .

Таким образом, МПБ имеет дело с множеством информационных потоков в системе и делит их на разрешенные и неразрешенные очень простым условием. Однако эта простота касается информационных потоков, которых в системе огромное количество. Поэтому приведенное выше определение неконструктивно. В современных системах защиты МПБ реализуется через мандатный контроль. Мандатный контроль еще называют обязательным, так как его проходит каждое обращение субъекта к объекту, если субъект и объект находятся под защитой системы безопасности. Организуется мандатный контроль следующим образом.

Цель МПБ в сохранении секретности информации. Вопросы целостности при помощи этой политики не решаются или решаются как побочный результат защиты секретности. Вместе с тем, они могут быть противоречивы. Модель Белл-ЛаПадула - это одна из первых моделей политики безопасности - и впоследствии наиболее часто используемой. Она была разработана для обоснования безопасности систем, использующих многоуровневую политику безопасности. Она построена для обоснования безопасности систем, использующих политику MLS. Когда процесс записывает информацию в файл, класс доступа которого меньше, чем класс доступа процесса, имеет место так называемый процесс записи вниз. Ограничение, направленное на исключение нисходящей записи получило в модели Белл-ЛаПадула название свойства ограничения.

Модель Б-Л имеет два основных свойства:

- свойство простой безопасности (ss-свойство): субъект может только читать объект, если класс доступа субъекта доминирует под классом доступа объекта. Другими словами, субъект может читать "вниз", но не может читать "вверх";
- свойство ограничения (\*-свойство): субъект может только записать в объект, если класс доступа субъекта доминируется классом доступа объекта. Субъект может записывать "вверх", но не может записать "вниз".

Таким образом, при записи информационный поток опять не может быть направлен вниз. Исключение возможно только для доверенных субъектов, которым разрешено строить информационный поток вниз. При этом доверенность субъекта означает безопасность такого потока вниз (поэтому эти потоки считаются разрешенными). Сказанное выше означает, что безопасное состояние модели Белл-ЛаПадула поддерживает многоуровневую политику.

Таким образом, можно обобщая политику Б-Л можно отметить, что процесс не может ни читать объект с высшим классом доступа (свойство простой безопасности), ни записать объект с низшим классом доступа (свойство ограничения).

Управление доступом в модели Белл-ЛаПадула происходит с использованием матрицы управления доступом или меток безопасности во взаимосвязи с правилами простой безопасности и свойства ограничения.

В дополнение к имеющимся режимам доступа чтения и записи модель включает режимы добавления, исполнения и управления - причем последний определяет, может ли субъект передавать другим субъектам права доступа, которыми он обладает по отношению к объекту. Управление при помощи меток безопасности усиливает ограничение предоставляемого доступа на основе сравнения атрибутов класса доступа субъектов и объектов. В модели Белл-ЛаПадула определено около двадцати функций, выполняемых при модификации компонентов матрицы доступа, при запросе и получении доступа к объекту, создании и удалении объектов: при этом для каждой функции доказываемся сохранение ею, в соответствии с определением, безопасного состояния. В качестве управляющего звена, в модели вводится понятие органа авторизации, цель которого - управление авторизацией пользователей. В качестве основы для доверительной модели принимается, что центр авторизации имеет высший приоритет и обладает всеми правами на авторизацию

пользователей и заслуживает полного доверия. Центр авторизации является органом, в котором хранятся в защищенном виде пароли доступа к данным, находящимся на серверах системы. В системе используется только один ключ шифрования для информации определенного уровня секретности. Это означает, что сервер использует по одному ключу для шифрования каждого уровня секретности, т.е., если в системе существует 4 уровня доступа, то используется 4 ключа - по одному для каждого уровня. При этом, на сервере ключи как таковые не хранятся, а формируются в момент обращения к данным. На рис. 1 представлена концептуальная схема протокола.

Предполагается, что предварительно участники системы становятся клиентами инфраструктуры с открытыми ключами и получают сертификаты публичных ключей (на рисунке эти связи выделены прерывистой линией).

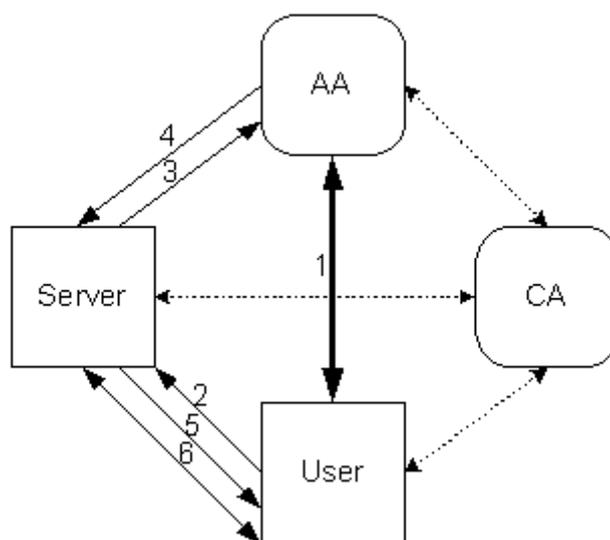


Рис.1. Концептуальная схема криптографического протокола безопасности реализации мандатной политики доступа

1. На первом этапе пользователь обращается к центру авторизации, аутентифицируется, осуществляет передачу (на основе открытого распределения ключей Диффи-Хеллмана) ключа шифрования, который он будет использовать для доступа к зашифрованным данным. После аутентификации и получения сеансового ключа, центр авторизации принимает в качестве базового ключ, полученный при открытом распределении ( $K_1$ ), и генерирует вторые части ключей для каждого уровня доступа к которому пользователь имеет доступ ( $K_{11}$ ,  $K_{12}$ ,  $K_{13}$  и т.п.) на основе операций над  $K$  и  $K_1$ . Далее центр авторизации формирует на основе таблицы уровней доступа и сгенерированных ключей билет авторизации, в котором указываются все необходимые атрибуты безопасности [1].

Таким образом, есть возможность реализовать мандатную политику безопасности, шифровать информацию, и при этом администратор безопасности системы имеет возможность управлять доступом в любой момент времени.

На практике очень часто необходимо управлять доступом не только горизонтально, но и вертикально (т.е., когда информация разделяется на эшелонах - например, по направлениям деятельности). В таком случае, модель легко может быть расширена с учетом подобного рода требований. В таком случае, пользователь, для реализации сеанса будет

использовать один ключ, в билетах авторизации будут зашифрованы соответствующие половины ключей для доступа к информации, соответствующей уровню доступа пользователя, соответствующих эшелонов [4].

Целью предложенной модели - реализация управления доступом к зашифрованной, конфиденциальной информации с обеспечением аутентичности пользователей на основе применения криптографических аутентификаторов, без компрометации ключей шифрования информации. Главное достоинство модели - обеспечение сквозной аутентичности субъектов и возможность гибкого управления ключами шифрования системы.

Реализацию предложенной модели многоуровневого управления доступом можно применить в государственных информационных системах, где доступ

Достоинства модели.

1. облегчается управление правами доступа в соответствии с правилами МПД.
2. ключ шифрования находится в открытом виде только в памяти сервера при реализации криптографических функций.
3. Аутентичность пользователей проверяется не на основе логических выводов, а применением криптографических функций, сила которых только в надежности хранения ключей.

Применяемость. Предложенная модель может применяться в любых информационных системах, как коммерческих, так и государственных, подверженных повышенному риску и функционирование которых основывается на МПД. Предлагаемая процедура разграничения доступа с применением условий Белла и Лападула может быть применена для систем управления государственными органами с древовидной структурой субъектов и объектов защиты информации.

Полученные результаты с успехом могут быть применимы в государственных и бизнес структурах, в которых функционирует информация различной степени чувствительности.

#### **Список литературы:**

1. *Bell D.E., La Padula L.J.* Secure computer system: mathematical foundations. MTR - 2547, vol.I, MITRE Corp., March 1973.
2. PKCS #7: Cryptographic Message Syntax Standard. An RSA Laboratories Technical Note Version 1.5. Revised November 1, 1993.
3. Schokley W., Schell R. 1987. TCB subsets for incremental evaluation. AIAA/ASIS/IEEE third aerospace computer security conference: Applying Technology to Systems. 131-139. W.D.C.: American Institute of Aeronautics and Astronautics3.
4. *Бияшев Р.Г., Горковенко Е.В.* Обеспечение многоуровневой защиты в информационных и вычислительных системах.// Материалы международной конференции «Развитие информационных технологий в высшей школе», Казахский национальный университет им. аль-Фараби: - Алматы, Казак университети, 2003, с.247-253

## СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ МЕТОДОМ МАТРИЧНЫХ ОПЕРАТОРОВ\*<sup>†</sup>

Корнюшин Ю.П., Акименко Д.А., Корнюшин П.Ю. (г. Калуга, Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Системы автоматического управления», e-mail: *thero-land@yandex.ru*)

**Abstract.** In given article is considered the decision of return problems of dynamics in particular a problem of definition of numerical values of parameters nonlinear a control system. Use of a method of matrix operators allows to reduce an initial problem to a problem of parametrical optimization on set of admissible values of required parameters.

**Введение.** Достаточно часто структура системы и алгоритм ее функционирования являются заданными, однако, на имеющихся элементах она не обеспечивает требуемое качество работы. Обеспечить необходимое качество работы можно путем введения в систему регуляторов (корректирующих устройств) с заданной структурой. Отсюда возникает задача синтеза регуляторов. Ее можно отнести к классу задач нелинейного программирования, поскольку на параметры регулятора, на управление, на выходные сигналы могут накладываться ограничения.

Линейные, например, ПИД-регуляторы не всегда могут обеспечить необходимое качество управления даже для линейных объектов. Поэтому важной является задача синтеза именно нелинейных регуляторов, структура которых определена заранее. В настоящее время единых конструктивных алгоритмов для решения данной задачи не существует. В работе рассматривается один из возможных подходов решения задачи, основанный на использовании аппарата матричных операторов [1]. Особенностью матричных операторов является то, что они могут быть эффективно применены для решения задач как с линейными и нелинейными объектами управления, так и с линейными и нелинейными регуляторами, обеспечивая высокую точность вычислений при простоте алгоритмизации.

**Постановка задачи.** Задан объект, описываемый уравнением вида

$$x^{(n)}(t) + \sum_{i=0}^{n-1} a_i(t) \frac{d^i}{dt^i} x(t) = \sum_{i=0}^m b_i(t) \frac{d^i}{dt^i} u_f(t), \quad (1)$$

требуется синтезировать регулятор, описываемый уравнениями

$$\begin{cases} u^{(l)}(t) + \sum_{i=0}^{l-1} c_i \frac{d^i}{dt^i} u(t) = \sum_{i=0}^k d_i \frac{d^i}{dt^i} \varepsilon(t), & l > k, \\ u_f(t) = F(u(t)). \end{cases} \quad (2)$$

Вид нелинейности  $F(u(t))$  определяет конструктор регулятора, исходя из его функционального назначения.

Необходимо, чтобы регулятор обеспечивал системе требуемые динамические качества, заданные эталонным сигналом. То есть задача состоит в определении вектора параметров регулятора  $P = [c_0 \dots c_{l-1} d_0 \dots d_k]$ .

Структурная схема соответствующей системы, представлена на рис. 1.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 09-08-00872).

† Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области (грант № 09-01-97506)

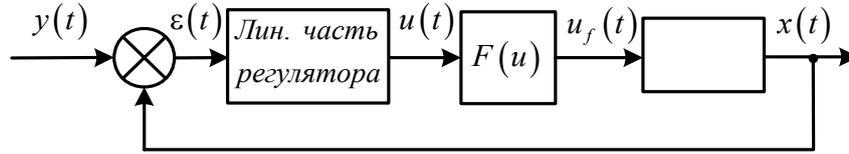


Рис. 1

**Алгоритм решения.** Для того чтобы воспользоваться аппаратом матричных операторов перейдем вначале от дифференциальной формы описания объекта и линейной части регулятора к интегральной форме

$$x(t) + \int_0^T K_x(t, \tau)x(\tau)d\tau = \int_0^T K_{u_f}(t, \tau)u_f(\tau)d\tau, \quad (3)$$

$$u(t) + \int_0^T K_u(t, \tau, P)u(\tau)d\tau = \int_0^T K_\varepsilon(t, \tau, P)\varepsilon(\tau)d\tau, \quad (4)$$

где

$$K_x(t, \tau) = 1(t-\tau) \sum_{v=0}^{n-1} \frac{(-1)^v}{(n-1)!} \frac{d^v}{d\tau^v} [a_v(\tau)(t-\tau)^{n-1}]$$

Ядра  $K_u(t, \tau)$ ,  $K_{u_f}(t, \tau)$  и  $K_\varepsilon(t, \tau, P)$  имеют ту же структуру, что и выше приведенное ядро.

Для перехода к спектральной форме (с использованием матричных операторов) представим сигналы  $x(t)$ ,  $u(t)$ ,  $u_f(t)$  и  $\varepsilon(t)$  в виде конечномерного разложения по заданному ортонормированному базису  $\Phi = \{\varphi_i(t) : i = \overline{1, N}, t \in [t_0, T]\}$ :

$$x(t) = \Phi^T(t)C^x, \quad u(t) = \Phi^T(t)C^u, \quad u_f(t) = \Phi^T(t)C^{u_f}, \quad \varepsilon(t) = \Phi^T(t)C^\varepsilon,$$

$$\text{где } \Phi(t) = [\varphi_1(t) \varphi_2(t) \dots \varphi_N(t)]^T.$$

Спектральные характеристики  $C^x$ ,  $C^u$ ,  $C^{u_f}$ ,  $C^\varepsilon$  имеют вид

$$C^x = [c_1^x \ c_2^x \ \dots \ c_N^x]^T, \quad C^u = [c_1^u \ c_2^u \ \dots \ c_N^u]^T, \quad C^{u_f} = [c_1^{u_f} \ c_2^{u_f} \ \dots \ c_N^{u_f}]^T, \quad C^\varepsilon = [c_1^\varepsilon \ c_2^\varepsilon \ \dots \ c_N^\varepsilon]^T,$$

$$c_j^x = \int_{t_0}^T x(t)\varphi_j(t)dt, \quad c_j^u = \int_{t_0}^T u(t)\varphi_j(t)dt \quad j = \overline{1, N}.$$

Тогда спектральная форма, соответствующая уравнениям (1), (2) может быть представлена следующим образом

$$C^x = A_1 C^{u_f}, \quad (5)$$

$$C^u = A_2(P) C^\varepsilon, \quad (6)$$

$$\Phi^T(t)C^{u_f} = F(\Phi^T(t)C^u),$$

где матричные операторы  $A_1$ ,  $A_2(P)$  определяются следующим образом

$$A_1 = (I + A_x)^{-1} B_{u_f}, \quad A_2(P) = (I + A_u(P))^{-1} B_\varepsilon(P).$$

$\mathbf{A}_x$ , и  $\mathbf{B}_{u_f}$  спектральные характеристики ядер  $K_x(t, \tau)$ ,  $K_u(t, \tau)$ , а  $\mathbf{A}_u(P)$  и  $\mathbf{B}_\varepsilon(P)$  – ядер  $K_u(t, \tau, P)$ ,  $K_\varepsilon(t, \tau, P)$  соответственно.

Поскольку известен эталонный выходной сигнал и задан входной (соответственно и сигнал  $\varepsilon(t)$ ), то можно сформировать следующие невязки между левыми и правыми частями уравнений (5) и (6):

$$\begin{cases} \mathbf{E}(\mathbf{C}^u) = \mathbf{C}^{x_y} - \mathbf{A}_1 \mathbf{C}^u, \\ \mathbf{E}(P, \mathbf{C}^u) = \mathbf{C}^u - \mathbf{A}_2(P) \mathbf{C}^\varepsilon. \end{cases} \quad (7)$$

Уравнения (7) описывает линейную часть системы. Для нелинейного элемента справедливо соотношение

$$\Phi^T(t) \mathbf{C}^{u_f} = F(\Phi^T(t) \mathbf{C}^u).$$

Данное соотношение можно рассматривать как ограничение типа равенства для критерия оптимальности, сформированного на основе невязок (7) и имеющего вид

$$J(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) = \left[ \mathbf{E}^T(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) \cdot \mathbf{E}(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) \right],$$

$$\text{где } \mathbf{E}(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) = \left[ \mathbf{E}_1^T(\mathbf{C}^{u_f}) \quad \mathbf{E}_2^T(P, \mathbf{C}^u) \right]^T.$$

Целевую функцию данной оптимизационной задачи можно представить в данном случае в виде функции Лагранжа

$$Lag(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) = \left[ \mathbf{E}^T(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) \cdot \mathbf{E}(P, \mathbf{C}^u, \mathbf{C}^{u_f}) \right] + \lambda \left( \Phi^T(t) \mathbf{C}^{u_f} - F(\Phi^T(t) \mathbf{C}^u) \right). \quad (8)$$

Таким образом, исходная задача сводится к поиску минимума целевой функции (8) на множестве допустимых числовых значений искомых параметров  $P$ .

**Пример.** В качестве примера реализации рассмотренного метода решена задача определения числовых значений регулятора системы, представленной на рис. 2 (здесь  $a = b = 0,5$ ).

В качестве эталонного сигнала рассматривался процесс на выходе системы, описываемой уравнением

$$0,01 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + 0,5 \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = y(t).$$

Начальные значения искомых параметров:  $k_u = k_d = k_n = 0,1$ ; значения коэффициентов спектральных характеристик сигналов на входе и выходе нелинейного элемента соответственно равны единице и нулю (ортонормированный базис  $\Phi(t)$  – блочно-импульсные функции).

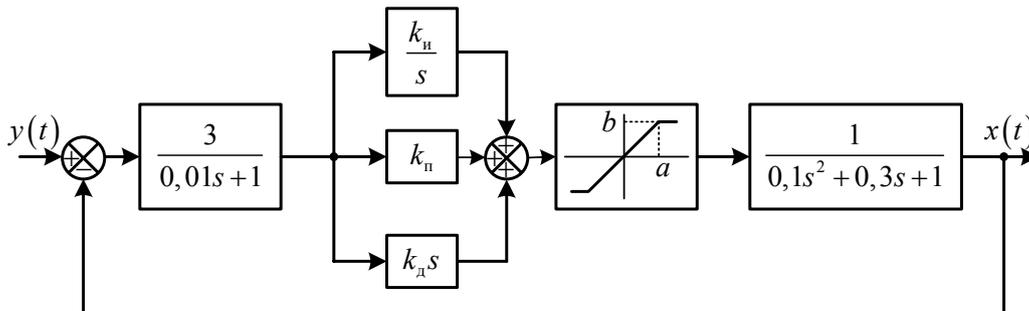


Рис. 2

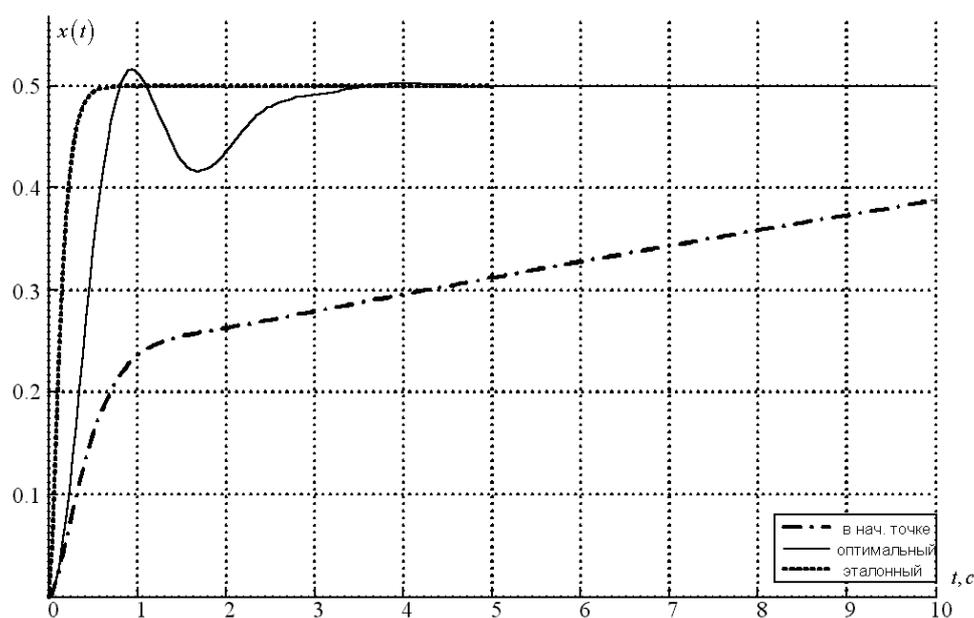


Рис. 3

В результате минимизации целевой функции (8) найдены следующие оптимальные значения искомых параметров (точность расчета –  $1 \cdot 10^{-4}$ ):

$$k_{\text{н}} = 0,0338; k_{\text{д}} = 8,743 \cdot 10^{-4}; k_{\text{п}} = 0,2067.$$

Значение целевой функции при оптимальных значениях параметров – 0,4798 (в стартовой – 13,363).

Графики выходных процессов для исходной системы, системы с синтезированным регулятором, и эталонного выходного сигнала, представлены на рис. 3.

Данный подход можно распространить на решение задачи синтеза линейных и нелинейных регуляторов, в том числе и для нелинейных объектов управления. В последнем случае дополнительно кроме указанного математического аппарата необходимо использовать линеаризацию Ньютона-Канторовича, либо строить целевую функцию в форме Лагранжа с ограничениями, учитывающими нелинейные характеристики объекта управления. Кроме того, синтез как линейных, так и нелинейных регуляторов можно выполнять и в статистической постановке: определение числовых значений изменяемых параметров системы и статистических характеристик входного случайного процесса с учетом ограничений из условия реализации на выходе случайного процесса с требуемыми статистическими характеристиками.

## Список литературы

1. Матричные методы расчета и проектирования сложных систем автоматического управления для инженеров / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 664 с.

## ПРОЕКЦИОННО-МАТРИЧНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ\*

Корнюшин Ю.П., Мельников Д.В., Егупов Н.Д. (г. Калуга, Калужский филиал МГТУ им.  
Н.Э. Баумана, каф. «Системы автоматического управления», E-mail: theroland@yandex.ru)

Recently ever more attention is given to management of systems with the distributed parameters - systems, whose mathematical models are described by the differential equations in private derivative or systems of such equations. In present clause is shown, that the projective - matrix device allowing to decide tasks of management for the concentrated systems it is possible to apply and to systems with the distributed parameters in a class of linear and nonlinear systems.

В последнее время все больше внимание уделяется управлению системами с распределенными параметрами – системами, чьи математические модели описываются дифференциальными уравнениями в частных производных или системами таких уравнений. В настоящей статье показывается, что проекционно-матричный аппарат позволяющий решать задачи управления для сосредоточенных систем [1] можно применять и к системам с распределенными параметрами в классе линейных и нелинейных систем. Не снижая общности, рассмотрим системы, зависящие от двух переменных  $t, z$ , модель которых описывается уравнением на прямоугольной области  $S = [t_0, t_k] \times [z_0, z_k]$ .

Пусть стоит задача исследовать нелинейную систему, описываемую уравнением

$$a_{11}(t, z) \frac{\partial^2 x(t, z)}{\partial t \partial z} + a_{10}(t, z) \frac{\partial x(t, z)}{\partial t} + a_{01}(t, z) \frac{\partial x(t, z)}{\partial z} + a_{00}(t, z) x(t, z) + F(x(t, z)) = y(t, z) \quad (1)$$

где  $x(t, z)$  – выходной сигнал системы;  $y(t, z)$  – входное воздействие;  $t$  – время;  $z$  – координата. Будем считать переменные  $t$  и  $z$  равнозначными, а налагаемые на систему дополнительные условия называть краевыми условиями. Будем также полагать, что краевые условия заданы так, что уравнение (1) имеет единственное решение — дважды непрерывно дифференцируемую функцию двух переменных  $x(t, z)$  удовлетворяющую как уравнению (1), так и краевым условиям, т.е. считать постановку краевой задачи корректной.  $F(x(t, z)) = x^H(t, z)$  -- некоторая нелинейность. Заданы краевые условия:

$$x(t_0, z) = \alpha(z), z \in [z_0, z_k]; x(t, z_0) = \beta(t), t \in [t_0, t_k].$$

Интегрируя (1) по переменным  $t$  и  $z$  перейдем к интегральному уравнению 2-го рода

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области (грант № 09-01-97506)

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 09-08-00872).

$$\begin{aligned}
 & \int_{t_0}^t \frac{\partial x(\tau, \xi)}{\partial \tau} \Big|_{z_0}^z d\tau + \int_{z_0}^z a_{10}(\tau, \xi) x(\tau, \xi) \Big|_{t_0}^t d\xi - \int_{z_0}^z \int_{t_0}^t \frac{\partial a_{10}(\tau, \xi)}{\partial \tau} x(\tau, \xi) d\tau d\xi + \\
 & \int_{t_0}^t a_{01}(\tau, \xi) x(\tau, \xi) \Big|_{z_0}^z d\tau - \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z \frac{\partial a_{01}(\tau, \xi)}{\partial \xi} x(\tau, \xi) d\xi d\tau + \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z a_{00}(\tau, \xi) x(\tau, \xi) d\xi d\tau + \\
 & \quad + \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z F(x(t, z)) d\xi d\tau = \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z y(\tau, \xi) d\xi d\tau. \\
 & x(t, z) - x(t, z_0) - x(t_0, z) + x(t_0, z_0) + \int_{z_0}^z a_{10}(t, \xi) x(t, \xi) d\xi - \int_{z_0}^z a_{10}(t_0, \xi) x(t_0, \xi) d\xi - \\
 & \quad - \int_{z_0}^z \int_{t_0}^t \frac{\partial a_{10}(\tau, \xi)}{\partial \tau} x(\tau, \xi) d\tau d\xi + \int_{t_0}^t a_{01}(\tau, z) x(\tau, z) d\tau - \int_{t_0}^t a_{01}(\tau, z_0) x(\tau, z_0) d\tau - \\
 & \quad - \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z \frac{\partial a_{01}(\tau, \xi)}{\partial \xi} x(\tau, \xi) d\xi d\tau + \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z a_{00}(\tau, \xi) x(\tau, \xi) d\xi d\tau + \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z F(x(t, z)) d\xi d\tau = \int_{t_0}^t \int_{z_0}^z y(\tau, \xi) d\xi d\tau.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Раскладывая функции в уравнении (2) по двумерному ортонормированному базису (ОНБ)

$$\Phi(t) \times \Phi^T(z) = [\varphi_1(t) \ \varphi_2(t) \ \dots \ \varphi_{l_t}(t)]^T \times [\varphi_1(z) \ \varphi_2(z) \ \dots \ \varphi_{l_z}(z)], \tag{3}$$

и заменяя, каждый оператор в пространстве функций на соответствующие матричные операторы интегрирования по переменным  $t$  и  $z$ , которые обозначим как  $\mathbf{A}_n$  с соответствующим верхним индексом соответственно, и оператора умножения  $\mathbf{A}_y$  можно записать исходное уравнение в операторной форме

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{C}^{x(t,z)} - \mathbf{C}^{x(t,z_0)} - \mathbf{C}^{x(t_0,z)} + \mathbf{C}^{x(t_0,z_0)} + \mathbf{A}_n^{zI} \mathbf{A}_y^{a_{10}(t,z)} \mathbf{C}^{x(t,z)} - \mathbf{A}_n^{zI} \mathbf{A}_y^{a_{10}(t_0,z)} \mathbf{C}^{x(t_0,z)} - \\
 & \quad - \mathbf{A}_n^{zt} \mathbf{A}_y^{\partial a_{10}(t,z)/\partial t} \mathbf{C}^{x(t,z)} + \mathbf{A}_n^{tI} \mathbf{A}_y^{a_{01}(t,z)} \mathbf{C}^{x(t,z)} - \mathbf{A}_n^{tI} \mathbf{A}_y^{a_{01}(t,z_0)} \mathbf{C}^{x(t,z_0)} - \\
 & \quad - \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{A}_y^{\partial a_{01}(t,z)/\partial z} \mathbf{C}^{x(t,z)} + \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{A}_y^{a_{00}(t,z)} \mathbf{C}^{x(t,z)} + \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{C}^{x^h(t,z)} = \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{C}^{y(t,z)},
 \end{aligned} \tag{4}$$

где  $\mathbf{C}^{x(t,z)}$ ,  $\mathbf{C}^{y(t,z)}$  – спектральные характеристики выходного сигнала и входного воздействия,  $\mathbf{C}^{x^h(t,z)}$  – спектральная характеристика сигнала на выходе нелинейного звена. Следует отметить, что спектральные характеристики функций двух переменных представляют собой вектор-столбцы из последовательности строк матриц коэффициентов разложения размерностью  $l_t \cdot l_z \times 1$ , где  $l_t$ ,  $l_z$  – количество базисных функций в разложении по переменным  $t$ ,  $z$  соответственно. Все матричные операторы действуют на столбцах такой размерности.

Перепишем (4) следующим образом

$$\mathbf{A}^x \mathbf{C}^{x(t,z)} + \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{C}^{x^h(t,z)} = \mathbf{A}^y \mathbf{C}^{y(t,z)} + \mathbf{C}^{x_0}, \tag{5}$$

где  $\mathbf{A}^x = \mathbf{I} + \mathbf{A}_n^{zI} \mathbf{A}_y^{a_{10}(t,z)} - \mathbf{A}_n^{zt} \mathbf{A}_y^{\partial a_{10}(t,z)/\partial t} + \mathbf{A}_n^{tI} \mathbf{A}_y^{a_{01}(t,z)} - \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{A}_y^{\partial a_{01}(t,z)/\partial z} + \mathbf{A}_n^{tz} \mathbf{A}_y^{a_{00}(t,z)}$ ,  $\mathbf{A}^y = \mathbf{A}_n^{tz}$ ,  $\mathbf{C}^{x_0} = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^{tI} \mathbf{A}_y^{a_{01}(t,z_0)}) \mathbf{C}^{x(t,z_0)} + (\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^{zI} \mathbf{A}_y^{a_{10}(t_0,z)}) \mathbf{C}^{x(t_0,z)} - \mathbf{C}^{x(t_0,z_0)}$ ,  $\mathbf{A}^x$ ,  $\mathbf{A}^y$ ,  $\mathbf{C}^{x_0}$  – спектральные характеристики соответственно инерционной части, форсирующей частей и краевых условий системы,  $\mathbf{I}$  – единичная матрица.

Рассмотрим структуру используемых в (5) спектральных характеристик сигналов, матричных операторов интегрирования и умножения. Представим двумерное разложение функции  $x(t, z)$  в векторно-матричном виде:

$$x(t, z) = \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{x(t,z)} \varphi_i(t) \varphi_j(z) = \Psi^T(t, z) \mathbf{C}^{x(t,z)}, \quad (6)$$

где  $c_{ij}^{x(t,z)} = \int_0^T \int_0^Z x(t, z) \varphi_i(t) \varphi_j(z) \rho_z(z) \rho_t(t) dz dt$ ,  $\rho_z(z) \rho_t(t)$  – весовые функции;

$$\mathbf{C}^{x(t,z)} = \begin{bmatrix} c_{11}^{x(t,z)} & c_{12}^{x(t,z)} & \dots & c_{1l_z}^{x(t,z)} & c_{21}^{x(t,z)} & c_{22}^{x(t,z)} & \dots & c_{2l_z}^{x(t,z)} & \dots & c_{l_t 1}^{x(t,z)} & c_{l_t 2}^{x(t,z)} & \dots & c_{l_t l_z}^{x(t,z)} \end{bmatrix}^T;$$

$$\Psi(t, z) = \Phi(t) \otimes \Phi(z) = [\varphi_1(t) \ \varphi_2(t) \ \dots \ \varphi_{l_t}(t)]^T \otimes [\varphi_1(z) \ \varphi_2(z) \ \dots \ \varphi_{l_z}(z)]^T.$$

Определим, матричный оператор интегрирования, имеем

$$\begin{aligned} x(t, z) &= \int_0^t \int_0^z y(\tau, \xi) d\xi d\tau \approx \int_0^t \int_0^z \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} \varphi_i(\tau) \varphi_j(\xi) d\xi d\tau, \\ &= \int_0^T \int_0^Z x(t, z) \varphi_v(t) \varphi_w(z) \rho_z(z) \rho_t(t) dz dt = \\ &= \int_0^T \int_0^Z \int_0^t \int_0^z \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} \varphi_i(\tau) \varphi_j(\xi) \varphi_v(t) \varphi_w(z) \rho_z(z) \rho_t(t) d\xi d\tau dz dt, \quad v = \overline{1, l_t}, \quad w = \overline{1, l_z}, \\ c_{vw}^{x(t,z)} &= \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} \int_0^T \int_0^Z \int_0^t \int_0^z \rho_t(t) \varphi_i(\tau) \varphi_v(t) \rho_z(z) \varphi_j(\xi) \varphi_w(z) d\xi d\tau dz dt = \\ &= \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} \int_0^T \int_0^t \rho_t(t) \varphi_i(\tau) \varphi_v(t) d\tau dt \cdot \int_0^Z \int_0^z \rho_z(z) \varphi_j(\xi) \varphi_w(z) d\xi dz, \quad v = \overline{1, l_t}, \quad w = \overline{1, l_z} \end{aligned} \quad (7)$$

Учитывая, что  $\int_0^T \int_0^t \rho_t(t) \varphi_i(\tau) \varphi_v(t) d\tau dt = a_{iv}^t$  – элемент матрицы интегрирования функ-

ции одной переменной по  $t$ , и  $\int_0^Z \int_0^z \rho_z(z) \varphi_j(\xi) \varphi_w(z) d\xi dz = a_{jw}^z$  – элемент матрицы интегрирования функции одной переменной по  $z$  [1], выражение (7) можно в векторно-матричном виде

$$\mathbf{C}^{x(t,z)} = \mathbf{A}_n \mathbf{C}^{y(t,z)}, \quad (8)$$

где  $\mathbf{A}_n = \mathbf{A}_n^t \otimes \mathbf{A}_n^z$  – матричный оператор интегрирования функции двух переменных,  $\mathbf{A}_n^t = [a_{iv}^t]_{i,v=1}^{l_t}$ ,  $\mathbf{A}_n^z = [a_{jw}^z]_{j,w=1}^{l_z}$  – матричные операторы интегрирования функций одной переменной [1],

$$\mathbf{C}^{y(t,z)} = \begin{bmatrix} c_{11}^{y(t,z)} & c_{12}^{y(t,z)} & \dots & c_{1l_z}^{y(t,z)} & c_{21}^{y(t,z)} & c_{22}^{y(t,z)} & \dots & c_{2l_z}^{y(t,z)} & \dots & c_{l_t 1}^{y(t,z)} & c_{l_t 2}^{y(t,z)} & \dots & c_{l_t l_z}^{y(t,z)} \end{bmatrix}^T. \quad (9)$$

Таким образом, матричный оператор интегрирования функции двух (нескольких) переменных есть кронекерово произведение соответствующих матричных операторов функций одной переменной, алгоритм вычисления которых можно найти в [1]. Теперь можно определить матричные операторы интегрирования в (4):

$$\mathbf{A}_n^{z^l} = \mathbf{A}_n^z \otimes \mathbf{I}, \mathbf{A}_n^{z^t} = \mathbf{A}_n^z \otimes \mathbf{A}_n^t, \mathbf{A}_n^{t^l} = \mathbf{A}_n^t \otimes \mathbf{I}, \mathbf{A}_n^{t^z} = \mathbf{A}_n^t \otimes \mathbf{A}_n^z,$$

где  $\mathbf{A}_n^t, \mathbf{A}_n^z$  – матричные операторы интегрирования функций одной переменной по  $t$  и  $z$ ,  $\mathbf{I}$  – матричный оператор, означающий отсутствие операции интегрирования по соответствующей переменной – представляет собой единичную матрицу размера  $l_t \times l_t$  или  $l_z \times l_z$

Определим матричный оператор умножения для функции двух переменных, имеем

$$x(t, z) = a(t, z)y(t, z) = a(t, z) \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} \varphi_i(t) \varphi_j(z),$$

$$\int_0^T \int_0^Z x(t, z) \varphi_v(t) \varphi_w(z) \rho_z(z) \rho_t(t) dz dt = \int_0^T \int_0^Z a(t, z) \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} \varphi_i(t) \varphi_j(z) \varphi_v(t) \varphi_w(z) \rho_z(z) \rho_t(t) dz dt,$$

$$c_{vw}^{x(t,z)} = \sum_{i=1}^{l_t} \sum_{j=1}^{l_z} c_{ij}^{y(t,z)} A_{ij}(v, w), \quad (10)$$

где  $A_{ij}(v, w) = \int_0^T \int_0^Z a(t, z) \varphi_i(t) \varphi_j(z) \varphi_v(t) \varphi_w(z) \rho_z(z) \rho_t(t) dz dt,$

Выражение (10) можно переписать следующим образом

$$c_{vw}^{x(t,z)} = \mathbf{A}^{a(t,z)}(v, w) \mathbf{C}^{y(t,z)},$$

где  $\mathbf{C}^{y(t,z)}$  имеет вид (9),

$$\mathbf{A}^{a(t,z)}(v, w) = \left[ A_{11}^{a(t,z)}(v, w) \dots A_{l_z}^{a(t,z)}(v, w) \ A_{21}^{a(t,z)}(v, w) \dots A_{2l_z}^{a(t,z)}(v, w) \dots A_{l_t 1}^{a(t,z)}(v, w) \dots A_{l_t l_z}^{a(t,z)}(v, w) \right],$$

или в матричной форме

$$\mathbf{C}^{x(t,z)} = \mathbf{A}_y^{a(t,z)} \mathbf{C}^{y(t,z)},$$

где  $\mathbf{A}_y^{a(t,z)}$  – матричный оператор умножения функции двух переменных,

$$\mathbf{A}_y^{a(t,z)} = \left[ \mathbf{A}^{a(t,z)}(1,1) \dots \mathbf{A}^{a(t,z)}(1,l_z) \ \mathbf{A}^{a(t,z)}(2,1) \dots \mathbf{A}^{a(t,z)}(2,l_z) \dots \mathbf{A}^{a(t,z)}(l_t,1) \dots \mathbf{A}^{a(t,z)}(l_t,l_z) \right]^T.$$

Связь между спектральными характеристиками  $\mathbf{C}^{x(t,z)}$  и  $\mathbf{C}^{x_n(t,z)}$  определим в следующем виде

$$\mathbf{C}^{x_n(t,z)} = \mathbf{A}^n \mathbf{C}^{x(t,z)}, \quad (10)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \mathbf{A}^x \mathbf{C}^{x(t,z)} + \mathbf{A}_n^{t^z} \mathbf{A}^n \mathbf{C}^{x(t,z)} &= \mathbf{A}^y \mathbf{C}^{y(t,z)} + \mathbf{C}^{x_0}, \\ \mathbf{C}^{x(t,z)} &= \left( \mathbf{A}^x + \mathbf{A}_n^{t^z} \mathbf{A}^n \right)^{-1} \mathbf{A}^y \mathbf{C}^{y(t,z)} + \mathbf{C}^{x_0}, \end{aligned} \quad (11)$$

Связь между спектральными характеристиками  $\mathbf{C}^{x(t,z)}$  и  $\mathbf{C}^{x_n(t,z)}$   $\mathbf{C}^{x_n}$  определим в следующем виде

$$\mathbf{C}^{x_n(t,z)} = \mathbf{A}^n \mathbf{C}^{x(t,z)},$$

где  $\mathbf{A}^n$  – матричный оператор нелинейного элемента, который можно определить, как и в случае с сосредоточенными системами [1], а именно: нелинейный элемент представить как некоторый переменный коэффициент усиления  $k(t, z) = F(x(t, z))/x(t, z)$ , тогда матричный оператор нелинейного элемента представляет собой матричный оператор умножения функции двух переменных, расчет которого представлен выше, т.е.  $\mathbf{A}^n = \mathbf{A}_y^{k(t,z)}$ .

При проведении инженерных расчетов, связанных с анализом сложных нелинейных систем, целесообразно использовать метод последовательных приближений для вычисления спектральной характеристики  $C^{x(t,z)}$ , а именно проводить решение задачи в следующей последовательности: 1) задать начальное приближение спектральной характеристики нелинейного элемента  $A_0^H$ ; 2) вычисление по зависимости (10)  $C_0^{x(t,z)}$ ; 3) вычисление  $A_1^H$  - матричный оператор умножения; 4) вычисление  $C_1^x$  и т.д. Вычисления повторяются до выполнения условия

$$\|C_{i+1}^{x(t,z)} - C_i^{x(t,z)}\| < \varepsilon,$$

т.е. до тех пор, пока в итерационном процессе последующие значения спектральной характеристики выходного сигнала не будут с достаточной степенью точности совпадать с предыдущими значениями. На последнем этапе осуществляется восстановление выходного сигнала по найденной спектральной характеристике. Зависимость (11) позволяет решать задачи не только анализа, но и задачи статистического анализа, синтеза, идентификации систем управления с распределенными параметрами.

### Список литературы

1. Матричные методы расчета и проектирования сложных систем автоматического управления для инженеров / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 664 с.

## ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛИ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ

**Кульбицкий А.В., Васильев С.Б., Колесников Г.Н.** (*г. Петрозаводск, Петрозаводский государственный университет*)

The physical model of fractionating of a granular material such as wooded chips is in the focus. The mathematical modeling of mentioned process was designed by means of the logistic equation solution.

Рассмотрена физическая модель фракционирования сыпучего материала на примере процесса сортирования древесной щепы. Математическое моделирование упомянутого процесса сведено к получению логистического уравнения и его решению.

**Введение.** Разделение на фракции является необходимым технологическим звеном в процессе подготовки древесной щепы и других сыпучих материалов к их дальнейшему использованию. Древесная щепа – это измельченная до определенных размеров и формы древесина, получаемая в результате переработки круглых лесоматериалов рубительными машинами. Для обеспечения высокого качества продукции размеры частиц технологической щепы должны отвечать определенным размерным характеристикам [2]. Поэтому необходимо разделение щепы на фракции. Для этой технологической операции к настоящему времени разработано и выпускается оборудование различных типов [1]. По многим причинам технологического и экономического порядка в настоящее время практически на всех целлюлозно-бумажных комбинатах для разделения щепы на фракции применяются так называемые плоские гирационные сортировки. Это оборудование представляет собой несколько плоских сортирующих поверхностей в виде сит с круглыми или квадратными отверстиями, установленными друг над другом. Сита крепятся в коробе, который совершает круговые колебания в горизонтальной плоскости. Колебания заставляют сортируемый материал двигаться по ситам, а также перемещаться в вертикальном направлении.

Большие объемы щепы, подлежащей разделению на фракции, возрастающие требования к качеству выпускаемой продукции, к материалоемкости, надежности, универсальности и энергопотреблению оборудования, к экономии затрат на его переналадку и эксплуатацию предопределяют актуальность исследований, выполняемых с целью совершенствования конструктивно-технологических параметров оборудования для фракционирования щепы и других сыпучих материалов. Для достижения указанной цели необходимо решение комплекса многоплановых задач с применением методов математического моделирования. Необходимы также технологические эксперименты в целях проверки адекватности математических моделей.

Современное состояние экспериментальных и теоретических исследований в области моделирования фракционирования сыпучих строительных материалов отражено в работе [7]. Заметим, что некоторые типы современного оборудования, отвечающие требованиям технологической гибкости, одинаково пригодны для фракционирования минеральных и органических сыпучих материалов [6]. По этой причине результаты исследования закономерностей фракционирования определенного сыпучего материала представляют интерес и при рассмотрении других задач данного класса. Например, для разработки методики решения технологической задачи о фракционировании щепы представляют интерес результаты исследования [7].

Некоторые особенности фракционирования щепы методом рассева рассмотрены в статье [5], в которой приведена также дальнейшая библиография по затронутой теме. Допол-

няя эти данные, отметим, что проблема фракционирования сыпучих материалов привлекает внимание исследователей на протяжении всей истории развития промышленного производства. К числу первых работ в области теории фракционирования относится исследование Н.Е. Жуковского [4], выполненное в 1896 г. В этой работе предложена теория движения просеваемого (надрешетного) продукта по поверхности плоского сита, а также обосновано новое для своего времени конструктивное решение устройства для отсева сыпучего материала.

Другие работы в данной области прикладных исследований указаны, например, в названных выше публикациях [5, 7]. В современной технической литературе фракционирование сыпучего материала методом отсева часто обозначают термином «грохочение» [6, 7].

Анализ литературы показал, что до настоящего времени модели процесса фракционирования не позволяют ответить на многие вопросы, возникающие при проектировании и эксплуатации соответствующего оборудования, что отмечается также в [7]. «Поэтому технологические параметры определяются эмпирически. Сложность физико-механических свойств сыпучих материалов и разнообразие режимов вибрационного воздействия просеивающих поверхностей на слой материала привели к тому, что строгие уравнения движения частиц сыпучей среды в общепризнанном виде до настоящего времени не сформулированы. Обобщение экспериментальных данных эксплуатации промышленных машин во многих случаях остается единственной основой методов их расчета и проектирования. Однако даже незначительные изменения технологического режима требуют повторения всего объема экспериментальных исследований. Создание математических моделей, которые могут спрогнозировать изменение протекания процесса грохочения сыпучих сред при внесении режимных или конструктивных изменений, позволит вести целенаправленный поиск эффективных решений в практике эксплуатации и проектирования оборудования для грохочения» [7].

**Модель фракционирования, сводящаяся к уравнению Ферхюльста.** В работе [7] с применением теории цепей Маркова предложена математическая модель фракционирования сыпучих материалов на вибрационных грохотах периодического и непрерывного действия. Адекватность модели подтверждена сравнением с результатами экспериментов. Рассмотрим иной подход к построению математической модели фракционирования сыпучего материала. При построении модели используются следующие понятия и допущения.

1. Исходный продукт сортирования, поступающий на сито, представляет собой механическую смесь частицы разной крупности.

2. Соотношение размеров отверстий в сите и размеров частиц таково, что только часть материала остается на сите, а другая его часть проходит через отверстия. Соответственно, различают *надрешетный продукт* и *подрешетный продукт*, а каждая частица в зависимости от крупности может быть названа *проходной* или *непроходной* частицей.

3. Количество проходных частиц в надрешетном продукте с течением времени уменьшается в процессе отсева.

4. Количество непроходных частиц в надрешетном продукте остается постоянным в процессе отсева. Концентрация непроходных частиц в надрешетном продукте увеличивается в процессе отсева.

5. Непроходных частиц в подрешетном продукте нет. Количество проходных частиц в подрешетном продукте с течением времени возрастает в процессе отсева.

6. Физико-механические свойства и геометрические параметры частиц, составляющих фракционируемую смесь, в процессе отсева не изменяются.

7. Проходная частица, находящаяся в массиве надрешетного продукта, покидает надрешетный продукт, если достигает поверхности сита и попадает в отверстие. Для этого требуется определенное время, зависящее от толщины слоя надрешетного продукта, концентрации проходных частиц, формы и размеров отверстий и от других конструктивно-

технологических параметров. Предполагается, что на каждом достаточно малом отрезке времени уменьшение количества проходных частиц в надрешетном продукте пропорционально продолжительности рассева и количеству проходных частиц в надрешетном продукте в данный момент времени.

С использованием перечисленных понятий и допущений получено дифференциальное уравнение

$$\frac{dC_a}{d\theta} = C_a(1 - C_a), \quad (1)$$

где  $\theta = t/\tau$  – безразмерный параметр времени;  $\tau$  – не зависящий от времени параметр модели, который для данных сита и сыпучего материала подлежит определению по результатам эксперимента;  $d\theta = dt/\tau$ ;  $C_a$  – концентрация непроходных частиц в надрешетном продукте.

Уравнение (1) легко интегрируется [3]. Учитывая, что на старте процесса фракционирования концентрация непроходных частиц в надрешетном продукте равна  $C_{a0}$ , получим выражение для определения концентрации непроходных частиц в надрешетном продукте:

$$C_a = \left( 1 + \left( \frac{1}{C_{a0}} - 1 \right) e^{-\theta} \right)^{-1}. \quad (2)$$

Это выражение может быть записано в следующей стандартной форме:

$$C_a = \frac{C_{a0} e^{\theta}}{1 + C_{a0}(e^{\theta} - 1)}. \quad (3)$$

Уравнение (2) является частным случаем логистического уравнения, которое в 1838 г. опубликовал Ферхюльст в связи с исследованием модели роста численности населения [9]. В настоящее время это уравнение и его модификации часто используются при построении математических моделей динамики популяций, автокаталитических реакций, в исследования экологических, биологических, экономических проблем. С течением времени область применения этого уравнения и его модификаций расширяется [8], [9]. Однако применений этого уравнения при построении математических моделей фракционирования щепы и других сыпучих материалов в известных нам публикациях, в том числе представленных в виде Интернет-ресурсов, найти не удалось.

Для практического применения предлагаемой модели необходимо определить значение  $\tau$ . Принимая во внимание, что  $\theta = t/\tau$  и используя равенство (3), получим соотношение для определения параметра  $\tau$ :

$$\tau = \frac{t}{\ln \frac{C_a(1 - C_{a0})}{C_{a0}(1 - C_a)}}. \quad (4)$$

Для определения  $\tau$  по формуле (4) достаточно определить по результатам пробного рассева поступившей на переработку партии щепы концентрацию непроходных частиц в надрешетном продукте  $C_{a0}$  на старте рассева и концентрацию  $C_a$  при фиксированном времени  $t$ .

**Оценка адекватности модели.** Оценку адекватности модели выполним, используя независимо полученные экспериментальные данные о рассеве двухкомпонентной смеси частиц при  $C_{a0} = 0,25$  [7]. По этим экспериментальным данным в моменты времени 0; 15; 30; 60 секунд были определены значения  $C_a$ , равные соответственно, 0,25; 0,43; 0,72; 0,88; 0,92, что позволяет вычислить по формуле (4) ряд значений  $\tau$  и найти среднее значение, равное 16,14 с. Подставив это значение  $\tau$  в формулу (3) и учитывая, что  $\theta = t/\tau$ , вычислим концен-

трацию непродных частиц в зависимости от времени  $t$ . Результаты вычислений  $C_a$  представлены в нижеследующей таблице.

Зависимость  $C_a$  от времени по результатам моделирования и эксперимента

$t, c$	0	15	30	45	60	75	90
$C_a, (3)$	0,25	0,46	0,68	0,84	0,93	0,97	0,99
$C_a, [7]$	0,25	0,43	0,72	0,88	0,92	-	-
Расхождение, %	0,0	7,0	-5,6	-4,5	1,1	-	-

**Обсуждение результатов и выводы.** Анализ литературы и тестовые расчеты показали, что предлагаемая модель не является избыточно сложной по структуре, по составу и объему исходных данных, по численной реализации.

Адекватность модели является следствием того, что сформулированные выше понятия и допущения достаточно полно учитывают особенности процесса фракционирования сыпучих материалов.

Появление логистического уравнения Ферхюльста (1) в данной области прикладных исследований также не случайно и является вполне обоснованным с физической точки зрения. Действительно, адекватность математических моделей на базе использованного подхода подтверждена многочисленными исследованиями в других областях знания [8, 9].

Адекватность полученных зависимостей и небольшой объем исходных данных, необходимых для их реализации, позволяют рекомендовать разработанную модель для использования при обосновании и оптимизации конструктивно-технологических параметров оборудования для фракционирования щепы и других сыпучих материалов.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 08-08-00979.*

### Список литературы:

1. Гомонай М. В. Технология переработки древесины: Учебное пособие. // М.: МГУЛ (Московский государственный университет леса). 2002. 232 с.
2. ГОСТ 15815-83\*. Щепка технологическая. Технические условия // М.: Госстандарт России.
3. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы // М.: Наука. 1977. 224 с.
4. Жуковский Н.Е. Заметка о плоском рассеивании // Жуковский Н.Е. Собрание сочинений. Т. 3. М.: ГИТТЛ. 1949. С. 515–522.
5. Кульбицкий А.В., Васильев С.Б. Влияние на стратификацию щепы толщины сортируемого слоя и угла наклона сит // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2009. № 7. С. 98–101.
6. Лоскутов А.Б., Репин К.В. Грохоты ОАО «НИИпроектасбест» для фракционирования сыпучих строительных материалов // Строительные материалы. 2008, сентябрь. С. 2–4. <http://www.niiasbest.ru/Clauses/roar.pdf>
7. Огурцов В.А. Процессы грохочения сыпучих строительных материалов: моделирование, расчет и оптимизация // Автореферат дисс. ... д.т.н. / Иваново: Ивановский государственный архитектурно-строительный университет. 2010. 34 с. <http://vak.ed.gov.ru/> (размещено на сайте 30.11.2009).
8. Постан М.Я. Обобщенная логистическая кривая: ее свойства и оценка параметров // Экономика и статистические методы. 1993. Т.29, вып. 2. С. 305-310.
9. Verhulst, P. F. (1838) // [http://en.wikipedia.org/wiki/Verhulst\\_equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Verhulst_equation)

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

**Любченко Л.Г., Шпаков М.А., Брейдо И.В.** (*Республика Казахстан, г. Караганда, Карагандинский государственный технический университет, кафедра автоматизации производственных процессов*)

Describes the control system of the robot arm, designed to train students in the matrix and trigonometric transformations of coordinates in the state space method and control robots in polar coordinates with the ability to debug code without connecting to a computer real robot.

Карагандинский государственный технический университет приобрел учебный робот-манипулятор, произведенный НПИ «Уралучтех» (Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск). В процессе эксплуатации был выявлен ограниченный набор функциональных возможностей:

1) введение кода программы осуществлялось путем загрузки текстовых файлов без возможности редактирования. Это приводило к затратам времени при переносе программного файла из текстового редактора в программу управления;

2) отсутствовала возможность задания скорости на каждый шаговый двигатель, что не давало возможности обучить студентов особенностям управления роботом;

3) система управления роботом не отслеживала предельные значения положения звеньев. В связи с этим в программе наступал сбой, и дальнейшие перемещения осей звеньев манипулятора не контролировались;

4) робот не мог выполнить перемещения нескольких звеньев одновременно;

5) в системе управления отсутствовала обратная связь;

6) в программном обеспечении (ПО) была невозможна реализация задержки выполнения кода управления;

7) в ПО отсутствовали условные и безусловные переходы в программе управления, что приводило к невозможности реакции программы на события;

8) в ПО не было возможности создания цикла выполнения программы управления, поэтому, выполнив программу, робот останавливался и для запуска его по той же траектории требовалось повторное нажатие кнопки «запуск программы»;

9) в ПО отсутствовала возможность визуализации процесса на мониторе компьютера.

Была поставлена цель разработки системы управления комплексом «Робот-манипулятор» (РМ), с целью адаптации робота к учебному процессу для студентов электротехнических специальностей. Новая система управления реализована через программное обеспечение и позволяет расширить технические характеристики манипулятора. Для обучения процессу управления робототехническими комплексами создана виртуальная 3D-модель робота. В качестве объекта для проведения экспериментов координирования схвата манипулятора в традиционной декартовой системе, как с виртуальной моделью робота, так и с реальным РМ, выбраны пешки, расставленные на шахматном поле.

Одной из основных задач системы управления является определение координат схвата, в зависимости от положения звеньев робота. С целью имитации работы реального робота с учетом предельных положений звеньев манипулятора, была разработана математическая модель преобразования полярных координат в декартовые методом Денавита-Хартенберга.

Началом координат принимается точку Р, соответствующая сочленению звеньев. Ось Z направляем таким образом, чтобы вращение осуществлялось относительно неё. Ось X

соответствует направлению следующего звена. Каждая следующая точка P смещена по оси X относительно предыдущей системы координат.

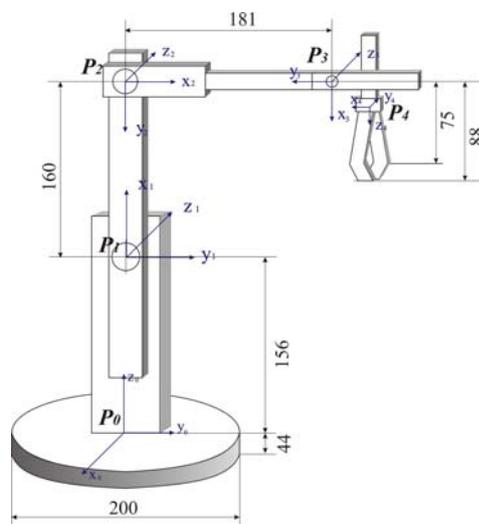


Рисунок 1 – Система координат звеньев манипулятора

Согласно расставленным системам координат робота-манипулятора, представленных на рисунке 1, описаны параметры координат звеньев (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры систем координат звеньев манипулятора

Наименование звена РМ	$\theta_i$ , гр	$\alpha_i$ , гр	$a_i$ , м	$d_i$ , м	Пределы измерения, гр
1 Основание	+90	-90	0	0,2	-150...+150
2 Плечо	+90	0	0,16	0	-5...+127
3 Локоть	-90	0	0,181	0	-180...+60
4 Кисть	0	0	0	0	-135...+50
5 Вращение кисти	0	0	0	0,083	-90...+90

Параметры систем координат звеньев РМ, представленные в таблице 1, определяются следующим образом:

$\theta_i$  – присоединенный угол, на который надо повернуть ось  $x_{i-1}$  вокруг оси  $z_{i-1}$ , чтобы она стала сонаправлена с осью  $x_i$  (знак определяется в соответствии с правилом правой руки);

$d_i$  – расстояние между пересечением оси  $z_{i-1}$  с осью  $x_i$  и началом (i-1)-й системы координат, отсчитываемое вдоль оси  $z_{i-1}$ ;

$a_i$  – линейное смещение – расстояние между пересечением оси  $z_{i-1}$  с осью  $x_i$  и началом i-й системы координат, отсчитываемое вдоль оси  $x_i$ , т. е. кратчайшее расстояние между осями  $z_{i-1}$  и  $z_i$ ;

$\alpha_i$  – угловое смещение – угол, на который надо повернуть ось  $z_{i-1}$  вокруг оси  $x_i$ , чтобы она стала сонаправленной с осью  $z_i$  (знак определяется в соответствии с правилом правой руки) [6].

Построение координат ДХ позволяет построить однородные матрицы преобразования, связывающие i-ю и (i-1)-ю системы координат для всех звеньев:

$${}^{i-1}A_i = T_{z,d} T_{z,\theta} T_{x,a} T_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & 0 \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $\alpha_i, a_i, d_i$  - константы;

${}^{i-1}A_i$  – матрица перехода от  $i$ -ой системы к  $(i-1)$ -ой системе координат;

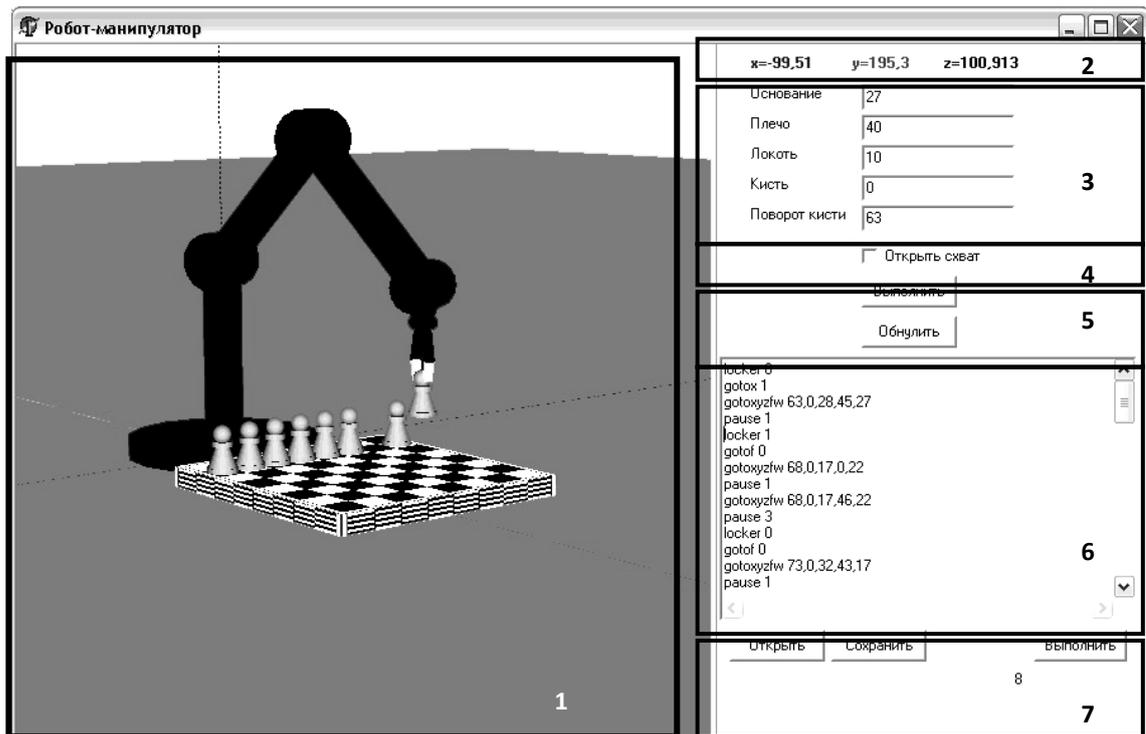
$T_{z,d}$  – матрица переноса вдоль оси  $z$  на расстояние  $d$ ;

$T_{z,\theta}$  – матрица вращения вокруг оси  $z$  на угол  $\theta$ ;

$T_{x,a}$  – матрица переноса вдоль оси  $x$  на расстояние  $a$ ;

$T_{x,\alpha}$  – матрица вращения вокруг оси  $x$  на угол  $\alpha$ ;

$\theta_i$  – присоединенная переменная, при вращательном перемещении сочленения.



1 – виртуальная модель робота-манипулятора; 2 – координаты положения схвата манипулятора; 3 – поля ввода углов наклона звеньев; 4 – флаг состояния схвата; 5 – кнопки передачи заданных углов блоку управления и установки нулевого положения манипулятора; 6 – поле ввода программы; 7 – кнопки открытия, сохранения и выполнения программы.

Рисунок 2 – Окно программы управления роботом

Результаты математических вычислений легли в основу программного кода расчета положения звеньев робота. Создание 3D модели робота - базовый этап разработки нового ПО РМ является. Для создания модели была выбрана графическая библиотека OpenGL.

Созданное программное обеспечение позволяет управлять роботом-манипулятором как реальным объектом управления, так и в виртуальном режиме.

Интерфейс нового программного обеспечения изображен на рисунке 2.

Управление комплексом робот-манипулятор осуществляется по следующему алгоритму:

1.пользователь выбирает режим задания команд (либо управление каждым звеном отдельно, либо вводит код программы в специальное поле);

2.нажатие кнопки «выполнить» дает команду системе управления произвести контроль корректности кода (при обнаружении ошибки программа сообщает пользователю место и тип ошибочной команды), а так же проверяется режим работы (без подключения робота программа продолжает работу в виртуальном режиме);

3.при корректном коде система передает управляющий сигнал микроконтроллеру;

4.микроконтроллер создаёт управляющий сигнал шаговым двигателям звеньев робота;

5.положение звеньев отслеживается целевыми оптронами и потенциометрами и регистрируется микроконтроллером;

6.микроконтроллер передает значения положения осей в окно программы управления.

Виртуальная модель манипулятора визуализирует и повторяет все заданные команды, а также предназначена для отладки управляющей программы без подключения к компьютеру реального робота.

В проекте на базе существующего робота-манипулятора с пятью степенями свободы модернизирована система управления и создан программный имитатор.

Созданный программно-аппаратный комплекс «Робот-манипулятор» (ПАК РМ) имеет ряд преимуществ для использования в обучающих целях в сравнении с ранее существовавшими аналогами. Новый ПАК в полной мере реализует виртуальную 3D-модель РМ, которая предоставляет возможность просмотра модели РМ в любом ракурсе; программа производит расчет положения рабочего органа и отображает его в координатах  $x$ ,  $y$ ,  $z$  относительно начала координат, что позволяет блокировать некорректные команды и выдать обучающемуся соответствующее сообщение. Отработка положения рабочего органа производится через поле ввода углов наклона звеньев. Упрощено управление открытием/закрытием схвата. Реализовано поле набора программного кода, который сохраняется в текстовом формате, что унифицирует программный код. Ввод команд переходов позволяет создать циклическое выполнение операций перемещения пешек.

Специализированный ПАК РМ предназначен для обучения студентов матричному и тригонометрическому преобразованию координат пространства и методике управления роботами полярными координатами с возможностью отладки программного кода без подключения к компьютеру реального робота.

ПАК «Робот-манипулятор» преследует цели обучения студентов работе с роботизированными комплексами, основам расчета многозвенных манипуляторов, особенностям программирования роботов.

**Список литературы:**

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е издание. Санкт-Петербург «БХВ-Петербург». 2005г. – 416 с.
2. Инструкция по эксплуатации и паспорт: Учебный робот с компьютерной системой управления. «Уралучтех» Челябинск, 2005г. – 20с.
3. Паспорт: Учебный робот с компьютерной системой управления. «Уралучтех» Челябинск 2005г. – 15с.
4. Краснов М.В. OpenGL. Графика в проектах Delphi. – СПб.: БХВ–Петербург, 2002г.- 352с.
5. Накано Э. Введение в робототехнику: пер. с япон. – М.: Мир. 1988г.-334с.
6. Шаньгин Е.С. Управление роботами и робототехническими системами. Конспект лекций. 30 лекций. Уфа, 2005г. – 190с.

## ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ КАДРОВЫМ МАРКЕТИНГОМ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Морозова А.В.** (г. Орел, Орловский государственный технический университет, Технологический институт ОрелГТУ, e-mail: notiostu@gmail.com)

In article experience of development and application of a technique of a choice of a priority field of activity of graduates of nonproduction specialities of high school on the basis the analysis of quality of their social - professional level with application expert-analytical systems is analyzed.

Одной из **актуальных проблем**, наиболее остро стоящих перед выпускниками инженерно-технических специальностей вуза, является проблема выбора такой сферы своей профессиональной деятельности, в которой сформированные в вузе социально-профессиональные компетенции могли бы быть максимально востребованы и давали бы молодому специалисту возможность быстро завоевать авторитет в трудовом коллективе и иметь оптимальный карьерный рост.

**Объект исследования** – выпускники машиностроительных специальностей технического вуза; **предмет исследования** – сферы профессиональной деятельности молодых специалистов машиностроительного профиля.

**Результаты исследования и их новизна.** В основу проведенных в 2009 году на базе Технологического института Орловского государственного технического университета исследований была положена номенклатура обобщенных компетенций и операционально определяемых требований к компетенциям, соответствующая системам аккредитации стран-участниц Вашингтонского соглашения и общеевропейской системы аккредитации инженерных программ, созданной в рамках проекта EUR-ACE [1], а также успешно используемый для решения самых разнообразных задач выбора оптимального решения и смежных вопросов метод анализа иерархий [2]. С учетом основных составляющих системы потенциальной сферы деятельности молодых специалистов предлагается следующая структура иерархии (рисунок 1).

Система составляющих ресурсного потенциала содержит три подсистемы верхнего уровня: «**БАЗОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ**» - когнитивная компетенция и компетенция знания и понимания; «**ЛИЧНАЯ ТЕКТОЛОГИЯ**» - креативная компетенция, социально-психологическая компетенция и личностные навыки; «**ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**» - инженерный анализ, инженерное проектирование, инженерная практика и исследования. Подсистема составляющих ресурсного потенциала содержит девять компонентов среднего уровня: **КОГНИТИВНАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ, КОМПЕТЕНЦИИ ЗНАНИЯ И ПОНИМАНИЕ, КРЕАТИВНАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ, СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ, ЛИЧНОСТНЫЕ НАВЫКИ, ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИНЖЕНЕРНАЯ ПРАКТИКА И ИССЛЕДОВАНИЯ.** Результирующая система потенциальных сфер профессиональной деятельности специалиста содержит шесть подсистем нижнего уровня:

А – работа по специальности на предприятии с высоким уровнем технического оснащения и технологической культуры производства;

В – работа по специальности на предприятии со средним и низким уровнем технического оснащения;

С – работа не по специальности (смена специальности и получение второй специальности высшего профессионального образования);

D - обучение в аспирантуре при смене профиля специальности, по которой уже получено высшее профессиональное образование;

F - обучение в аспирантуре с сохранением профиля специальности, по которой уже получено высшее профессиональное образование;

G – работа не по специальности (приобретение рабочей профессии).

Следующий этап – построение множества матриц парных сравнений – по одной матрице для каждого элемента примыкающего сверху уровня. Таких матриц тринадцать:

- одна матрица для сравнения обобщенных групп компонентов системы социально-профессиональных компетенций специалистов (выпускников системы ВПО технического профиля);

- три матрицы – для сравнения долевого вклада влияния каждой компоненты системы социально-профессиональных компетенций в результирующем значении всей группы (сумма долевых знаний компонент, входящих в каждую анализируемую группу, должна быть равна результирующему значению влияния всей группы);

- девять матриц – для сравнения соответствия сформированности определенной компоненты системы социально-профессиональных характеристик специалиста и уровню востребованности этой характеристики в анализируемой сфере профессиональной деятельности.

Итогом трехэтапного сравнительного анализа является результирующий вектор выбора приоритетной сферы профессиональной деятельности, при этом принципиально важным моментом является контроль за уровнем согласованности матрицы суждений ( $OC \leq 0,20$ ), который автоматически вычисляется при формировании итоговой гистограммы.

Методику экспертно-аналитического оценивания приоритетной сферы деятельности выпускника вуза целесообразно реализовывать в несколько этапов: формирование матрицы парных сравнений второго уровня (обобщенных групп системы социально-профессиональных компетенций); получение вектора приоритетов второго уровня (обобщенных групп системы социально-профессиональных компетенций); формирование матрицы парных сравнений третьего уровня по обобщенной группе БАЗОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ; формирование вектора приоритетов третьего уровня по обобщенной группе БАЗОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ; формирование матрицы парных сравнений третьего уровня по обобщенной группе ЛИЧНАЯ ТЕКТОЛОГИЯ; формирование вектора приоритетов третьего уровня по обобщенной группе ЛИЧНАЯ ТЕКТОЛОГИЯ; формирование матрицы парных сравнений третьего уровня по обобщенной группе ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ; формирование вектора приоритетов третьего уровня по обобщенной группе ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ; формирование системы матриц парных сравнений четвертого уровня по выбору приоритетной сферы профессиональной деятельности; формирование вектора приоритетов четвертого уровня по выбору приоритетной сферы профессиональной деятельности; формирование рекомендаций молодому специалисту по выбору наиболее целесообразного варианта дальнейшей сферы его профессиональной деятельности на основе полученного вектора приоритетов (рисунок 2).

Разработанная экспертно-аналитическая модель и методика выбора приоритетной сферы профессиональной деятельности специалиста **применяется** в управленческой деятельности системы кадрового маркетинга Технологического института Орловского государственного технического университета и может быть адаптирована применительно к специалистам любого профиля профессиональной деятельности.

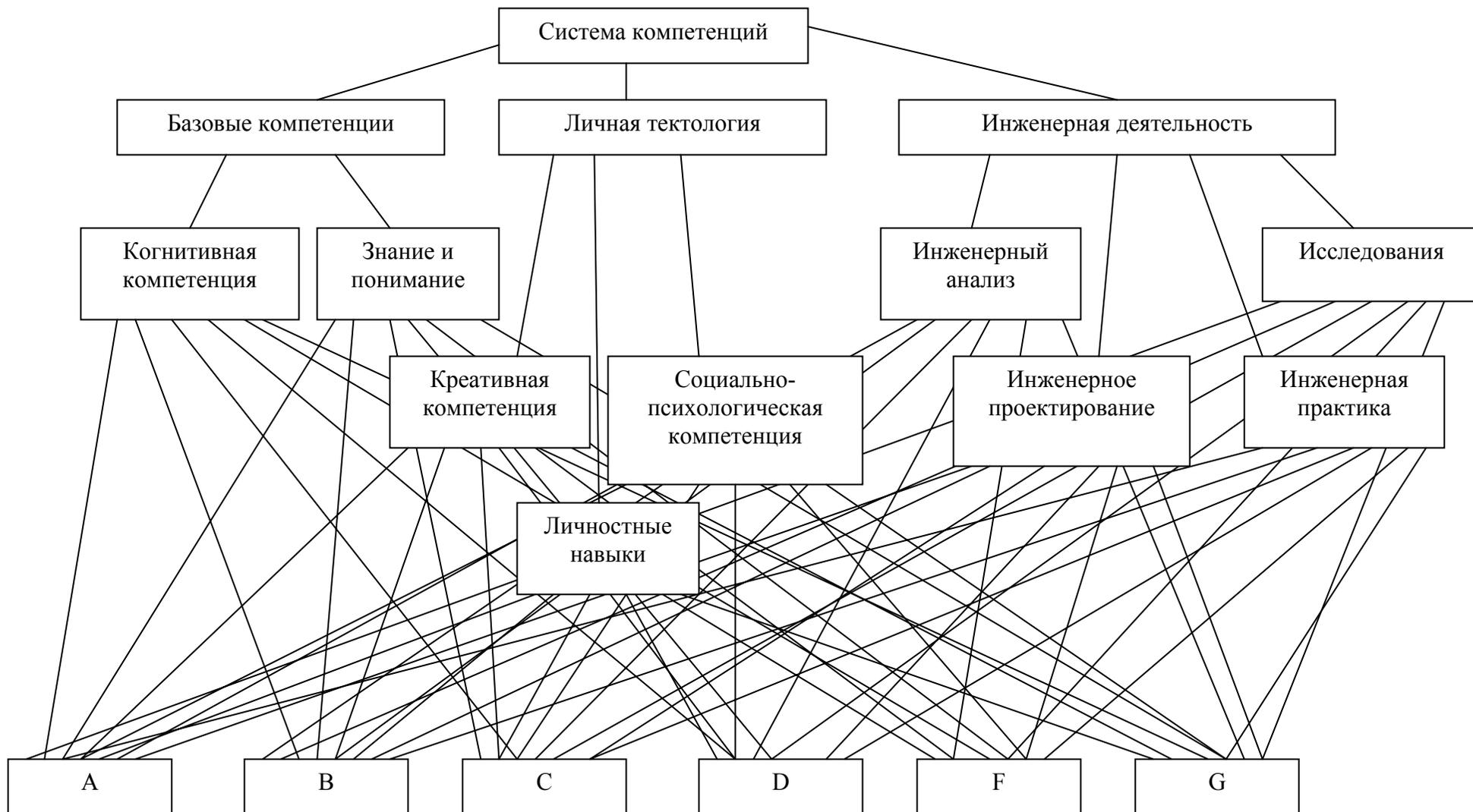


Рисунок 1 - Иерархия системы социально-профессиональных компетенций специалиста машиностроительного профиля (выпускника системы ВПО университетского комплекса)

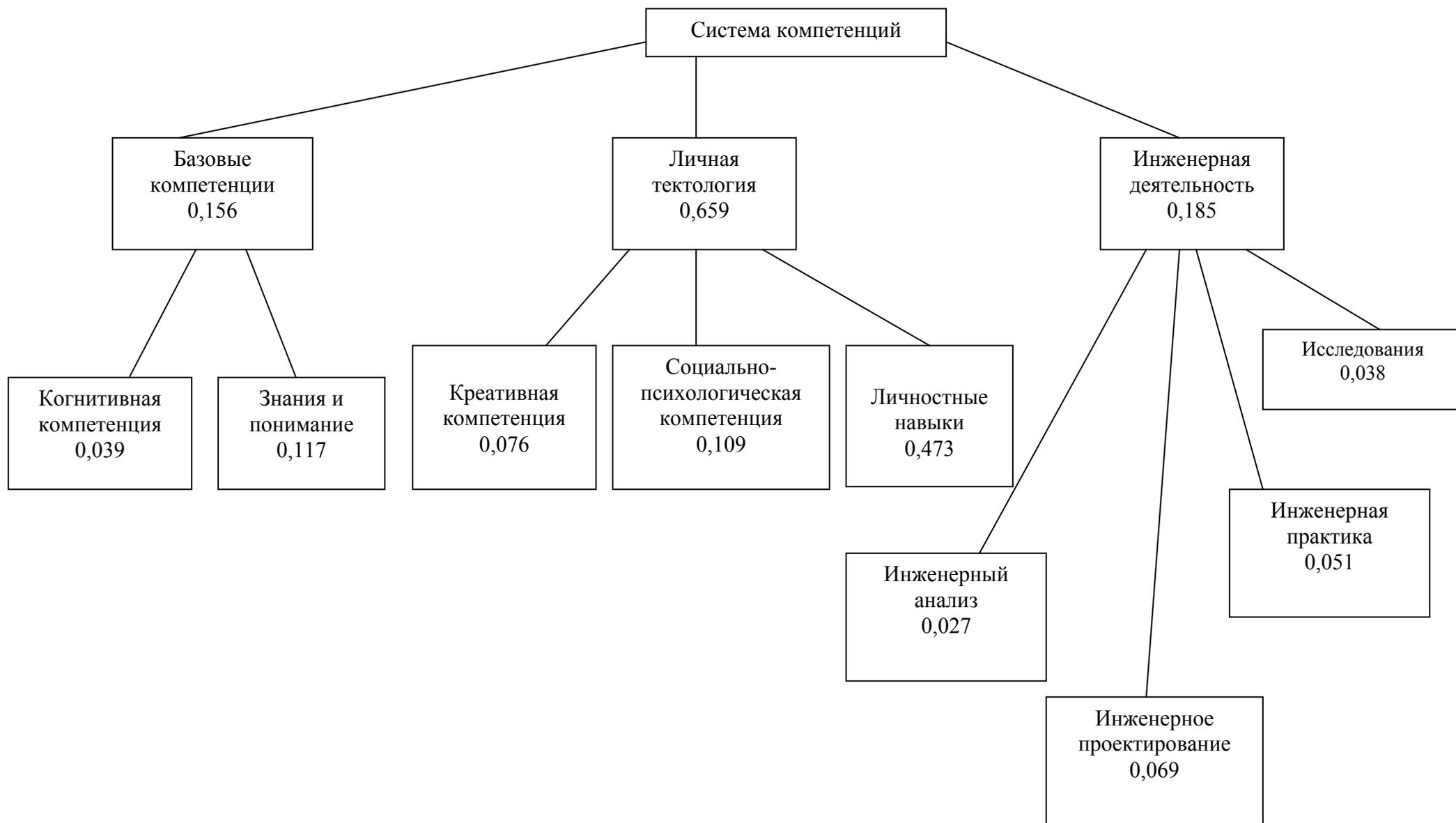


Рисунок 2 – Вектор приоритетов выбора сферы дальнейшей профессиональной деятельности молодого специалиста

**Список литературы:**

- 1 Ассоциация инженерного образования в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// tltonline.ru/news/?id=4723](http://tltonline.ru/news/?id=4723)
- 2 Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ГЛИНЫ В КАМЕРНОЙ СУШИЛКЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА

Натареев С.В., Венкин Е.Н., Натареев О.С. (Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, кафедра МАХП, <http://www.isuct.ru>)

The problem of perfection of design procedures drying the equipment on the basis of mathematical modelling for raise of efficiency of their work is in-process lighted. The mathematical model of process of drying of clay of the spherical form in a chamber dryer of the flowing type, solved by means of a method of integrated Laplace transform is resulted. Check of the developed model with experimental data on clay drying is spent. Satisfactory coincidence has allowed to recommend the developed model in engineering practice.

Сушка является одним из основных процессов химической технологии, проведение которого связано со значительными затратами тепловой энергии. Повышение эффективности работы сушилок невозможно без дальнейшего совершенствования методик их расчета на основе математического моделирования с учетом равновесных и кинетических закономерностей процесса удаления влаги из материалов, а также особенностей движения сплошной и дисперсной фаз в аппарате.

В работе предложено математическое описание процесса сушки частиц сферической формы радиусом  $r_0$  в камерной сушилке проточного типа. При разработке модели были приняты следующие допущения: равновесие в системе твердая фаза – сушильный агент описывается линейной изотермой десорбции, скорость процесса сушки лимитируется как внешней, так и внутренней диффузией, структура потока воздуха в сушилке описывается моделью идеального перемешивания [1]. Математическая формулировка задачи об удалении влаги из сферической частицы имеет вид:

$$\frac{\dot{G}(r, \tau)}{\dot{G}} = k \frac{\dot{G}^2 u(r, \tau)}{\dot{G}^2} + \frac{2 \dot{G}(r, \tau)}{r \dot{G}}; \quad (1) \quad u(r_0, \tau) = \Delta \delta_i; \quad (2)$$

$$\rho_{\tilde{a}} V_{\tilde{a}} \frac{dx_{\tilde{a}}}{d\tau} + \rho_i V_i \frac{du_{\tilde{a}}}{d\tau} = G [x_{\tilde{a}} \Delta \delta - \delta_{\tilde{a}}(\tau)] \quad (3) \quad \left. \frac{\dot{G}}{\dot{G}} \right|_{r=0} = 0; \quad (4)$$

$$\rho_{\tilde{a}} \beta [\delta_i(\tau) - \delta_{\tilde{a}}(\tau)] = -\rho_i k \frac{\dot{G}(r_0, \tau)}{\dot{G}}; \quad (5) \quad V_i \frac{\dot{G} \Delta \delta}{\dot{G}} = S k \left. \frac{\dot{G}(r, \tau)}{\dot{G} \Delta r} \right|_{r=r_0} \quad (6)$$

$$\delta_{\tilde{a}}(0) = \delta_{\tilde{a},0}; \quad (7) \quad u(r,0) = u_0 \quad (8)$$

Система уравнений (1)-(8) была решена с помощью метода интегральных преобразований Лапласа [2]. Найденное решение позволяет рассчитать изменение полей влагосодержания материала внутри сферической частицы в любой момент времени. В результате численного эксперимента на ЭВМ проанализирована динамика изменения полей влагосодержания в зависимости от расхода и температуры сушильного агента. Адекватность разработанной модели была проверена на примере сушки частиц глины. Удовлетворительное совпадение результатов расчета с экспериментальными данными позволило рекомендовать разработанную модель в инженерной практике.

Условное обозначение:  $u$  – влагосодержание материала, кг/кг;  $\tau$  – время процесса сушки, с;  $x$  – влагосодержание газа, кг/кг;  $V_{\Gamma}$  – объем воздуха в камере, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\Gamma}$  – плотность

газа,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $V_M$  – объем материала,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_M$  – плотность материала,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $k$  – коэффициент влагопроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $G$  – расход воздуха,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $\beta$  – коэффициент массоотдачи,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $E$  – константа Генри;  $S$  – площадь поверхности материала,  $\text{м}^2$ ;  $r_0$  – радиус шара материала,  $\text{м}$ ;  $\pi$  – поверхность;  $г$  – газ, воздух;  $м$  – материал;  $ср$  – среднее;  $вх$  – входящий.

**Список литературы:**

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

## РЕОНОМНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДИНАМИКИ СНИЖЕНИЯ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ

**Подвойский А.О., Боровских В.Е.** (г. Саратов, Саратовский государственный технический университет, кафедра «Теория механизмов и детали машин», *podvoiskijalex@mail.ru*)

Substantive provisions reonom concepts, as new way of understanding degradation on a limit of endurance of the processes generated by non-stationary not transformed stochastic functions of time of any structure are considered. Possibilities of likelihood model kinetic degradation components are studied

Эксплуатация реальных систем, вследствие взаимодействия с окружающей средой, как правило, сопровождается квазимоноотонным ухудшением параметров качества этих систем, т.е. снижением прочностных характеристик объекта (в смысле ГОСТ 13377-75) в условиях эксплуатационной нагруженности (в условиях *нестационарных* стохастических напряжений).

Условимся *стационарными  $\Delta$ -трансформированными процессами* (стационарными  $\Delta$ -трансформантами) называть стационарные в широком смысле стохастические процессы прошедшие схематизацию (либо по типу случайный блок, либо по типу плотность распределения амплитуды процесса), а несхематизированные процессы- *исходными* или *нетрансформированными*, так вот, суть проблемной ситуации заключается в том, что современная теория прогнозирования усталостной долговечности (СТП) ориентированна главным образом на *стационарные  $\Delta$ -трансформанты*, а между тем хорошо известно, что стационарность это математическая абстракция (по замечанию академика В.В. Болотина *чрезмерная* идеализация) удобная при изучении квазистационарных стохастических процессов, т.е. процессов, свойства которых достаточно медленно изменяются во времени [1], и что процессы, совершающиеся в реальных системах крайне редко отвечают стационарной гипотезе, т.е. являются «существенно» *нестационарными*.

Замечание: на практике для удобства обработки, нестационарные процессы *заменяют* стационарным, что приводит к возникновению ошибки, которую условимся называть *ошибкой симпликации первого рода*, если речь о стохастическом процессе простой структуры и *ошибкой симпликации второго рода*, если речь идет о стохастическом процессе сложной структуры (рис.1). Эта замена носит вынужденный характер, потому как математическая оболочка СТП затрудняет изучение структуры и свойств исходного стохастического процесса даже в простейшем случае нестационарности.

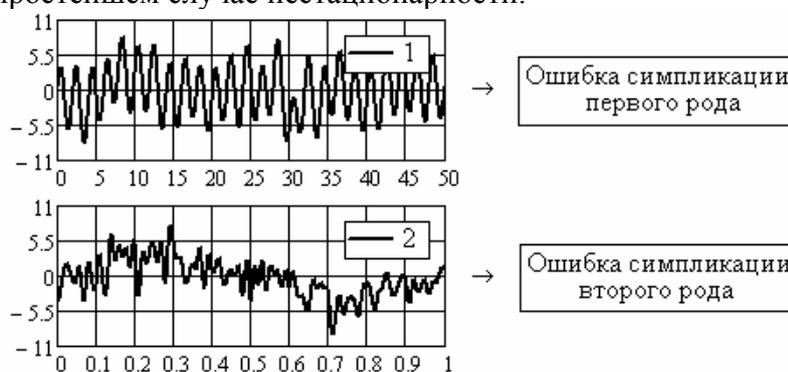


Рис.1. Реализации стохастического процесса:  
1- процесс простой структуры, 2- процесс сложной структуры

Ошибка симпликации второго рода всегда больше ошибки симпликации первого рода, потому как вероятность того, что стохастический процесс сложной структуры (не зависимо от способов выявления компонент аддитивно-мультипликативной модели) окажется нестационарным, весьма велика, т.е. во втором случае возникает не только количественная ошибка, но и качественная.

Что же касается  $\Delta$ -трансформант, то они вызывают депланацию (т.е. искажение) структуры и свойств исходного стохастического процесса и тем самым снижают качество изучаемой модели, в том смысле, что один объект (исходный стохастический процесс нагружения) априори заменяется другим, например, стохастическим блоком нагружения, а между тем известно, что стохастический блок нагружения не эквивалентен в повреждающем отношении стохастическому процессу нагружения, даже если их ординаты подчиняются одному и тому же закону распределения [2].

Замечание: для того чтобы от исходного стохастического процесса перейти к  $\Delta$ -трансформантам последний необходимо подвергнуть схематизации по определенным правилам (ГОСТ 25.101-83), надо сказать, что правила эти (правила выделения гармоник) не имеют под собой достаточного логического основания [3], потому как получены в рамках эвристического подхода и кроме всего прочего не учитывают физики процесса накопления повреждений, а вернее энергетических преобразований, сопровождающих процесс усталостного разрушения; важно подчеркнуть, что классическая теория схематизации предлагает рассматривать стохастические процессы как состоящие из кусочных *гармоник* (не в смысле ряда Фурье!), что есть, вообще говоря, «вредная» абстракция, уже хотя бы потому, что в случае реального стохастического процесса (т.е. процесса, регистрируемого в эксперименте) понятия «цикл», «амплитуда», «период» и т.п. теряют свой смысл, поэтому продукты схематизации ( $\Delta$ -трансформанты) в известной степени *искажают* свойства исходного стохастического процесса.

Прежде чем преступить к изучению реономной концепции, следует обратить внимание еще на одно обстоятельство: традиционно считается, что кривая выносливости по мере накопления повреждений поступательно смещается влево (предел выносливости не изменяется), в действительности же предел выносливости *монотонно снижается* [4], т.е. эксплуатация объекта сопровождается деградационными по пределу выносливости процессами, вызванными нестационарными *нетрансформированными* стохастическими функциями времени (а не  $\Delta$ -трансформантами!).

Модели СТП (или классической концепции) затрудняют изучение деградации свойств объекта, потому как обычно процессы накопления необратимых повреждений представляются в терминах кумулятивной модели, решение которой даже в простейших частных случаях затруднено, реономная же концепция, основой которой служит вероятностная модель кинетики деградационной компоненты, позволяет оценивать ресурс объекта при стохастическом нагружении и изучать динамику снижения предела выносливости *безотносительно* к  $\Delta$ -трансформантам. В этом можно убедиться, изучив структуру вероятностной модели кинетики деградационной компоненты (ВМ) для случая нестационарного аддитивно-мультипликативного стохастического процесса [5]

$$\sigma_{-1}^{(k)} = k_a^p \cdot \sigma_{-1}^{(k-1)} \cdot \sum_{1 \leq j \leq d} \sigma_{x(t) > \sigma_{-1}^{(k-1)}} \sqrt[m_j]{\left(1 - \frac{\alpha}{\sigma_{-1d}^{m_j} \cdot N_0} \cdot \int_t^{t'} \sigma_x(t) dt\right)^{\zeta}}, (i = 1, 2), (k = \overline{1, q}), \quad (1)$$

где  $\sigma_{-1}^{(k)}$  - предел выносливости на шаге  $k$ ;  $\sigma_{-1}^{(k-1)}$  - предел выносливости на шаге  $(k-1)$ ,  $\sigma_{-1}^{(k-1)} \Big|_{k=1} = 0,5 \cdot \sigma_{-1d}$ ;  $\sigma_{-1d}$  - предел выносливости объекта при симметричном цикле;  $\sigma_x(t)$  -

стохастический процесс;  $m_1(m_2)$ - котангенс угла наклона левой (правой) ветви модифицированной кривой усталости Беренова (МКБ);  $N_0$  - абсцисса точки перегиба МКБ;  $\alpha$  - корректирующий множитель;  $\zeta$  - интенсивность деградационного процесса;  $q$  - число повреждающих выбросов;  $d$  - число выбросов в пределах уровня  $\sigma_{-1}^{(k)}$ ;  $p$  - номер деградационного процесса.

Замечание: стохастический интеграл  $\int \sigma_x(t)dt$  в соотношении (1) вводится, так же как и обычный римановский [6].

ВМ (1) можно рассматривать как дискретный преобразователь, который по реализации исходного стохастического процесса строит траекторию деградационного (рис.2): если энергия выброса (ЭВ)  $w_j$  превышает пороговую  $w_{th}$  ЭВ, то предел выносливости мгновенно снижается на величину  $\Delta\sigma_{-1}^{(k)} = \sigma_{-1}^{(k-1)} - \sigma_{-1}^{(k)}$ , в противном случае предел выносливости снижается лишь по окончании выброса, энергия которого превышает  $w_{th}$ .

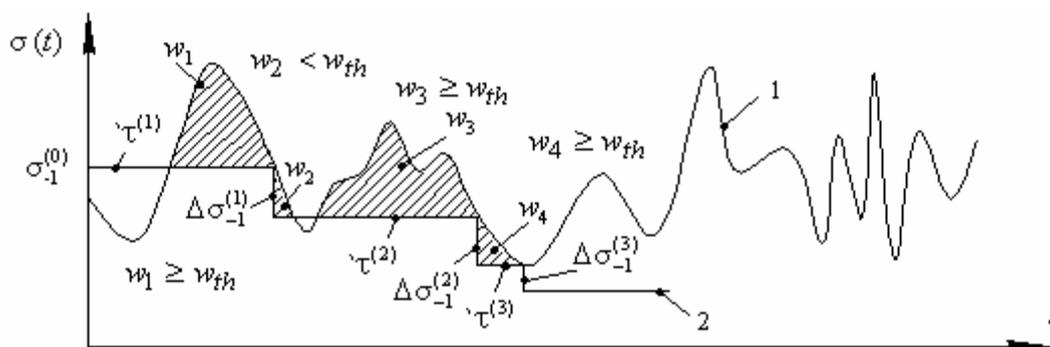


Рис.2. Схема истощения предела выносливости: 1- реализация стохастического процесса, 2- траектория деградационного процесса

На вход ВМ (1) поступает непрерывный стохастический процесс произвольной структуры  $\sigma(t)$ , а на выходе ВМ образуется одномерный сепарабельный стохастически непрерывный стохастический процесс с независимыми приращениями, т.е. если исходный стохастический процесс  $\sigma(t)$  не имеет разрывов, то преобразование (1) всегда возможно, а это значит, что ВМ инвариантна относительно структуры непрерывного стохастического процесса в том смысле, что дискретное преобразование имеет место, как для стационарного, так и для нестационарного, как для широкополосного, так и для узкополосного стохастического процесса.

В задачах прогнозирования ресурса объекта при нерегулярном нагружении довольно часто возникает необходимость идентифицировать класс стохастического процесса и вид его нестационарности по одной эргодической реализации. Реализацию стохастического процесса можно получить либо моделированием по вероятностным характеристикам (метод Неймана, метод кусочно-линейной аппроксимации закона распределения, метод обратных функций и т.п.), либо экспериментально, например, методом тензометрии.

Легко заметить, что ВМ дает возможность работать как с осциллограммами (эмпирическими реализациями), так и с реализациями процесса, полученными средствами современных программных комплексов.

В случае моделирования стохастического процесса, например, по закону распределения ординаты, стратегия поиска решения прямой задачи теории управления ресурсом имеет вид:

- разработать твердотельную модель исследуемого объекта и разбить ее на конечные элементы;
- разработать схему нагружения модели;
- выявить опасные области (области, в которых локализуются процессы разрушения);
- снять реализации процессов по напряжениям с узлов конечноэлементной модели, принадлежащих опасной области (рис.3);
- по реализации процесса с помощью ВМ (1) построить траекторию деградационного процесса;
- по точке пересечения траектории деградационного процесса с осью абсцисс определить ресурс объекта.

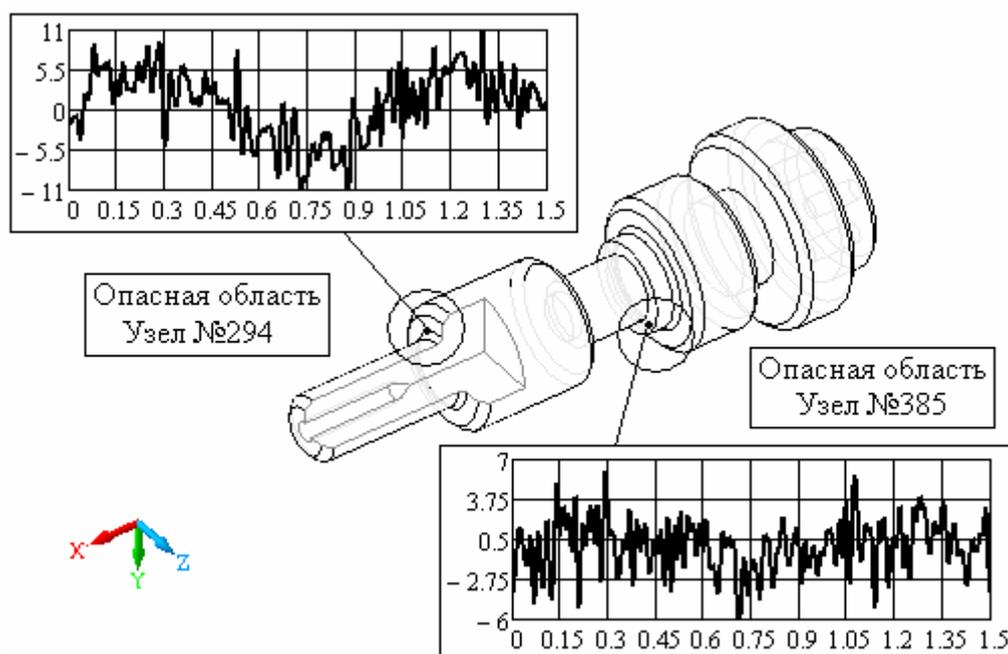


Рис.3. Реализация стохастического процесса по напряжениям в узле конечноэлементной модели

**Выводы:** таким образом, реономная концепция:

- не требует привлечения  $\Delta$ -трансформированных процессов (последние искажают структуру и свойства исходного стохастического процесса),
- дает возможность изучать динамику снижения предела выносливости, не привлекая кумулятивные модели,
- учитывает влияние нестационарной компоненты поля стохастических напряжений,
- освобождает от необходимости решать задачу идентификации класса стохастического процесса (стационарный, нестационарный) и вида его нестационарности,
- позволяет проводить оценку ресурса объекта при нерегулярном нагружении, как на стадии проектирования с привлечением современных программных комплексов типа ANSYS, NASRAN, Универсальный механизм и т.д., так и на стадии эксплуатации с привлечением методов экспериментальной механики.

**Список литературы:**

1. Вибрации в технике: Справочник / под ред. В.В.Болотина. М.: Машиностроение, 1978. Т.1. Колебания линейных систем. 352 с.
2. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В.П.Когаев. М.: Машиностроение, 1977. 232 с.
3. Пат. РФ № 2066049 G01N3/32. Способ схематизации нерегулярных процессов нагружения деталей машин и элементов конструкций методом эквивалентных циклов / В.А. Колокольцев, С.С. Дмитриченко, В.П. Лавров, В.Е. Боровских, И.В. Сонин. Заявка № 93031928/28 от 15.06.1993. Опублик. 27.08.1996
4. Гусев А.С. Сопротивление усталости и живучесть конструкций при случайных воздействиях / А.С. Гусев. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.
5. Подвойский А.О. Правило исчерпания предела выносливости объекта в условиях стохастической изменчивости поля напряжений/ А.О. Подвойский, В.Е. Боровских // Вестник СГТУ. 2009. №3 (41). Вып. 2. С.156-160.
6. Миллер Б.М. Теория случайных процессов в примерах и задачах / Б.М. Миллер, А.Р. Панков. М.: Физматлит, 2002. 320 с.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗАКУПКИ СЫРЬЯ

**Портнов К.В.** (г.Самара, Самарский Государственный Технический Университет, кафедра «Информационные технологии», sk7@mail.ru)

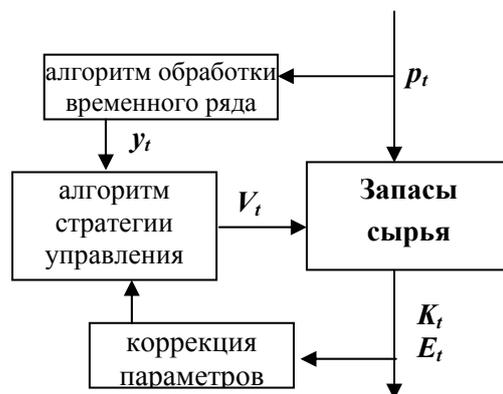
This article devoted to problem of of raw material resources contol in condition of indeterminacy. For a solution of a problem it is offered to programming for data-processing operation for optimization trade strategy for efficiency of money menegment. It basis on using of algorithm based on low pass filter for smoothing market movements and forecast the trends of commodity markets.

В работе [3] предложен подход основанный на динамическом управлении объемами сырьевых запасов промышленных предприятий в соответствии с благоприятными и неблагоприятными изменениями сырьевых рынков, т.е. перевод запасов сырья в наиболее выгодную для промышленного предприятия форму, на основании анализа ценовых изменений.

На рисунке 1 отражена схематичная система управления процессами закупки сырья, которая позволяет учитывать риск, связанный с изменением ценовых характеристик сырьевых ресурсов посредством применения методов прогнозирования.

В основе предлагаемого подхода используется торговая стратегия реализованная в форме программно-аналитического комплекса, представляющая собой алгоритмы обработки временного ряда динамики ценовых характеристик сырьевых ресурсов, индикатора созданного на основе этого алгоритма и алгоритмов (правил) генерирующих сигналы открытия и закрытия сырьевых контрактов. Анализ показал, что основная задача торговой стратегии заключается в выявление (посредством сигналов) наилучших моментов для перевода сырьевых активов в различные формы, что сводится к поиску точек начала определенного ценового движения, и точек его окончания, т.е. существенных ориентиров, способствующие принятию эффективного решения.

Перечисленные элементы системы используются лицом принимающим решение (соответствующим подразделением организации) для формирования управляющих воздействий на предприятие в форме действий относительно имеющихся сырьевых контрактов для перевода их в наиболее доходную форму.



**Рисунок 1. – Методика управления закупками сырья:**

$p_t$  - цена сырья;  $y_t$  - показания фильтров;  $V_t$  - управляющее воздействие;  $K_t$  - динамика объем средств отведенных на закупку сырья;  $Z_t$  - динамика затрат для обеспечения производства требуемым объемом сырья;  $E_t$  - размер экономии;

Для проведения вычислительного эксперимента по управлению процессами закупки сырья, требуется обработка больших объемов данных - ценовых характеристик сырьевых ресурсов, периодическое оценивание характеристик алгоритмов управления процессами закупки сырья, подбором их параметров и их ранжированием. Более того, эти процедуры необходимо производить с установленной регулярностью, чтобы своевременно отслеживать изменения текущей ситуации. Это требует полной или частичной автоматизации такого процесса. Опираясь на структуру проведения вычислительного эксперимента и опыт сопоставления различных программ рассматриваемой категории, можно сформулировать основные требования к проектируемой информационно-аналитической системе.

Разработанная система построена по модульному принципу, для обеспечения возможности легкой замены отдельных программных модулей, осуществляющих выполнение различных процессов. Проектирование информационно-аналитической системы велось с учетом полного процесса обработки информации, учитывая который можно выделить следующие основные этапы:

- Подсистема формирования первоначальных данных;
- Подсистема обработки экспериментальных данных;
- Подсистема формирования управленческого решения;
- Подсистема анализа результатов;

Подсистема обработки данных и подсистема формирования управленческого решения образуют ядро информационной системы, представляющих собой этапы обработки данных и состоит из следующих этапов :

- Модуль трансформации входных данных (из системы Equis Metastock)
- Блок расчета предварительных данных (оценивание характеристик отдельных алгоритмов, функции распределения, функции плотности распределения, показателей эффективности и риска, поиск корреляционной матрицы и т.п)
- Модуль оптимизации (нахождение весовых коэффициентов отдельных алгоритмов)

Разработанная система производит несколько этапов обработки данных и на каждом этапе можно выделить входные и выходные данные. В данной работе рассмотрим лишь входные и выходные данные всей системы в целом, без детализации промежуточных входных и выходных данных.

Входными данными информационной системы являются:

- Временной ряд цены сырьевого ресурса  $p_t$ ;
- Вектор средноквадратических отклонений эффективности отобранных стратегий принятия решения  $\sigma_i$ ;
- Вектор оценок показателей эффективности отобранных стратегий  $R_i$ ;
- Вектор оценки показателей рисков отобранных стратегий  $V_i$ ;
- Корреляционная матрица показателей эффективности отобранных стратегий принятия решения  $\rho_{xy}$ ;
- Параметры генетического алгоритма;

Выходными данными информационной системы являются:

- Весовые коэффициенты, соответствующие поставленной задаче, отобранных стратегий принятия решения  $w_i$ ;
- Значение показателя эффективности набора стратегий  $m_\Delta$ ;
- Значение показателя риска набора стратегий принятия решения  $V_p$ ;
- Максимальное значение целевой функции при поставленных ограничениях.

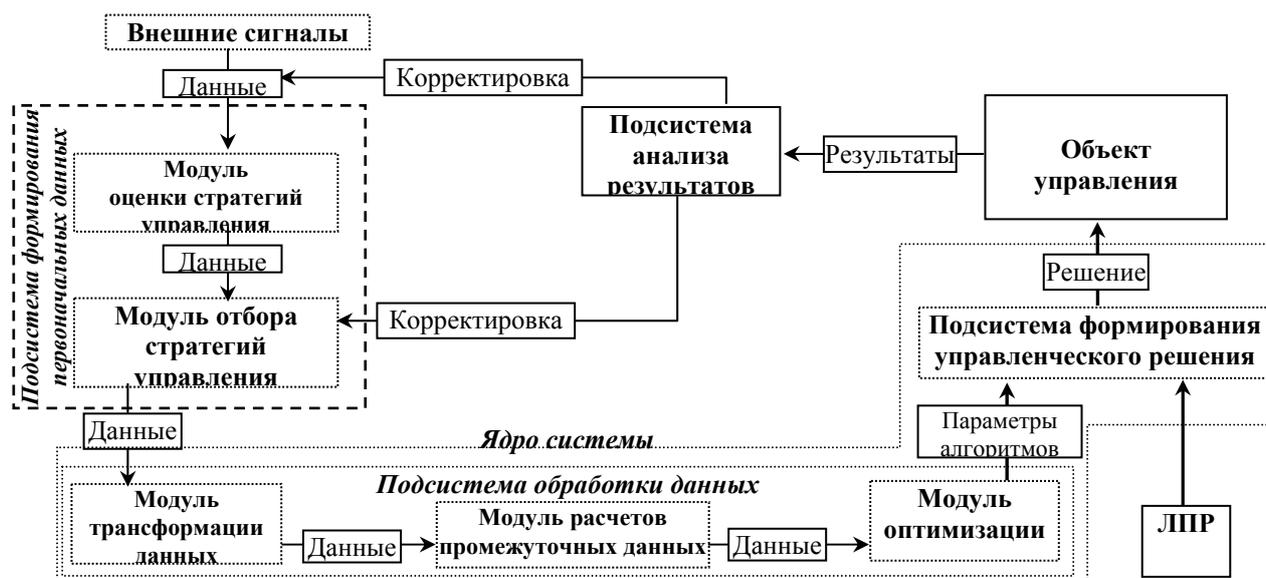


Рисунок 2. – Модульная архитектура информационной системы

Для хранения, промежуточных данных, используемых в работе программы, а также характеристик особей и популяции, был разработан фрагмент базы данных.

В соответствии с приведенными требованиями задачи проведения вычислительного эксперимента и выделенными модулями системы необходимыми для решения поставленной задачи разработана архитектура информационной системы оценки экспериментальных данных описывающая взаимодействие отдельных модулей, схематично представленная на рисунке 2.

Учитывая особенности реализации и проведения вычислительного эксперимента, описанного начале главы, исходя из минимизации затрат, в качестве подсистема формирования экспериментальных данных и подсистемы анализа нами была взята система Equis Metastock. Для нахождения входных данных модуля оптимизации, вместо программного модуля расчета предварительных данных, использовались возможности Microsoft Excel или MathCad. Таким образом, программная реализация рассмотренной системы поддержки принятия решения свелась к разработке модуля оптимизации, использующего в своей основе модифицированный генетический алгоритм описанный во второй главе. Средой разработки была выбран Borland Delphi.

Для программной реализации модуля оптимизации, можно использовать как объектно-ориентированный, так и структурный подход. Ниже предлагается разработка объектно-ориентируемой модели, применимой для описания широкого класса генетических алгоритмов. С точки зрения объектно-ориентированного подхода, популяция в генетическом алгоритме представляет собой иерархию классов: популяция, особь.

Методы оперирующие объектами описанных классов, представлены в первую очередь операторами генетического алгоритма – формированием начальной популяции, кодированием и декодированием генов, селекцией, кроссовером, мутацией, редукцией, оценкой функции приспособленности. Сам алгоритм реализован как Итерационный процесс смены популяций более подробно описанный в работах [1,2,4], т.е. поиска оптимального решения реализовывался в двух режимах – автоматическом и ручном. Автоматический

режим предусматривает непрерывный процесс поиска и автоматическую остановку в случае прекращения существенного роста целевой функции.

Для наглядного представления внутренних процессов генетического алгоритма, реализован интерфейс, отображающий динамику приспособленности особей по мере развития популяции. В ходе ручной генерации новых поколений, отображаются особи популяции и их основные характеристики – значение целевой функции(функции приспособленности), значение эффективности решения, значение риска решения.

Полученные результаты выводятся в главном окне программы, а также доступны в виде отчета.

Диалоговое окно программной реализации модуля оптимизации, системы поддержки принятия решения при управлении сырьевыми запасами в условиях неопределенности представлено на рисунке 3:

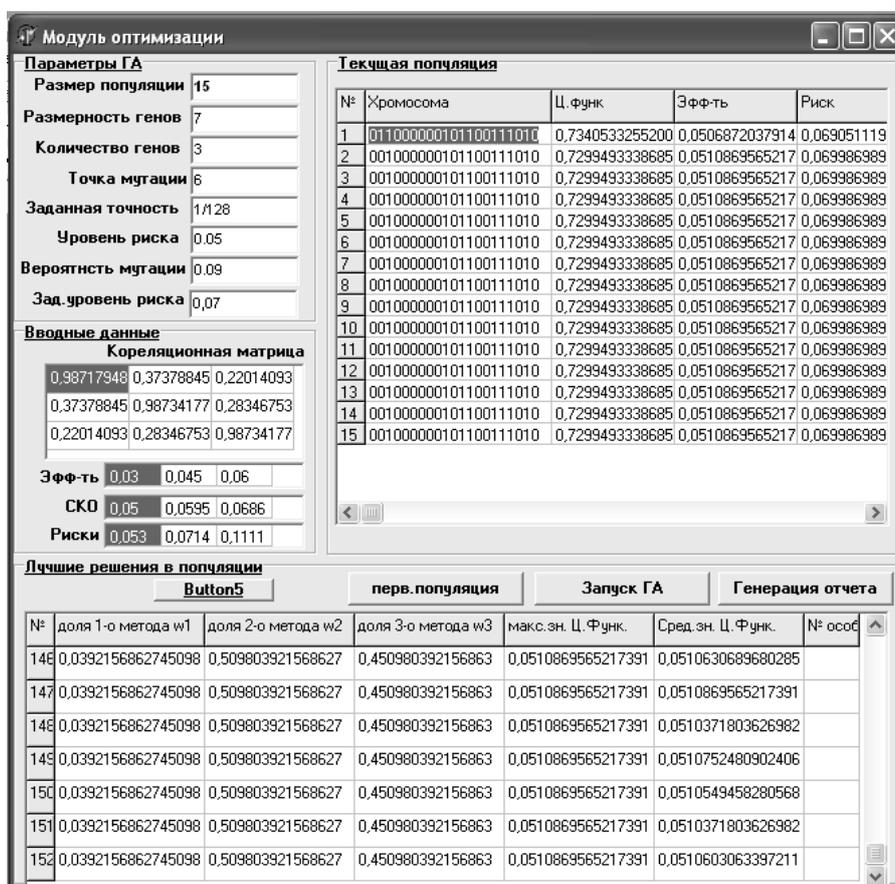


Рисунок 3. – Диалоговое окно модуля оптимизации

Результатами данной работы являются сформулированные требования к информационной системе обработки экспериментальных данных, позволившие спроектировать архитектуру информационно-аналитической системы управления закупками сырья; программно реализована библиотека описания иерархии классов генетических алгоритмов; программно реализовано ядро системы.

**Список литературы:**

1. Батищев В.И., Портнов К.В. Анализ генетических алгоритмов оптимизации инвестиционных процессов// материалы Международной конференция по мягким вычислениям и измерениям. – С.Петербург, 2005г. – с.88-89

2. Портнов К.В. Использование модифицированных генетических алгоритмов в задачах распределения ресурсов// Материалы IX международной конференции «Интеллектуальные системы и компьютерные науки»: (23-27 октября 2006г.), том 2, часть 2. – М.:Изд-во механико-математического факультета МГУ, 2006г. – с.244-250

3. Портнов К.В. Системный подход к управлению процессами закупки сырья// Управление и экономика в современных производственных системах, всероссийская научн.-практ. конф. (2008; Волгоград) Всероссийская научно-практическая конференция «Управление региональными системами», 21 марта 2008г.: [материалы] / отв.ред. А.А. Огарков. Часть I. – Москва – Волгоград: ООО «Глобус», 2008г. С.101-103

4. Портнов К.В. Генетические алгоритмы и поиск эффективных порядков индикаторов в Биржевой торговой стратегии на основе пересечения трех скользящих средних. – Вестник СамГТУ – 2005 - №32 с.72– 76.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ, ОСНОВАННЫХ НА РЕШЕНИИ ОСРЕДНЕННЫХ УРАВНЕНИЙ РЕЙНОЛЬДСА

Серебренникова А.В.<sup>1)</sup>, Дорошенко С.А.<sup>2)</sup>, Ильин А.А.<sup>2)</sup> (Москва, Московский Государственный Строительный Университет, (1) кафедра Информатики и прикладной математики, (2) кафедра Теоретической механики, [serebrennikova\\_a@mail.ru](mailto:serebrennikova_a@mail.ru))

Computational fluid dynamics (CFD) is one of the branches of fluid mechanics that uses numerical methods and algorithms to solve and analyze problems that involve fluid flows. The article considers the Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) turbulence models. A comparative analysis has been performed. The advantages of the Shear Stress Transport (SST) turbulence model are shown as applied to the problems construction aerodynamics.

В настоящее время для описания турбулентных течений используют в основном методы, базирующиеся на решении уравнений Навье-Стокса.

Прямое численное моделирование (DNS) [1] предполагает решение полных нестационарных уравнений Навье-Стокса и уравнения неразрывности. Это означает, что не требует дополнительного моделирования и происходит учет всех эффектов, присущих течению. Трудности DNS заключаются в ограниченности компьютерных ресурсов даже в настоящее время. С практической точки зрения статистика, полученная с DNS, может быть использована для тестирования и калибровки моделей, базирующихся на осредненных уравнениях Рейнольдса.

Модели турбулентности, используемые в инженерных расчетах, обычно основываются на решении осредненных уравнений Рейнольдса (RANS).

В общем виде используемые в моделях с одним или двумя дифференциальными уравнениями переноса можно записать в следующем виде [2]:

$$\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial \Phi}{\partial x_j} = P - D + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ (\mu + \Gamma_\Phi) \frac{\partial \Phi}{\partial x_j} \right] + A \quad (1)$$

Расшифровка параметров в уравнении (1) для каждого вида уравнений приведена в табл.1 [3]. В случае SST-модели последний член уравнения (1)

$$A = 2(1 - F_1) \rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \quad (2)$$

В остальных случаях  $A=0$ .

Модель SST является разновидностью стандартной k- $\omega$  модели и была разработана (Menter, 1994). Модель эффективно сочетает устойчивость и точность стандартной k- $\omega$  модели в пристеночных областях и k- $\epsilon$  модели на удалении от стенок, для этого k- $\epsilon$  модель была конвертирована в k- $\omega$  модель. SST модель имеет следующие особенности по сравнению со стандартной k- $\omega$  моделью: стандартная k- $\omega$  модель и преобразованная k- $\epsilon$  модель объединяются специальной функцией и обе добавлены в представленную модель. Специальная функция в пристеночной области принимает значение единицы, активизируя стандартную k- $\omega$  модель, а на удалении от стенки принимает значение нуля, активизируя преобразованную k- $\epsilon$  модель [2].

Таблица 1. Модельные коэффициенты для моделей с двумя дифференциальными уравнениями.

$k-\varepsilon$	$c_{\varepsilon 1}$	$c_{\varepsilon 2}$	$\sigma_k$	$\sigma_\varepsilon$	$c_\mu$
	1.44	1.92	1.0	1.3	0.09
$k-\omega$	$\beta^*$	$\beta$	$\alpha$	$\sigma_k$	$\sigma_\omega$
	0.09	0.075	5/9	0.5	0.5
$k-\omega$ (SST)	$\beta_1^*$	$\beta_1$	$\alpha_1$	$\sigma_{k1}$	$\sigma_{\omega 1}$
	0.09	0.075	$\beta_1 / \beta_1^* - \sigma_{\omega 1} k^2 / \sqrt{\beta_1^*}$	0.85	0.5
	$\beta_2^*$	$\beta_2$	$\alpha_2$	$\sigma_{k2}$	$\sigma_{\omega 2}$
	0.09	0.0828	$\beta_2 / \beta_2^* - \sigma_{\omega 2} k^2 / \sqrt{\beta_2^*}$	1	0.856

Основные уравнения для турбулентной кинетической энергии  $k$  и турбулентной частоты  $\omega$  следующие:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial \rho \bar{U}_j k}{\partial x_j} &= P_k - D_k + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) \\ \frac{\partial \rho \omega}{\partial t} + \frac{\partial \rho \bar{U}_j \omega}{\partial x_j} &= \frac{\gamma}{\nu_t} P_k - \beta \rho \omega^2 \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma_k \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right), \\ &+ (1 - F_1) 2 \rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $P_k = \min(\mu_t S^2, 10 D_k)$

$$D_k = \beta^* \rho \omega k$$

и стыковочная функция  $F_1$  вычислена из:

$$F_1 = \tanh(\arg_1^4)$$

$$\arg_1 = \min \left( \max \left( \frac{\sqrt{k}}{\beta^* \omega y}, \frac{500 \nu}{y^2 \omega} \right); \frac{4 \rho \sigma_{\omega 2} k}{CD_{k\omega} y^2} \right)$$

$$CD_{k\omega} = \max \left( 2 \rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j}; 1.0 e^{-10} \right)$$

Турбулентная вязкость вычислена по формуле:

$$\mu_t = \min \left[ \frac{\rho k}{\omega}; \frac{a_1 \rho k}{SF_2} \right]$$

с постоянной  $a_1 = 0.31$  и стыковочная функция  $F_2$ , полученный из

$$F_2 = \tanh(\arg_2^2)$$

$$\arg_2 = \max \left( 2 \frac{\sqrt{k}}{\beta^* \omega y}; \frac{500 \nu}{y^2 \omega} \right)$$

$\varphi = F_1 \varphi_1 + (1 - F_1) \varphi_2$ , где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  коэффициенты  $k-\omega$  и  $k-\varepsilon$  модель соответственно.

Эти особенности делают SST  $k-\omega$  модель более точной и надежной для рассматриваемого в данной работе класса задач (с наличием градиентов давления, обтекания препятствий), чем в случае стандартной  $k-\omega$  модели.

Для верификации нами был выбран тест, описывающий потоки ветра около высотного здания при низкой окружающей застройке [4], подготовленный специализированной рабочей группой при Технологическом Институте Ниигаты (Япония), специально для того чтобы оценить пригодность численного моделирования именно для этого класса задач.

В центре низкой застройки располагается высотное здание размерами 25\*25\*100 м, вокруг которого две дороги - 20 и 30 м шириной, все остальные дороги между зданиями - 10 м. Окружающие здания имеют размеры 40\*40\*10 м.

Эксперимент проводился в аэродинамической трубе Технологического Института Ниигаты. Масштаб модели 1:400. 78 датчиков были установлены на высоте 5 мм, что соответствует 2 м над землей. Ветер задавался в трех направлениях ( $0^{\circ}$ ,  $22.5^{\circ}$  и  $45^{\circ}$ ). Скорость ветра «на входе» составляла 6 м/с.

Нами был рассмотрен симметричный вариант ( $0^{\circ}$ ) с назначением соответствующих граничных условий симметрии.

С помощью макроса были последовательно составлены несколько моделей (100, 200, 400 тыс ячеек) с использованием результатов более грубой в качестве начального приближения.

Ниже представлены результаты расчета модели, включающей ~400 тысяч шестигранных и призматических ячеек.

Как показали оценочные расчеты для модели с 700 тыс ячеек, дальнейшее сгущение сетки не приводило к заметному изменению результатов.

Сравнивались две модели турбулентности SST и k-ε.

Значения с учетом порывов определялись с учетом коэффициента обеспеченности  $\beta=1$ . Здесь  $V_m$  среднее значение,  $V_{pul}$  расчетная амплитуда пульсационной составляющей ТКЕ- кинетическая энергия турбулентности.

$$V_{pul} = \beta \cdot \sqrt{2/3 \cdot ТКЕ} \quad (4)$$

$$V_{max} = V_m + V_{pul} \quad (5)$$

Ниже представлен график со сравнениями безразмерных средних скоростей «вдоль улицы», полученными в CFX (для моделей SST и k-ε) и экспериментально (для двух видов датчиков).

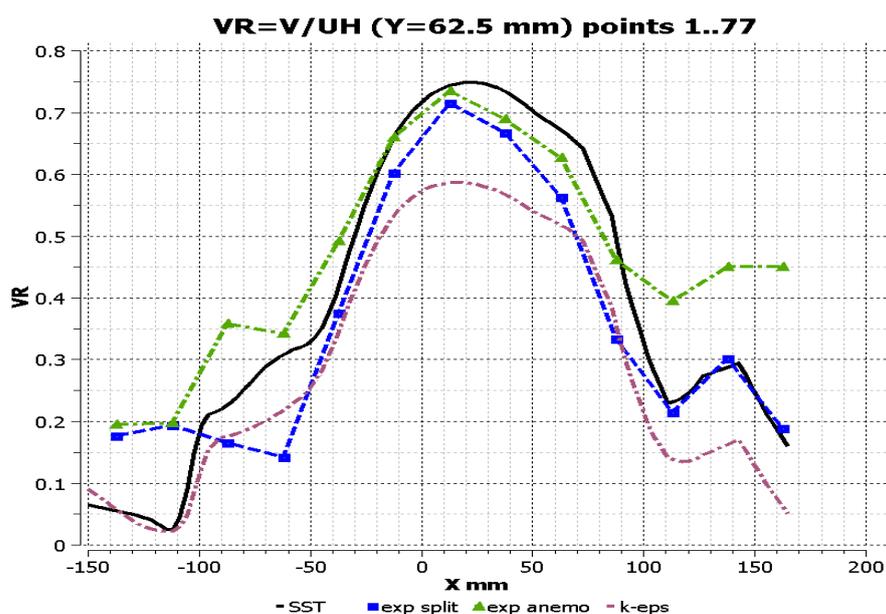


Рис.1. Графики безразмерных средних скоростей «вдоль улицы». (Y=62.5 мм)

По результатам можно сделать вывод о том, что для данного класса задач строительной аэродинамики больше подходит модель турбулентности SST.

**Список литературы:**

1. Alvelius K., Johanson A.V. Direct numerical simulation of rotating channel flow at various Reynolds numbers and rotation number. In PhD thesis of K. Avelius Dept. of Mechanics, KTH, Stockholm, Sweden, 1999.
2. ANSYS CFX 11.0. User's Guide. Canonsburg 2007
3. Kolmogorov A.N. Equations of turbulent motion of an incompressible fluid. Izvestia Academy of Sciences, USSR; Physics 6: 56-58, 1942
4. Tetsu Kubota, Masao Miura, Yoshihide Tominaga, Akashi Mochida. Wind tunnel tests on the relationship between building density and pedestrian-level wind velocity: Development of guidelines for realizing acceptable wind environment in residential neighborhoods. Building and environment, Volume 43, Issue 10, October 2008, pp 1699-1708.
5. МДС 20-1.2006. Временные нормы по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве.
6. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. М. Стройиздат, 1984



---

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОЛОГИИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И  
ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ**



## ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕХОДА НА ТРАНСПОРТ КАРЬЕРНОЙ РУДЫ ПО ПОДЗЕМНЫМ ВЫРАБОТКАМ.

Едигарьев В.Г. (АФ МГТУ, кафедра горного дела, edval@goi.kolasc.net.ru)

The article defines the methodical approach to an estimation of transition to transporting quarry ore on underground openings reasoning from the equality of costs for quarry and underground transport.

### Введение

При проектировании комбинированной разработки месторождений, необходимо учитывать возможности использования подземных выработок для транспорта карьерной горной массы и карьерного пространства для проходки части вскрывающих выработок подземного рудника и создания общей транспортной схемы. Использование вскрывающих подземных выработок позволяет сократить длину транспортирования горной массы из карьера, что снижает затраты на открытые горные работы и создает экономические предпосылки для углубления карьера.

### Особенности вскрытия при комбинированной отработке

При вскрытии рудных залежей используется ряд схем с проходкой из карьера рудоспусков, связывающих транспортные потоки карьера и подземного рудника. Одна из распространенных схем приведена на рисунке 1. Руда из карьера с некоторого момента его эксплуатации не транспортируется по карьерным коммуникациям, а перепускается по рудоспускам на выработки откаточного горизонта подземного рудника и выдается на поверхность по главным стволам.

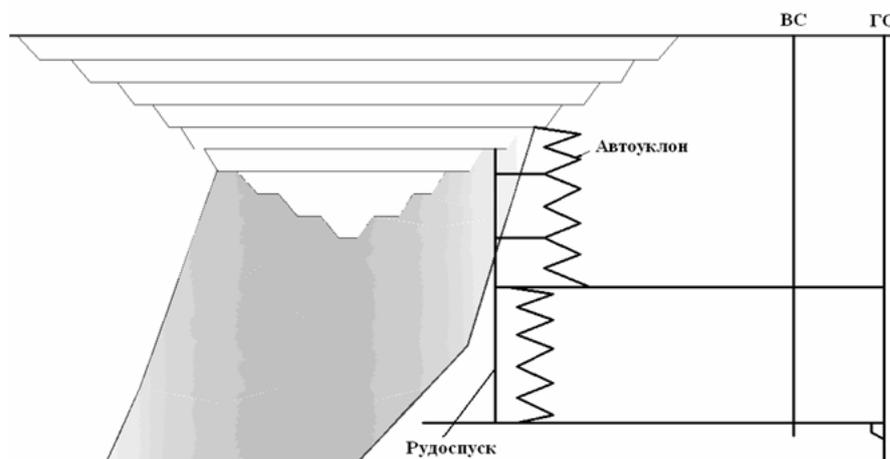


Рисунок 1. – Схема вскрытия месторождения с помощью карьерных рудоспусков и автоуклона, ВС, ГС – вентиляционный и главный скиповый стволы.

Эта и подобные ей схемы вскрытия требуют сооружения поверхностных или подземных пунктов дробления руды, а также своевременной готовности транспортной схемы подземного рудника к приему и перемещению на поверхность карьерной руды. Такая готовность предусматривает опережающую проходку вскрывающих выработок подземного рудника по отношению к времени начала подземной отработки.

В общем виде целесообразность перехода на транспорт карьерной руды по подземным выработкам, определяется из равенства затрат карьерного и подземного транспорта

$$Z_{KT} = Z_{ПТ} + Z_{ТПК} + Z_{П} \cdot (1 + E_{нп})^{T_{П} - T_{ПК}}, \quad (1)$$

где  $Z_{KT}$ ,  $Z_{ПТ}$  – затраты, связанные с транспортом карьерной и подземной руды по карьерным коммуникациям, руб.;  $Z_{ТПК}$  – затраты, связанные с транспортом карьерной руды по подземным коммуникациям, руб.;  $Z_{П}$  – ущерб от более ранних капитальных вложений в строительство сооружений подземного рудника, руб.;  $T_{П}$  – срок сдачи в эксплуатацию подземного рудника, лет;  $T_{ПК}$  – срок перехода на транспорт карьерной руды по подземным выработкам, лет;  $E_{нп}$  – норматив приведения разновременных затрат.

В развёрнутом виде зависимость имеет вид

$$\begin{aligned} & \left( \frac{H_{n(\kappa-n)}}{1000 \cdot \sin \alpha} \cdot (c_{лвк} + c_{мк}) + E_n \cdot K_{км} \right) / A_{мк} \cdot T_{мк} = \left( \sum_1^n H_{ci} \cdot c_{nc} + \sum_1^m H_{pj} \cdot c_{npj} + \sum_1^n V_{oi} \cdot c_{noi} + \right. \\ & \left. + \sum_1^n L_{mi} \cdot c_{nmi} \right) / A_{mn} \cdot T_{mn} + \left( \sum_1^n L_{mi} \cdot c_{mми} + \left( \sum_1^n H_{ci} \cdot c_{нооi} + H_c \cdot c_e \right) / 1000 \right) + \\ & \left. + (E_n \left( \sum_1^n H_{ci} \cdot S_{ci} \cdot c_{ci} + \sum_1^m H_{pj} \cdot S_{pi} \cdot c_{pi} + \sum_1^n V_{oi} \cdot c_{oi} + \sum_1^n L_{mi} \cdot S_{mi} \cdot c_{mi} \right)) / A_{mn} \cdot T_{mn} \right) \cdot (1 + E_{нп})^{\Delta T} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $H_{n(\kappa-n)}$  – глубина карьера в момент перехода от карьерного к подземному транспорту, м,  $\alpha$  – угол уклона карьерных транспортных коммуникаций, град.,  $c_{пвк}$ ,  $c_{тк}$  – соответственно удельные эксплуатационные затраты на поддержание транспортных карьерных коммуникаций и транспорт по ним, руб./1000м;  $E_n$  – нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений;  $K_{км}$  – капитальные затраты, связанные с карьерным транспортом, руб.;  $A_{тк}$  – количество руды, перевозимой карьерным транспортом в течение года, т;  $T_{тк}$  – длительность периода транспортирования руды по карьерным коммуникациям, лет;  $H_{ci}$ ,  $H_{pj}$  – длина стволов и рудоспусков, используемых для перепуска и подъема руды из карьера, м;  $V_{oi}$  – объём камерных выработок для погрузки – разгрузки руды, м<sup>3</sup>;  $L_{mi}$  – длина подземных выработок, предназначенных для транспортирования руды от рудоспусков к стволу, м;  $c_{пс}$ ,  $c_{пр}$ ,  $c_{по}$ ,  $c_{пт}$  – соответственно удельные эксплуатационные затраты на поддержание подземных коммуникаций;  $A_{тп}$  – количество руды, перевозимой подземным транспортом в течение года, т;  $T_{тп}$  – длительность периода транспортирования руды по подземным коммуникациям, лет;  $c_{ми}$ ,  $c_{подi}$ ,  $c_v$  – соответственно удельные эксплуатационные затраты на транспорт 1т·км, подъем, водоотлив, руб/1000 м;  $c_{ci}$ ,  $c_{pi}$ ,  $c_{oi}$ ,  $c_{mi}$  – соответственно удельные затраты на строительство стволов, рудоспусков, камерных выработок, транспортных выработок, руб/м<sup>3</sup>;  $S_{ci}$ ,  $S_{pi}$ ,  $S_{mi}$  – площадь сечения соответствующих выработок, м<sup>2</sup>,  $E_{нп}$  – коэффициент дисконта;  $\Delta T = T_{п} - T_{пк}$  – интервал времени между началом строительства подземного комплекса для транспорта подземной руды и началом эксплуатации подземного рудника, лет.

Решение уравнения 2 относительно  $H_{n(\kappa-n)}$  позволяет определить глубину карьера, при которой целесообразен переход на транспорт карьерной руды через выработки подземного рудника.

Ещё одна задача требует своего решения при проектировании вскрытия при комбинированной отработке – определение времени начала проведения вскрывающих подземных выработок, обеспечивающих готовность подземной транспортной системы к моменту достижения карьером глубины  $H_{n(\kappa-n)}$  (рисунок 2).

Так, для схемы вскрытия, приведённой на рисунке 2 время начала проведения рудовыдачной выработки  $T_c^0$ , обеспечивающей её готовность к транспорту карьерной руды к моменту достижения глубины  $H_{n(\kappa-n)}$ , определяется по формуле

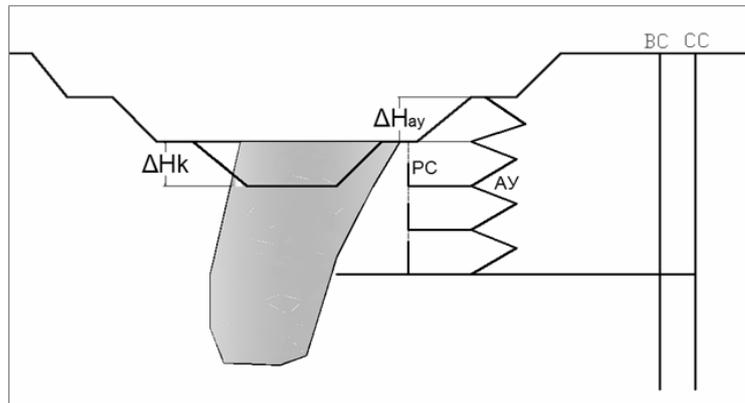


Рисунок 2 – Расчётная схема к определению взаимосвязи между развитием карьера и последовательностью проведения подземных вскрывающих выработок.  
BC, CC – вентиляционный и скиповой стволы.

$$T_c^0 = \frac{H_{n(k-n)}}{V_o} - \left( \sum_1^n H_{ci} / v_{ci} + \sum_1^m H_{pj} / v_{pj} + \sum_1^n V_{oi} / a_{oi} + \sum_1^n L_{mi} / v_{mi} \right) \cdot k_c \quad (2)$$

где  $V_o$  – среднее понижение уровня очистной выемки в карьере, м/мес.;  $v_{ci}$ ,  $v_{pj}$ ,  $v_{mi}$ ,  $a_{oi}$  – скорости проведения ствола, рудоспуска, транспортных квершлагов и штреков и камерных выработок, (м/мес., м<sup>3</sup>/мес.);  $k_c$  – коэффициент, учитывающий совмещение во времени при проведении вскрывающих выработок.

В этот момент времени расстояние между текущей глубиной карьера  $H_{ki}$  и глубиной перехода на транспорт руды по подземным выработкам составит

$$\Delta H_k = V_o \cdot T_c^0 \quad (3)$$

При этой схеме вскрытия проведение выработок подземного транспортного комплекса осуществляется последовательно, что приводит к «замораживанию» капитальных вложений на время, необходимое для проведения одного из ключевых звеньев транспортной схемы - рудоспуска. Для сокращения этого времени может быть применена схема вскрытия с использованием параллельного проведения автоуклона, предназначенного для доставки материалов и оборудования в подземный рудник. Такая схема обеспечивает совмещение открытых работ в карьере с проведением подземных вскрывающих выработок. Траектория автоуклона рассчитывается таким образом, чтобы обеспечить проведение из него к оси будущего рудоспуска подходов выработок. Отбойка фрагментов рудоспусков осуществляется из этих выработок методом секционного взрывания.

Расстояние места заложения устья автоуклона от отметки карьера в момент перехода от карьерного к подземному транспорту определяется по формуле

$$\Delta H_{ay} = (H_p \cdot V_o \cdot (V_p + V_{ay} \cdot \sin \alpha)) / (V_p \cdot (V_{ay} \cdot \sin \alpha - V_o)), \quad (4)$$

где  $V_{ay}$  – скорость проведения автоуклона, м/мес.;  $\alpha$  – уклон автоуклона, град.

## Выводы

Предлагаемый методический подход позволяет определить глубину карьера, при которой целесообразен переход на транспорт карьерной руды через выработки подземного рудника и время начала проведения вскрывающих подземных выработок, обеспечивающих готовность подземной транспортной системы к моменту достижения карьером этой глубины.

## ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ДАННЫХ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РАБОТ

Едигарьев В.Г. (АФ МГТУ, кафедра горного дела, edval@goi.kolasc.net.ru); Леонтьев А.А. (АФ МГТУ, кафедра горного дела, lntvaa@mail.ru); Мельник Б.К. (Горный институт КНЦ РАН)

The article reports data about the developed database of cars and mechanisms for underground mining of ore deposits. The database includes data on more than 450 cars and equipment.

### Введение

При проектировании, планировании и ведении горных работ необходимо решать задачи выбора средств механизации производственных процессов. Для облегчения процедуры выбора желательно иметь структурированную информацию о выпускаемых образцах оборудования для выполнения основных и вспомогательных технологических процессах, оснащенную инструментами поиска, оценки и выбора в соответствии с требованиями, предъявляемыми технологией горных работ.

### База данных

База данных оборудования, предназначенного для ведения горных работ, выполнена в среде «Excel» и содержит информацию по следующим разделам:

- погрузочно-доставочные машины (93 ед.);
- подземные автосамосвалы (50 ед.);
- буровая техника (136 ед.);
- вспомогательное оборудование (151 ед.);
- вибропитатели и конвейеры (20 ед.).

А	В	Г	Н	И	К	М	О	Р	Q	С			
Фирма	Марка машины (иное название)	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Внутренний радиус поворота, мм	Внешний радиус поворота, мм	Ширина доставочной выработки, м	Высота доставочной выработки, м	Ширина транспортной выработки, м	Высота транспортной выработки, м	Сечение доставочной выработки, м <sup>2</sup>	Сечение транспортной выработки, м <sup>2</sup>	Мощность двигателя, кВт
"Атлас Копко" (Швеция)	MT 401B	9947	2794	2540	4651	9571	4,1	6,0	19,8	278			278
"Атлас Копко" (Швеция)	MT 408B	842						6,8	19,7	280			280
"Атлас Копко" (Швеция)	MT 2000	894						9,7	16,4	224			224
"Атлас Копко" (Швеция)	MT 2010	9146	2210	2444			9,2	2,5	15,2	224			224
"Атлас Копко" (Швеция)	MT 5010	9146	2210	2444	4895	9325	9,2	2,5	15,2	485			485
"HITACHI Machinery" (Япония)	DT12	6810	1830	1905	4345	6400	2,2	3,5	11,9	116			116
"HITACHI Machinery" (Япония)	DT16	7775	2135	2260	3445	6150	3,1	1,8	14,4	176			176
"HITACHI Machinery" (Япония)	DT18	7670	2285	2285	3380	6150	3,1	2,5	15,2				
"HITACHI Machinery" (Япония)	DT20T	7315	1980		4370	6825	3,1	3,0	0,0	164			164
"HITACHI Machinery" (Япония)	PT22	3280	2440	2220	3810	6355	3,1	2,6	10,7	224			224

Рисунок 1 – Фрагменты баз данных по основным параметрам подземных автосамосвалов и бурового оборудования

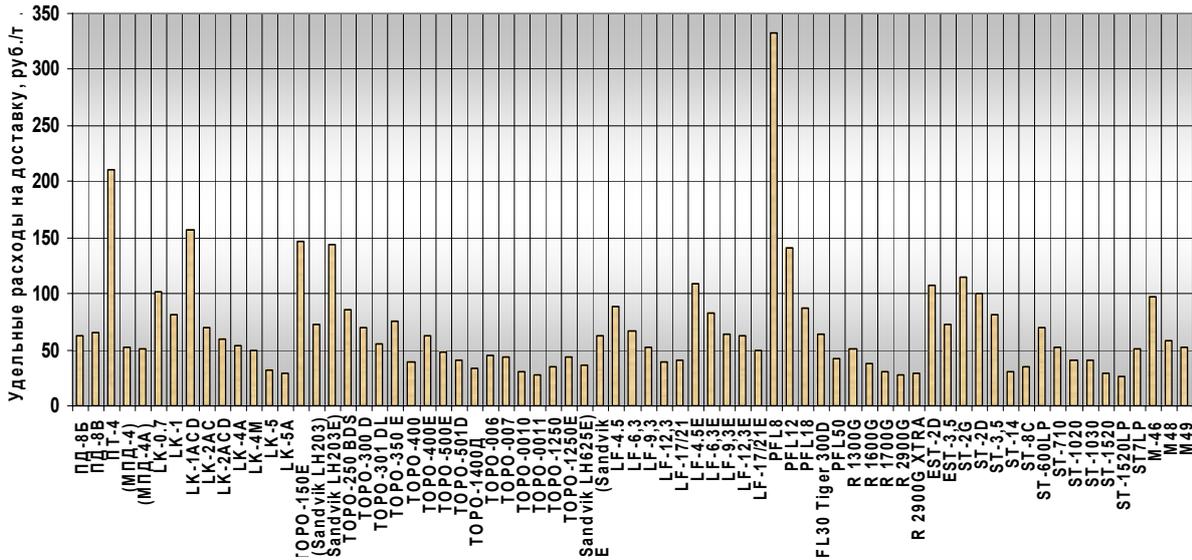


Рисунок 2. – Зависимости удельных затрат на доставку руды при плече откатки 300 м для отдельных марок погрузочно-доставочных машин.

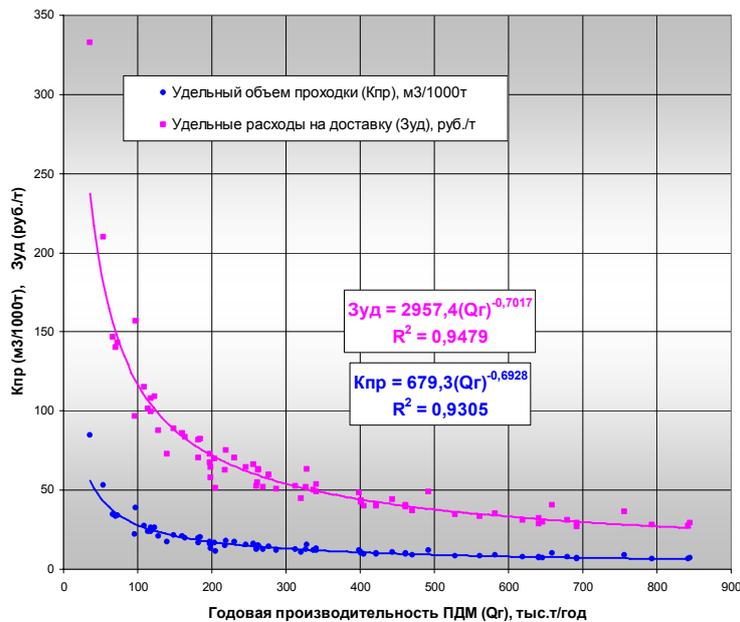


Рисунок 3 – Зависимости удельных затрат на доставку руды и объёма проходки выработок при плече откатки 300 м для отдельных марок погрузочно-доставочных машин.

Всего в базе данных представлена информация о 450 различного вида машин и оборудования. Программа позволяет осуществлять выбор горного оборудования на основании ограничений по сечениям выработок, основным техническим параметрам, стоимости и производительности машин. Фрагменты баз данных по основным параметрам подземных автосамосвалов и бурового оборудования приведены на рисунке 1.

Использование гиперссылок в базе данных позволяет выводить всю имеющуюся графическую и табличную информацию по каждому типу и марке оборудования, производить её корректировку и пополнение. В базе данных предусмотрено определение годовой и сменной производительности транспортного и погрузочно-доставочного оборудования от его параметров и длины транспортирования, а также экономические

показатели процесса доставки горной массы. На рисунке 2 приведены удельные затраты на доставку руды при плече откатки 300 м для отдельных марок погрузочно-доставочных машин.

Имеющаяся в базе данных информация позволяет выполнять прогнозные оценки параметров процессов горных работ от влияющих факторов. На рисунке 3 представлены зависимости удельных затрат на доставку руды и необходимого объема проходки выработок при плече откатки 300 м для отдельных марок погрузочно-доставочных машин. На основании аналогичных зависимостей осуществляется выбор рационального типоразмера оборудования для конкретных горнотехнических условий рудника. База данных постоянно пополняется с появлением новых машин и оборудования.

### **Заключение**

Разработанная база данных горных машин и комплексов представляет широкие возможности для анализа, оценки и выбора современного оборудования для ведения подземных горных работ на всех стадиях освоения месторождений. База данных предназначена для инженерно-технических работников горных предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов, а также может быть полезной для студентов вузов горного профиля.

## РУДНЫЕ ПОЛЯ ХИБИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Каменев Е.А. (г. Мурманск, МГТУ)

Месторождения комплексных апатито-нефелиновых руд хибинского типа не имеют аналогов среди известных в мире геологических объектов. Они отличаются весьма крупными размерами, своеобразием морфологии и внутренней структуры, необычными парагенезисами рудообразующих минералов, комплексным составом руд. Специфичность условий формирования, геологической структуры, вещественного состава пород и руд Хибинских месторождений нашли отражение в ряде генетических схем, геолого-структурных, геолого-промышленных классификаций. Однако, во всех предложенных классификационных схемах апатитовые месторождения, хибинской группы образуют самостоятельный тип, что объясняется их уникальностью (отсутствием аналогов). Кроме того, ни одна из этих систем не раскрывает существенных различий в структурной организации и вещественной зональности месторождений, присущей им анизотропии внутреннего строения.

Все известные и Хибинах месторождения апатита группируются в пределах трех рудных полей: Юго-западного, Юго-восточного и Северного.

При выделении рудных полей, наряду с общепринятыми критериями - пространственной совокупностью рудных залежей, объединенных общностью условий образования в конкретных геологических структурах, обусловивших эту совокупность, учтена возможность их совместного освоения одним или несколькими рудниками.

В объемной модели рудного поля, как трехмерного геологического пространства, выделяются составные структурные элементы (сверху вниз):

- *фронтальная зона* естественного выклинивания апатитовой минерализации по восстановлению структуры, которая на Хибинских месторождениях частично или полностью уничтожена эрозией или отработана в процессе эксплуатации;

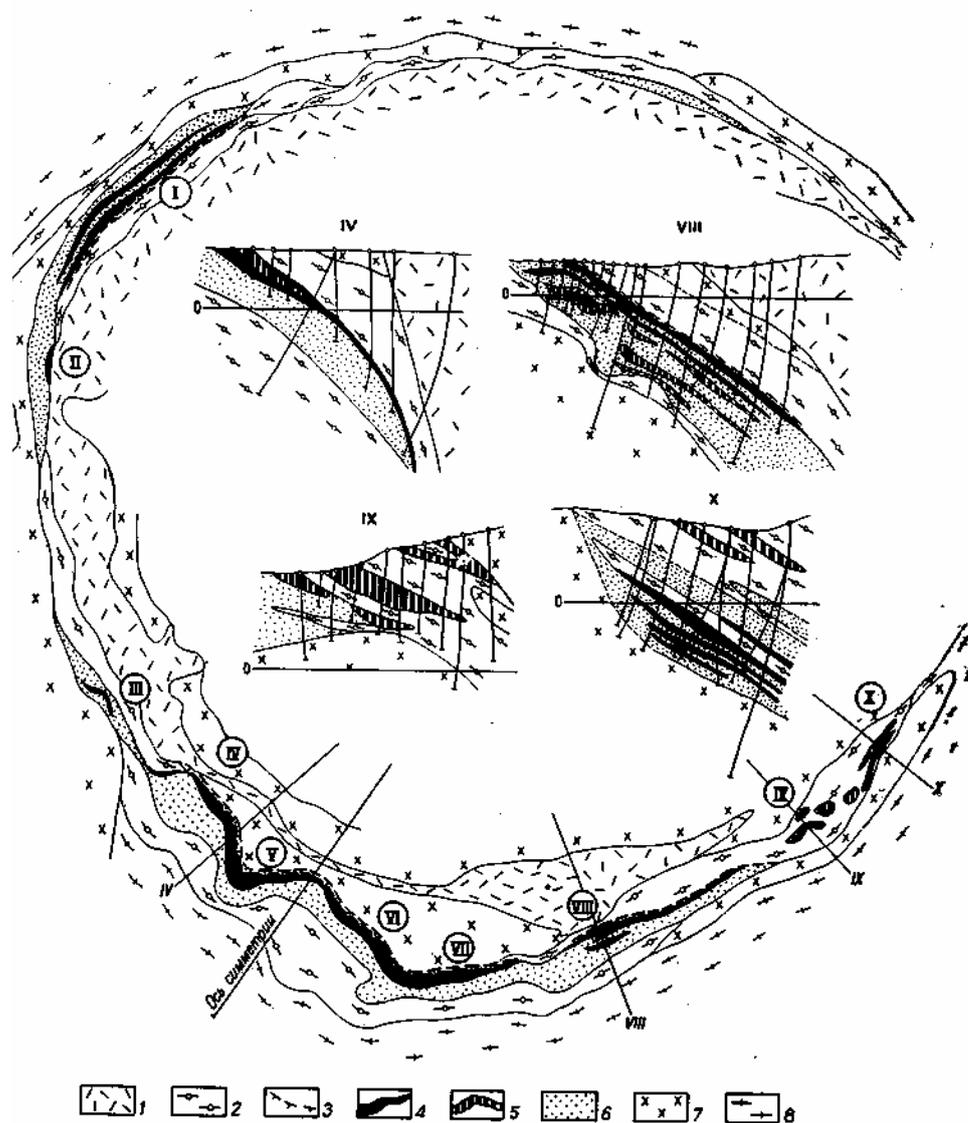
- *центральная зона* наибольшей концентрации оруденения объединяет все природные типы руд, чередующиеся в разрезе с упорядоченной последовательностью (зональность), частично затронутая эрозией (отработкой);

- *корневая зона* характеризуется постепенным снижением интенсивности оруденения с отчетливой тенденцией к выклиниванию рудных тел по падению, фиксирующая сопряженность рудных залежей с подводющим каналом.

Границы между структурными зонами для каждого рудного поля определяются по совокупности морфоструктурных признаков, присущих каждой зоне.

Размещение апатитовых залежей в плане характеризуется двусторонней симметрией, осью которой является радиальная линия, проходящая через центральную часть Юго-Западного рудного поля. При попарном сопоставлении месторождений восточной и северной ветвей обнаруживаются черты общности их структурной организации, что является отражением вертикальной зональности, выражающейся в закономерном размещении рудных тел направлении от корневой к фронтальной зоне.

Объемную модель, связывающую все известные, уничтоженные эрозией и прогнозируемые на глубоких горизонтах рудные залежи можно представить в форме опрокинутого конуса, на поверхности которого вдоль основания прослеживаются структурные зоны различных морфологических типов. В направлении от корневой к фронтальной зоне разрезаются несколько сменяющих друг друга по вертикали (*структурных ярусов*), различающихся по морфологии, интенсивности оруденения и по соотношению природных типов руд.



Хибинских месторождений и рудные поля [2]

Северное рудное поле (I – Партомчорр, II – Куэльпор, III – Снежный Цирк); Юго-Западное рудное поле (IV – Кукисвумчорр, V – Юкспор, VI – Апатитовый Цирк, VII – Расвумчорр); Юго-Восточное рудное поле (VIII – Коашва IX – Ньоркпрахк, X – Олений Ручей).

Корневым зонам (*I-й структурный ярус*) соответствуют круто наклонные ( $50-60^\circ$ ), выклинивающиеся по падению рудные тела, характеризующиеся сравнительно небольшой мощностью (до 25 м) и низким (10-25%) содержанием апатита. Здесь руды представлены преимущественно бедными вкрапленными рудами, имеющими постепенные переходы с вмещающими породами. Корневая зона полностью оконтурена в интервале гипсометрических уровней от  $-400$  до  $+200$  м.

Расположенный выше по разрезу *II-й структурный ярус* характеризуется весьма значительной горизонтальной (до 10-12 км) и вертикальной (1-1,5 км в плоскости падения) протяженностью, большей мощностью (100-250 м), пологим залеганием верхнего ( $20-40^\circ$ ) и нижнего ( $10-20^\circ$ ) контактов, полным набором природных типов руд, их зональным

размещением, широким развитием брекчиевых руд и чётко выраженной тенденцией к увеличению интенсивности оруденения, достигающего максимума на абс. отметках от +200 до +700-900 м. По сравнению с корневой зоной мощность апатитовой залежи увеличивается в 15-20 раз, а содержание  $P_2O_5$  в рудах в 1,5-2,5 раза.

В направлении к фронтальной зоне (*III-й структурный ярус*) апатитовая залежь на Юкспоре и Плато Расвумчорр сокращается по мощности, а на месторождениях Кукисвумчорр и Апатитовый Цирк она полностью уничтожена эрозией. В направлении к флангам отмечается постепенное выклинивание центральной зоны пятнистых, блоковых и линзовидно-полосчатых руд, их место в разрезе занимает рудная брекчия среди апатитовых уртитов.

Прифронтальная часть (*IV-й структурный ярус*) представлена многоярусными рудными зонами на месторождениях Коашва (Юго-Восточное рудное поле) и Партомчорр (Северное рудное поле), в которых пластовые апатитовые залежи (рудные горизонты) переслаиваются с вмещающими породами (уртитам). Количество рудных залежей в многоярусных зонах мощностью до 200-400 м и варьирует от трёх (Партомчорр) до четырёх-семи (Коашва), их взаимоотношения с окружающими породами характеризуются или плавными переходами, фиксируемыми околорудной апатитовой минерализацией, или резкими контактами с оторочкой из рудной брекчии. Взаимное расположение рудных тел кулисообразное, причём только верхние из них являются корневыми; остальные же относятся к ореольным залежам среди уртитов.

Фронтальная зона (*V-й структурный ярус*) представлена рудной брекчией Ньоркпахкского месторождения. Выход на дневную поверхность этой зоны приурочен к флангам продуктивной зоны, где выклинивается её северная и южная ветви. Месторождение Ньоркпахк сложено четырьмя пластовыми залежами брекчиевых апатито-нефелиновых руд, сцементированных ийолитами.

На основании палеоструктурных реконструкций уничтоженных эрозией рудных ярусов можно ориентировочно оценить линейные параметры уплощенно-конической модели, связывающей все известные и предполагаемые на глубине месторождения и рудопроявления. На дневной поверхности протяженность продуктивного комплекса по периметру составляет 60 км, её диаметр 25 км. Отношение суммарной длины всех месторождений по отношению к периметру комплекса (линейный коэффициент рудоносности) приблизительно равно 1:2. Амплитуда гипсометрических уровней размещения рудных залежей охватывает широкий диапазон: от +1000 м (Плато Расвумчорр) до -1250-1500 м (корневые зоны месторождений Эвеслогчорр и Коашва). Суммарная же вертикальная протяженность рудных ярусов в общей модели должна складываться не только по разнице гипсометрических отметок, а с учётом эродированных частей структуры на Юго-Западном рудном поле и с масштабами прогнозируемого оруденения на глубоких горизонтах Юго-Восточного и Северного рудных полей.

Эти данные могут служить основой для прогнозных оценок скрытого оруденения.

#### **Список литературы:**

1. Атлас морфоструктур рудных полей. Л., «Недра», 1973. 164 с.
2. Каменев Е.А., Файзуллин Р.М. Геологическая модель месторождений апатит-нефелинового типа // Советская геология.- 1985.- № 6.- С. 34-39.

## НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ БАССЕЙНЫ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО РЕГИОНА

**Н.О. Сорохтин<sup>1,2</sup>, Н.Е. Козлов<sup>1,2</sup>** (<sup>1</sup> *Апатиты, Геологический институт Кольского научного центра РАН,* <sup>2</sup> *Апатиты, Апатитский филиал ФГОУ ВПО «МГТУ», кафедра геологии и полезных ископаемых, kozlovne@afmgtu.apatity.ru*)

Alongside with already revealed both partially reconnoitered large and unique oil and gas deposits within the limits of Barents-Kara region is selected three are potentially rich by hydrocarbon raw material and insufficiently investigated areas which at detection in them of industrially significant congestions can essentially increase oil-and-gas potential of all region.

Геодинамическая эволюция и формирование нефтегазового потенциала европейской части арктического шельфа России происходила в течение продолжительного отрезка времени (от рифея до мела), что привело к избирательному накоплению крупных, а местами и гигантских месторождений различных типов УВ сырья в приповерхностных областях земной коры. Изучение и анализ геологического материала позволяет выделить в пределах Баренцево-Карского региона четыре возрастных интервала нефтегазообразования [1-3 и др.], которые закономерно распределены в пространстве и отражают специфику развития континентальной коры и океанических бассейнов в его пределах (рис.1). К наиболее ранним потенциально нефтегазоносным образованиям региона следует относить развитые в зоне сочленения Русской плиты с Тимано-Печорской и Баренцевоморской литосферными плитами структурно-вещественные комплексы рифея (Варангер-Тиманская зона), которые представлены моноклинально залегающими осадочными толщами. В позднем венде – раннем кембрии, около 620-540 млн. лет назад произошло сочленение северной и северо-восточной оконечности ВЕП с Баренцево-Печорской плитой (БПП), которая впоследствии была разделена на Свальбардскую (Баренцевоморскую), Северокарскую и Печорскую. При этом к северо-западу от нее еще существовал океан Япетус, сформированный после распада суперконтинента Мезогей. Процесс приращения ВЕП протекал без интенсивной складчатости и магматизма, что возможно, указывает на касательное сдвиговое приращение или единой литосферной плиты, или серии эшелонированных островных дуг докембрийского возраста. Об этом так же свидетельствует и неоднородный характер строения ее фундамента, выраженного в сопряжении участков коры континентального (гранитного) и субокеанического типов [4]. Это позволяет предположить, что формирование Баренцево-Печорской литосферной плиты происходило за счет последовательного приращения по крайней мере, двух-трех крупных островных дуг, разделенных фрагментом океанической литосферы. Подобная же картина наблюдается и в Северо-Карском сегменте плиты. В центральной ее части по геофизическим данным наблюдается крупная область с корой океанического типа.

Процессы формирования Тимано-Варангерской шовной зоны сопряжены с резким уменьшением мощности разреза в северо-западном (Кольско - Канинском) сегменте, тогда как в юго-восточном (Тиманском) наблюдаются его увеличение [5]. Сокращение мощности разреза достигает трех раз, в нем отсутствуют образования раннего рифея и лишь в самой юго-восточной части Тимано-Варангерской шовной зоны присутствуют осадки данного возраста [3]. Нами это связывается с правосторонне-сдвиговым сочленением двух литосферных плит, при котором разделяющий их океанический бассейн был закрыт без субдукционного поглощения на большей ее части. При этом наиболее молодые фрагменты разреза шельфовых и континентально-склоновых образований Восточно-Европейской платформы были взброшены на край плиты, а частью срезаны, перемещены и сгружены в

юго-восточном направлении. Более древние, раннерифейские комплексы, слагавшие нижние уровни склона и подножья пассивной окраины континента, скорее всего, были захоронены в подошве сформированной шовной зоны. Эти процессы привели к увеличению степени проявления складчатости и метаморфизма, вплоть до зеленосланцевой фации в пределах Канинской и Тиманской части разреза, а так же к проявлению контрастного магматизма от гранитоидного и гранодиоритового до габбро-диабазового на юго-востоке. Еще южнее (в Предуралье) эта зона переходит в конвергентную структуру, о чем свидетельствует вскрытый бурением комплекс магматических пород островодужного типа [3]. В это же время происходит формирование Мезенской синеклизы и накопление в ее пределах мощного осадочного чехла рифей-вендского возраста за счет опускания края литосферной плиты.

В результате закрытия океана Япетус в раннем ордовике - позднем девоне (505-362 млн. лет) и формирования складчатой системы каледонид, возникли потенциально нефтегазоносные площади, локализованные в западной части Баренцевоморской плиты и к северу от Балтийского щита. Еще позже, при закрытии Палеоуральского океана в раннепермское - раннетриасовое время (290-241 млн. лет) были сформированы нефтегазоносные области к западу и востоку от Уральской складчатой системы по линии Полярный Урал - Пай-Хой – Новая Земля – п-ов Таймыр. Четвертый и завершающий этап формирования нефтегазового потенциала региона связан с зоной накопления углеводородов как биогенного, так и абиогенного (газогидратного) типов в основании материкового склона на пассивных окраинах Северного Ледовитого океана в кайнозое (55-0 млн. лет).

Проведенные нами исследования позволяют наряду с уже выявленными и частично разведанными крупными и уникальными месторождениями нефти и газа в пределах Баренцево-Северо-Карского и Тимано-Печорского бассейнов, а так же северной части Западно-Сибирской (Южно-Карская) провинции выделить, по крайней мере, три потенциально богатые углеводородным сырьем и недостаточно исследованные области, которые при обнаружении в них промышленных скоплений могут существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона.

Первая из них находится на северной оконечности Мурманской области в пределах п-ова Рыбачий. Она приурочена к осадочным образованиям рифейского возраста, относящимся к пассивной окраине континента того времени. Наиболее ранние процессы формирования нефтегазового потенциала исследуемого региона связано с формированием континентальной литосферы Баренцевоморского шельфа и ее касательно-сдвиговым причленением к древней Восточно-Европейской платформе. В результате этих событий наиболее молодые фрагменты разреза шельфовых и континентально-склоновых образований Восточно-Европейской платформы были частично взброшены на край плиты (северо-восточная оконечность Балтийского щита), а частью срезаны, перемещены и сгружены в юго-восточном направлении (Тиманский кряж). Более древние, раннерифейские комплексы, слагавшие нижние уровни склона и подножья пассивной окраины континента, скорее всего, были захоронены в подошве сформированной шовной зоны на границе Баренцевоморской плиты и Балтийского щита. Позднее, в каледонское время, эти толщи были вскрыты процессами рифтогенеза, а запечатанные в них УВ мигрировали из области повышенных давлений в зоны тектонической разгрузки. К таким зонам можно отнести прибрежные районы Кольского региона в районе развития структур проседания на бортах Норвежско-Мезенской системы рифтов.

Второй перспективной площадью может являться территория архипелага Земля Франца-Иосифа. По нашему мнению, наиболее вероятными нефтематеринскими комплексами для первично-миграционных УВ являются верхнедевонско-раннепермские отложения, что подтверждается результатами исследований в районах архипелагов Новая

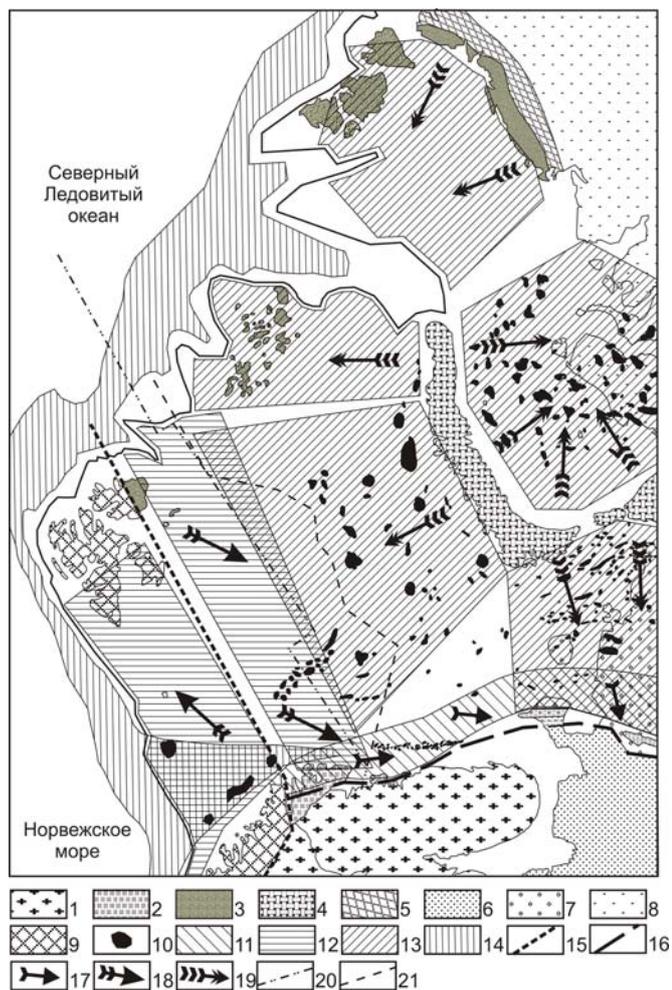


Рис.1 Схема потенциальной нефтегазоносности Баренцевоморско-Карского шельфа России. 1- фундамент Балтийского щита архейского возраста; 2- осадочные комплексы рифея и венда; 3- фундамент Свальбардской и северо-Карской плит; 4- Складчатые образования Урала и Новой Земли Урало-Монгольского пояса; 5- складчатые образования п-ова Таймыр; 6- чехольные комплексы Восточно-Европейской платформы; 7- чехольные комплексы Печорской плиты; 8- чехольные комплексы Западно-Сибирской и Сибирской платформ; 9- складчатые образования каледонид Северо-Атлантического пояса; 10- потенциально нефтегазоносные по геолого-геофизическим данным структуры и выявленные месторождения углеводородов; 11- зона потенциальной нефтегазоносности рифей-вендского возраста; 12- потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием океана Япетус в раннем ордовике - позднем девоне (505-362 млн. лет); 13- потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием Палеоуральского океана в раннепермское - раннетриасовое время (290-241 млн. лет); 14. зона формирования углеводородов биогенного и газогидратного (абиогенного) типов на пассивной окраине континента в кайнозое(55-0 млн. лет); 15- линия ограничения складчатых образований каледонид Северо-Атлантического пояса на шельфе Баренцева моря; 16- краевой шов Тимано-Варангерской системы окраино-континентального типа; 17- направление миграции углеводородов, сформированных в рифей-вендское время; 18- направление миграции углеводородов, сформированных в раннем ордовике - позднем девоне; 19. направление миграции углеводородов, сформированных в раннепермское - раннетриасовое время; 20- граница ответственности арктического сектора России; 21- срединная линия между территориями России и Норвегии.

Земля, Земля Франца-Иосифа и Шпицберген [7, 8 и др]. Очень интересными в этой связи являются данные по жидким и твердым битумам в пределах архипелага, которые повсеместно ассоциируют с дайками долеритов и долерито-базальтов, прорывающими отложения триаса и юры [9, 10]. Наличие битумопроявлений такого рода свидетельствует о нефтеносности залегающих ниже слоев, тем более что в них имеются признаки вторично миграционных процессов [там же]. То, что здесь не обнаружено нефтеносных комплексов, а содержание в них битумов и нефти оказалось незначительным [11], может быть связано с дегазацией триас-юрских осадочных комплексов и деградацией их нефтегазового потенциала в окраинно-континентальных областях за счет их изостатического поднятия над уровнем моря при раскрытии Северного Ледовитого океана.

Третьей перспективной в плане обнаружения крупных и, возможно, уникальных месторождений нефти и газа областей является Северо-Карский шельф. Проведенный геодинамический анализ показал, что данная территория может по запасам оказаться сопоставимой с Южно-Карским и Ямальским сегментом Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Первая и вторая области уже сегодня представляют определенный экономический интерес, т.к. одна из них близка к инфраструктуре крупного промышленного центра (г. Мурманск), а изучение и возможное освоение другой не сопряжено с глубоководным бурением. Третья площадь может рассматриваться лишь как резервная на отдаленную перспективу, поскольку не только существенно удалена от промышленно развитых центров севера России, но и характеризуется очень сложными ледовыми условиями. Наряду с экономической целесообразностью поиска и добычи УВ сырья в пределах европейской части арктического шельфа России присутствует и политический аспект, связанный с юридическими спорами в отношении потенциально богатых пограничных территорий, что повышает актуальность вопросов обнаружения месторождений УВ в западной и северной части российской Арктики.

Данные исследования являются первым результатом работы по Программе Президиума РАН 14 проект № 1.3.4. Авторы благодарны академику РАН А.Н. Дмитриевскому и доктору физ.-мат. наук О.Г. Сорохтину за помощь в подготовке и обсуждении материалов.

#### Список литературы:

1. Негруца В.З., Басалаев А.А., Чикирев И.В. Баренцевоморский фосфоритовый бассейн // Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993, 119 с.
2. Сейсмогеологическая модель литосферы Северной Европы: Лапландско-Печенгский район / Отв. ред. Шаров Н.В. / Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 225 с.
3. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000) // М.: Научный мир, 2001, 606 с.
4. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2 500 000. М.: Изд-во ин-та Литосферы, 1996, 94 с.
5. Симонов А.П., Губерман Д.М., Яковлев Ю.Н., Снетко П.П., Митрофанов Ф.П., Любцов В.В., Предовский А.А., Припачкин В.А. Рифейская нефть полуострова Рыбачий: миф или ключ к принципиально новому направлению нефтегазопроисковых работ на шельфе Баренцева моря? // Вестник МГТУ, т.1, №2, 1998, с. 121-140.
6. Шипилов Э.В. Месторождения углеводородного сырья российского шельфа Арктики: геология и закономерности размещения // Вестник МГТУ. т. 3. №2. 2000. С. 339-350.

7. Клубов Б.А., Кораго Е.А. О природе жидких битумов севера Новой Земли // ДАН СССР. 1990. т. 315. №4. С. 925-928.

8. Федоровский Ю.Ф. Перспективы нефтегазоносности карбонатных верхне-среднепалеозойских отложений на российском шельфе Баренцева моря// Автореф. канд. дисс. М.: ООО «ВНИИГАЗ». 2007. 27 с.

9. Клубов Б.А., Винокуров И.Ю. Природные битумы Земли Франца-Иосифа надежный нефтепоисковый признак // Геология нефти и газа. 1998. №2. С. 16-20.

10. Безруков В.М. Природные битумы о-ва Грэм-Белл Земли Франца-Иосифа и их значение для оценки перспектив нефтегазоносности арктической окраины Баренцево-Северо-Карского шельфа // Геология нефти и газа. 1997. №2. С. 35-38.

11. Преображенская Э.Н., Школа И.В., Корчинская М.В. Стратиграфия триасовых отложений архипелага Земля Франца-Иосифа (по материалам параметрического бурения) // Стратиграфия и палеонтология мезозойских осадочных бассейнов Севера СССР, Л.: ПГО «Севморгеология». 1985. С. 5-15.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ ПО ПЛОТНОСТИ НЕФТИ И СОДЕРЖАНИЮ В НЕЙ СЕРЫ

Н.Е. Козлов<sup>1,2</sup>, Н.О. Сорохтин<sup>1,2</sup>, Е.В. Мартынов<sup>1,2</sup>, Н.Е. Козлова<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Апатиты, Геологический институт Кольского научного центра РАН, <sup>2</sup>Апатиты, Апатитский филиал ФГОУ ВПО «МГТУ», кафедра геологии и полезных ископаемых, kozlovne@afmgtu.apatity.ru)

The method was proposed which makes it possible to divide confidently the world oil-deposits in two totalities according to correlation of sulfur contents and density: attended by active continental margins and collision belts, or with passive continental margins and intercontinental areas. The method permits to estimate the degree of mixture of these genetic oil types within deposits and thus to district poorly investigated areas by the quality of hydrocarbonaceous raw materials.

Проблемы геохимической типизации нефти с учетом сведений об их составе встречается в отечественной и зарубежной литературе, как правило, в связи с решением каких-либо региональных задач [1,2 и др.]. При проведении подобных исследований эти данные сопоставляются с различными типами нефтегазоносных бассейнов и структурно-вещественных комплексов, варьирующих по составу и возрасту нефтематеринских толщ и коллекторов. Далее они ложатся в основу геохимических методов разведки нефтегазовых месторождений и их генетической типизации, способствуя выявлению геохимических параметров образования исследуемых объектов. Более же часто сведения о составе нефти используются для установления их типов, которые согласуются с принятыми классификациями, оценкой качества и особенностями переработки. В настоящей работе предпринята попытка геодинамической типизации нефтяных месторождений мира с учетом их состава и с использованием данных о содержании в них серы.

Вслед за [3,4] мы полагаем обоснованным деление крупных скоплений углеводородов в приповерхностных областях земной коры на три крупных генетических типа. К первому относятся скопления УВ, сформированных в условиях накопления мощных толщ осадков на пассивной окраине континента, его материковом склоне и подножье. Вторые формируются в пределах осадочного чехла внутренних областей прогибания крупных платформ. К третьему типу относятся те УВ, которые формировались в результате повторного прогрева дегидратации и выдавливания из осевых зон активных окраин континентов и коллизионных швов. Вероятно, первый и второй типы УВ будут геохимически сходны, ввиду близости условий накопления осадочных комплексов.

В российской и зарубежной литературе преобладает утверждение о наличии однозначной корреляционной связи между плотностью нефти (параметр  $y$ ) и содержанием серы (параметр  $x$ ), то есть более тяжелые нефти являются и более высокосернистыми [5]. По литературным источникам [6-9 и др.] была создана база данных (155 проб) составов нефти российских и зарубежных месторождений. Проведенные с ее использованием исследования подтвердили наличие такой корреляционной связи. Параметрический коэффициент парной корреляции (оценка коэффициент парной корреляции:  $r = 0.54$ ) статистически значимо отличается от нуля при уровне значимости  $\delta = 0.05$ , т.к. статистика  $t = r * \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2} = 7.87 > t_{0.05;153} \approx 1.98$ , где  $t_{0.05;153}$  - квантиль t-распределения (распределения Стьюдента) при уровне значимости  $\delta=0.05$  и  $n-2=153$  степенях свободы. Для большей надежности полученного вывода был вычислен ранговый коэффициент корреляции Спирмена (оценка этого коэффициента по выборочным данным:  $r_c = 0.55$ ). При этом оказалось, что  $t_{153} = 8.04 > t_{0.05;153} \approx 1.98$ . Следовательно, коэффициент корреляции Спирмена статистически значимо отличается от нуля при уровне значимости  $\delta = 0.05$ . Заметим, что из

рассмотрения намеренно были исключены данные по целому ряду регионов, которые, по нашему мнению, не могут быть эталонными ввиду возможности смешения в них составов различных генетических типов нефти. К таким регионам, например, можно отнести Тимано-Печорскую и Западно-Сибирскую провинции, а так же нефтегазоносный бассейн Персидского залива.

В результате более детальных исследований составов нефти в системе координат «содержание серы - плотность нефти» установлено наличие, по крайней мере, двух линейных трендов (двух ветвей корреляции или регрессии) T1 и T2 соответствующих двум одноименным множествам (рис.1). Их поиск осуществлялся на основе критерия  $\sum_{x_i} \min(\rho(x_i, T1), \rho(x_i, T2)) \rightarrow \min$ , где  $\{x_i\}$  - множество фигуративных точек, а  $\rho$  - расстояние

от этих точек до соответствующего тренда. Тренд T1 представлен уравнением регрессии  $y=0.021*x+0.836$  (доверительные интервалы для коэффициентов уравнения, при уровне значимости  $\delta=0.05$ , соответственно: (0.016,0.026) и (0.827,0.844)). Тренд T2 представлен уравнением  $y=0.167*x+0.817$  (доверительные интервалы соответственно: (0.12,0.214) и (0.799,0.835)). Эти тренды существенно отличаются друг от друга. В частности, значения коэффициентов уравнений регрессии для T1 лежат вне соответствующих доверительных интервалов коэффициентов тренда T2 и наоборот.

При интерпретации этих трендов было установлено, что первый, обозначенный как T1, соответствует нефтям из месторождений, которые явно тяготеют к активным окраинам континентов и коллизионным швам, а второй (T2) – пробам из месторождений пассивных континентальных окраин восточного побережья Северной и Южной Америки, а так же западного побережья Африки [10] (оценки коэффициентов уравнения линейной регрессии первого тренда попадают в соответствующие доверительные интервалы оценок, при уровне

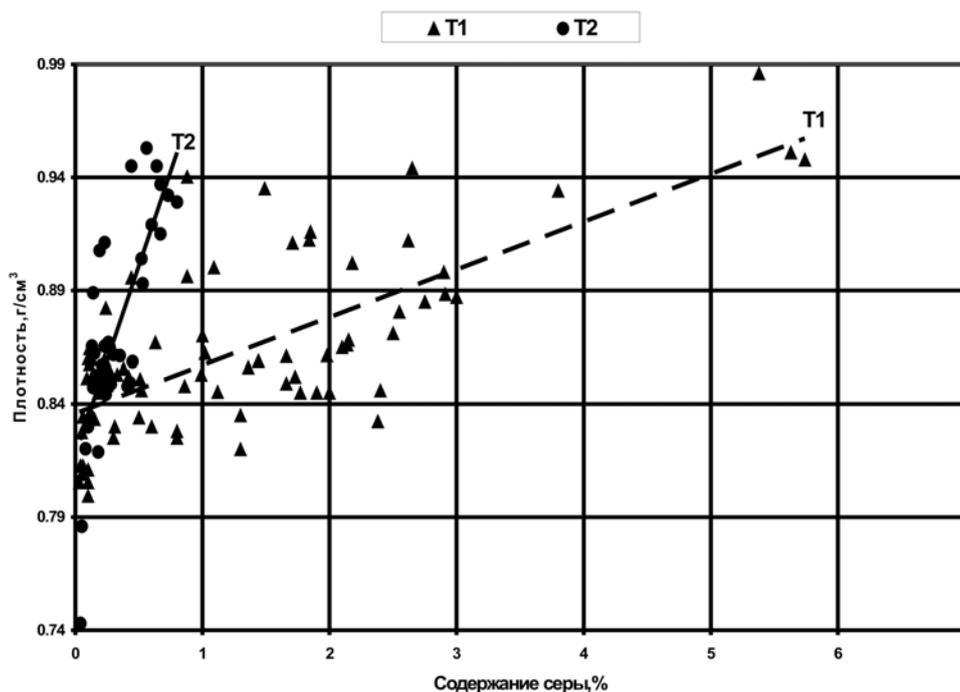


Рис. 1. Совокупности T1 и T2 на диаграмме «содержание серы - плотность» (объемов соответственно 78 и 38) и их линейные тренды (T1 и T2).

значимости  $\delta=0.05$ , второго тренда и наоборот. Все это позволяет интерпретировать два найденных тренда изменчивости совокупности (две ветви корреляции между плотностью нефти и содержанием серы), как тренды изменчивости соответствующие указанным выше двум совокупностям.

Таким образом, предположение о возможном разделении всей совокупности месторождений нефти в системе параметров «сера – плотность» на две сформировавшиеся в различных геодинамических обстановках составляющие, находит свое подтверждение.

Нефтяные залежи, образованные в условиях пассивных окраин континентов, отличаются не столь значительным возрастанием содержания серы относительно плотности, как это наблюдается в нефти активных окраин континентов и коллизионных швов, среди которых встречаются более высокосернистые и одновременно низкоплотные разновидности (рис.1). Вероятно, это связано с интенсивным тектоно-термальным воздействием на скопления УВ первого типа в осадочных комплексах поддвигаемой плиты, которое приводит к их регенерации (перерождению) и выжиманию в периферические области с формированием УВ нового типа.

Возможность применения полученных геохимических закономерностей была исследована на примере месторождений Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции. Для этого были выбраны из литературных источников [11, 12 и др.] пробы нефтяных месторождений этого региона. Эти данные были разделены с учетом геологического строения Тимано-Печерского региона [6] на две группы - предположительно сходную с нефтями, сформированными в условиях активных зон (месторождения, тяготеющие к Уральской коллизионной зоне, 27 проб, группа 1) и более близкие к нефтям пассивных континентальных окраин (месторождения, развитые в западной части территории и тяготеющие к рифейской границе этого типа в северо-восточном обрамлении Восточно-Европейской платформы, 12 проб, группа 2). Данные по составу нефти из газоконденсатных месторождений были нами исключены из исследования, ввиду того, что они являются вторично-миграционными образованиями, сформированными на стадии проявления син- и постколлизионного магматизма.

Для группы 1 стохастическая зависимость между плотностью нефти и содержанием серы описывается с помощью линейного уравнения регрессии вида:  $y=0.046*x+0.815$ . Доверительные интервалы для коэффициентов уравнения при уровне значимости  $\delta=0.05$  - соответственно (0.038,0.053) и (0.807,0.823). Для группы 2 такую зависимость можно описать с помощью уравнения  $y=0.154*x+0.746$ . Доверительные интервалы - соответственно (0.105,0.204) и (0.692,0.799). Эти тренды, также как и тренды T1 и T2, существенно отличаются друг от друга. Анализ полученных уравнений регрессии и доверительных интервалов для их коэффициентов показывает, что тренд Г1, соответствующий группе 1, «существенно ближе» к тренду T1, чем к тренду T2, в то время как тренд Г2, соответствующий группе 2, «существенно ближе» к тренду T2, чем к тренду T1 (рис.2).

Таким образом, выделенные в пределах Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции группы имеют достаточно отчетливо проявленные геохимические черты, позволяющие подтвердить на уровне состава правомерность приведенного выше разделения нефти, основанного на геологических данных. При этом взаимное «смещение» трендов, выявленных для исследованных групп, относительно эталонов по направлению друг к другу может быть объяснено взаимным смешением различных типов нефти при приближении к геологической границе раздела Печоро-Колвинского авлакогена и Ижма-Печерской синеклизы.

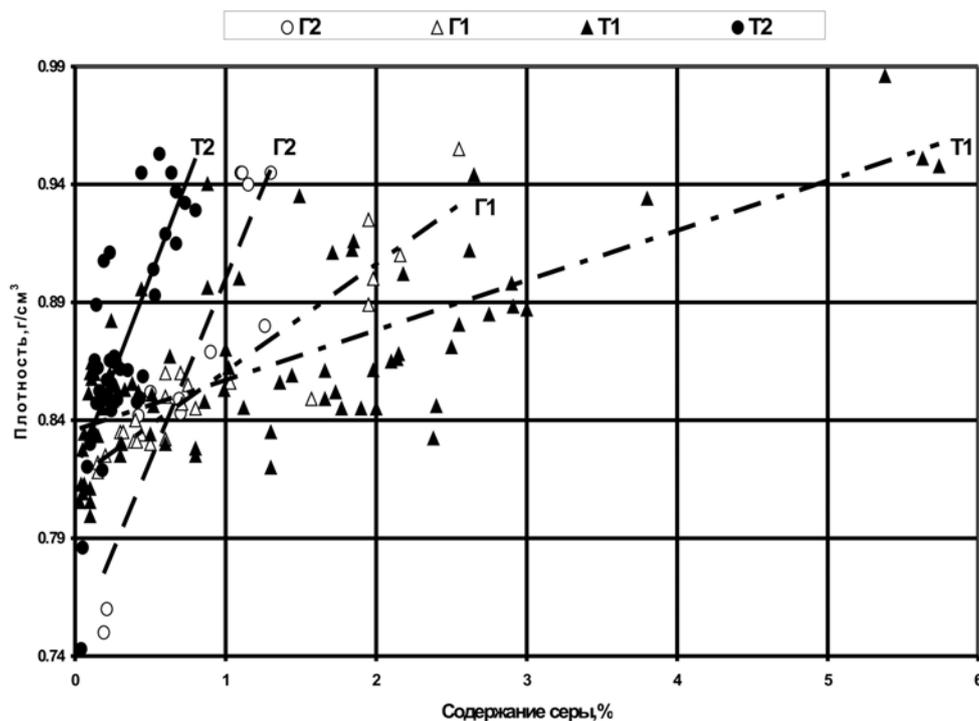


Рис. 2. Совокупности T1, T2, Г1 (группа 1) и Г2 (группа 2) на диаграмме «содержание серы - плотность» и их линейные тренды (T1, T2, Г1 и Г2).

Данные исследования являются первым результатом работы по Программе Президиума РАН 14 проект № 1.3.4. Авторы благодарны академику РАН А.Н. Дмитриевскому и доктору физ.-мат. наук О.Г. Сорохтину за помощь в подготовке и обсуждении материалов.

### Список литературы:

1. Астафьев В.Н., Деревскова Н.А., Сальников Б.А., Харахинив В.В., Хлебников П.А. Геология и разработка месторождений нефти и газа Сахалина и шельфа. М.: Научный мир, 1997, 198 с.
2. Батчулуун Х., Камьянов В.Ф. Углеводородный состав и типизация нефтей Монголии по масс-спектральным данным // Химия в интересах устойчивого развития, 2007, № 6, с. 709–714
3. Гаврилов В.П. Происхождение нефти. М.: Наука, 1986, 176 с.
4. Сорохтин О.Г. Жизнь Земли. М.-Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”; Институт компьютерных исследований, 2007, 452 с.
5. Аллахвердиева Д.Т., Евдокимов И.Н., Елисеев Н.Ю. Молекулярные механизмы эволюции качества УВ сырья в процессе разработки нефтегазовых месторождений // Материалы Международной Конференции "Фундаментальные проблемы разработки нефтегазовых месторождений, добычи и транспортировки углеводородного сырья". М.: Изд. ПК ГЕОС, 2004, с. 216-217.
6. Григорьев А.Н. Не валяй дурака, Америка // РИССИЙСКАЯ НЕФТЬ НА РЫНКЕ США – МИФ О КАЧЕСТВЕ. Нефть России (портал «Нефть России», <http://www.oilru.com>), 2004, №1, с.32-35.
7. Григорьев М.Н., Даниэль Е.Д. Центры нефтедобычи шельфов северо-запада Европы. Нефтяное хозяйство, №5, с.46-51.

8. Рахманкулов Д.Л., Долматов Л. В., Олысов П. Л., Аглиуллин А. Х.. Товароведение нефтяных продуктов, т.1, Общие сведения о нефти и нефтепродуктах, М.: Химия, 2003, 160 с.
9. Халимов Э.М., Колесникова Н.В. Промышленные запасы и ресурсы природных битумов и сверхвязких нефтей России, перспективные геотехнологии их освоения // Геология нефти и газа, №3,1997, с. 6-11.
10. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов – М.: Научный мир, 2001, 606 с.
11. Григорьев М.Н. Нефть Тимано-Печоры. Нефтегазовая магистраль, №4, 2004, с.48-57.
12. Григорьев М.Н. Нефтяные реки - тимано-печорские берега Нефть России (портал «Нефть России», <http://www.oilru.com>), 2004, №5, с.34-36.

## СЛЕДСТВИЯ АНАЛИЗА ОРИЕНТИРОВКИ И РАЗМЕРОВ ОСЕЙ ФРАГМЕНТОВ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

**Пожиленко В.И.** (*г. Апатиты, Апатитский филиал Мурманского технического университета, кафедра геологии и полезных ископаемых; Геологический институт Кольского научного центра РАН; e-mail: pozhil@geoksc.apatity.ru*)

The analysis of orientation and sizes of fragment axes of deformed clastic rocks resulted in 8 implications presented here. They allow one to: 1) determine probable pre-deformative shapes of fragments (rock debris and pebbles) and approximate relationship among the fragments of different shape (implications 4-8); 2) determine an approximate value of the deformation rate that will reflect the scale of the substance flow in each of the three directions corresponding to principle stresses -  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  (implications 2 and 3); 3) calculate the initial sizes of pebbles which primary shape was rounded (implication 1). Figures 4, References 3.

На территории северо-восточной части Балтийского щита среди метаморфических пород позднего архея и раннего протерозоя известны породы с обломочными текстурами. Изучением их занимались многие исследователи. Но наиболее значительный вклад в свое время был внесен О.И.Луновой [2]. По ряду признаков одна часть пород с обломочными текстурами достаточно однозначно определяется как конгломераты и конглобрекции слабо метаморфизованные (протерозойские) или сильно и неоднократно метаморфизованные, мигматизированные и деформированные (архейские). Для других пород с обломочными текстурами определяется их первичная пирокластическая природа. И те и другие неплохо освещены в геологической литературе по Кольскому региону. Для них известны принципы и порядок реконструкции и определен набор объективных признаков, подтверждающих вулканогенную или осадочную природу. Третья группа пород – псевдоконгломераты и псевдопсефиты. Это такие образования, которые по текстурному облику напоминают псефиты или пирокластические породы, но не обладают однозначно присущими им признаками, и как по своей первичной природе, так и по степени их преобразований являются полигенными.

Не затрагивая в данной статье методические аспекты определения первичной природы пород с обломочными текстурами, можно сказать, что наибольшие затруднения возникают при исследовании интенсивно рассланцованных обломочных пород. В любом случае, за исключением, вероятно, линейно-полосчатых сланцев, возникших по первично обломочным породам, мы можем получить информацию о составе обломков, о соотношении и распределении в геологическом теле обломков разного состава и размера и о ряде других свойств деформированных обломочных пород. Но, чтобы достаточно однозначно говорить об их первичной природе, необходимо знать хотя бы на качественном уровне додеформационные формы и размеры фрагментов и соотношения фрагментов разных форм. Поэтому при исследовании интенсивно рассланцованных обломочных пород в группу необходимых параметров входят данные о размерах и ориентировке трех осей фрагментов (обломков, галек) обломочных пород. В интенсивно рассланцованных конгломератах, как правило, две длинных оси расплюснутых галек расположены в плоскости сланцеватости, а короткая ось перпендикулярна сланцеватости, и ориентировка длиной оси совпадает с линейностью (рис.1).

По аналогии с трехосным эллипсоидом деформации оси уплощенно-удлиненных галек (близких по форме к трехосному эллипсоиду) будут соответствовать – A оси X, B оси Y, C оси Z (рис.1 и 2). В зонах интенсивного рассланцевания, т.е. при пластических сдвигах в «shear zones», когда отношение A/C достигает 10 и более, ось A соответствует направлению максимального течения вещества и совпадает с *a*-линейностью [1, 3].

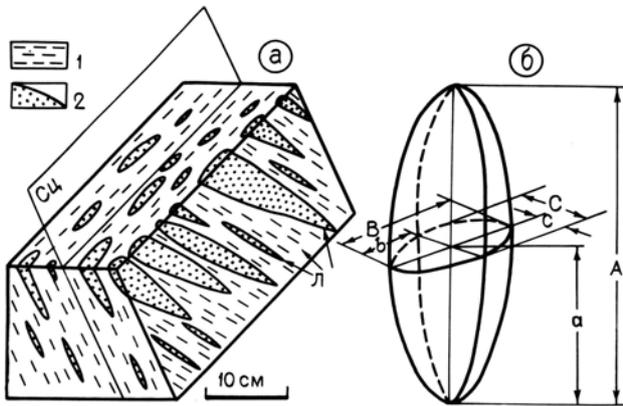


Рис.1.Схематизированная прорисовка (по фото) фрагмента обнажения рассланцованных конгломератов (а) и деформированной гальки (б).

1 – биотит-амфиболовые мезократовые гнейсы. 2 – расплющенные гальки плагиогранитового состава.  $\underline{C\alpha}$  поверхность сланцеватости.

$\underline{Л}$  – линейность по удлинению галек и агрегатным скоплениям темноцветных минералов.

$\underline{A}$ ,  $\underline{B}$ ,  $\underline{C}$  – оси,  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$ ,  $\underline{c}$  – полуоси деформированной до эллипсоида гальки.

Следствие 1. Имея замеры размеров осей расплющенных галек можно определить их первичные размеры. Поскольку, при деформации объем галек не меняется, а если и меняется, то очень незначительно, объем недеформированной гальки равен объему расплющенной гальки. При грубом приближении форма недеформированной гальки подобно шару, а форма расплющенной – трехосному эллипсоиду. Так как объем шара  $= 4/3\pi R^3$ , а объем трехосного эллипсоида  $= 4/3\pi(\underline{a} \cdot \underline{b} \cdot \underline{c})$  (где  $\underline{a}, \underline{b}, \underline{c}$  – полуоси эллипсоида), то из равенства  $4/3\pi R^3 = 4/3\pi(\underline{a} \cdot \underline{b} \cdot \underline{c})$  определяем, что  $R = \sqrt[3]{\underline{a} \cdot \underline{b} \cdot \underline{c}}$ .

Размер галек определяется по формуле  $\underline{D} = 2R = 2\sqrt[3]{\underline{a} \cdot \underline{b} \cdot \underline{c}}$ , где  $\underline{a}, \underline{b}, \underline{c}$  замеры полуосей деформированных до трехосного эллипсоида галек.

Следствие 2. Зная первичные (додеформационные) и вторичные (постдеформационные) размеры галек можно дать не только качественную, но и количественную оценку степени деформации. По отношениям  $\underline{A}/\underline{D}$ ,  $\underline{B}/\underline{D}$ ,  $\underline{C}/\underline{D}$  (коэффициенты деформаций или течения вещества) мы можем судить о степени деформации и в каждом из трех направлений, соответствующих составляющим напряжения –  $b_3, b_2, b_1$ . Разумеется, это возможно только тогда, когда известно, что деформированы были конгломераты и при условии сбора замеров в участках с одинаковой степенью деформации (рассланцевания), которая подтверждается близкими величинами отношений  $\underline{A}/\underline{C}$  для всех обломков одинакового состава.

Следствие 3. Полученные величины степени деформации можно с определенными ограничениями переносить и на вмещающие толщи. Также необходимо учитывать при определении деформационной мощности пластовых и других тел.

Следствие 4. Если в пределах зоны с одинаковой степенью деформации отношение осей  $\underline{A}/\underline{C}$  или полуосей  $\underline{a}/\underline{c}$  (кстати их проще замерить) значительно различаются не только для деформированных обломков разного, но и одинакового состава, то можно считать, что форма обломков была разнообразная.

Для иллюстративного отображения замеров осей или полуосей деформированных галек предлагается диаграмма  $\underline{A}(\underline{a}) - \underline{B}(\underline{b}) - \underline{C}(\underline{c})$  (рис.3.). Для нанесения замеров на эту диаграмму необходимо замеры осей или полуосей деформированных галек привести к 100 в процентном соотношении ( $\underline{A} + \underline{B} + \underline{C} = 100\%$ ,  $\underline{a} + \underline{b} + \underline{c} = 100\%$ ). Исходя из подобия размеров всех частей деформированной гальки, основанного на грубом приближении ее по форме к трехосному эллипсоиду, остается неизменным соотношение осей, замеренных в перпендикулярной к линейности плоскости, к длине видимой части гальки (рис.4):

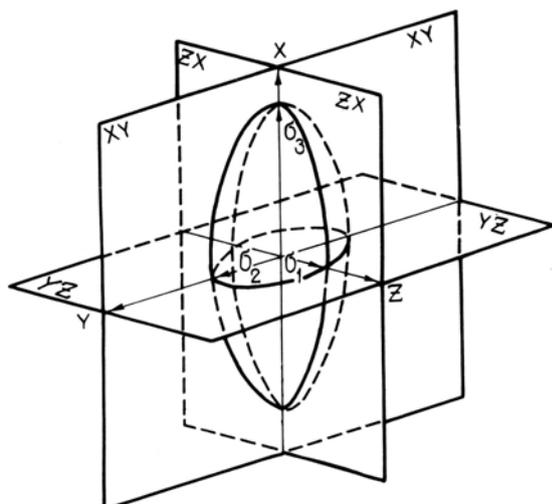


Рис. 2. Трехосный эллипсоид деформации. XY- плоскость сланцеватости, кливажа. Y – шарниры складок (когда имеется вращение и когда установлена  $\bar{b}$ -линейность). X –  $\bar{a}$ -линейность (направление максимального течения вещества). Z- направление сжатия (ось максимального расплющивания).

$$\frac{\bar{b}}{a} = \frac{\bar{b}_1}{a_1} = \frac{\bar{b}_n}{a_n}; \quad \frac{\bar{c}}{a} = \frac{\bar{c}_1}{a_1} = \frac{\bar{c}_n}{a_n};$$

Поэтому эти замеры после пересчета их к 100% пригодны для нанесения на диаграмму.

Поскольку замеры размеров пропорциональных частей галек и осей разных по величине галек приводятся в процентном соотношении к 100% (что необходимо для нанесения их на диаграмму), то на ней не находит отражение информация о соотношении обломков разного размера. Диаграмма отражает степень деформации обломков и галек, качественную величину течения вещества вдоль осей эллипсоида деформации. Идеально круглые и округлые обломки будут занимать точку и поле в центре диаграммы. В угловых секторах диаграммы будут расположены фигуративные точки галек с максимальным удлинением вдоль соответствующих осей: в секторе «A» – по оси A(X), в секторе «B» - по оси B(Y) и в секторе «C» – по оси C(Z). Серии диаграмм по слоям, толщам и участкам с разной степенью деформации могут наглядно иллюстрировать признаки сходства или различия деформированных конгломератов по степени окатанности и однородности форм обломков, по степени рассланцевания и по степени деформации разных по составу галек.

Следствие 5. Чем сильнее деформированы обломки или гальки, тем больше будет разброс точек и удаление их от центра диаграммы в сторону осей максимального течения. Хаотический разброс фигуративных точек на диаграмме будет свидетельствовать, либо о разной додеформационной форме обломков, либо об отсутствии непосредственной связи удлинения обломков и галек с линейностью.

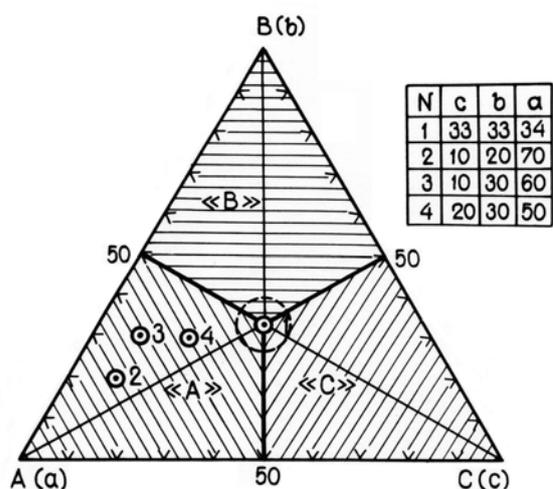


Рис.3. Диаграмма A( a) – B( b) – C(c). «A», «B», «C» – сектора диаграмм. Точки с номерами 1-4 на диаграмме соответствуют замерам галек, приведенным после пересчета на 100% в колонке справа от диаграммы.

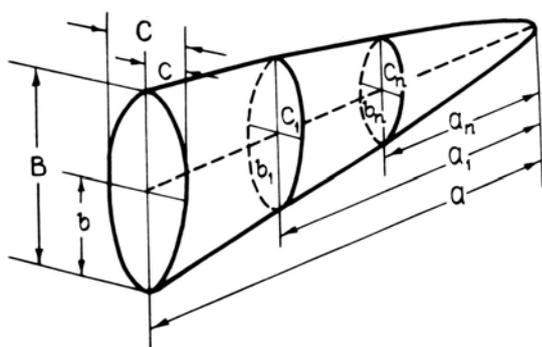


Рис.4. Схема части гальки, рассланцованной до очень удлиненного трехосного эллипсоида.

в) если длинные оси обломков не совпадают по ориентировке с региональной линейностью и линейностью (в пределах обнажения) в «цементе», то, возможно, мы имеем дело, либо с реликтовыми будинаж-структурами, либо имела место более ранняя сланцеватость и линейность.

Следствие 7. Компактное расположение фигуративных точек на диаграмме может свидетельствовать о подобии додеформационных форм галек и об одинаковой степени деформации.

Следствие 8. Линейное поле фигуративных точек, имеющих определенный тренд в положении, может указывать, либо на разную компетентность деформированных галек (если степень деформации участка была одинаковой), либо на разную степень деформации галек и, соответственно, участков конгломератов, в пределах которых были взяты замеры размеров деформированных галек (если компетентность их была одинаковая).

Таким образом, выше перечисленные следствия свидетельствуют, что есть возможность хотя бы приближенно дать характеристику размерности и форм фрагментов и соотношения фрагментов разной формы в интенсивно рассланцованных первично обломочных породах. А эти признаки являются одними из важнейших при определении первичной природы пород с обломочными текстурами.

Предложенную тройную диаграмму (рис. 3) можно использовать также и для качественной характеристики соотношений обломков и галек разной формы в неметаморфизованных и недеформированных обломочных породах. Для этого необходимо иметь по три замера (толщины, ширины и длины) обломков и галек этих пород.

### Список литературы:

1. Балаганский В.В., Козлова Н.Е. Реконструкция кинематического плана в сдвиговых зонах кольского докембрия в свете находок колчановидных складок. / Структурный анализ кристаллических комплексов и геологическое картирование. (Тезисы докладов III Всесоюзной школы). Киев: 1990.
2. Лунева О.И. Докембрийские конгломераты Кольского полуострова. М.: Наука, 1977.
3. Ramsay I.Y., Huber M.I. The techniques of modern structural geology. Vol.1: Strain Analysis. Vol. 2: Folds and Fractures/ London: 1983.

## О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ РАЗВИТИЯ ГИГАНТСКИХ СТРУКТУРНЫХ ПЕТЕЛЬ ЗЕМЛИ

**Предовский А.А.<sup>1,2</sup>, Чикирёв И.В.<sup>1,2</sup>, Абмаева Н.С.<sup>1</sup>** (1 - АФ МГТУ, кафедра геологии и полезных ископаемых, 2 - Геологический институт КНЦ РАН, e-mail: *chikiryeviv@afmgtu.apatity.ru*)

The giant loops could be distinguished among the large tectonic structures of the World. They are expressed both in the crust and in the relief. The loops are apparently different from more widespread island arc systems as in the structural features as in the origin mechanism. The essence of this mechanism is that the loops are formed under the influence of the long-living lineament zones tracing along the loops' symmetry axis. The inferred mechanism does not contradict to the facts, revealed by the predecessors. But it is based on the conception of the global system of long-living lineament zones, that is alternative to the neomobilistic conception.

Среди криволинейных тектонических структур Земли, отражающихся не только в строении коры, но и в рельефе поверхности, наиболее распространены дуговые. Те из них, которые располагаются в зоне перехода континент-океан, получили название островодужных. Эти структуры издавна привлекают внимание исследователей, в связи с чем, существует большое количество публикаций, посвященных островодужным системам, их строению, процессам образования, месту в геологической истории Земли.

Дуговые структуры разнообразны по форме и масштабам. Можно предполагать, что и процессы их возникновения не являются идентичными. Во всяком случае, среди них выделяется один тип, для которого может быть предположен специфический механизм образования. Это тип петлеобразных или петлевых структур, которым и посвящено настоящее сообщение.

На физических картах и глобусах Земли хорошо видны гигантские петли. Самые большие и четко выраженные из них – петля моря Скоша (или Южно-Антильская) на южной оконечности Южно-Американского континента и петля Карибского моря (или Антильская) в Американском Средиземноморье, очерченная Большими и Малыми Антильскими островами. Им подобны меньшие по размерам петли моря Банда и Молуккского моря (залива Томини) в Индонезии, а также море Бисмарка в Папуа-Новой Гвинее. Перечисленные выше петли активно формировались в мезо-кайнозое.

Сходные с упомянутыми выше петлевые структуры обнаруживаются в геосинклинальных зонах субширотного складчатого пояса Европы. Они отличаются тем, что если в более молодых петлях морей Скоша и Карибского отношение длины петли к ширине составляет примерно 3:1 (а в Тихоокеанских петлях около 2:1), то в целом более древних петлях Европы оно приближается к 1,5:1. Обозначает ли увеличение данного соотношения от более древних к молодым петлевым структурам увеличение напряженности процесса их формирования или оно связано иными причинами пока остается неясным.

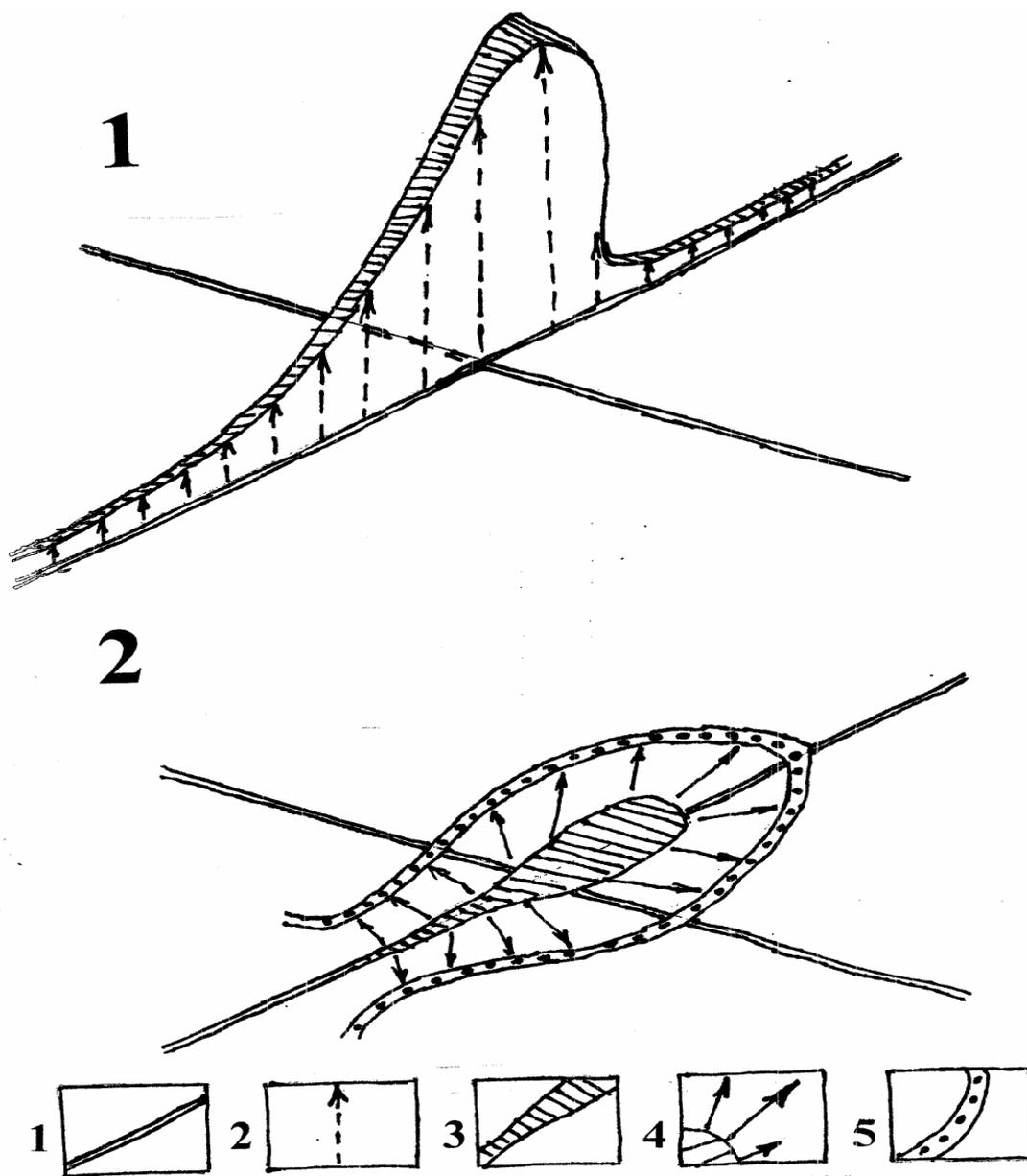
Если обратиться к геометрическим отличиям выделяемых петлевых структур от типичных островных дуг на примере западной окраины Тихого океана, то можно увидеть, что отношение глубины изгиба последних (сопоставимой с длиной петель) к их протяженности (сопоставимой с шириной петель) меняется на обратное относительно петель и составляет в среднем около 1:4, меняясь в пределах от 1:2 до 1:6. Как видно, данное отношение говорит о серьезном отличии петель от обычных островных дуг, т.е. подкрепляет предположение о различии обычных островных дуг и петлевых структур по существу их природы.

Приведенные соображения могут быть поддержаны прямыми фактическими материалами по характеру рельефа океанического дна, которые можно найти в соответствующих картах и в обобщенном виде в атласах, например, в иллюстрированном «Атласе Мира» (2003). Об этом подробнее будет сказано далее, при рассмотрении механизма образования петель. Необходимо иметь в виду, что предполагаемая авторами модель является весьма схематичным, только принципиальным приближением к природе процессов формирования петлевых структур, процессов длительных, многоэтапных и весьма сложных в своем конкретном выражении. В связи с этим напомним, что для петли Карибского моря установлено (Ирдли, 1954; Hess, 1937), что история ее заложения и развития длилась по крайней мере от поздней юры до плейстоцена включительно и, судя по ситуации, продолжается и сейчас, т.е. составляет более 150 млн лет. Это время примерно совпадает с тем, которое ряд исследователей называет «эпохой океанизации Земли» (Океанизация ..., 2004), новейшим этапом геологической истории нашей планеты, характеризующимся высокой энергетикой и значительным масштабом рельефообразования.

Основные черты предполагаемого нами образования петлевых структур отражены на рисунке (схемы 1 и 2). Рассмотрим кратко этот механизм. Главное и первое в нем то, что он запускается и прямо контролируется долгоживущими линеаментными зонами (ДЛЗ), которые по определению (Предовский, 2003, 2009) в периоды активизации являются каналами транспорта глубинной тепловой энергии в виде теплоносителей и частично или полностью расплавленного мантийного вещества. Вторая главная особенность рассматриваемого процесса заключается в том, что активизированная ДЛЗ является осью симметрии формирующейся петли, что, кстати, принципиально отличает петли от типичных островодужных систем. В качестве доказательства такого соотношения ДЛЗ и развивающейся петли можно привести два факта. Первый из них в том, что максимальная вулканическая активность Антильской дуги проявлена в ее замке (акватория Наветренных островов), где дуга вероятно пересекается осевой ДЛЗ. Молодые вулканы здесь извергают лавы от андезитового и дацитового до базальтового состава (Апродов, 1982), т.е. как коровый, так и мантийный материал. Второй факт в пользу наличия ДЛЗ в осевой части петель в том, что замыкание петель морей Карибского и Скоша обнаруживает признаки многократного тектонического усложнения, разрушения и наличия осевых разломных структур (иллюстрированный Атлас Мира, карты 58-60).

Третья главная особенность процесса образования петлевых структур определяется неравномерностью подъема разуплотненного мантийного материала (мантийных диапиров) по ДЛЗ (рис., схема 1). Высота подъема диапиров, по-видимому, может сильно увеличиваться в случаях взаимного пересечения в разной степени активизированных ДЛЗ. И тогда поднявшиеся на более высокие уровни гравитационного поля массы мантийного материала приобретают потенциальную возможность активного растекания (рис., схема 2), как главной причины возникновения петли. Асимметричность диапира вызывает неоднородность растекания и определяет форму петли.

Растекающийся тяжелый материал диапира как бы «сгребает» окружающее его более легкое коровое вещество, которое накапливается в ветвях петли и тем самым обеспечивает появление в связи с ними отрицательных аномалий гравитационного поля. Эти аномалии являются важной закономерной особенностью структурных петель, которая была выявлена и детально изучена Хессом, Вейнинг-Майнесом (Hess, 1937), Кюененом (Kuenen, 1936) и Григсом (Griggs, 1939) на примере петли Карибского моря (под названием Антильской островной дуги). Закономерность заключается в том, что для руковов петли выявлялись значительные отрицательные гравитационные аномалии, а для ее внутренней части – положительные. Как можно видеть, это не противоречит нашей характеристике процесса



**Рис. Обобщенные особенности возможного механизма образования петлевых структур**

1 – долгоживущие линеаментные зоны (ДЛЗ); 2 – направление и относительный масштаб подъема разуплотненного мантийного материала по плоскости активизированной ДЛЗ; 3 – область неравномерного по объему проникновения мантийного вещества в кору; 4 – направление растекания в коре поднявшегося подплавленного мантийного вещества (стрелки); 5 – коровое вещество петли, возникшей в связи с растеканием мантийного диапира и оттеснением им более легкого корового материала.

Примечание: **схема 1** – объемная модель возникающего на пересечении возбужденной и стабилизированной ДЛЗ на момент, предшествующей его растеканию; **схема 2** – проекция на уровень поверхности Земли системы из пересекающихся ДЛЗ, мантийного диапира и зарождающейся петли.

возникновения петель (см. рисунок). По всей вероятности, подъем разуплотненного мантийного вещества, его растекание и формирование петли на значительном отрезке времени образования обсуждаемых структур могли происходить синхронно.

Не лишен интереса тот факт (Ирдли, 1954), что в конце юры и отчасти в меловую эпоху площадь Карибского моря представляла собой сушу и лишь позже сформировался морской бассейн. Возможно, это связано с историей заложения и развития петли Карибского моря, когда при начале подъема мантийного диапира возник свод внутренней зоны петли. Но это лишь предположение.

Подводя итог сказанному, необходимо обратить внимание читателя на то, что наши представления базируются на общей концепции глобальной системы долгоживущих линейных зон, альтернативной неомобилизму. Сущность концепции – в признании примата вертикальной миграции потоков глубинных теплоносителей и вещества и коромантийного взаимодействия, управляемого активными процессами в глобальной системе ДЛЗ.

#### Список литературы:

1. **Апродов В.А.** Вулканы. М.: Мысль, 1982, 368 с.
2. Иллюстрированный Атлас Мира. Ридерз Дайджест, 2003, 287 с.
3. **Ирдли А.Дж.** Структурная геология Северной Америки. М.: Иностранная литература, 1954, 665 с.
4. Океанизация Земли – альтернатива неомобилизма (сборник научных статей). Калининград: КГУ, 2004, 268 с.
5. **Предовский А.А.** К проблеме основных элементов тектонического развития Земли: какова альтернатива новой глобальной тектоники литосферных плит // Межвузовский сборник трудов научно-технической конференции «Наука и образование – 2003», Мурманск: МГТУ, 2003, с. 223-227.
6. **Предовский А.А.** Об одной проблеме геологического сознания: насколько же важна разломная тектоника? «Тьетта», N2 (8), 2009, Апатиты: ГИ КНЦ РАН, с. 15-19.
7. **Griggs D.A.** A theory of mountain-building. Amer. J. Sci., 237, p. 611-650, 1939.
8. **Hess H.H.** Island arcs, gravity anomalies and serpentine intrusions; a contribution to the ophiolite problem, 17 th Intern. Geol. Congress, 2, p. 263-283, 1937.
9. **Kuenen Ph.H.** The negative isostatic anomalies in the East Indies (with experiments), Leidsche Geol., Meded, 8, p. 169-214, 1936.



---

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ШЕЛЬФОВЫХ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ И  
ТЕХНОЛОГИЙ**



## О ПРОБЛЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ СВЕРХГЛУБОКОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Папуша А.Н., Гонтарев Д.П. (г.Мурманск, МГТУ, специальность 130401.65 «Физические процессы горного или нефтегазового производства»)

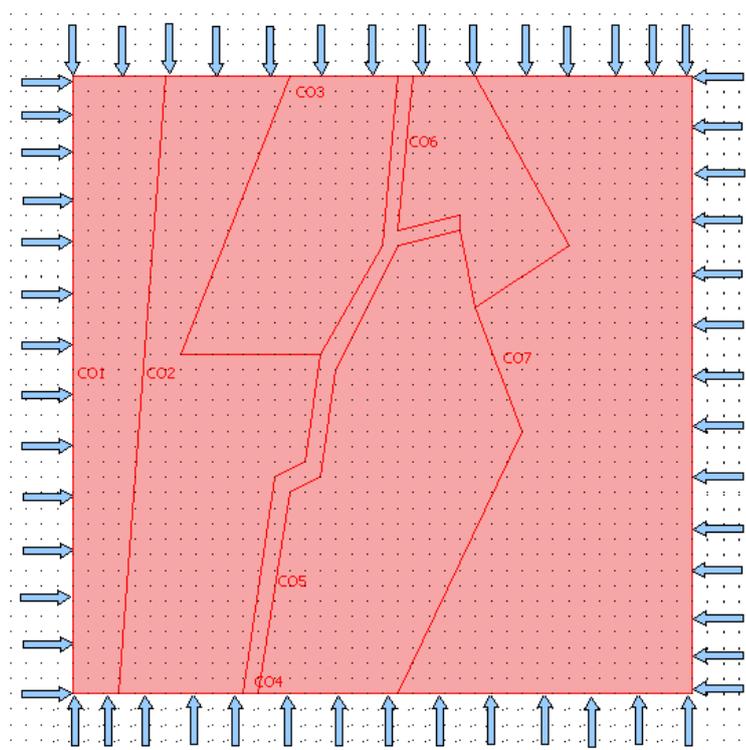
**Abstract** Modeling results of tectonic and local stress in mountain range near deep and super deep layers of deep hole are presented in this article. Results of comparison with the same results for German Continental Deep hole are given in this work.

### 1 Введение.

Целью работы является определение напряженно-деформированного состояния в окрестности сверхглубокой скважины вызванного технологическими условиями бурения и тектоническими напряжениями в глобальном поведении горных массивов тектонических плит.

### 2 Постановка задачи.

Для расчета тектонических напряжений плит горного массива, содержащих сверхглубокую скважину, была принята механическая схема, ранее описанная в [4]. На рисунке представлена схема геологического строения участка 20×20 км в районе бурения КТВ [7] и расчетная схема с граничными условиями плана этого участка, когда тектонические сжимающие напряжения  $\sigma_1=0.75 T$ ,  $\sigma_2=1.28 T$ , где  $T=-50$ МПа.



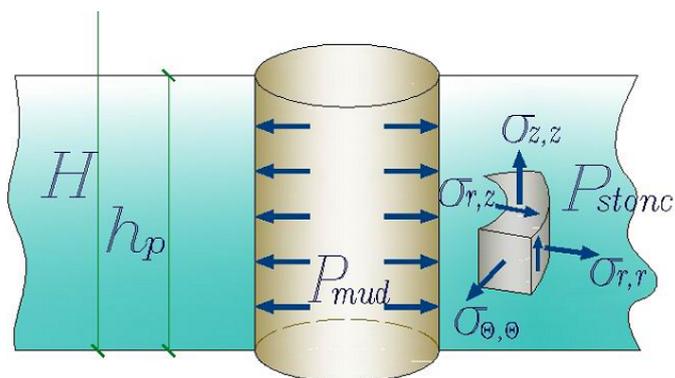
Механические характеристики геоматериалов, слагающих блоки представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - Механические характеристики блоков расчетной модели

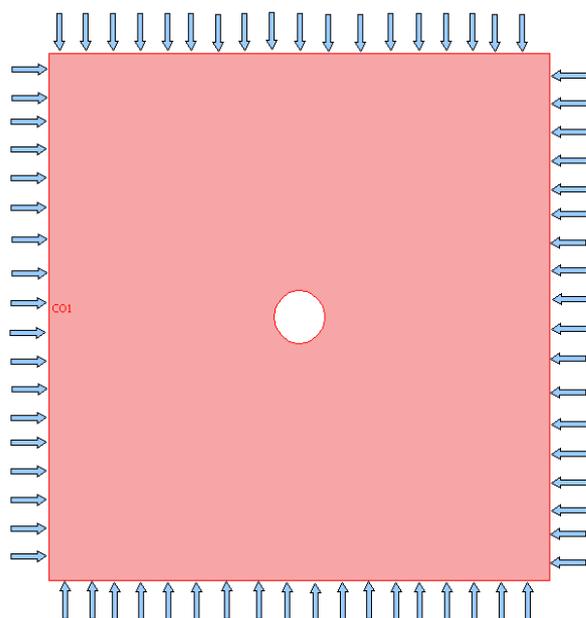
Индекс блока	CO1	CO2	CO3	CO4	CO5	CO6	CO7
Модуль Юнга, $10^{10}$ Па	4.0	7.5	5.0	0.7	6.5	6.0	7.5
Коэффициент Пуассона	0.3	0.25	0.26	0.35	0.265	0.25	0.27

Здесь принято, что сверхглубокая скважина пробурена в блоке CO5, а при решении задачи определения возмущенного напряженного состояния в окрестности скважины (см. рисунок ниже) приняты следующие допущения:

- скважина пробурена в однородном пласте горных пород;
- скважина очень длинная круговая;
- напряжения в горной породе зависят только от радиального расстояния.



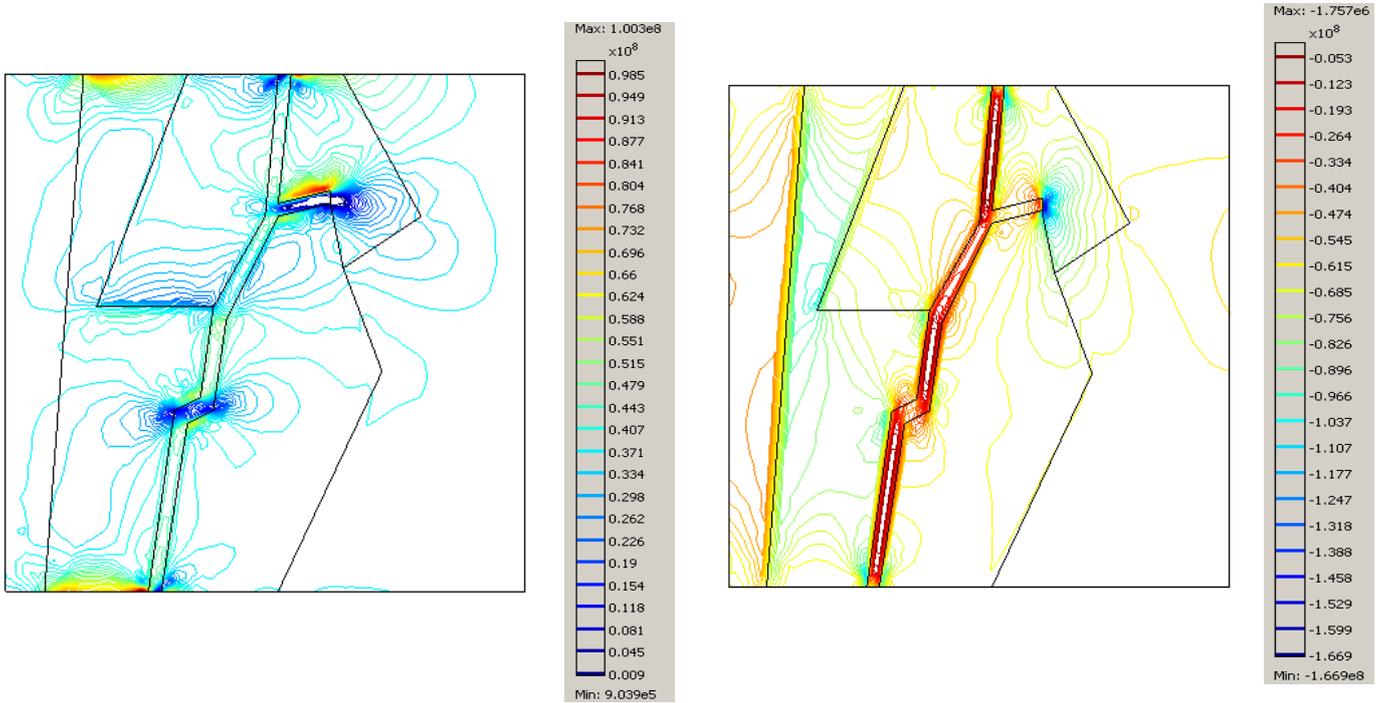
Расчетная схема для возмущенного горного массива представлена на следующем рисунке.



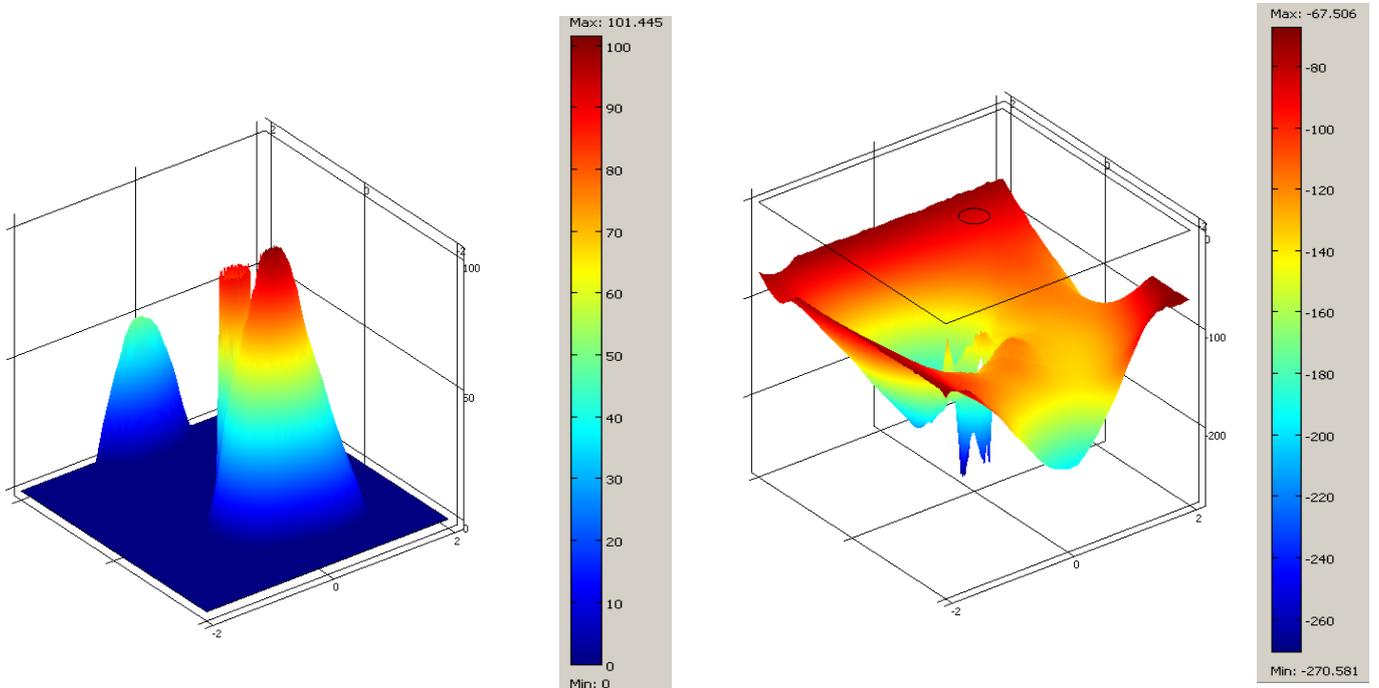
### 3 Результаты моделирования НДС и их анализ

Результаты моделирования глобального распределения напряжений в невозмущенном горном массиве приведены ниже на графиках. Плоское напряженное состояние определено для главных напряжений.

Так ниже представлены изолинии главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ , а шкалы справа от рисунков дают значения этих напряжений в Па

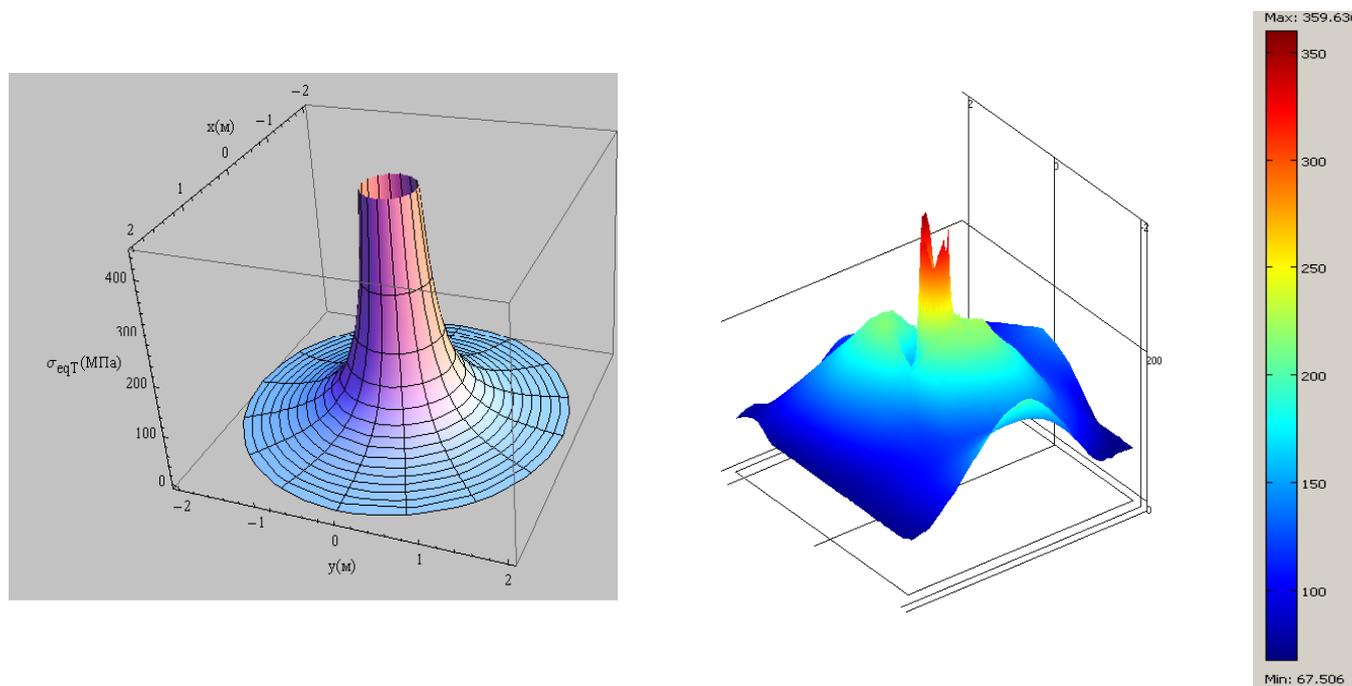


Ниже представлено графическое изображение поля первых главных напряжений в окрестности скважины на глубине 8000 м.



Из представленных графиков видно, что глобальные напряжения горного массива вносят существенное изменение (по сравнению с классическими представлениями) в картину распределения локальных напряжений возле вертикальной сверхглубокой скважины. Это изменение приводит к образованию повышенного напряженного состояния, фактически к

образованию локального максимума напряжений в зоне «действия» скважины, чего нельзя увидеть в рамках известных подходов оценки напряженно-деформированного состояния горных массивов.



Из представленных решений так же следует, что оценку прочности горных пород в окрестности сверхглубокой скважины необходимо проводить по методу решения возмущенной задачи горного массива, т.к. в последнем случае видны локальные максимумы напряжений, оценить которые в рамках классических представлений не удастся. В тоже время, для оценки напряженного состояния на стенке скважины достаточно одних только классических методов расчета НДС.

### Вывод.

Из настоящей работы следует, что при проектировании сооружения сверхглубоких (глубоких скважин) напряженно-деформированное состояние горного массива в окрестности скважины необходимо рассчитывать из условия глобального возмущенного состояния горных пород. При этом возмущениями служат глобальные распределения напряжений в тектонических плитах.

Локализация напряженного состояния горных пород в окрестности скважины может быть оценена по классическим теориям упругого горного массива, а определение локальных максимальных напряжений возле скважины, возможно только из решения возмущенных задач горных массивов.

### Список литературы:

1. Антипов В.И. Физические процессы нефтегазового производства: учеб. пособие для вузов в 3т. / В.И. Антипов [и др.]. – М.: «ОАО «Издательство недр», 1998. – 372 с.
2. Бреббия К. Методы граничных элементов: монография/ К. Бреббия [и др.]. - М.: «Мир», 1987. - 525 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике: монография/ О. Зенкевич. - М.: «Мир», 1975. - 543 с.

4. Савченко С.Н. Козырев А.А. Сравнительный анализ напряженного состояния пород вблизи и в разрезах сверхглубоких скважин СГ-3 и КТВ — Вестник МГТУ, том 10, №2 2007г.

5. Тимошенко С.П. Курс теории упругости: монография/ С.П. Тимошенко. - К: «Наукова думка», 1972 - 501 с.

6. Gass R. Mathematica for scientists and engineers: using Mathematica to do science/ monography — New Jersey «Prentice Hall», 1998 - 499p.

7. Geologische Karte des KTB-Umfeldes Oberpfalz 1:50000. J. Sarda und andere, Hannover, 1991.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДВОДНЫХ СИСТЕМ СБОРА И ПОДГОТОВКИ ГАЗА НА ШТОКМАНОВСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В СИСТЕМЕ OLGA**

**Нанкин А.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела, [nankin@mail.com](mailto:nankin@mail.com))

This project offers complex information of the subsea gathering system for Shtokman field engineering in Olga simulation program. Base on multiphase hydraulic and hydrate kinetic the work step by step shows decision making process of field architecture design. At the end of project final determination had suggested that satisfy all of prescribed criteria.

Применение подводных промыслов является наиболее перспективным при освоении глубоководных месторождений, с суровым климатом. Он основан на использовании систем подводного заканчивания скважин, у которых устья располагаются на морском дне. Первая подводная газовая скважина в условиях Арктики была сооружена в 1978 г. в Гренландии в районе Сабинского полуострова и связана с берегом трубопроводной системой длиной 1200м. По сравнению с традиционными методами освоения, когда устья скважин размещены на стационарных платформах, данный способ имеет следующие преимущества:

- ускоренный вывод месторождения на проектную мощность за счет пуска в эксплуатацию ранее пробуренных с скважин;
- гибкость технологии подводной добычи из-за возможности быстрой смены оборудования (например, при переходе с фонтанного на газлифтный способ добычи путем замены одной технологической платформы на другую);
- возможность сезонной и непрерывной разработки месторождений, расположенных в суровых арктических условиях, независимо от наличия ледовой обстановки.

Целью данной работы является разработка и проектирование системы сбора и подготовки газа Штокмановского газоконденсатного месторождения в системе Olga. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- гидравлический расчет трубопровода, соединяющего подводные модули
- гидравлический расчет райзера
- анализ гидравлических пробок
- исследование возможного гидратообразования

В качестве исходного варианта обустройства была принята архитектуру с тремя шестислотовыми темплейтами.

Рассматриваемая схема последовательного подключения (рисунок 1) имеет высокую надежность и относительно низкую стоимость ремонта. Данная схема позволяет производить бурение, заканчивание, либо ремонт скважин не затрагивая соседние скважины. Ремонт манифольда будет являть причиной останковки эксплуатации шести скважин, но при этом, не затрагивая соседние темплейты, так как поток с любого темплейта может быть направлен в любом из двух направлений.

Система сбора представляет собой трубопровод, объединяющий подводные добычные комплексы с морским добывающим объектом через два гибких райзера. Суммарная протяженность трубопроводов составляет 30 км 320 м, общая длина райзеров составляет 1100 м.

Каждый подводный добычной модуль моделируется, как простейший манифольд на пять скважин (один слот традиционно оставлен под нагнетательную скважину). Каждая

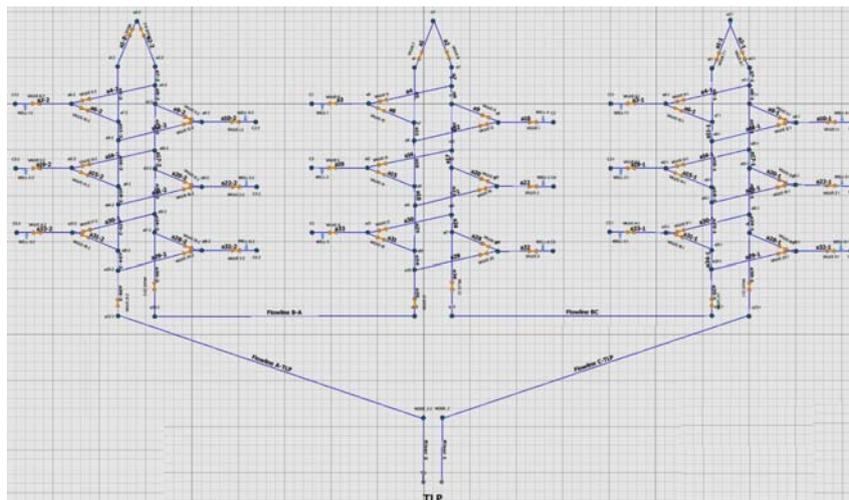


Рисунок 1 - Расчетная модель в симуляторе Olga

скважина имеет две выкидные линии и три задвижки, сочетание перекрытий которых позволяют направлять добываемый флюид в любом из двух направлений. Данная система замыкается петлёй для запуска скребка.

Для моделирования флюида, поступающего из скважин, используем точечный источник с массовым расходом 11 кг/с, (что соответствует расходу на одну скважину по планам ОАО «Газпром» на первую фазу освоения Штокмановского ГКМ). Компонентный состав газа приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав газа Штокмановского месторождения

Component	Mol %	Mol wt	Liquid Density g/cm <sup>3</sup>	Crit T °C	Crit P MPa
N2	0.1	28.014		-146.95	3.39
CO2	1.64	44.01		31.05	7.38
C1	87.39	16.043		-82.55	4.6
C2	5.75	30.07		32.25	4.88
C3	2.3	44.097		96.65	4.25
iC4	0.48	58.124		134.95	3.65
nC4	0.85	58.124		152.05	3.8
iC5	0.26	72.151		187.25	3.38
nC5	0.3	72.151		196.45	3.37
C6	0.28	86.178	0.664	234.25	2.97
C7	0.65	96	0.738	262.184	3.2
C8	2.60E-04	107	0.765	282.716	2.98

Приемлемым результатом считаем тот, который отвечает следующим критериям:

- давление в начале трубопровода не должно превышать давление на устье, равного 12.41 МПа, иначе движение по трубопроводу за счет энергии пласта (т е энергия расширяющегося газа, давление возникающее при вытеснении газа пластовой водой) не возможно;

- индикатор режима течения не должен быть равным 3, что соответствует течению гидродинамических пробок;

- скорость движения обеих фаз, и как следствие этого массовый расход должен быть, как можно более равномерным;

В первый расчетном трубопроводе диаметром 330 мм максимальное давление составляет 9,8 МПа, что удовлетворяет выше изложенным критериям.

Следующий параметр индикатор режима течения. Данный параметр является граничной переменной. Он представляет собой цифру, которая соответствует определенному режиму. Коды режимов следующие: 1 - стратифицированный поток, 2 - кольцевое течение, 3 - поток гидродинамических пробок, 4 - дисперсный пузырьковый поток.

Чередование режимов потока говорит о его абсолютной неустойчивости. Так же о неустойчивости говорит график массового суммарного расхода смеси, на котором расход меняется в широких пределах, что говорит о наличии гидродинамических пробок.

Это можно проверить, подключив модуль отслеживания пробок. Данный модуль отслеживает движение тыльной и фронтальной части пробки. Пересчитав максимальный объем пробки ( $6,37 \text{ м}^3$ ) в массу, то есть 4713 кг, становится очевидным разрушительная способность такой пробки, двигающейся со скоростью 3 м/с.

Для стабилизации потока следующие расчеты проводились при диаметре трубопровода равного 305 мм, 254 мм, 203мм. Образование гидродинамических пробок прекратилось лишь в трубопроводе диаметром 203 мм. Но график распределения давления показывает не возможность движения потока за счет энергии пласта, так как максимальное давление составляет порядка 15 МПа, давление на устье скважины только 12.41 МПа.

Таким образом найти промежуточный вариант, удовлетворяющий всем условиям, не удалось. Становится очевидным необходимость применения технологий по увеличению начального давления, либо по стабилизации потока и снижения числа или, по крайней мере, размера гидродинамических пробок. Очевидно, более оправдан путь стабилизации потока.

Возможно применение двух технологий: дросселирование потока и ижектирование газа. Главным недостатком дросселирования газа является эффект Джоуля-Томсона, который способен существенно снизить температуру потока. С экономической точки зрения ижектирование газа предпочтительней.

Для моделирования закачки газа в основание райзера используем точечный источник с тем же флюидом, но меняем газовый фактор на 1, что соответствует содержанию только газовой фазы (в отличие от -1 для скважин, когда для определения фаз Olga использует таблицу PVTsim). Следующим вопросом является нахождение минимально расхода газа, который будет обеспечивать стабилизацию потока. Для этой цели используем параметрический анализ. Начальным принимаем расход газа равный нулю, а конечный 35 кг/с, с шагом 7 кг/с (рисунок 2).

Две нижние кривые соответствуют массовому расходу равному 0 и 7 кг/с, при этом никакого воздействия не происходит (естественно, кроме как увеличения суммарного массового расхода). Начиная с массового расхода равного 14 м/с, поток становится стабильным.

Таким образом, в ходе моделирования двухфазного потока в симуляторе Olga была спроектирована система сбора продукции, обеспечивающая ее транспорт на дневную поверхность в кольцевом, безпробковом режиме, по средствам технологи ижектирования газа в основание райзера.

Для обнаружения возможных мест гидратообразования необходимо сравнить график зависимости температуры от давления на участке с диаграммой образования гидратов (рисунок 3). В данном вопросе, главным образом, интересует вопрос остановки трубопровода и простои его в течение восьми часов.

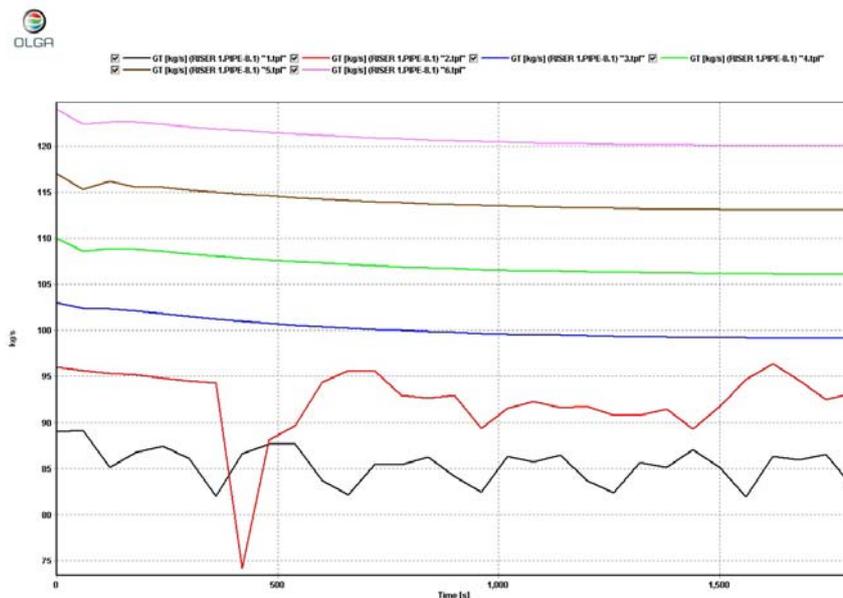


Рисунок 2 – Массовые расходы

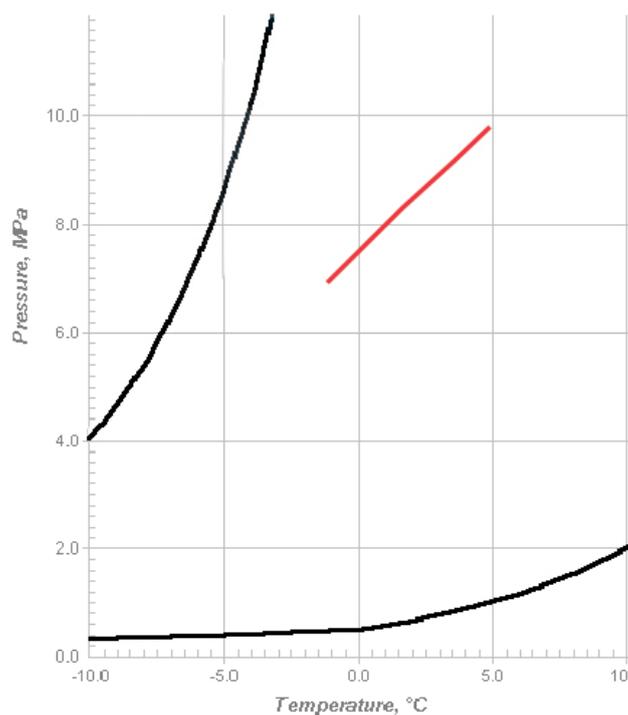


Рисунок 3 – Совмещенный график зависимости температуры от давления с равновесной кривой гидратообразования при добавлении метанола

На данном графике кривая гидратообразования, разделяет термобарические условия на две зоны. Выше этой кривой зона образования гидратов. Красная кривая показывает термобарические условия самой холодной части – в райзере. Вся красная кривая находится в зоне гидратообразования. Добавление 0.408 моль метанола на 1 моль воды смещает кривую, таким образом, что красная кривая оказывается в зоне, образование гидратов в которой не возможно.

Основные выводы, сделанные в ходе проектирования следующие:

- 1) при диаметре трубопровода равным 330 мм поток является крайне не стабильным, возможно образование жидкостных пробок объемом до  $7 \text{ m}^3$ , что является не допустимым для сепаратора;
- 2) стабилизация потока за счет уменьшения диаметра приводит к значительному увеличению перепада давлений, что делает не возможным движение потока за счет энергии пласта;
- 3) инжектирование 9 кг/с отсепарированного газа достаточно для полной стабилизации потока и перехода его в кольцевой режим течения;
- 4) термобарические условия потока находятся в зоне гидратообразования
- 5) 0.408 моль метанола на 1 моль воды (при 5% содержании её в газовой смеси) позволяет предотвратить гидратообразование по всей системе сбора, а так же при остановке трубопровода на восемь часов.

### Список литературы:

1. Ken Arnold, Surface Production Operations: Volume 2 Design of Gas-Handling System and Facilities/ Arnold Ken, Maurice Stewart. – Gulf Publishing Company, 1999. – 584p.
2. Стрижов, И.Н. Добыча газа/ И.Н. Стрижов, И.Е. Ходанович.– Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 376 с.
3. Папуша, А.Н. Проектирование морского подводного трубопровода: расчет ан прочность, изгиб и устойчивость морского трубопровода в среде Mathematica/А.Н. Папуша. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. – 328с.
4. Лапук, Б.Б. Теоретические основы разработки месторождений природных газов / Б.Б. Лапук, В.Н. Щелкачев.– Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 296 с.
5. Мурин, В.И.Технология переработки природного газа и конденсата: Т38 Справочник/ В.И. Мурин, Н.Н. Кисленко, Ю.В. Сурков. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002.-Ч. 1. 517 с.
6. Тер-Саркисов, Р.М. Разработка месторождений природных газов/ Р.М. Тер-Саркисов.- М.: ОАО "Издательство "Недра", 1999. - 659 с.
7. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование/ Г.К. Зиберт, А.Д. Седых, Ю.А. Кащитский. — М.: ОАО "Издательство "Недра", 2001. - 316 с.
8. Вяхирев, Р.И. Обустройство и освоение морских нефтегазовых месторождений/Р.И. Вяхирев, Б.А. Никитин, Д.А. Мирзоев. — М.: Издательство Академия горных наук", 1999. - 373 с.
9. Гвоздев, Б.П. Эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Справочное пособие/ Б. П. Гвоздев, А.И. Гриценко, А.Е. Корнилов — М.: Недра, 1988. – 575с.
10. Yong Bai, Subsea Pipelines and Risers/ Yong Bai, Qiang Bai – Elsevier, 2005.-812p.
11. Брусиловский, А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа/ А.И. Брусиловский.- М.: «Грааль», 2002.-575с.
12. Хант, Дж. Геохимия и геология нефти и газа/ Дж. Хант.- М.: «Москва «Мир», 1982.- 698
13. Проскуракова, В.А. Химия нефти и газа: учебное пособие для вузов/ В.А. Проскуракова, А.Е. Дробркина.- СПб:Химия, 1995.-448с.
14. Сухарев, М.Г. Технологический расчет и обеспечение надежности газа- и нефтепроводов/ М.Г. Сухарев.-М.: ГУП Издательство «Нефть и газ», 2000. – 272с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВОГО КОМПЛЕКСА БУРОВОГО СУДНА.**

**Юдин Ю.И., Гололобов А.Н., Барахта А.В.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения*)

Предложены алгоритмы расчета параметров математической модели бурового судна при выполнении динамического позиционирования (ДП) осуществляемого двумя носовыми подруливающими устройствами (НПУ) туннельного типа и двумя расположенными в кормовой части судна поворотными винтовыми колонками (ПВК), угол поворота которых устанавливается в пределах  $0 - 360^\circ$ .

### **Введение**

Поворотная винтовая колонка - это наиболее эффективный тип движительно-рулевого комплекса для судов, основным видом работы которых является маневрирование на малых скоростях при высоких внешних нагрузках, когда движитель работает в швартовном или близком к нему режиме, что характерно для работы движительно-рулевого комплекса буровых судов при выполнении динамического позиционирования. Менее значимым, но также существенным, преимуществом ПВК, перед другими типами движительно-рулевых комплексов, является низкая вероятность оголения гребного винта и, как следствие, частого резкого изменения его оборотов, при работе бурового судна в условиях волнения при повышенных нагрузках. Кроме того, при работе в ледовых условиях гребной винт относительно защищён от внешних воздействий.

### **Математическое моделирование работы ДРК бурового судна**

Формирование математической модели, описывающей работу рассматриваемого движительно-рулевого комплекса, связано с определёнными сложностями, обусловленными рядом известных причин. В частности, отсутствием общепринятого математического метода расчёта гидродинамических характеристик ПВК, работающей во взаимодействии с корпусом судна, с целью его использования в математическом моделировании движения судна. Отсутствием единого подхода в методах получения, обработки, анализа и изучения данных, характеризующих динамические свойства комплекса гребной винт-насадка-корпус судна. И наконец, отсутствием достаточного количества экспериментального материала для получения достоверных значений параметров, определяющих характер работы рассматриваемого здесь движительно-рулевого комплекса во взаимодействии с корпусом судна и адекватных теоретических зависимостей между этими параметрами.

В связи с этим, для математического моделирования динамики работы ПВК, при взаимодействии с корпусом бурового судна, принято ряд допущений, позволяющих приближённо, но в пределах заданной точности определять значения параметров, характеризующих работу ПВК в режиме ДП.

Известны два способа, которые используются для математического моделирования работы движительно-рулевого комплекса при взаимодействии с корпусом судна. Первый способ основан на допущении, что движительно-рулевой комплекс является выступающей частью корпуса судна, а определение влияния корпуса судна на динамические характеристики движительно-рулевого комплекса производится с учётом геометрических особенностей корпуса в районе его установки. При этом взаимодействие ПВК с корпусом бурового судна может быть определено методами, достаточно хорошо описанными, например, в работах Л.С. Артюшкова [1].

Второй способ математического моделирования работы движительно-рулевого комплекса, основан на допущении, что он работает вблизи изолированного корпуса судна [4].

При выборе способа математического моделирования работы ПВК во взаимодействии его с корпусом судна учитывалось наличие достаточного количества теоретического и экспериментального материала, необходимого, в конечном итоге, для получения общей математической модели бурового судна, адекватно описывающей динамику его движения при маневрировании в режиме ДП.

При разработке математической модели, описывающей динамику работы ПВК бурового судна, использованы основные геометрические параметры элементов его ПВК.

В качестве кинематических параметров, определяющих динамические характеристики работы ПВК, приняты:

- скорость поступательного перемещения ПВК при работе за корпусом бурового судна

$$v_e = v(1 - \psi_f), \quad (1.1)$$

где  $v$  - линейная скорость судна;

$\psi_f$  - коэффициент попутного потока трения;

- относительные поступи:

ПВК

$$\lambda_e = v_e / Dn \quad (1.2)$$

и гребного винта

$$\lambda_p = v_p / Dn = \lambda_e \gamma_p \quad (1.3)$$

где  $n$  - обороты гребного винта.

В выражение (2.3) входит параметр  $\gamma_p = v_p / v_e = \lambda_p / \lambda_e$ , характеризующий относительное увеличение скорости потока, обтекающего гребной винт, работающий в составе ПВК  $v_p$ , по сравнению с скоростью потока, обтекающего ПВК в целом  $v_e$ .

Коэффициент попутного потока трения при работе ПВК за корпусом бурового судна определяется по формуле [3]

$$\psi_f = c_f \psi, \quad (1.4)$$

где  $\psi$  - коэффициент полного попутного потока, вычисляемый по эмпирической формуле, предложенной Э.Э. Папмелем

$$\psi = 0,165 C_b^2 \sqrt{\frac{V}{D}}, \quad (1.5)$$

здесь  $V$  - объемное водоизмещение судна;

$C_b$  - коэффициент общей полноты;

$c_f$  - множитель, величина которого принята для комплексов винт-насадка, расположенных по бортам судна в соответствии с рекомендациями А.М. Басина [3],  $c_f = 0,6$ .

При выполнении математического моделирования работы ПВК в качестве основных параметров, характеризующих динамику её работы в свободной воде (при отсутствии влияния корпуса судна) приняты: упор ПВК  $T_{np}$ ; упор гребного винта  $T_p$ ; упор направляющей насадки  $T_n$ .

Взаимодействие гребного винта с направляющей насадкой приводит обычно к тому, что большая часть упора, развиваемого ПВК, создается работой гребного винта, а меньшая его часть - за счёт обтекания насадки потоком, образуемым в результате этой работы.

Упор, образуемый работой ПВК, представлен в виде суммы упоров, образуемых работающим гребным винтом и насадкой

$$T_{np} = T_n + T_p = T_p (1 + t_n), \quad (1.6)$$

где величина

$$t_n = T_n / T_p, \quad (1.7)$$

представляет собой отношение упора насадки к упору винта и называется коэффициентом засасывания насадки.

Упор насадки  $T_n$  представлен как разность между её идеальным упором  $T_{ni}$  т. е. упором, который возник бы на насадке в идеальной жидкости без учёта сил вязкости, и сопротивлением насадки  $R_n$

$$T_n = T_{ni} - R_n. \quad (1.8)$$

Профильное сопротивление насадки определяется в виде зависимости

$$R_n = 0.5 \zeta_n \rho v_e^2 F_n, \quad (1.9)$$

где  $\zeta_n$  - безразмерный коэффициент сопротивления насадки.

Полезная тяга или движущая сила образуемая ПВК  $T_{enp}$  меньше её упора  $T_{np}$  на величину силы засасывания  $\Delta T$  возникающей на корпусе бурового судна вследствие подсосывающего действия ПВК,

$$T_{enp} = T_{np} - \Delta T = T_p + T_n - \Delta T = T_p (1 + t_n - t). \quad (1.10)$$

Известно, что величина коэффициента засасывания определяется как отношение силы засасывания  $\Delta T$  к упору винта  $T_p$

$$t = \Delta T / T_p. \quad (1.11)$$

Результаты модельных экспериментов, выполненных в опытовых бассейнах с различными типами движителей, как правило, представляются в виде диаграмм, имеющих вид, разработанный Э.Э. Папмелем. Для использования результатов экспериментальных исследований, выполненных в опытовых бассейнах, в математическом моделировании работы ПВК её гидродинамические характеристики представлены известными в теории движителей безразмерными параметрами, а именно:

коэффициентом упора  $K_p$  гребного винта

$$K_p = T_p / (\rho n^2 D^4); \quad (1.12)$$

коэффициентом упора насадки

$$K_n = T_n / (\rho n^2 D^4); \quad (1.13)$$

коэффициентом упора комплекса винт - насадка;

$$K_{np} = T_{np} / (\rho n^2 D^4); \quad (1.14)$$

В этом случае справедлива зависимость

$$K_{np} = K_n + K_p \quad (1.15)$$

Известно, что динамические свойства любого движительно-рулевого комплекса зависят от состояния его нагрузки. Состояние нагрузки ПВК определяется значениями: коэффициента нагрузки гребного винта, работающего в составе ПВК, по упору  $\sigma_p$

$$\sigma_p = 2T_p / (\rho F_p v_p^2) = 8K_p / (\pi \lambda_p^2) = \sigma_{np} / [(1 + t_n)(1 + \psi_{np})^2]; \quad (1.16)$$

коэффициент нагрузки ПВК по упору  $\sigma_{np}$

$$\sigma_{np} = 2T_{np} / (\rho F_p v_e^2) = 8K_{np} / (\pi \lambda_e^2); \quad (1.17)$$

Как видно из выражения (2.16) влияние насадки на состояние нагрузки гребного винта приближённо учитывается, введением в рассмотрение расчётных значений коэффициента встречного потока ПВК  $\psi_{np}$  и коэффициента засасывания насадки  $t_n$ , зависящих только от коэффициента нагрузки работающего в насадке гребного винта по упору, т.е

$$\psi_{np} = (v_e - v_e) / v_e = (\lambda_e - \lambda_e) / \lambda_e = f(\sigma_p); \quad (1.18)$$

Кроме того, для определения взаимного влияния между гидродинамическими характеристиками гребного винта, работающего в составе ПВК, и ПВК в целом использованы следующие зависимости:

$$K_{np} = K_p (1 + t_n), \quad (1.19)$$

$$\sigma_{np} = \sigma_p \gamma_p^2 (1 + t_n), \quad (1.20)$$

Следуя рекомендациям А.М. Басина и И.Я. Миниовича [ 3 ] при моделировании примем  $\psi_{np} = \psi_n$ ,  $t_{np} = t_n$

Значения коэффициента потенциального встречного потока насадки и коэффициента засасывания ПВК в первом приближении определяется в зависимости от конструктивных параметров насадки [3]:

$$\psi_n = \beta_a - 1, \quad (1.21)$$

$$t_{np} = \alpha_e - 1, \quad (1.22)$$

При математическом моделировании работы ПВК с учётом влияния корпуса судна, его тяговые характеристики определяются в соответствии с алгоритмом, полученным на основании расчётных методов определения ходкости судна, представленных в работах [1], [2], [3], [4], [9].

Поскольку основным режимом работы ПВК бурового судна, является швартовный режим, в математической модели использованы зависимости, характеризующие работу ПВК в указанном режиме.

Коэффициент засасывания ПВК при её работе в швартовном режиме (т. е, при коэффициенте нагрузки  $\sigma_{np} \rightarrow \infty$ ) согласно данным, представленным в работах [1],[3] определяется как сумма коэффициентов засасывания насадки  $t_{0n}$  и корпуса бурового судна  $t_0$ , при работе ПВК в швартовном режиме

$$t_{0np} = t_{0n} + t_0. \quad (1.23)$$

Величину коэффициента засасывания насадки при работе ПВК в швартовном режиме определяем по следующей приближенной эмпирической формуле:

$$t_{0n} = 2,24 l_n^{-2} \left[ \sqrt{1 + \frac{1}{1,29 l_n^2}} - 1 \right] \sqrt{\alpha_e}. \quad (1.24)$$

Величину коэффициента засасывания корпуса судна при работе ПВК в швартовном режиме рассчитываем по формуле, представленной в работе [3]

$$t_0 = (1 - c_f) \psi . \quad (1.25)$$

Коэффициент засасывания корпуса судна, при режимах работы ПВК отличных от швартовного, т. е. при  $0 \leq \sigma_{np} \leq \infty$ , рассчитывается по формуле, предложенной авторами учебного пособия [5]

$$t = \frac{2\psi + t_0 \left( \sqrt{1 + \frac{2\sigma_{np}}{\beta_a}} - 1 \right)}{2 + \left( \sqrt{1 + \frac{2\sigma_{np}}{\beta_a}} - 1 \right)}, \quad (1.26)$$

Коэффициент засасывания ПВК для любого ходового режима  $t_{np}$  определяем по формуле

$$t_{np} = \frac{\psi_n + 0,5 t_{0np} \left( \frac{w_a}{v_e} \right)}{1 + 0,5 \left( \frac{w_a}{v_e} \right)}, \quad (1.27)$$

где  $w_a$  – осевая скорость потока, вызванного работой гребного винта.

Значение отношения  $w_a/v_e$ , представленного в выражении (1.27) определяется в соответствии с зависимостью

$$\frac{w_a}{v_e} = \frac{1 + \psi_n}{1 + t_{0np}} \left[ \sqrt{1 + \frac{(1 + t_{0np}) \sigma_{enpi}}{(1 + \psi_n)^2}} - 1 \right], \quad (1.28)$$

где значение коэффициента нагрузки ПВК по тяге при работе в идеальной жидкости вычисляется с использованием известного соотношения

$$\sigma_{enpi} = 2T_{enpi} / (\rho F_p v_e^2), \quad (1.29)$$

в котором, значение тяги ПВК при работе в идеальной жидкости определяется с использованием формулы

$$T_{enpi} = K_p \rho n^2 D^4 (1 + t_{np}); \quad (1.30)$$

где  $K_p$  – коэффициент упора гребного винта при работе в свободной воде, рассчитанный с использованием аппроксимационной зависимости, полученной по результатам испытания гребных винтов серии В4-55 в Голландском опытовом бассейне [6]

$$K_p = \sum_{k=0}^{M_1} A_k \theta^{x_k} (H/D)^{y_k} \lambda_e^{z_k}. \quad (1.31)$$

Для выполнения математического моделирования работы ПВК с использованием представленных выше зависимостей, воспользуемся результатами систематических модельных испытаний, выполненных рядом исследователей. Выражения для определения значений коэффициента упора ПВК, гребного винта и насадки представим в виде аналитических зависимостей  $K_{np} = f(\lambda_e)$ ,  $K_p = f(\lambda_e)$ ,  $K_n = f(\lambda_e)$  для  $H/D = 0,975$ :

- по результатам исследований В.К. Турбала и Е.Н. Воеводской [1],[3], [9] (винт: серия «В», саблевидной формы с закруглёнными концами;  $z = 4$ ;  $\Theta = 0,58$ ;  $H/D = 0,7 \div 1,5$ ;  $e_0/D = 0,06$ ;  $d_0/D = 0,18$ , насадка:  $\bar{l}_n = 0,6$ ;  $\delta_n = 0,125$ ;  $\alpha_e = 1,30$ ;  $\beta_a = 1,12$ ;  $\bar{l}_e = 0,35$ ):

$$K_{np} = -0.0792 \lambda_e^2 - 0.4306 \lambda_e + 0.4435; \quad (1.32)$$

ниже представлена зависимость коэффициента засасывания насадки  $t_n$  от относительной поступи  $\lambda_e$ , полученная по результатам данного эксперимента

$$t_n = -1.3 \lambda_e + 0.97; \quad (1.33)$$

Так как коэффициент упора гребного винта, работающего в ПВК, определяется с использованием известной зависимости, т.е.

$$K_p = K_{np} / (1 + t_n), \quad (1.34)$$

соответственно  $K_n = K_{np} - K_p$ ;

- по результатам исследований, выполненных Ван-Маненом в вагенингенском опытовом бассейне [16], [18] (винт: В4 – 55;  $z = 4$ ;  $\Theta = 0,55$ ;  $H/D = 0,815 \div 1,221$ , насадка:  $b_n/D = 0,50$ ;  $e_c/D = 0,034$ ):

$$K_n = \frac{0,009 - 0,3\lambda_e + 0,227 \left(\frac{H}{D}\right)^2}{1 + 0,467\lambda_e - 0,438\lambda_e^2 - 0,315 \left(\frac{H}{D}\right)}; \quad (1.35)$$

$$K_{np} = -0.6511 \lambda_e^3 + 0.6178 \lambda_e^2 - 0.7124 \lambda_e + 0.5754; \quad (1.32)$$

$$K_p = K_{np} - K_n; \quad (1.37)$$

- по результатам испытаний, представленных в форме диаграмм Э.Э.Папмеля в работе [1] (винт: серия «В»  $z = 4$ ;  $\Theta = 0,55$ ;  $H/D = 0,8; 1,2$ , насадка:  $\bar{I}_n = 0,6$ ;  $\alpha_e = 1,32$ ;  $\beta_a = 1,12$ ):

$$K_p = 0.1896 \lambda_e^3 - 0.4694 \lambda_e^2 + 0.0061 \lambda_e + 0.2370; \quad (1.38)$$

$$K_n = 0.2041 \lambda_e^2 - 0.4135 \lambda_e + 0.2014; \quad (1.39)$$

$$K_{np} = 0.1445 \lambda_e^3 - 0.2132 \lambda_e^2 - 0.4250 \lambda_e + 0.4334; \quad (1.40)$$

- по результатам экспериментальных исследований серии гребных винтов В4-55 Вагенингенского бассейна в неподвижных по отношению к гребному винту насадках, выполненных Е. Мюллером [14] (винт:  $z = 4$ ;  $\theta = 0,571$ ;  $H/D = 0,6; 0,8; 1,0$ ; насадка:  $\bar{I}_n = 0,5$ ;  $\delta_n = 0,125$ ;  $\alpha_e = 1,40$ ;  $\beta_a = 1,10$ ;  $\bar{I}_e = 0,35$ ):

$$K_{np} = 0.1083 - 0.1923 \lambda_e - 0.16166 (H/D) - 0.2832 \lambda_e^2 - 0.6194 (H/D)^2 + 0.0198 \lambda_e (H/D) + 0.0211 \lambda_e^3 - 0.0968 (H/D)^3 + 0.1703 \lambda_e^2 (H/D) - 0.2509 \lambda_e (H/D)^2. \quad (1.41)$$

Анализ материалов модельных испытаний комплекса гребной винт - направляющая насадка показывает, что с достаточной для практики точностью расчёт винта, работающего в насадке, можно производить по диаграммам, полученным на основании результатов систематических серийных испытаний моделей винтов без насадок, т. е. изолированных, или открытых, винтов [3], [19].

Применяя указанные диаграммы для расчёта гребных винтов, работающих в насадках, необходимо соблюдать следующие условия [19]:

Во-первых, под скоростью поступательного перемещения винта в насадке при расчёте его элементов следует понимать величину  $v_p = \gamma_p v_e$ .

Во вторых, в величину коэффициента упора  $K_p$  вводится поправка  $k$  учитывающая уменьшение концевых потерь при работе винта в насадке по сравнению с тем же винтом без насадки. Для определения этой поправки нами получена зависимость, выражающая связь между значениями  $\sigma_p$  для винта в насадке и  $k\sigma_p$  (для изолированного винта) при постоянной величине относительной поступи  $\lambda_p$  вычисленной по расчётной скорости винта в насадке  $v_p$ .

$$k\sigma_p = \frac{-0,9022 + 1,4117\sigma_p + 2,9375\lambda_p - 1,6776\lambda_p^2}{1 + 0,0266\sigma_p + 1,1155\lambda_p}. \quad (1.42)$$

Расчётное значение коэффициента упора винта, определяемое по формуле

$$K_p = (\pi / 8) (k \sigma_p) \lambda_p^2; \quad (1.43)$$

связано с фактическим упором, развиваемым винтом, работающим в насадке, следующей зависимостью:

$$K_p = k T_p / (\rho n^2 D^4); \quad (1.44)$$

Относительную расчётную скорость винта, работающего в насадке, определяем по формуле

$$\gamma_p = \frac{v_p}{v_e} = (1 + t_{np}) + \frac{(2+t_{np})t_{np}}{2(1+t_{np})} \left( \sqrt{1 + \frac{\sigma_{enpi}}{1+t_{np}}} - 1 \right) \quad (1.45)$$

Величину коэффициента сопротивления насадки  $\zeta_n$  рассчитываем из соотношения  $\zeta_n/\sigma_{enpi}$ , значение которого определяется из выражения, полученного автором по данным, представленным в работе [3]

$$\zeta_n/\sigma_{enpi} = 0.077 \sigma_{enpi}^{-0.479}. \quad (1.46)$$

Коэффициент нагрузки ПВК по полезной тяге  $\sigma_{enp}$  определяется из соотношения

$$\sigma_{enp} = \sigma_{enpi} (1 - \zeta_n/\sigma_{enpi}), \quad (1.47)$$

а величина полезной тяги  $T_{enp}$  - по формуле

$$T_{enp} = 0.5 \sigma_{enp} \rho F_p v_e^2 = 0.5 \rho F_p v_e^2 \sigma_{enpi} (1 - \zeta_n/\sigma_{enpi}). \quad (1.48)$$

При математическом моделировании работы ПВК принят во внимание факт взаимного влияния гребного винта, насадки и корпуса колонки (гондолы и кронштейна) [8].

Это влияние приводит к росту упора гребного винта и уменьшению упора насадки, работающих в составе ПВК, по сравнению с значениями тех же параметров работы комплекса винт-насадка.

По данным приведённым в работе [8], указанное взаимное влияние гребного винта и корпуса колонки характеризуется введением двух коэффициентов влияния, позволяющих учитывать:

- влияние неравномерности попутного потока на коэффициент упора гребного винта, работающего за гондолой и кронштейном

$$k_p = K_{pn} / K_p, \quad (1.49)$$

- влияние сил засасывания и сопротивления гондолы и кронштейна ПВК на упор насадки

$$k_n = K_{nn} / K_p. \quad (1.50)$$

В приведённых выше формулах  $K_{pn}$ ,  $K_{nn}$  - соответственно коэффициенты упора гребного винта и упора насадки, при их работе в составе ПВК.

Коэффициенты  $k_p$  и  $k_n$  практически не зависят от величины нагрузки гребного винта по упору [8] и в пределах  $(0 \leq \sigma_p \leq \infty)$  могут быть приняты постоянными  $k_p = 1,12$   $k_n = 0,70$ .

Указанные значения коэффициентов влияния сохраняются для гребных винтов с шаговыми отношениями  $(0,6 < H/D < 1,0)$  и при следующих элементах направляющей насадки:  $\bar{l}_n = 0,5 \div 0,65$ ,  $\alpha_e = 1,30 \div 1,35$ ,  $\beta_a = 1,10 \div 1,13$ .

Использование полученных коэффициентов позволяет рассчитывать гидродинамические характеристики работы ПВК по данным модельных испытаний комплекса гребной винт - направляющая насадка.

Значение коэффициента упора ПВК с учётом влияния гондолы и кронштейна будет определяться выражением:

$$K_{\text{нрп}} = k_n K_n + k_p K_p . \quad (1.60)$$

При решении задачи, связанной с оценкой эффективности движительно-рулевого комплекса (ДРК) бурового судна, необходимо определить величину и положение равнодействующей тяги ДРК. Равнодействующая тяги выражается через величину и направление движущей силы, возникающей на каждом из устройств, входящих в состав ДРК бурового судна, координаты места установки устройств и рабочие значения углов их перекладки.

Учитывая, что устройства, входящие в состав ДРК бурового судна используются, как правило, при предельно малых скоростях движения судна, в большинстве случаев влиянием скаса потока приходится пренебрегать и ограничиваться вычислением равнодействующей для случая работы всех устройств на швартовном режиме судна.

В общем случае, когда ДРК способно создавать не только боковую, но и продольную силу, положение точки приложения равнодействующей удобно характеризовать отношением момента равнодействующей относительно плоскости мидель-шпангоута к составляющей, направленной нормально по отношению к ДП.

Используя общепринятую координатную систему ОХУ, связанную с судном, получим зависимости, определяющие значения продольной и поперечной составляющих равнодействующей движущих сил, создаваемых устройствами, входящими в состав ДРК бурового судна и абсциссы точки приложения указанной равнодействующей.

При работе только НПУ:

$$R_{\text{хпр}} = 0 \quad (1.61)$$

$$R_{\text{упр}} = T_{\text{епр(ф)}} + T_{\text{епр(а)}} ; \quad (1.62)$$

$$x_{R\text{пр}} = ( T_{\text{епр(ф)}} x_{\text{прф}} + T_{\text{епр(а)}} x_{\text{пра}} ) / ( T_{\text{епр(ф)}} + T_{\text{епр(а)}}) ; \quad (1.63)$$

где  $T_{\text{епр(ф)}}$  и  $T_{\text{епр(а)}}$  – тяга соответственно носового и кормового НПУ (значение тяги входит в выражения (2.114), (2.115) со своим знаком, причём знак «+» соответствует направлению вектора тяги в сторону правого борта, знак «-» - в сторону левого борта);

$x_{\text{прф}}$ ,  $x_{\text{пра}}$  – абсциссы носового и кормового НПУ соответственно.

При работе только ПВК:

$$R_{\text{хнп}} = X_{\text{нпп}} + X_{\text{нпс}} ; \quad (1.64)$$

$$R_{\text{ынп}} = Y_{\text{нпп}} + Y_{\text{нпс}} ; \quad (1.65)$$

$$x_{R\text{нп}} = [(x_{\text{нпп}} - x_{\text{нпс}}) / (Y_{\text{нпп}} + Y_{\text{нпс}})] \times [(y_{\text{нпс}} - y_{\text{нпп}}) / 2] + |x_{\text{нп}}| ; \quad (1.66)$$

где  $X_{\text{нпп}}$  и  $X_{\text{нпс}}$  – продольные составляющие результирующей силы, образуемой соответственно левой и правой ПВК, они имеют знак «+», если направлены в нос, «-» - в корму;

$Y_{\text{нпп}}$  и  $Y_{\text{нпс}}$  – поперечные составляющие результирующей силы, образуемой соответственно на левой и правой ПВК, они имеют знак «+», если направлены в сторону правого борта, «-» - в сторону левого (необходимо иметь в виду, что в выражениях (2.117), (2.118)  $Y_{\text{нпп}}$ ,  $Y_{\text{нпс}}$  имеют знаки противоположные указанным здесь знакам);

$(x_{np}, y_{np})$ ;  $(x_{np}, y_{np})$  – координаты места установки соответственно левой и правой ПВК.

В нашем случае ДРК бурового судна представляет собой сочетание НПУ и ПВК, поэтому значения указанных переменных, определённые с использованием выражений (2.113) – (2.118) необходимы, в конечном итоге, для определения составляющих суммарной равнодействующей силы  $R_{\Sigma}$  и абсциссы точки её приложения  $x_{R_{\Sigma}}$ , т.е.

$$X_{R_{\Sigma}} = R_{xpr} + R_{xnp} ; \quad (1.67)$$

$$Y_{R_{\Sigma}} = R_{ypr} + R_{ynp} ; \quad (1.68)$$

$$x_{R_{\Sigma}} = (R_{ypr} x_{Rpr} + R_{ynp} x_{Rnp}) / (R_{ypr} + R_{ynp}); \quad (1.69)$$

## Выводы

Цель расчёта эффективности заключается в исследовании возможности совершения судном тех или иных заданных манёвров в определённых условиях плавания. Поэтому результатом расчёта является определение условий, при которых возможно работа бурового судна в режиме динамического позиционирования.

Для многих расчётов нет необходимости в оценке величин  $X_{R_{\Sigma}}$ ,  $Y_{R_{\Sigma}}$  и  $x_{R_{\Sigma}}$  при всех возможных сочетаниях тяг отдельных устройств, составляющих ДРК бурового судна. Достаточно лишь определить эти величины для максимальных тяг, при которых достигается наибольшая величина поперечной составляющей суммарной равнодействующей силы бокового упора  $Y_{R_{\Sigma}}$  или произведения  $Y_{R_{\Sigma}} x_{R_{\Sigma}}$ .

## Список литературы:

1. Артюшков Л.С., Ачкинадзе А.Ш., Русецкий А.А. Судовые движители: Учебник. – Л.: Судостроение, 1988. – 296 с., ил.
2. Басин А.М., Анфимов В.Н. Гидродинамика судна, Речиздат, 1961.
3. Басин А.М., Миниович И.Я. Теория и расчёт гребных винтов. Л.: Судпромгиз, 1963. 760 с.
4. Гофман А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна. Справочник.-Л.: Судостроение, 1988. – 360 с.
5. Руководство по расчёту и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания/Под ред. А.М.Басина и Е.И. Степаника. Л.: Транспорт, 1977.
6. Справочник по теории корабля. В 3 т./Под ред. Я.И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. Т. 1.
7. Справочник по теории корабля. В 3 т./Под ред. Я.И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. Т. 3.
8. Средства активного управления судами / Э.П. Лебедев [и др.] : под ред. А.А. Русецкого. – Л. : Судостроение, 1969. – 264 с.
9. Ходкость и управляемость судов. Басин А.М. Учеб. пособие для вузов водн. трансп. М., «Транспорт», 1977. 456 с.
10. Шапочников, И.Г. Оценка взаимодействия подруливающего устройства с корпусом судна / И.Г. Шапочников // Труды НТО им. А.Н. Крылова.– Л. : Судостроение, 1981. – Вып. 358. – С. 61–79.
11. Юдин Ю.И. Теоретические основы безопасных способов маневрирования при выполнении точечной швартовки/ Ю.И. Юдин, С.В. Пашенцев, Г.И. Мартюк, А.Ю. Юдин. – Мурманск: Из-во МГТУ, 2009. – 152 с.: ил.
12. Chislett, M.S. Influence of ship speed on the effectiveness of a lateral-thrust unit / M.S. Chislett // NA Report. – 1979. – N 8.

13. Martin L.L. Ship Maneuvering and Control in Wind. - //SNAME Tr. 1980, V. 88. P. 257 – 281.
14. Muller E. Results of open water tests with ducted and no ducted propellers with angle of attack from 0 to 360 deg.//Polish Acad. of Sci., Proc. of Symposium «Advance in propeller research and design». Gdansk, 1881, paper N 12.
15. Taniguchi K., Watanabe K. and Kasai H. Investigations into the Fundamental Characteristics and Operating Performances of Side Thruster. – «Mitsubishi Technical Bulletin» No 35, May, 1966.
16. Van Manen J.D., Neuere Fortschritte in der Forschung uber Dusenpropeller, Schiff und Hafen, No. 2, 1957.
17. Van Manen J.D., Effect of radial load distribution on the performance of shrouded propellers.//Int Shipbuilding Progress. 1962, V. 9, N 93. P. 192 – 196.
18. Van Manen J.D., Superina A., The Design of Screw-Propellers in Nozzles, I. S. P., vol.6, No. 55, 1959.
19. Басин А.М., Анфимов В.Н., Мамонтов Ю.Н. Расчёт и проектирование гребных винтов судов внутреннего плавания. Труды ЦНИИРФ, вып. XXXVII, 1958.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАБУРИВАНИЯ НА ГЛУБОКОВОДНОМ ШЕЛЬФЕ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННЫХ ПОДВОДНЫХ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ

Папуша А.Н., Шпак Р.С. (г. Мурманск, МГТУ)

**Abstract.** Modeling of stresses in a drill stem and bending of a drill stem when spudding in deepwater in variable current environment is presented in this article. As a rule a drill stem for deepwater drilling consists of several sections of drill pipes and heavy drill collars. The results are given in comparison to the results of conventional method of modeling (averaged current's velocities are used)

### 1. Введение

Целью работы является проектирование и расчет изгиба и напряженно-деформированного состояния буровой колонны в условиях переменных морских течений и сравнение полученных результатов с результатами расчета, в котором проектирование ведется с использованием усредненных данных по подводным течениям.

### 2. Постановка задачи

Морская буровая колонна, при начальном расчете, рассматривается как однородный, гибкий и полый стержень, конечной длины, верхний конец которого находится на МПС (например на морском буровом судне), т.е. на поверхности моря (дневной поверхности), а другой заканчивается на дне моря.

Для моделирования пространственного изгиба и определения напряженно-деформированного состояния морской буровой колонны, последнюю будем представлять однотрубной (или многотрубной) конструкцией находящейся под воздействием сил и моментов, возникающих от естественного взаимодействия буровой колонны с окружающей средой и с другими технологическими элементами морского бурового комплекса.

Схема нагружения и прогиба морской буровой колонны представлена на рисунке (Рис 1):

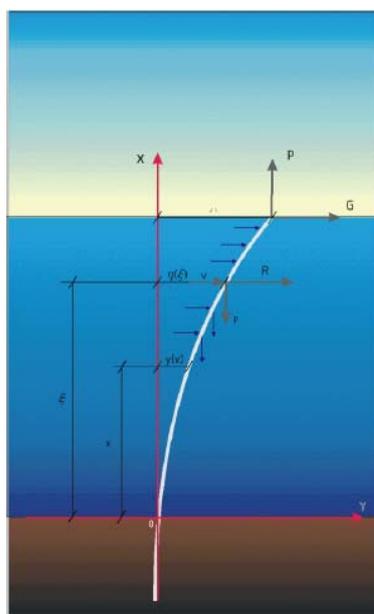


Рис.1

Силы, действующие на морскую буровую колонну в момент забуривания:

1. Вертикальная сила натяжения талевой системы
2. Вес буровой колонны под водой
3. Боковая сила, возникающая от силы натяжения тросов талевой системы и боковых взаимодействий колонны и морской плавучей буровой установки
4. Сила гидродинамического напора морских течений

На основании уравнений общей физики и механики вводится уравнение моментов(уравнение равновесия):

$$YJ_0 \frac{d^2u}{dx^2} = \int_x^L p(\eta(\zeta) - u) d\zeta + \int_x^L c_0 \rho v(L - \zeta) |v(L - \zeta)| * (\zeta - x) d\zeta - P(\Delta - u) - G_0(L - x) \quad (3.1)$$

где:  $-YJ_0$  изгибная жесткость морской буровой колонны;

$-P$  - вертикальная сила натяжения талевой системы, по технической терминологии "сила на крюке" (сила натяжения тросов системы управления);

$-p$  погонный вес или единицы длины буровой колонны под водой;

$-G_0$  боковая сила, возникающая от силы натяжения тросов талевой системы и боковых взаимодействий колонны и МПС;

$-P_0$  - внешняя боковая сила (например сила удара подводного объекта о колонну), приложенная в точке  $x_0$  в подводной части морской буровой колонны.

$-v(L - \zeta)$  - функция скорости морского подводного течения в зависимости от глубины

$u=y(x)$  - функция прогиба морской буровой колонны

### 3. Метод решения и результат

Данный расчет будет выполнен на основании данных по морским подводным течениям, собранных у восточного побережья Канады.

Решение данной задачи будет проведено в среде Mathematica в численном виде.

Расчеты выполним для изгиба секций буровых труб 127×9 мм общая длина которых составляет 155 метров. Изгиб переходной секции и секций УБТ не рассматриваем полагая что их изгиб намного меньше вследствие их значительной изгибной жесткости.

Параметры компоновки представлены в Таблице 1:

Таблица 1

Наружный диаметр БТ и УБТ, мм	Толщина стенки, мм	Группа прочности(API)	Интервал установки, м	Длина секции, м
127	9,19	G-105	0-155	155
165,1	46,85	AJSJ 440	155-163	8
203	49,0	40 XH2MA	163-169	6
241,3	82,55	AJSJ440	169-319	150

Параметры, необходимые для расчета:

-плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

-глубина  $L = 155 \text{ м}$

-амплитуда качки бурового судна  $i = 7^\circ$

-коэффициент гидравлического сопротивления  $c_0 = 0,35$

-некомпенсированная сила бокового сноса бурового судна  $G_0 = 1 \text{ кН}$

Профиль скоростей в зависимости от глубины (Рис.2) получен в результате интерполяции данных по скоростям подводных течений:

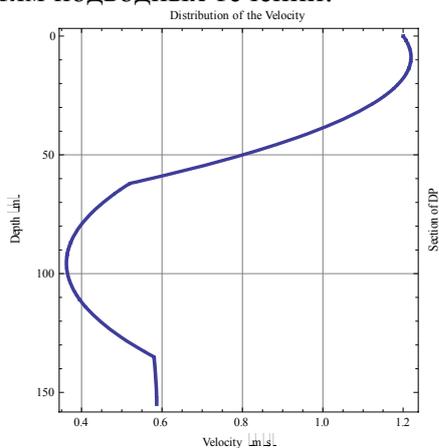


Рис. 2

Продифференцируем уравнение с учетом краевых условий (3.1):

$$\eta(x) = y(x), \eta'(x) = y'(x), \eta(L) = \Delta$$

$$G_0 + (-px + Lp - P)y'(x) + YJ_0 * y'''(x) = \int_x^L c_0 \rho v(L - \zeta) |v(L - \zeta)| d\zeta \quad (4.1)$$

$$Lp - P = W$$

$$G_0 + (-px + W)y'(x) + YJ_0 * y'''(x) = \int_x^L c_0 \rho v(L - \zeta) |v(L - \zeta)| d\zeta$$

Величина  $W$  в данном случае равна разности веса секции бурильных труб и веса, который компенсируется натяжением талевого системы. При бурении стараются добиваться того, чтобы величина  $W$  была равна 0.

После численного решения данного интерго-дифференциального уравнения получен профиль изогнутой оси морской бурильной колонны в интервале глубин 0-155м(Рис. 3) и эпюра напряжений:

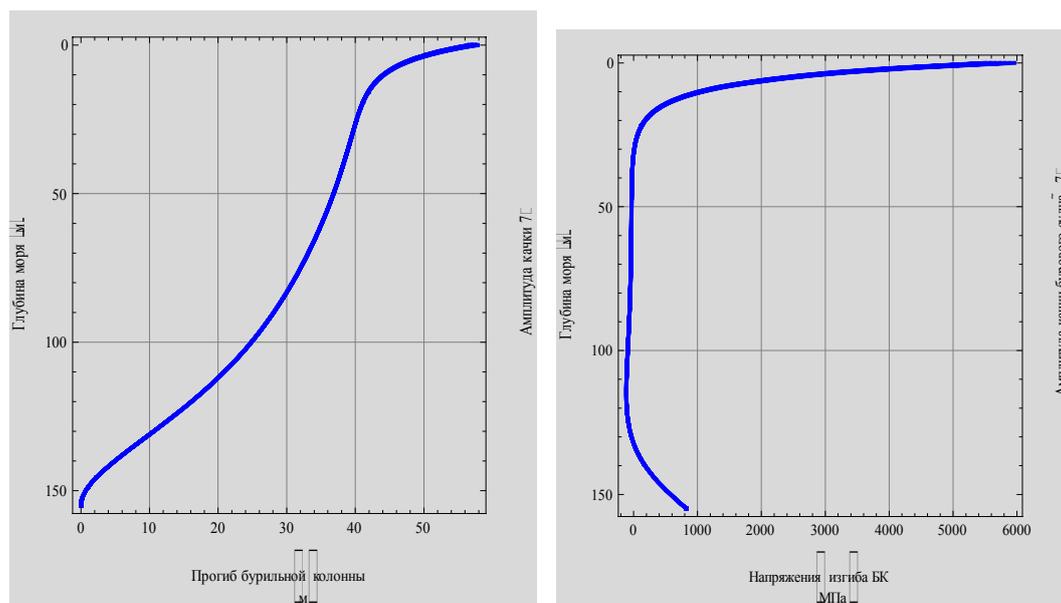


Рис.3

Были выполнены вычисления прогиба морской бурильной колонны и построена эпюра напряжений при усредненном значении скорости морского течения в интервале глубин 0-155м. Формула для расчета, прогиб и эпюра напряжений представлены ниже:

$$G_0 + (L - x)\rho A_0 c_0 v_0^2 + (-px + N_\delta)y'(x) + YJ_0 y'''(x) = 0 \quad (4.2)$$

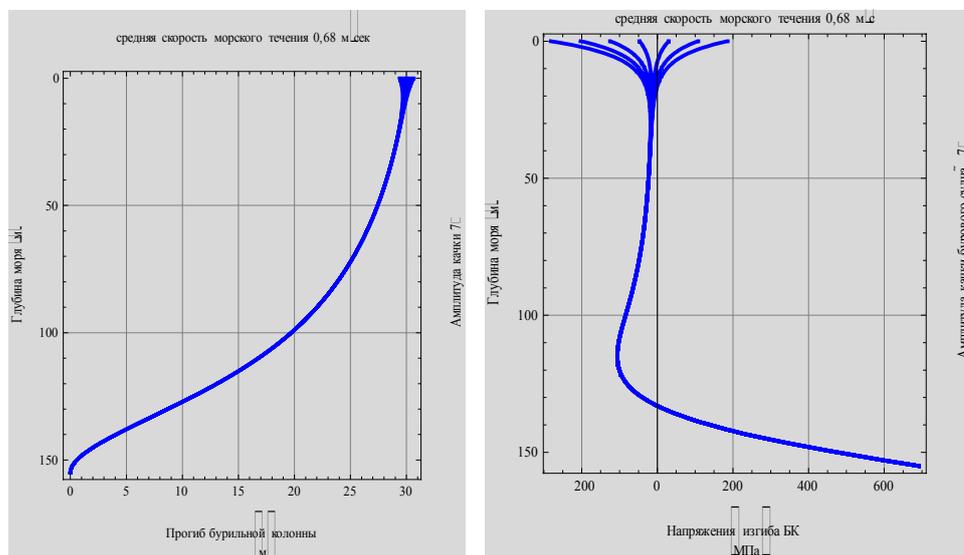


Рис. 4

Для того чтобы уменьшить прогиб и тем самым уменьшить напряжения можно уменьшать нагрузку на крюке. В таком случае нагрузка на долото будет обеспечиваться не только секцией УБТ, но и частью секции БТ.

Произведем расчет для случая, когда нагрузка на крюке уменьшена на величину веса одной бурильной трубы длиной 12 м диаметром 127мм и массой одного метра трубы 29.5кг.

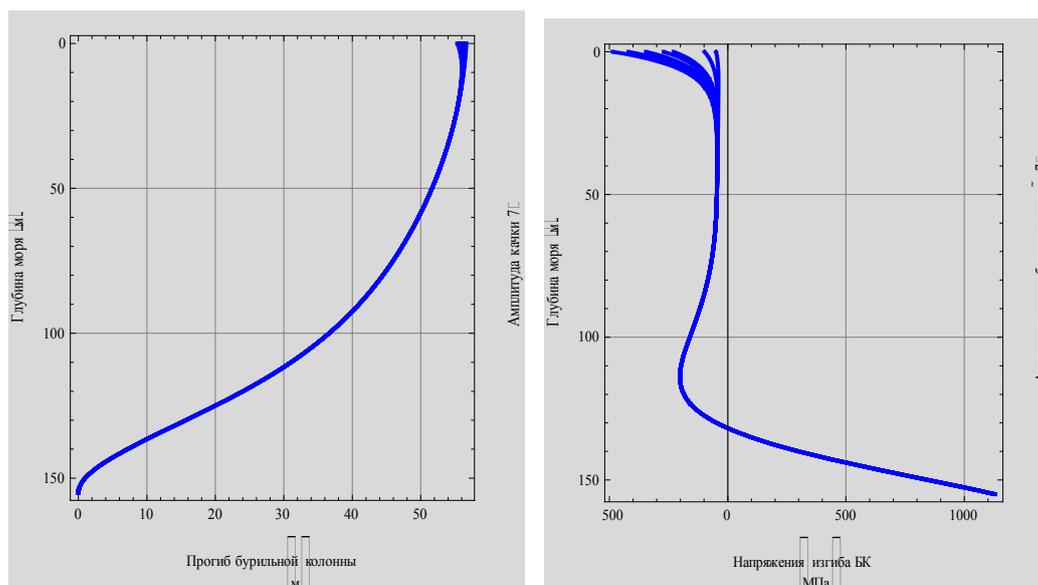


Рис. 5

#### 4. Вывод

Из приведенных проектных решений следует, что при забуривании на глубоководном шельфе в условиях переменных подводных морских течений величина скорости решающим образом влияет на величины ухода вудна с точки бурения и на величины напряжений в местах перехода секций из БТ в секции УБТ.

В результате исследования составлена программа для расчета изгиба морской бурильной колонны или райзера в условиях переменных подводных течений. На основании полученных результатов сделаны следующие практические выводы для морских операций:

1. Профиль скоростей подводных течений оказывает существенное влияние на конечный результат и должен быть обязательно учтен при проектировании морской бурильной колонны для забуривания на глубоководном шельфе.

2. Проектный расчет бурильной колонны с использованием усредненных данных по подводным течениям не может быть осуществлен при наличии нескольких подводных течений, протекающих в противоположных направлениях. В таком случае необходимо обязательно проводить расчет с учетом профиля скоростей подводных течений.

#### Список литературы:

1. Папуша А.Н. Проектирование морской бурильной колонны и райзера: расчет на прочность, изгиб и устойчивость морской бурильной колонны и райзера в среде Mathematica: электронный учебник.
2. Belaskie, J.P., Anadrill/Schlumberger. Spudding a Vertical Hole in Deep Water Using MWD Surveys. SPE/IADC Drilling Conference, 28 February-2 March 1988, Dallas, Texas
3. V. S. Tikhonov and A. I. Safronov. Stress-strain state of a drill string and marine riser under their interaction in the open SEA. Strength of Materials, Springer New York, 1998
4. Gass R. Mathematica for scientists and engineers: using Mathematica to do science/ monography — New Jersey «Prentice Hall», 1998 - 499p.

## ПРОБКОВЫЕ РЕЖИМЫ ТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ЭКСПЛУАТАЦИОННОМ РАЙЗЕРЕ НА ШТОКМАНОВСКОМ ГКМ.

Папуша А.Н., Мархотка Ю.А. (г. Мурманск МГТУ)

**Abstract.** Controllability analysis of two-phase pipeline-riser systems at riser slugging conditions are presented in this article.

### 1. Введение

Как известно, Штокмановское ГКМ является месторождением, с которого полезный продукт будет доставляться по подводному трубопроводу в Териберку в многофазном потоке (газ+газоконденсат). Поэтому целью данной работы является проектирование эксплуатационного райзера для доставки газоконденсата и сухого газа в двухфазном потоке с подводного добычного комплекса на технологическую платформу.

### 2. Постановка задачи

Схема эксплуатационного райзера представлена на рис .1

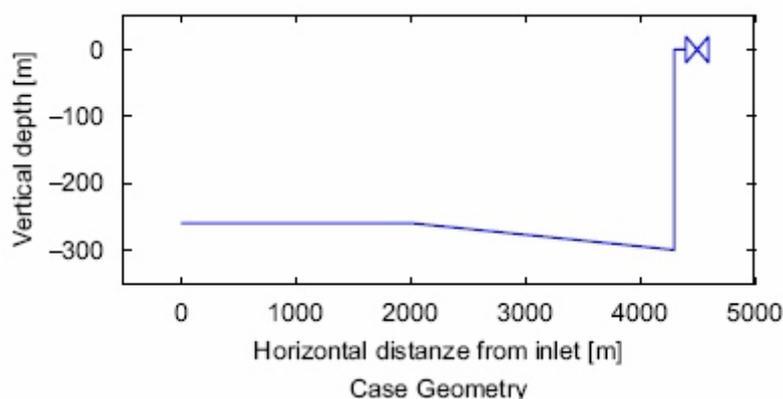


Рис .1 – Графическая иллюстрация цикла образования пробки.

Для решения задачи проектирования заданы физико-механические параметры потока: плотность  $-0.87 \text{ г/см}^3$ , диаметр трубопровода - 0.12 м, давление после открытия задвижки, на выходе составляет 50 бар и является постоянным, расход газа на входе составляет 0.36 кг/с, нефти -8.64 кг/с, компонентный состав флюида представлен в табл 1.

Основная задача проектирования заключается в нахождении такого безопасного режима течения, при котором пробковый режим в вертикальной секции райзера отсутствовал полностью.

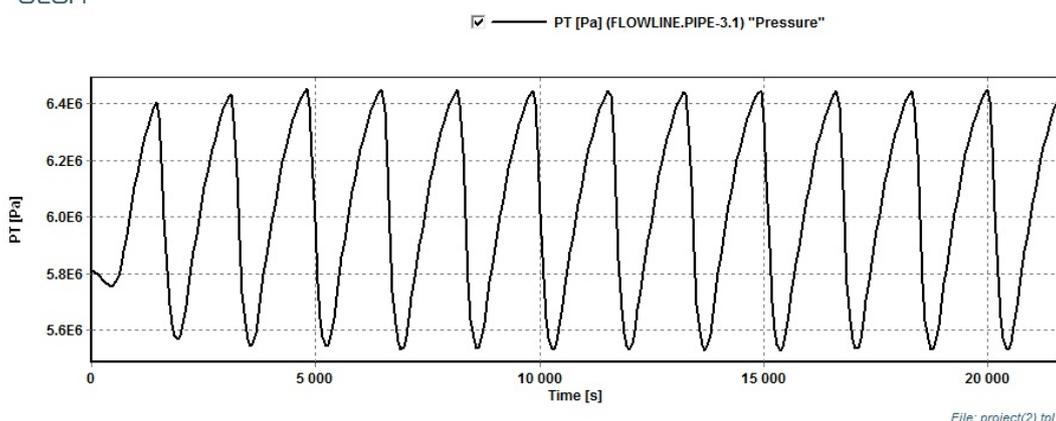
Поэтому при моделировании работы райзера изменялся коэффициент расхода жидкости, по которому определялся характер течения флюида и место образования пробковых режимов течения.

Компонент	Mole %	Молярный вес (kg/k mol)	Плотность (g/cm <sup>3</sup> )
Nitrogen	0,1		
Carbon Dioxide	1,64		
Methane	87,39		
Ethane	5,75		
Propane	2,30		
I-Butane	0,48		
N-Butane	0,85		
I-Pentane	0,26		
N-Pentane	0,30		
Hexane	0,28		
C7	0,65	100,21	0,690
C8	1.1e-4	210,00	0,750
C9+	1,5e-4	300,00	0,800

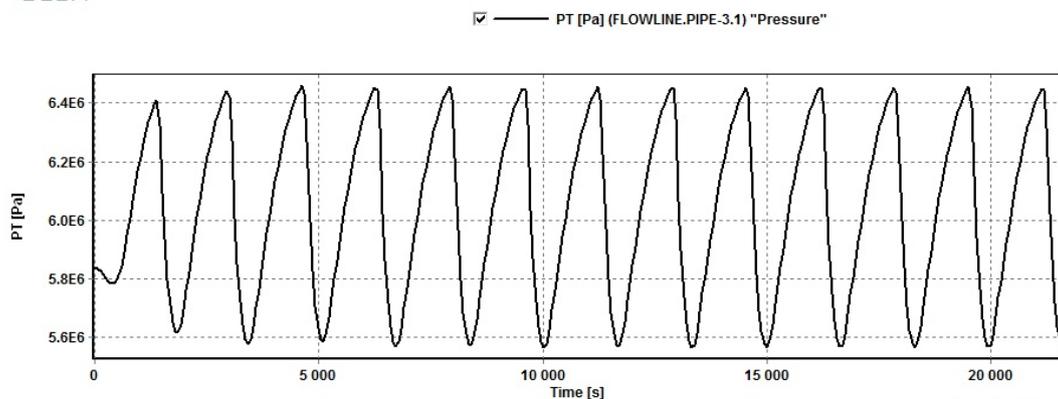
Таблица 1.- Компонентный состав флюида.

### 3. Результаты и анализ

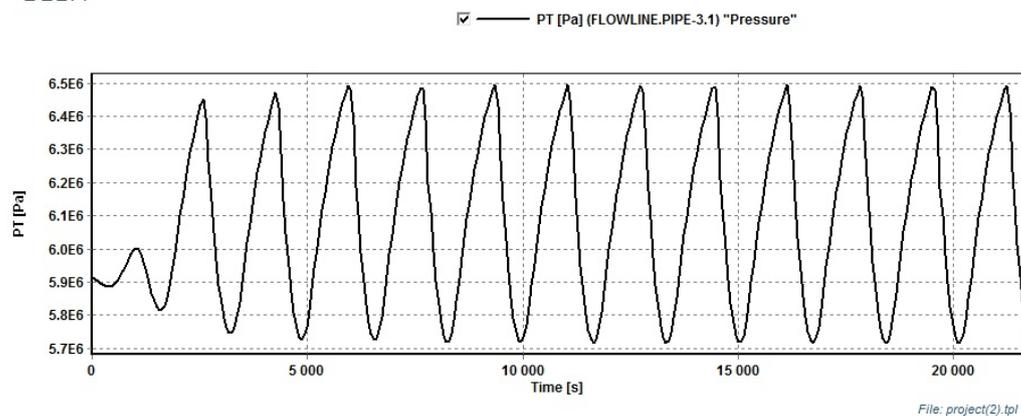
Чтобы найти безпробковый режим течения в данном райзере проведем несколько вычислительных экспериментов в среде OLGA. Расход нефти и газа и давление на выходе рассматриваются как внешние возмущения, это оставляет степень открытия клапана единственной степенью свободы системы. На рисунках ниже приведены результаты моделирования в OLGA для различных степеней открытия клапана.



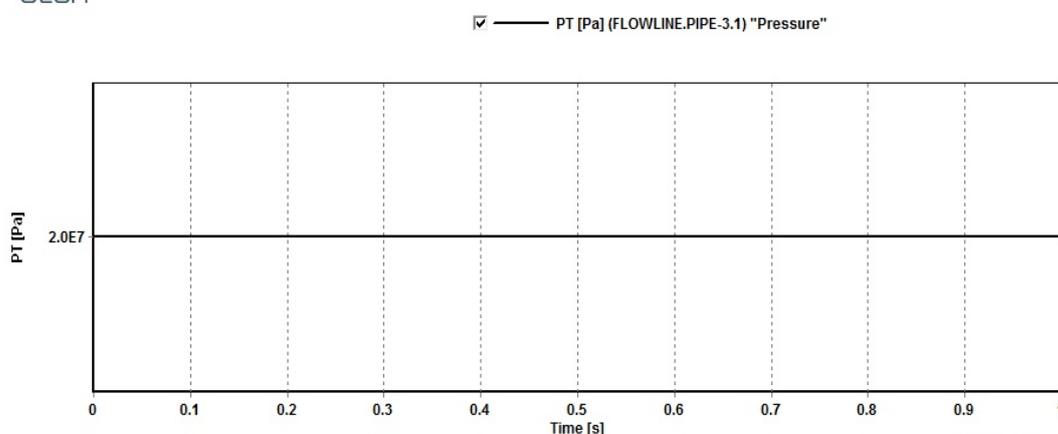
Степень открытия клапана 40%.



Степень открытия клапана 20%.



Степень открытия клапана 13 %.



Степень открытия клапана 10 %.

Из представленных выше графиков видно, что при моделировании для контроля образования пробковых режимов течения для двухфазных потоков было установлено критическое значение степени открытия клапана райзера, равное 13 %. Данное процентное значение является критическим для перехода от устойчивого безволнового режима течения потока к режиму образования пробки. При 10% степени открытости клапана (ниже найденного критического значения) единая сплошная линия представляет собой устойчивый безволновой стратифицированный режим течения двухфазного флюида, соответствующий безпробковому режиму.

### **Заключение**

Таким образом, в данной работе был рассмотрен и проанализирован характерный случай образования пробкового режима течения в вертикальной секции, основанный на зависимости характера течения потока от коэффициента расхода выходной задвижки. Подобный анализ дает необходимую информацию, которая важна для достижения успешного управления стабилизации образовавшегося потока и избежания опасности возникновения пробок.

### **Список литературы:**

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред: монография/ Ч. II.—М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.— 360 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике: монография/ О. Зенкевич. - М.: «Мир», 1975. - 543 с.
3. Bendiksen, K. H., Malnes, D., Moe, R., & Nuland, S. (1991). The dynamic two-fluid model OLGA: Theory and application. SPE production engineering (pp. 171–180).

## О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ОПИСАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК.

А.А. Боголюбов (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра МСС-МНГД*)

Физические процессы, происходящие вблизи критического состояния и вблизи фазовых переходов 2-го рода приводят к специфическим явлениям, получившим название критических. Это аномалия теплоёмкости, рост сжимаемости вещества в окрестности критической точки равновесия жидкость – газ, критическая опалесценция, возрастание магнитной восприимчивости ферромагнетиков и диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков вблизи точек Кюри, явление сверхпроводимости и др. Аномальное поведение веществ обусловлено ростом флуктуаций какого-либо параметра, именуемого *параметром порядка*.

У всех исследуемых объектов существуют определённые физические величины (концентрация, намагниченность, поляризация и др.), температурная зависимость которых вблизи точек перехода различного рода почти одинакова и описывается степенной функцией относительного отклонения температуры  $T$  от критической  $T_c$ . Найденные экспериментально показатели степени (*критические индексы*) оказываются очень близкими для фазовых переходов различной природы. Сходство описывающих функциональных зависимостей позволяет говорить об *универсальности критических явлений*.

Наиболее общая формулировка классической теории критических явлений при фазовых переходах 2-го рода содержится в *теории среднего поля Л.Д. Ландау*, где флуктуации потенциала Гиббса предполагаются малыми, и область её применимости определяются малыми значениями *критерия В.Л.Гинзбурга*, то есть “вдали” от  $T_c$ , что выполняется для чистых сверхпроводников и некоторых сегнетоэлектриков /1/.

Флуктуационная теория критических явлений основана на гипотезе *масштабной инвариантности*, согласно которой флуктуации *параметра порядка* вблизи критической точки велики и радиус корреляции  $R_c$  значительно превосходит среднее расстояние между частицами. Происходящий процесс обусловлен свойствами всей совокупности частиц, а не индивидуальными свойствами каждой частицы и структура вещества в критической области это система образований (капель), размер которых растёт по мере приближения к критической точке. Свободная энергия такой системы содержит слагаемое пропорциональное числу “капель”. В критической точке радиус корреляции становится бесконечно большим. Это означает, что любая часть вещества “испытывает влияние” изменений, произошедших в остальных частях. Численные значения критических индексов зависят от размерности пространства и от характера симметрии параметра порядка/2/. Настоящее сообщение имеет информационно – методическую направленность.

### Литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч.1, М., 1976.
2. Паташинский А.З., Покровский В.Л., Флуктуационная теория фазовых переходов, М., 1982.

## ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНОГО ТРУБОПРОВОДА МНОГОСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ГЛУБОКОЙ ВОДЕ J-МЕТОДОМ.

Т. В. Каиров (Мурманск, МГТУ, кафедра технической механики, [kairov\\_t\\_v@list.ru](mailto:kairov_t_v@list.ru))

In paper the boundary problem arisen in the offshore design technology regarding installation of the subsea pipeline from offshore to onshore facilities is solved by symbolic and numeric technique in *Mathematica*. All solutions presented in the paper are developed for the deep water installation by the multilayer construction of pipeline.

Несмотря на значительные успехи в проектировании и расчете морских трубопроводных систем некоторые вопросы расчета трубопроводов, укладываемых с судна-трубоукладчика, остаются не выясненными и не решенными до сих пор.

В первую очередь, к таким вопросам относятся вопросы расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) приподнятой и провисающей части трубы, как многослойной конструкции, т. е. той части трубопровода, которая начинается от точки отрыва трубы от дна моря и которая заканчивается на судне-трубоукладчике.

В мировой практике прокладки морского трубопровода используются два основных метода укладки трубы: *S-метод* и *J-метод*. Технологическая схема укладки *J*-метода представлена на рис. 1 (см. [1,3]).

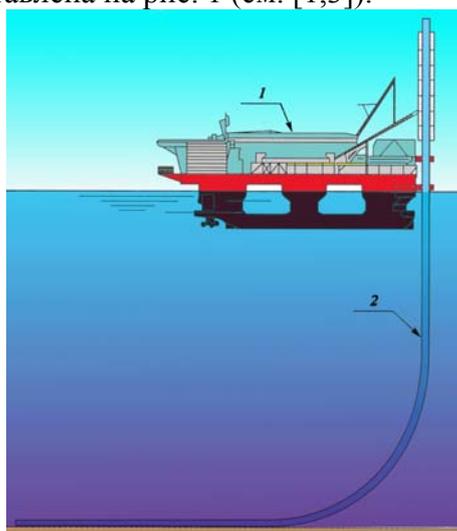


Рис. 1. *J*-метод укладки.  
1 – судно-трубоукладчик;  
2 – труба.

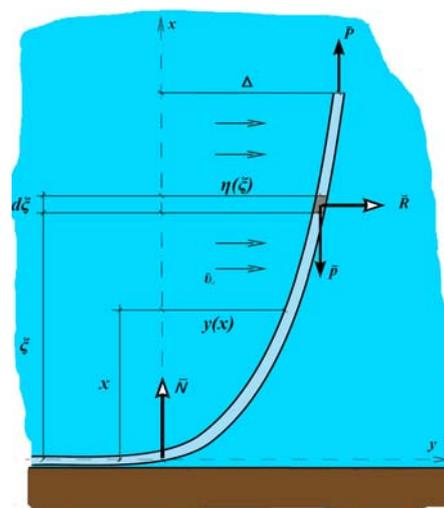


Рис. 2. Расчетная механическая схема укладки трубы.

Механическая схема укладки трубы представлена на рис.2. (см. [1]). На рис.2 обозначены:  $x$  — координата произвольного сечения провисающей части трубопровода (на практике это, фактически, то сечение, в котором рассчитывается изгибающий момент), отсчитываемая от дна моря;  $y(x)$  — смещение трубы от вертикали в сечении  $x$ ;  $\xi$  — текущая координата провисающей части трубы от сечения  $x$  до дневной поверхности;  $\eta(\xi)$  — смещение трубы в точке  $\xi$ ;  $d\xi$  — элемент трубы в текущем сечении;  $\Delta$  — уход судна-трубоукладчика по дневной поверхности;  $p$  — весовая характеристика трубы;  $P$  — сила натяжения трубы, создаваемая талевой системой натяжения на судне-трубоукладчике;  $R$  — горизонтальная составляющая силы гидродинамического напора морского течения

(вертикальная составляющая силы гидродинамического напора вошла в  $p$ );  $v$  — скорость подводного морского течения;  $N$  — реакция грунта в точка отрыва трубы от морского дна. Ось  $Oy$  направлена горизонтально по дну моря, а ось  $Ox$  — вертикально от дна моря к дневной

Равновесие провисающей части морского трубопровода, в линейном приближении, составляем на основании уравнения равновесия моментов (момента упругих сил и момента внешних сил) в произвольном сечении  $x$ , которое имеет вид:

$$Y_1 J_0 y''(x) = \sum_{i=1}^k M_i^e, \quad (1)$$

где  $J_0$  — осевой момент инерции сечения трубы;  $Y_1$  — модуль Юнга стали;  $y(x)$  — прогиб провисшей части трубопровода в сечении  $x$ ;  $\sum_{i=1}^k M_i^e$  — сумма моментов внешних сил, вычисленных в сечении  $x$  трубопровода.

Рассмотрим равновесие провисающей части морского трубопровода, как весомой протяженной плети, когда на элемент трубы действуют следующие силы:

- весовая характеристика трубы (вес единицы длины трубы — сила Архимеда);
- сила натяжения трубы (удерживающая сила на судне)  $P$ , приложенная к трубе на дневной поверхности. По технологии укладки трубопровода — это сила натяжения трубы, создаваемая натяжными устройствами на судне-трубоукладчике.

Другими силами и моментами будем пренебрегать.

Линейное дифференциальное уравнение равновесия приподнятой и провисающей части морского трубопровода с учетом только  $P$  — *удерживающей силы* на судне, так называемой «*силы натяжения трубы*» и *весовой нагрузки* трубы  $p$  на основании уравнения моментов (1) — принимает вид

$$Y_1 J_0 \frac{d^2 y}{dx^2} - \int_x^L p(\eta(\xi) - y) d\xi + P(\Delta - y) = 0, \quad (2)$$

где  $\int_x^L p(\eta(\xi) - y) d\xi$  — момент силы весовых нагрузок;  $P(\Delta - y)$  — момент силы натяжения талевой системы,  $\Delta$  — величина ухода судна от точки отрыва трубопровода со дна моря.

Таким образом, равновесие приподнятой и провисающей части морского трубопровода описывается обыкновенным линейным интегродифференциальным уравнением (2), решение которого в общем виде напрямую найти не удастся. По-видимому, впервые похожее уравнение было получено еще Л. Эйлером, но удовлетворительного решения тогда получено не было [2, стр. 111].

После дифференцирования по  $x$  уравнение (2) примет вид:

$$Y_1 J_0 y'''(x) + (Lp - xp - P)y'(x) = 0 \quad (3)$$

В итоге, равновесие провисшей плети морского трубопровода описывается обыкновенным дифференциальным уравнением типа Айри.

Для решения уравнения (3) необходимо задать граничные условия, которые сформулируем (в линейном приближении) исходя из технологии прокладки трубопровода.

На дне моря, когда труба только приподнимается со дна, точку отрыва принимаем за начало отсчета прогиба, в которой имеем:

- $y(0) = 0$  (прогиб в начале отсчета равен нулю);

- $\theta(0) = \pi/2$  (угол поворота сечения трубы в начале отсчета в вертикальной плоскости равен  $90^\circ$ ). С механической точки зрения, это условие означает, что труба касается дна моря в точке отрыва трубы от дна.

На дневной поверхности, т. е. на судне-трубоукладчике верхний конец трубы может находиться в одном из двух положений:

- вертикально, при J-методе укладки трубы, т.е.  $\theta(L) = 0$ ,
  - горизонтально (или под углом к горизонту), при S-методе, т.е.  $\theta(L) = \pi/2$ ,
- здесь  $L$  – глубина моря в месте укладки трубы.

Итак, граничные условия при J-методе укладки трубы:

$$y(0) = 0, \quad y'(0) = \pi/2, \quad y'(L) = 0, \quad (4)$$

при S-методе укладки трубы:

$$y(0) = 0, \quad y'(0) = \pi/2, \quad y'(L) = \pi/2. \quad (5)$$

Решая уравнение (3) с учетом граничных условий (4) или (5) получим функцию прогиба  $y(x)$  трубы для J или S-метода соответственно. Решения, ввиду их громоздкости здесь не приводятся. Отметим, что все расчеты производились в среде *Mathematica*.

Полученные решения для прогиба  $y(x)$  позволяют находить моменты и напряжения в произвольном сечении морского трубопровода. Формула для расчета максимального изгибающего момента в линейном приближении имеет вид

$$M_{\max}(x) = Y_1 J_0 \frac{d^2 y(x)}{dx^2}, \quad (6)$$

а формула для расчета максимальных напряжений изгиба следующая

$$\sigma_{\max}(x) = Y_1 R \frac{d^2 y(x)}{dx^2}, \quad (7)$$

где  $R$  – внешний радиус трубы.

Как известно [1], [3,4], в существующих нормативных документах, рассматривается прочность только стальной части трубы, без расчета прочности изоляционных покрытий и бетонной оболочки трубы, что явно недостаточно для оценки эксплуатационной надежности трубопровода в целом.

Поэтому выполним расчет провисающей плети трубы с учетом бетонного покрытия. Сечение такой трубы, как многослойной конструкции, представлено на рис. 3, где  $d_0$  – внутренний диаметр трубы;  $D_0$  – внешний диаметр стальной части и внутренний диаметр бетонной;  $D_1$  – внешний диаметр трубы.

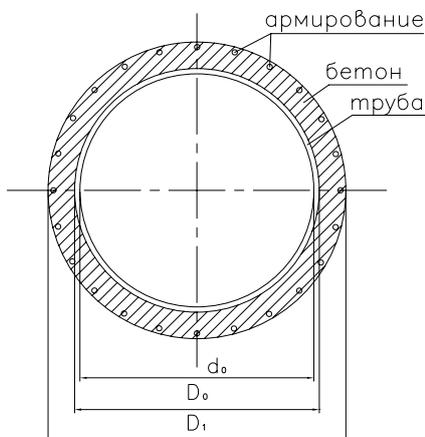


Рис. 3. Сечение трубы.

Как известно, бетон плохо работает на растяжение, поэтому бетонную оболочку, как правило, армируют для компенсации продольных усилий.

Для многослойной конструкции трубы, уравнения (3), (6), (7) справедливы, если в качестве момента инерции использовать, так называемый, приведенный момент инерции, который находится по формуле:

$$J_0 = J_1 + \frac{Y_2}{Y_1} J_2, \quad (8)$$

где  $J_1$  – момент инерции стальной части;  $J_2$  – момент инерции бетонной части;  $Y_1$  – модуль Юнга стали;  $Y_2$  – модуль Юнга бетона.

Для примера приведем результаты проектного

расчета для трубопровода «Южный поток» прокладываемого по дну Черного моря на глубину 2000 м *J*-методом.

Механические параметры морского трубопровода следующие: диаметр стальной трубы 720 мм; толщина стенки 15 мм; толщина бетонного покрытия 60 мм; диаметр армирующих стержней 10 мм; предел текучести стали 520 МПа; предел прочности бетона на сжатие 100 МПа; модуль Юнга стали 210 ГПа; модуль Юнга бетона 40 ГПа; плотность стали  $7,85 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; плотность бетона  $2,4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. При таких значениях весовая характеристика равна 793,5 Н/м. Однако, напряжения при такой весовой характеристике, превосходят предельно допустимые, поэтому следует уменьшить её при помощи поплавков, после чего вес единицы трубы можно принять равным 93,5 Н/м. Силу натяжения на судне-трубоукладчике будем варьировать от 161 до 166 кН с шагом 1 кН.

Результаты расчетов представлены на графиках.

На рис. 4. представлена зависимость коэффициента статической прочности (стальная оболочка) как функция глубины моря, а на рис. 5. представлена зависимость такая же зависимость для бетонной оболочки.

Под коэффициентом статической прочности понимается отношение  $n = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_b}$ ,

где  $\sigma_b$  – предел текучести стали или предел прочности бетона на сжатие;  $\sigma_{\max}$  – наибольшие изгибные напряжения, возникающие в соответствующей части сечения.

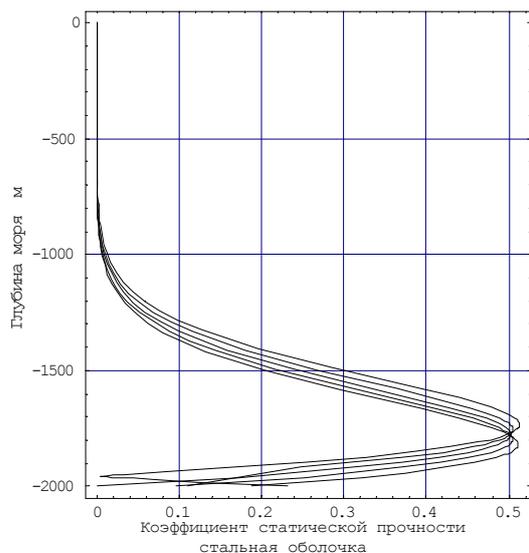


Рис. 4.

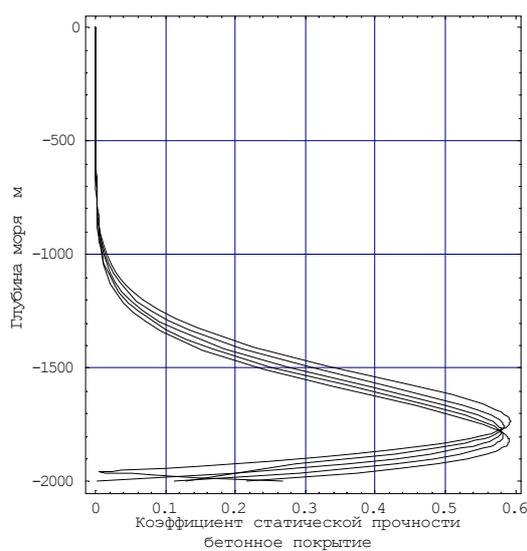


Рис. 5.

Из графиков видно, что коэффициент статической прочности в стальной и бетонной оболочках меняется по схожему закону (что очевидно, т.к. функция прогиба многослойного трубопровода по глубине одинакова!) и по глубине не превосходит единицу. Это значит, что прочность слоев трубопровода во всех сечениях, как многослойной конструкции, можно считать обеспеченной. Из прочностного расчета следует, что по абсолютному значению, наибольшие напряжения в бетонной части (около 60 МПа) меньше, чем в стальной (около 260 МПа).

В работе приведена методика определения НДС приподнятой и провисающей части морского подводного трубопровода, как многослойной конструкции, укладываемой на большой глубине.

Представленные результаты представляют собой проектные решения для сооружения подводного морского трубопровода «Южный поток» прокладываемого по дну Черного моря.

**Список литературы:**

1. А. Н. Папуша. Проектирование морского подводного трубопровода: расчет на прочность, изгиб и устойчивость морского трубопровода в среде *Mathematica*. — Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006, 328 с.
2. С. П. Тимошенко. Устойчивость упругих систем. М.: ОГИЗ, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1946, 527с.
3. Морские трубопроводы / Ю. А. Горяинов, А. С. Федоров, Г. Г. Васильев и др. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001.-131 с.
4. Offshore standard DNV-OS-F101. Submarine Pipeline Systems. January 2000. Det Norske Veritas. Norway, 2003.URL: [www.dnv.com](http://www.dnv.com)

## Submarine Pipeline at Shallow Water: S-method of Installation

Alexander N. Papusha<sup>1</sup>, Alexey G. Kuznestov<sup>1</sup>,  
Ove T. Gudmestad<sup>2</sup>, Tore M. Jonassen<sup>3</sup>

Murmansk State Technical University<sup>1</sup>,  
University of Stavanger<sup>2</sup>,  
Oslo University College<sup>3</sup>

### *Abstract*

In the paper a general mechanical problem of the bending of pipeline subjected by ice feature (collision with ice feature) at shallow water installation for submarine pipeline constructed for Shtokman field solved by *Mathematica* solver operators is developed.

### *Problem set*

A static equation of the sagging segment of the submarine pipeline derives from the full system of equilibrium of element of pipeline by converting the momentum law for the elastic beam into a single equation for bending of a beam [1].

In order to study an impact of ice feature on pipe a following static equation should be taken into consideration.

$$p - P_0 \delta''(x - k L) - T_0 y''(x) + Y J_0 y^{(4)}(x) = 0 \quad (1)$$

Here in (1) second item  $P_0 \delta''(x - k L)$  is an additional momentum generated and produced by an impact force of ice feature touch a pipe in the point  $x = k L$ , ( $0 < k < 1$ ). A derivative of special function notice as  $\delta''(x - k L)$  - is a second derivative of Dirac-delta function.

According to linear approximation the problem in question coordinate  $x$  is a current horizontal coordinate belong to the bottom of seabed, and  $y$  is a vertical coordinate of an elastic line of pipe which is associated with the depth of pipeline at shallow water of sea. The following notice of the mechanical parameters for the pipe are introduced

- $Y J_0$  is a beam's bending rigidity of pipe,
- $T_0$  is a tensile force of pipe.

A set of boundary conditions for sagging segment of pipeline is as following:

$$\begin{aligned} y[0] &= 0, y'[0] = \text{Tan}[\alpha], \\ y'[L] &= \text{Tan}[\beta], y[L] = \Delta \end{aligned} \quad (2)$$

where in formulas above mentioned the following designations are admitted

- $L$  - is a distance of installation of the pipeline;
- $\Delta$  - is a depth of sea at the shallow water.

*Symbolic solutions*

A symbolic solution of boundary problem (1), (2) is derived by the next operator.

$$\text{sol1} = \text{DSolve}\{\{\text{eq}[u], y[0] == 0, y'[0] == \text{Tan}[\alpha], y'[L] == \text{Tan}[\beta], y[L] == \Delta\}, u, x\} // \text{Flatten} // \text{PowerExpand} // \text{Simplify}$$

Symbolic solutions (just in short form of output!) for elastic line of sagging segment of pipe and for bending moment are presented below:  
for elastic line

$$y(x) = \left( e^{\frac{(k-1)L\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} x \left( -e^{\frac{L\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \sqrt{Y} \delta(kL) \sqrt{J_0} \sqrt{T_0} P_0 + e^{\frac{2L\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \sqrt{Y} \delta(kL) \sqrt{J_0} \sqrt{T_0} P_0 + \dots \right) \right) \quad (3)$$

and for bending moment

$$M(x) = \frac{1}{2T_0} \left( e^{-\frac{kL\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \left( \frac{e^{\frac{(2kL-x)\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \left( -1 + e^{\frac{2(x-kL)\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \right) P_0 \theta(x-kL) T_0^{3/2}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}} + 4 e^{\frac{x\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \delta(x-kL) P_0 T_0 - 2 e^{\frac{(2kL-x)\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \left( -1 + e^{\frac{2(x-kL)\sqrt{T_0}}{\sqrt{Y}\sqrt{J_0}}} \right) \delta(x-kL) P_0 T_0 + \dots \right) \right) \quad (4)$$

The distance of installation of sagging segment of pipeline is resulted from the following condition

$$M_{\text{pipe}} / . x \rightarrow 0 = 0 \quad (5)$$

which has a simple physical identification. Equation (5) means that a bending moment of the pipe at the seabed is equal to 0. It's following from a natural free state for the pipe lying at the seabed.

#### *Numeric solutions and visualizations*

Mechanical parameters of pipe and seabed conditions are presented below for Shtockman field project.

- pipe's diameters:  $D_e = 1420 \cdot 10^{-3}$  m – is an external diameter;  $d_i = 1320 \cdot 10^{-3}$  m - internal diameter;
- middle wall thickness of a pipe:  $h_0 = 50 \cdot 10^{-3}$  m;  
weight of the unit length of a pipe  $p = 1.04 \cdot 10^3$  N/m;
- Young's modulus  $Y = 2.1 \cdot 10^{11}$  Pa.

Geometric and mechanical parameters of a pipe written in computer codes are as following [4]:

$$\begin{aligned} \text{parameters} = \left\{ p \rightarrow (\pi ((D_0^2 - d_0^2) / . \{ D_0 \rightarrow 1420 \cdot 10^{-3}, \right. \\ \left. d_0 \rightarrow 1320 \cdot 10^{-3} \}) / 4 \cdot 7.85 \cdot 10^3 \cdot 9.81 // N) \right. \\ \left. - (\pi D_0^2 / . D_0 \rightarrow 1420 \cdot 10^{-3}) / 4 \cdot 10^3 \cdot 9.81 // N, \alpha \rightarrow 0, \right. \\ \left. \beta \rightarrow \text{Pi} / 180 \cdot 2, Y \rightarrow 2.1 \cdot 10^{11}, \right. \\ \left. J_0 \rightarrow \left( \frac{1}{64} \pi D_0^4 \left( 1 - \left( \frac{d_0}{D_0} \right)^4 \right) / . \{ D_0 \rightarrow 1420 \cdot 10^{-3}, \right. \right. \\ \left. \left. d_0 \rightarrow 1320 \cdot 10^{-3} \} // N \right), \right. \\ \left. T_0 \rightarrow 2.1 \cdot 10^6 + i \cdot 8.3 \times 10^5, \right. \\ \left. R \rightarrow 1420 \cdot 10^{-3} / 2, P_0 \rightarrow 19 \times 10^8, \right. \\ \left. \Delta \rightarrow 50, c_0 \rightarrow .34, \rho \rightarrow 1.02 \cdot 10^3, \right. \\ \left. A \rightarrow 1420 \cdot 10^{-3}, V \rightarrow .75, k \rightarrow .85 \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

Let us consider graphical solutions of the boundary problem (1), (2) which are based on symbolic formulas (3), (4).

Visualization of the curve lines of pipeline at installation stage at shallow water of sea after collision with an ice feature are shown at picture (Fig.1).

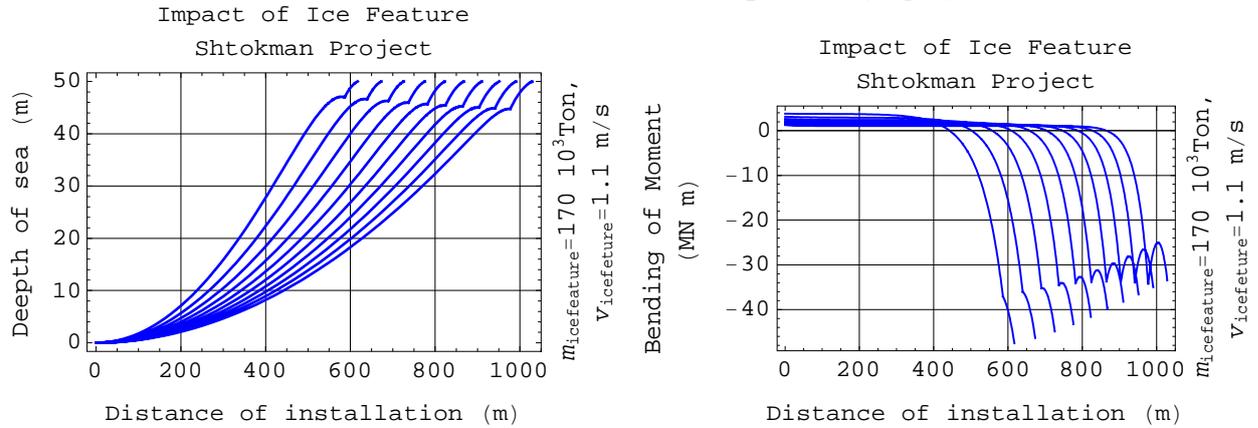


Fig.1. Profile of pipeline and graphics of moment along sagging segment of pipe at shallow water with broken part

Broken part of pipeline situated very close to the surface of sea is clearly shown at picture (Fig.1 (right – a moment distribution)).

Graphics of the distributions of the bending stresses along a sagging part of pipeline damaged by iceberg feature are shown at the picture on Fig.2.

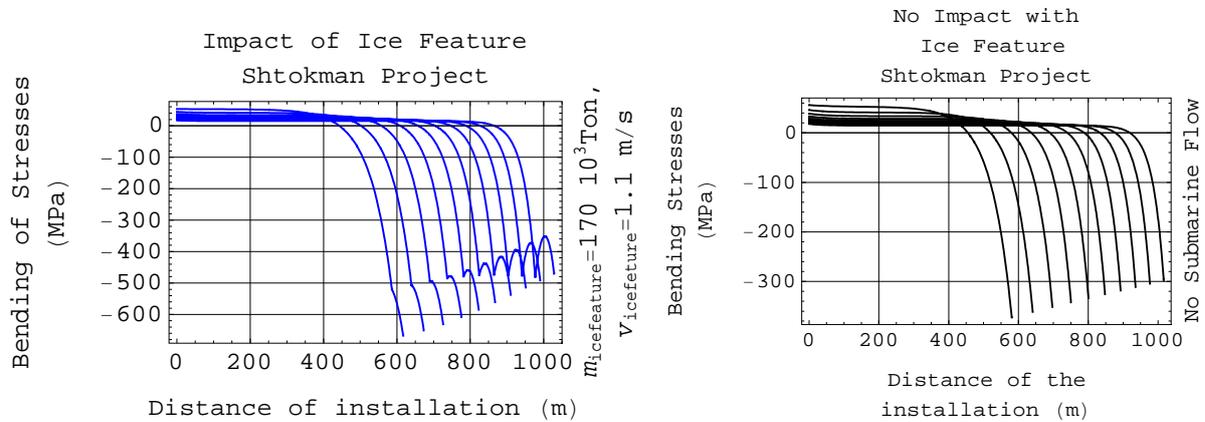


Fig.2. Stresses along a sagging segment of pipe at shallow water with and without (right graphics) collision with ice feature.

A design condition based on the strength of pipe during installation stage is satisfied, but strain of the pipe in the inflection point of collision needs an additional evaluation using, for example, DNV Code (see [www.dnv.com](http://www.dnv.com)) for strain [2].

As it follows from solutions derived in this paper a general method of determination of bending of sagging segment of pipeline as an elastic line in plain is developed by symbolic and numeric procedure in *Mathematica* without any limitation and

restriction on the depth of sea. So this method based on the solutions of boundary problem arisen in offshore design technology may be applied to any installation problem of submarine pipeline at the deep water installation and the same results of evaluations may be implemented here to the pipeline installed at the middle area of Shtokman field.

Then let us consider some results of design solutions of installation of pipeline at deep water with collision with ice feature.

Firstly a visualization of the plain curve lines of pipeline and elastic moment distribution solutions of corresponding boundary problem for construction stage of pipeline are shown at picture (Fig.3).

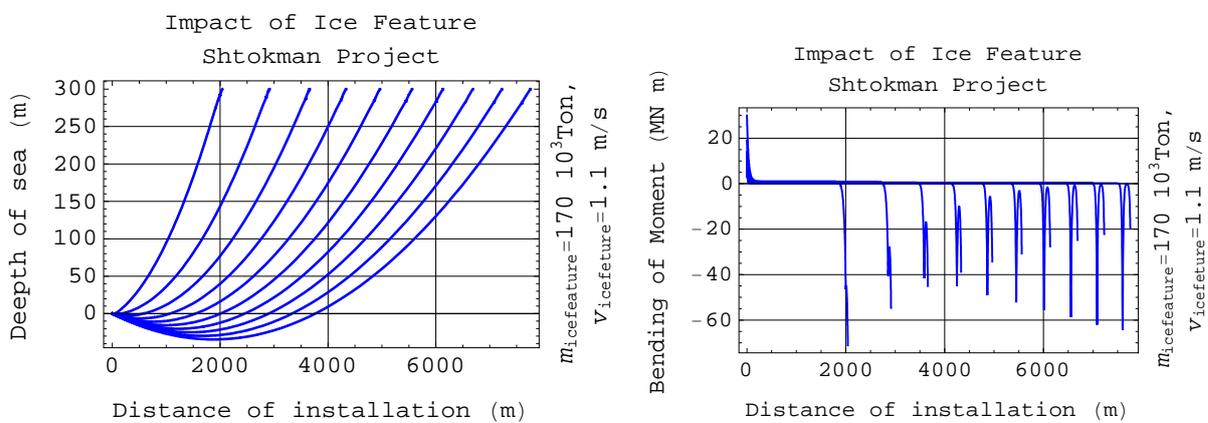


Fig.3. Profile of pipeline and graphics of moment along sagging segment of pipe at deep water with broken part

Secondly, at Fig.3 the result of an impact of ice feature upon pipeline segment into deep water one can just see at graphics of moment distribution along a sagging part of pipeline.

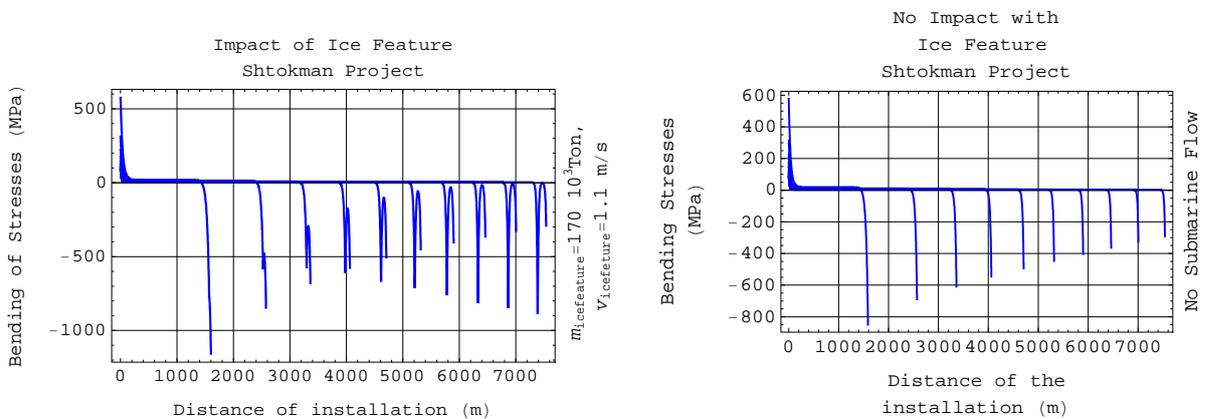


Fig.4. Stresses along a sagging segment of pipeline at deep water installation with and without (right graphics) collision with ice feature.

Finely, from graphics at Fig.4 one results suitable strength condition for some distances of installation (steel of pipe X-85) along sagging segment at deep water installation of pipeline on Shtokman field. Strain of pipe in the point of collision with ice feature has to be studied by other method offered by national codes for offshore technology [1, 2].

### *Conclusion*

A general method of studying of collision of ice feature and pipeline at the stage of installation in Arctic region is developed by symbolic and numeric operators in *Mathematica*. This method may be implemented for offshore design technology deal with a few design projects of installation of submarine pipeline at shallow and deep water installation in Arctic seas.

### *Acknowledgment*

Financial support of research regarding installation problem of submarine pipeline in Arctic area from Statoil is appreciated by authors very much.

### *References*

1. Папуша А.Н. Проектирование и расчет подводного морского трубопровода: Расчет на прочность, изгиб и устойчивость морского трубопровода в среде *Mathematica* – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006, - 328 с.
2. Offshore standard DNV-OS-F101. Submarine Pipeline Systems. January 2000. Det Norske Veritas. Norway, 2003.URL: **www.dnv.com**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСИ СПГ–ДИЗТОПЛИВО НА МОРСКИХ СУДАХ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Герасимова О.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра МСС и МНГД, ovger@mail.ru)

Liquid natural gas (LNG) is qualitative motor fuel. At its application equipment service life increases; in 2 times the expense of oil decreases and the between-repairs resource increases. The ecological aspect is important also.

Сжиженный природный газ (СПГ) является качественным моторным топливом. Октановое число у природного газа примерно на 15% выше, чем у лучших нефтяных автобензинов. Прежде всего, СПГ - это метан, который легче воздуха, и в случае аварийного разлива он быстро испаряется, в отличие от тяжелого пропана, накапливающегося в естественных и искусственных углублениях и создающего опасность взрыва. Он не токсичен, не вызывает коррозии металлов. СПГ сегодня дешевле, чем любое нефтяное топливо, в том числе и дизельное и по некоторым характеристикам их превосходит (таблица 1.) При его применении увеличивается срок службы оборудования; в 2 раза снижается расход масла и увеличивается межремонтный ресурс. Важным является и экологический аспект. СПГ в автомобильных моторах сгорает практически полностью; по сравнению с бензиновым выхлопом содержание углеводородов в воздухе сокращается в 2...3 раза, окиси азота – в 2 раза, окиси углерода – в 10 раз.

Таблица 1 Техничко-экономические характеристики различных видов топлив

Топливо	Теплотворная способность, кДж/кг	Стехиометрическое отношение кг воздуха/ кг топлива	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Отношение расхода топлива, л к эквиваленту 1 л бензина	Отношение расхода топлива, л к эквиваленту 1 л дизтоплива	Розничная средняя цена за 1 л дизтоплива, руб	Стоимость 100 км пробега на топливе, в эквиваленте 40л (бензина) на 100 км, руб
Бензин	44	15	730	1	1,2	25	1000
Дизтопливо	39	15,5	830	0,8	1	24	768
Пропан-бутан	46	16	545	1,1	-	12	528
СПГ	48	17	455	1,6	1,6	7	448

Примечание: Плотность приведена для топлива в состоянии, в котором оно находится в баках и баллонах у потребителя. Розничная средняя цена за 1 л топлива в России приведена на ноябрь 2008 г. [2]

СПГ успешно применяется в бензиновых двигателях, но и может быть с успехом использован в дизелях, а наиболее эффективно его применение в дизелях морских судов, обслуживающих газоконденсатные месторождения.

В этом случае это наиболее распространенный метод конверсии, заключающийся в одновременном снабжении смесью газ-дизтопливо путём впрыска: воздух горения смешивается с газом перед подачей в цилиндр и эта смесь воспламеняется путём впрыска дизтоплива (Рис.1). Содержание дизтоплива по отношению к газу от 15 до 80%. При этом снижения КПД не происходит, а сам двигатель приобретает универсальность – может работать как на природном газе, так и на дизельном топливе. Для этой цели следует использовать сжиженный природный газ, требующий для своего хранения глубоких отрицательных температур и специальной теплоизоляции. СПГ получают из природного газа

по широко известной технологии с использованием многоступенчатых холодильных машин, затрачивая при этом энергию, величина которой доходит до 25 % энергии сгорания полученного сжиженного газа.

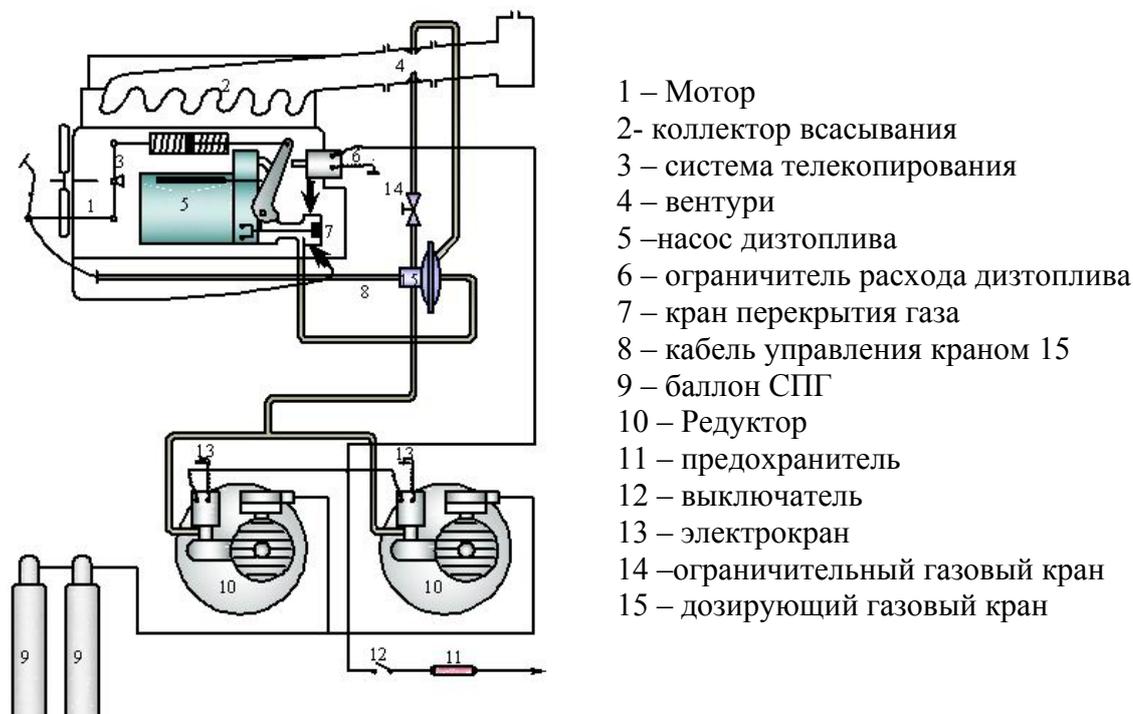


Рис. 1 Схема смешанного снабжения дизтоплива – СПГ,  
устанавливаемая на дизельном двигателе

Главная проблема при использовании СПГ в качестве моторного топлива - это хранение необходимого запаса газа на борту судна. Для транспортирования и хранения природного газа в сжиженном состоянии при температуре  $-160^{\circ}\text{C}$  используются изотермические емкости – контейнеры. Наполненные на заводе СПГ контейнеры на контейнеровозах могут доставляться на пирс автомобильным транспортом и накапливаться на площадке, входящей в состав экипировочного хозяйства. Площадка должна быть оборудована специальным краном, предназначенным для погрузки контейнеров с СПГ. При постановке на экипировку заправка производится путем замены порожнего контейнера для хранения СПГ на полный. Контейнер-цистерна оборудована фитингами, которые позволяют надежно закреплять ее и быстро произвести замену при необходимости.

#### Список литературы:

1. К.С. Басниев. Энциклопедия газовой промышленности.4-е изд. Пер. с франц.; Ред.пер К.С. Басниев. -М: Акционерное общество «ТВАНТ»,1994.-884 с.
2. Б.С. Рачевский. Сжиженные углеводородные газы: учебник, Рачевский Б.С. – НефтеГазТоп, 2009. –854 с.
3. Постановление Правительства Москвы и Правления РАО "Газпром" № 943/134 от 26.11.96.

## ДВА ПОДХОДА К ИЗУЧЕНИЮ МНОГОФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ

**А. Б. Корогаев** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра МСС и МНГД, [a-b-korotaev@rambler.ru](mailto:a-b-korotaev@rambler.ru))

Транспорт углеводородного продукта, как по технологическим трубопроводным системам, так и по магистральным трубопроводам, является неотъемлемой частью разработки и освоения морского нефтегазового месторождения. При этом, транспортировка полезного продукта экономически намного выгоднее в режиме многофазного течения, чем отдельный транспорт каждой фазы. Поэтому проектирование транспорта многофазного продукта в настоящее время является важной и в то же время сложной задачей. Как показывает опыт транспорта многофазного продукта с морских месторождений компанией Statoil, проблемы доставки продукта с морского месторождения «Белоснежка» на береговые комплексы по переработке газа и газоконденсата являются не решенными до сих пор.

Прикладные вопросы изучения динамики многофазных потоков возникают при решении задач транспортировки нескольких разных по физическим свойствам продуктов добычи по одному и тому же трубопроводу, при условии их предварительного разделения на флюиды полезные для дальнейшего коммерческого использования и на продукты требующие утилизации, например на CO<sub>2</sub> и пластовую воду. Тогда и возникают задачи доставки полезных продуктов по подводному трубопроводу. При этом требуется создать такие условия транспорта, при которых технологические процессы на береговых комплексах будут реализованы без нарушения их рабочих режимов. Для этого необходимо знать физические законы многофазных течений и на их основе выбрать такие режимы совместных течений многофазного потока, например в подводном трубопроводе, которые бы исключали нежелательные течения, к примеру, пробковые режимы, когда жидкостные пробки, возникающие в течениях, распространяются на десятки, а иногда и на сотни километров, от морского месторождения до береговых комплексов переработки.

В изучении моделей многофазных течений следует отметить существование двух подходов, которых придерживались исследователи в этой области, это: чисто *экспериментальный* и чисто *теоретический*. Кроме этого изучались модели течений как в горизонтально расположенных трубах (например, подводный магистральный трубопровод), так и в вертикальных (например подводный гибкий райзер).

### Классификация потоков в горизонтальных трубах (экспериментальные модели)

Согласно классификации Weisman далее дадим определение каждому из режимов течения смеси «газ-жидкость» в горизонтальной трубе:

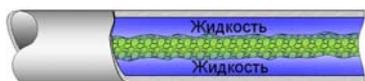
1. режим *разделенного* течения (Stratified) - течение при котором жидкость и газ разделены невозмущенной поверхностью раздела фаз;



2. режим разделенного *волнового* течения (Wavy) - течение при котором жидкость и газ разделены возмущенной поверхностью раздела фаз;



3. режим *кольцевого* течения (Annular) - течение при котором жидкость и газ смешаны с несколькими возмущенными поверхностями раздела фаз.



4. режим *пузырькового* течения (Bubble) - течение при котором жидкость содержит пузырьковый газ.



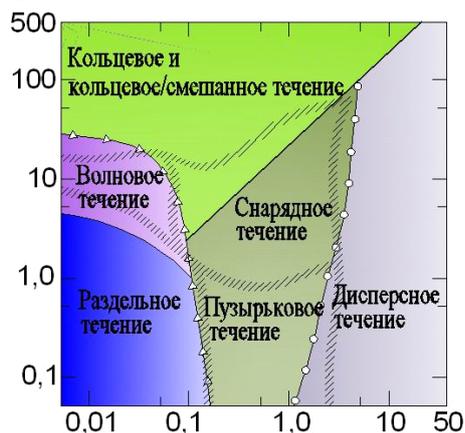
5. *пробковый* режим течения (Slug) - течение при котором жидкость и газ смешаны и в течении образуются бегущие "газожидкостные пробки"



6. режим *разделенного течения* (Wavy) - течение при котором жидкость и газ разделены возмущенной поверхностью раздела фаз.



Режим течения двухфазного потока зависит от фиктивных скоростей течения газа и жидкости. Так *диаграмма (карта) двухфазного течения* в координатах скоростей, согласно Mandhane (1974), полученная экспериментальным путем, позволяющая классифицировать вид многофазного течения по классификации Weisman, приведена ниже. Каждая точка диаграммы соответствует определенному виду течения, области которых названы на рисунке.



Модель Weisman представляет собой набор корреляционных соотношений, базирующихся на ряде экспериментов проведенных на многофазных течениях в трубах различного диаметра и с различными видами флюидов. В этой модели режим течения моделируется выполнением следующих критериальных соотношений:

1. *Стратифицированное-перемежающееся (интермитентное)* (Stratified-intermittent) течение реализуется при выполнении следующего условия,

$$Fr_G^{1/2} \approx \frac{U_{GS}}{\sqrt{g D_i}} \approx 0.25 \left( \frac{U_{GS}}{U_{LS}} \right)^{1.1}$$

т.е. если левая часть соотношения больше ее правой части (если LHS>RHS).

2. Переход к *кольцевому* (annular) течению (если RHS>LHS)

$$1.9 \left( \frac{U_{GS}}{U_{LS}} \right)^{1.8} \approx \left( \frac{U_{GS}}{g L} \right)^{1/2} \left( \frac{U_{GS}^2}{g D_i} \right)^{0.2} \approx Ku^{0.2} Fr_G^{0.18}$$

т.е. если левая часть соотношения больше ее правой части (если LHS>RHS).

3. переход к *дисперсному* течению (если LHS>RHS)

$$\left( \frac{P}{x LS} \right)^{1/2} \cdot \left( \frac{1}{g D_i^2} \right)^{1/4} \approx 1.7$$

т.е. если левая часть соотношения больше ее правой части (если LHS>RHS).

4. переход между *стратифицированным* и *волновым* течением (если LHS>RHS)

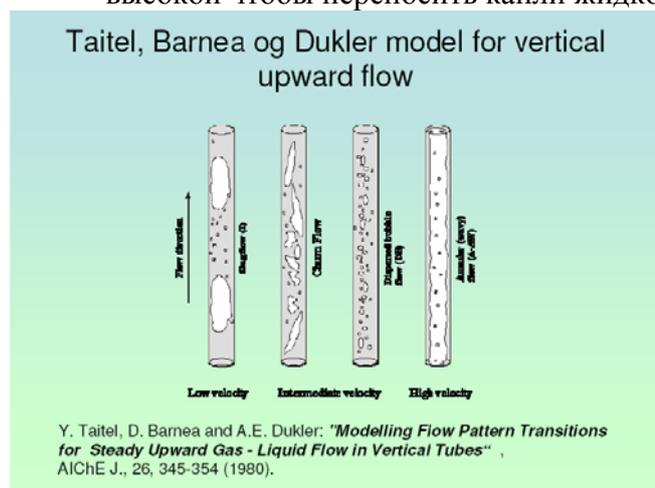
$$\left( \frac{D_i U_{GS}}{g} \right)^{0.45} \cdot \left( \frac{1}{g D_i^2} \right)^{0.2} \approx 8 \left( \frac{U_{GS}}{U_{LS}} \right)^{0.16}$$

т.е. если левая часть соотношения больше ее правой части (если LHS>RHS).

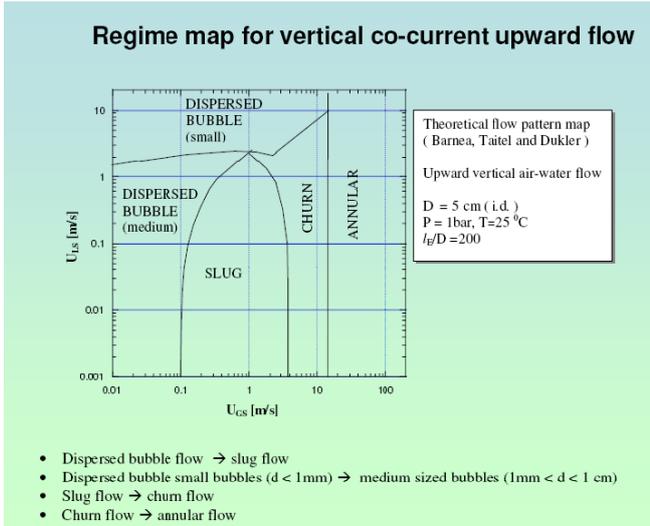
### Вертикальные трубы (анализ экспериментальных моделей)

Модельные режимы течения в вертикальных трубах можно классифицировать следующим образом:

1. Пузырьково-дисперсный - пробковый режим течения: Пузырьково-дисперсный имеет место только при определенном газовом факторе распространяясь впереди пробки
2. Пробково-перемешанный режим течения: Пробка может быть сформирована из перемешанного вещества (течения) после определенной длины стабилизированного течения
3. Кольцевой режим течения: Имеет место, если скорость газа является настолько высокой чтобы переносить капли жидкости вверх без их обратного падения по трубе.



Карта (диаграмма) многофазного режима течения в вертикальной трубе (параметры трубы и физические параметры смеси даны на слайде) в координатах скоростей "скорость газа - скорость жидкости" представлена ниже



**Теоретическое моделирование режимов течения многофазных потоков.**

В практике моделирования многофазных течений используются два метода базирующихся на одномерных моделях, которые обычно используются для изучения многофазных течений. Это так называемая дрейфовая модель потока, суть которой состоит в том, что уравнения баланса масс составляются для каждой фазы в отдельности, а закон сохранения импульса составляется для всего потока в целом. Другой подход основан на второй модели многофазного течения, так называемой двухжидкостной модели, где все указанные законы сохранения составляются раздельно по каждой из двух фаз. Очевидно, что в первой модели необходимо иметь алгебраические уравнения для определения относительных скоростей фаз потока, тогда как во второй модели эти соотношения исключаются из рассмотрения.

Таким образом, математическая модель двухжидкостного течения, представляющая модель многофазного течения включает в себя законы сохранения механики сплошных сред и физические уравнения состояния, которые формулируются и представлены ниже.

Уравнения неразрывности для каждой из фаз смеси "газ + жидкость", и которые записываются в виде отдельных уравнений для каждой из фаз, имеют следующий вид:

$$\frac{\partial \rho_L \bar{u}_L}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_L \bar{u}_L A)}{\partial x} = 0; \quad \text{и} \quad \frac{\partial \rho_G \bar{u}_G}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_G \bar{u}_G A)}{\partial x} = 0.$$

Здесь введены обозначения:

- $\rho_L, \rho_G$  — относительное содержание жидкой и газовой фазы в потоке,
- $\bar{u}_L, \bar{u}_G$  — плотности жидкой и газовой фазы в потоке,
- $u_L, u_G$  — скорость жидкости и газа в потоке соответственно,
- $A = \pi D_i^2 / 4$  — площадь поперечного сечения трубы,  $D_i$  — внутренний диаметр трубы.

Уравнения Эйлера, записанные в соответствии с моделью двухжидкостного течения для каждой из фаз смеси "газ + жидкость", имеют следующий вид:

$$\frac{\partial \rho_L \bar{u}_L}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_L \bar{u}_L^2 A)}{\partial x} = -\rho_L \frac{\partial P_L}{\partial x} - \rho_L g \sin \alpha + \frac{S_{L,w} \rho_{L,w}}{A} - \frac{S_j \rho_j}{A};$$

$$\text{и} \quad \frac{\partial \rho_G \bar{u}_G}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_G \bar{u}_G^2 A)}{\partial x} = -\rho_G \frac{\partial P_G}{\partial x} - \rho_G g \sin \alpha + \frac{S_{G,w} \rho_{G,w}}{A} - \frac{S_j \rho_j}{A};$$

Здесь, кроме введенных ранее обозначений, принято:

- $P_L, P_G$  - давление в каждой из фаз в многофазном потоке,
- $S_{L,w}, S_{G,w}$  - площади смачивания и газового контакта для жидкости и газа,
- $S_i$  - площадь раздела фаз,
- $\tau_{L,w}, \tau_{G,w}$  - касательные напряжения возникающие при трении фазы о стенку трубы,
- $\tau_i$  - касательные напряжения межфазного трения,
- $\alpha$  - угол уклона трубы вдоль трассы трубопровода.

Уравнение сохранения относительного объема фаз смеси имеет вид:

$$\frac{dV_L}{dt} + \frac{dV_G}{dt} = 0;$$

Для получения приемлемых для практики результатов моделирования двухфазного течения приняты следующие, физические, основанные на простейших моделях сред, допущения:

- двухфазное течение принимается одномерным;
- $\rho_L$  - плотность жидкости постоянная;
- давление в сечении трубы принимается одинаковым в обеих фазах, т.е.  $P_L(x, t) = P_G(x, t) = P(x, t)$ ;
- нет перетока масс между фазами;
- нет испарения жидкой фазы и перехода ее в газ;
- течение принимается изотермическим;
- газ принимается идеальным.

Кроме этих допущений принимаются следующие предположения о напряжениях трения и межфазного взаимодействия. Так для напряжений трения фаз о стенку трубы и напряжения трения межфазного взаимодействия принимаются следующие соотношения:

$$\tau_{k,w} = f_{k,w} \rho_k \frac{u_k^2}{2};$$

$$k = L, G;$$

Напряжения трения на границе сред равно,

$$\tau_i = f_i \frac{\rho_g u_G^2 + \rho_L u_L^2}{2};$$

Причем для  $f_{k,w}$  - коэффициентов сопротивлений движению флюидов, имеем:

$$f_{k,L} = \text{Max} \left[ \frac{64}{Re_{e,L}}, 0.005 \left( 1 + \left( \frac{2 \cdot 10^4}{D_{h,L}} - \frac{10^6}{Re_{e,L}} \right)^{1.3} \right) \right];$$

$$k = L, G;$$

а для  $f_i$  принимаем

$$f_i = 0.02 \frac{1 + 75 \alpha}{4};$$

$$f_i = f_{k,G}.$$

Периметр смачивания в многофазном потоке принимается следующим:

- для стратифицированного течения

$$S_i \text{ Stratified} = \frac{1}{4} D^2 \rho_L \sqrt{4 D \rho_L};$$

- для кольцевого течения

$$S_{j, \text{Annular}} \propto D_G^{1/2}.$$

• для пузырькового течения

$$S_{j, \text{Bubble}} \propto \frac{D_G^2}{D_b}.$$

• для пузырькового течения

$$S_{k,w} \propto D_k.$$

Для замыкания системы уравнений движения двухфазной смеси необходимо добавить *физические уравнения состояния* сред:

• газ в потоке принимаем *идеальным*, уравнение состояния которого имеет вид,

$$P \propto R_G \rho_G T_G.$$

• *жидкость несжимаемая*, уравнение состояния которой имеет следующий вид,

$$\rho_L \propto \rho_{L,0} \propto \text{Const}.$$

Как известно, при проектировании магистральных или технологических трубопроводов для транспорта *монофазных* продуктов, например, в цилиндрических трубах, удобно пользоваться переменными, выраженными как *массовый расход жидкости или газа*. Соотношения для массового расхода каждой из фаз представлены ниже.

$$M_G \propto \rho_G \rho_G A u_G;$$

$$M_L \propto \rho_L \rho_L A u_L;$$

Эти формулы необходимы для расчетов диаграмм скоростей (см. диаграммы выше), определяющих вид многофазного потока.

## Заключение

В результате применения различных методов компьютерной алгебры, исследованы как динамика многофазных систем, так и разработаны компьютерные программы, которые позволяют различить режимы течений и найти физические параметры смеси. Это является немаловажным для моделирования трубопроводного транспорта многофазных потоков при освоении месторождений с многокомпонентной продукцией скважин.

## Список литературы

1. Л.М. Бреховских, В.В. Горчаров.(1982) **Введение в механику сплошных сред** . М., Изд. "Наука", 335 с.
2. D.A. Drew & S.L. Passman (1999): *Theory of multicomponent fluids* (Springer)
3. **Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов**. /Ишмухамедов И.Т., Исаев С.Д., Лурье М.В., Макаров С.П./ (1999), М., Нефть и газ, 300 с.
4. Espen Storkaas, Sigurd Skogestad, (2007). **Controllability analysis of two-phase pipeline-riser systems at riser slugging conditions** . *Control Engineering Practice* , 15, 567–581.
5. Taitel, Y., & Barnea, D. (1990). **Two phase slug flow**. *Advances in Heat Transfer* , 20, 71–103.
6. Bendiksen, K. H., Malnes, D., Moe, R., & Nuland, S. (1991). **The dynamic two-fluid model OLGA: Theory and application** . *SPE Production engineering* (pp. 171–180).
7. Taitel, Y.; Barnea, D.; Dukler, A. E. **Modelling Flow Pattern Transitions for Steady Upward Gas-Liquid Flow in Vertical Tubes**. *AIChE Journal*, 26, 1980, p. 345- 354.
8. Mandhane J.M., Gregory G.A., Aziz K. **A Flow Pattern Map for Gas-Liquid Flow in Horizontal Pipes**. *International Journal of Multiphase Flow*, v.1, 1974, pp.537-553.

## РАЗРАБОТКА ОБЛЕГЧЕННЫХ ПОЛЫМИ МИКРОСФЕРАМИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Мотылева Т.А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра МСС и МНГД)

Целью работы является разработка «легкого» бурового раствора для повышения качества вскрытия продуктивных пластов с градиентами пластового давления ниже гидростатического.

Проведены лабораторные исследования полых наполнителей (микрофер) различных марок. Разработаны рецептуры облегченных микроферами пресных и минерализованных буровых растворов. Определено влияние микрофер на основные технологические показатели бурового раствора.

Таблица 1. Плотность микрофер

Марка микрофер	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>
Гранулайт-2500	750..800
Гранулайт-Ультра	650..750
HGS 4000	380
HGS 8000x	460

Таблица 2. Влияние микрофер на параметры пресного бурового раствора

Параметр раствора	Исходный	Облегчающая добавка, %					
		Гранулайт-2500		Гранулайт-Ультра		HGS 4000	HGS 8000x
		5	10	5	10	5	10
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1015	995	975	985	955	935	945
УВ, с	45	65	87	70	95	80	110
$\Phi$ , см <sup>3</sup> /30 мин	7.0	5.0	4.0	5.0	3.5	4.0	3.5
K, мм	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
$\eta_{пл}$ , мПа·с	15	16	20	18	23	19	23
$\tau_0$ , дПа	108	125	170	160	200	145	180
СНС <sub>1/10</sub> , дПа	27/35	32/42	40/59	35/50	52/61	39/52	45/60
pH	10.2	10.2	9.8	10.3	9.9	9.9	9.8

Таблица 3. Определение стабильности облегченных растворов

Параметры раствора	Исходный	Исходный +10% Гранулайт-Ультра	Разбавление водой, %			
			7.5	15.0	22.5	30.0
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1.06	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
СНС <sub>1/10</sub> , дПа	30/45	40/60	30/40	20/30	20/25	15/20
Стабильность	стабилен	стабилен	стабилен	стабилен	стабилен	флотация микрофер

Облегченные буровые растворы, кроме применения для вскрытия продуктивных горизонтов с низким пластовым давлением, также могут использоваться при вскрытии малопрочных поглощающих пластов и при бурении на депрессии.

## О МОДЕРНИЗАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СУДОВ ДЛЯ РАБОТЫ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

**Мохов Г.В.,** (ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»)

Рейс научно-исследовательского судна (НИС) «Академик Федоров» в район Северного полюса летом 2007 года, предпринятый для обоснования внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане, можно отнести к возобновлению постоянного мониторинга российского арктического шельфа.

Таковыми работами целенаправленно занимаются геофизические НИС - суда, имеющие на борту комплекс геофизического оборудования и ведущие поиск месторождений углеводородного сырья.

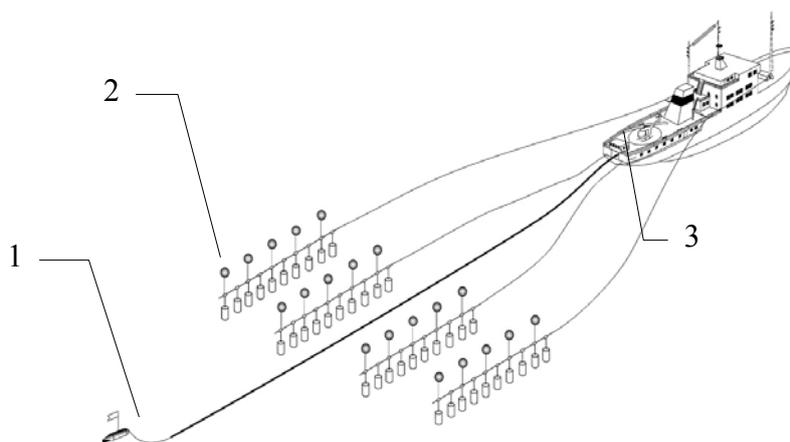


Рис. 1 Геофизическое судно буксирует сейсмокосу и ИСК

1 – сейсмокоса, 2 – элемент ИСК, 3 – регистрирующая аппаратура в геофизической лаборатории

Геофизическое оборудование этих судов, состоящее из источника сейсмических колебаний (ИСК), устройства для приема отраженного сейсмического сигнала (сейсмокосы) и регистрирующей аппаратуры (рис.1) при прохождении участков акватории, именуемых сейсмическими профилями, возбуждает при помощи ИСК сейсмические волны, распространяющиеся в окружающей водной среде и земной коре под морским дном. Время пробега этих волн, возвращающихся на поверхность после преломления или отражения на геологических границах различных слоев земной коры, фиксируется сейсмокосой, а регистрирующая аппаратура проводит предварительную обработку полученных данных. Результаты обработки позволяют судить о наличии углеводородного сырья (УВС) в исследуемом районе.

Морские геофизические работы, проведенные отечественными НИС на северных акваториях, позволили отработать около 1 млн. км сейсмических профилей, получить обнадеживающие результаты о наличии здесь УВС и открыть Штокманское газоконденсатное месторождение. Стоит отметить, что на несравненно меньшем по площади шельфе Норвегии отработаны к настоящему времени десятки миллионов километров сейсмических профилей, освоены и эксплуатируются, давая существенную прибыль, десятки месторождений углеводородов.

Российские геофизические суда, находящиеся в эксплуатации с 80-х годы XX века, требовали для поддержания технических характеристик проведения время от времени модернизационных работ. Эти работы выполнялись по технической документации,

разработанной мурманскими конструкторами, и опыт, накопленный за прошедшее время, впервые позволил предложить методику модернизации геофизических судов.

Эта методика состоит из выполнения определенной последовательности действий:

- а) анализа планируемых геофизических работ;
- б) определения необходимой номенклатуры геофизического оборудования для проведения планируемых работ;
- в) выявления потребности в дополнительных площадях и объемах судового пространства для размещения нового геофизического (сейсмического) оборудования;
- г) определения необходимого количества буксируемых сейсмоков, их протяженности и расстояния между ними и между крайними косами;
- д) обеспечения модернизированного сейсмокомплекса источником сейсмических колебаний требуемой мощности и определения необходимого количества линейных пневмоизлучателей, подбора компрессоров ВВД;
- е) определения требуемой буксировочной мощности судна для возможности выполнения им работ с новым сейсмокомплексом;
- ж) разработки технологии спуско-подъемных операций модернизированного сейсмокомплекса с учетом способа отведения и расстановки сейсмоков; обоснования необходимости наличия ледовых подкреплений корпуса судна с учетом перспективности исследований в Арктических и Дальневосточных морях;
- и) изучения возможных негативных последствий модернизации геофизических судов;
- к) доведения автономности модернизируемого геофизического судна не менее чем до 60 суток за счет введения смены экипажей в море, повышения надежности машин и механизмов, переоборудования части балластных цистерн в топливно-балластные, дозаправки судна топливом в море;
- л) принятия мер для достижения допустимых уровней гидродинамического шума, создаваемого судном и судовым оборудованием;
- м) дооборудования геофизического судна относительно малого водоизмещения вертолетным комплексом с целью улучшения льдопроходимости судна при мониторинге углеводородного сырья на арктическом шельфе и т.п.;
- н) разработки основных принципов технологии проведения комплексной модернизации геофизических судов, позволяющих проводить работы как на отечественных, так и на зарубежных верфях;
- п) проверки соответствия геофизического судна действующим Конвенционным требованиям по ПЗМ и СОЛАС, устранение несоответствий;
- р) разработки на основании накопленного опыта новых технических решений по рассматриваемой проблеме.

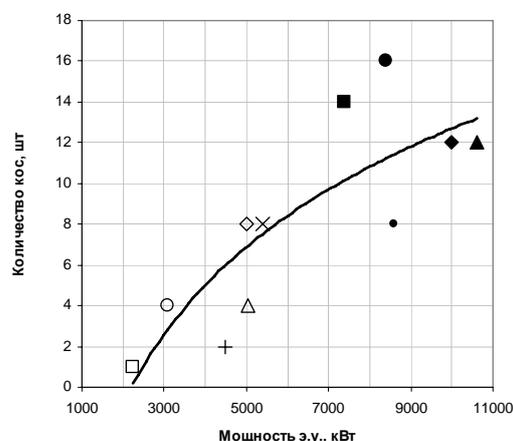
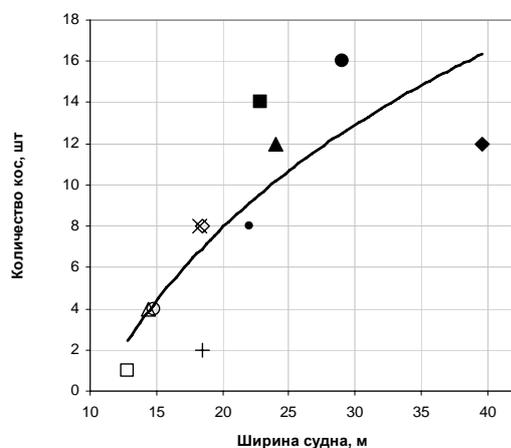
Проведенные за прошедшее время модернизационные работы, включающие ремонт судовых конструкций, замену устаревшего геофизического оборудования, выполнение новых конвенционных требований позволили судам и сегодня быть востребованными на соответствующем сегменте рынка.

За рубежом строительство геофизических судов стало активно развиваться в 90-е года прошлого века и сразу было направлено на создание мощных судов, многие из которых за недолгий срок эксплуатации уже успели пройти модернизацию. Краткие характеристики некоторых геофизических НИС приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые характеристики геофизических НИС

Усл. обознач.	Наименование судна	Год постройки/модерниз	Длина, м	Ширина, м	Осадка, м	Мощность ЭУ, кВт	Водоизмещение, т	Макс. кол-во кос	Длина косы, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
□	Профессор Полшков	1984	71,6	12,8	4,5	2250	2200	1	6000
Δ	Venturer	1986/ 1992	89,5	14,4	5	3x1675	4000	4	6000
○	Академик Немчинов	1987	84	14,8	5,6	3090	3000	4	6000
×	Orion	1979/ 1997	81	18,4	5,2	2x2300	5125	8	6000
+	Pacific Titan	1982	64,5	18,5	5,2	4x1120	3200	2	8000
◇	Amadeus	1999	84	18,5	6,2	2x2500	5600	8	9000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
•	Viking II	1999	93,3	22	7	2x4300	8000	8	8000
■	Simphony	1988/ 1999	120,7	22,9	7	2x3690	10 000	14	8000
▲	Geo Challenger	2000/ 2006	91	24	6,4	2x5300	7200	12	8000
●	CGG Alize	1999	100	29	7,6	2x4200	11 500	16	6000
◆	Ramform Explorer	1995	82	39,6	5,8	3x3500	8 380	16	6000

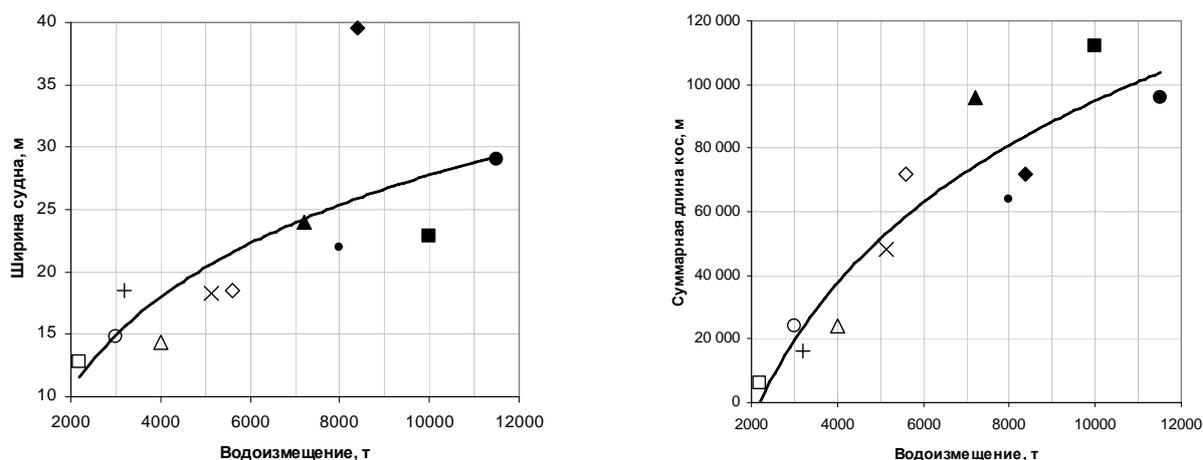
Анализ приведенных характеристик геофизических судов показал, что количество сейсмокос на судне и их суммарная длина – важная составляющая сейсмокомплекса – зависят от ширины судна и мощности его энергетической установки. Ширина судна, позволяющая разместить на борту сейсмокомплекс определенного состава и габаритов, зависит от водоизмещения, и эти сравнительные характеристики можно продолжать далее (см. рис.2, 3).



а)

б)

Рис.2 Зависимость количества сейсмокос от ширины судна (а) и мощности ЭУ (б).



а) б)  
Рис. 3 Зависимость ширины судна (а) и суммарной длины сейсмокос (б) от его водоизмещения.

Построенные за рубежом геофизические суда, несущие на себе мощное современное геофизическое оборудование, имеют существенный недостаток – они не обладают необходимыми для работы в Арктике ледовыми усилениями (подкреплениями) корпуса. Это делает невозможным их применение в арктических морях иногда даже в период открытой воды, не говоря уже о работе во льдах под проводкой ледокола – ведь ширина некоторых из них превышает ширину существующих ледоколов и ледового канала за ними соответственно. А необходимость такой проводки подтверждена уже упоминавшимся выше рейсом НИС «Академик Федоров» в июле-августе 2007 г. на Северный полюс.

Ледовые усиления корпуса у геофизического судна, обеспечивающие ледовую прочность и надежность корпуса, а также создание приемлемых условий обитаемости по параметрам вибрации и шума при движении во льдах, подразумевают специфические отличия от конструкции корпуса обычных судов.

Забортная часть геофизического оборудования – буксируемые ИСК и сейсмоприемные косы – постоянно совершенствуется и меняется на судах с периодичностью в 5...7 лет. В качестве буксируемого ИСК в настоящее время широко используется комплекс пневматических излучателей (ПИ). Более известные под названием «пневмопушка» (ПП), они для повышения суммарной эффективности излучения объединяются в линейный пневмоизлучатель (ЛПИ). Принцип действия любой ПП одинаков: в нее поступает определенное количество сжатого воздуха высокого давления (ВВД), который по специальной команде «выстреливается» в окружающую водную среду, создавая сейсмический (акустический) сигнал и, соответственно, сейсмические (упругие) волны.

Суммарный одновременный расход ВВД судовым ИСК достигает весьма больших величин. Для получения требуемого количества ВВД на судне необходимо наличие компрессоров большой суммарной мощности, причем не зависящих от мощности главной энергетической установки.

Сейсмические косы принципиально устроены одинаково, различаясь в деталях конструкции и технических характеристиках. Конструктивные элементы косы, содержащие приемники, провода, кабели связи, грузонесущий трос располагаются в полимерном секционном шланге. Секции длиной до 100 м соединяются герметичными муфтами, оборудованными электрическими разъемами. Хранение косы осуществляется на барабане

сейсмической лебедки, которая обычно имеет гидропривод. Плавучесть косы, близкая к нулевой, достигается заполнением ее внутренней полости специальным составом.

Следует отметить некоторую схожесть работы геофизического судна и судна рыболовского: основным режимом их работы является буксировка забортного оборудования. И если геофизическое судно буксирует ИСК и сейсмодосу (рис. 4), зачастую большой протяженности, то рыболовское судно буксирует трал (рис. 5), зачастую пелагический и с большим раскрытием.

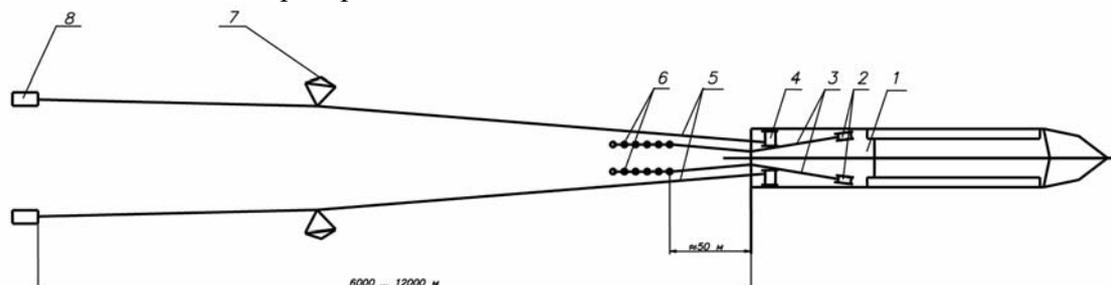


Рис. 4 Буксировка геофизическим судном забортной части сейсмокомплекса

1 – сейсмическая палуба; 2 – лебедки ЛПИ; 3 – ЭПМ; 4 – лебедки сейсмодоса; 5 – сейсмодосы; 6 – ЛПИ; 7 – отводитель сейсмодоса; 8 – концевой буй сейсмодоса

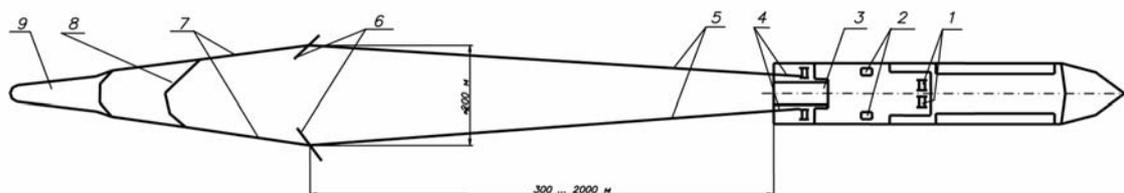


Рис. 5 Буксировка трала рыболовским траулером с кормовой схемой траления

1 – вытяжные лебедки; 2 – грузовые лебедки; 3 – слип; 4 – траловые лебедки; 5 – ваера; 6 – траловые доски; 7 – кабели; 8 – верхняя и нижняя подборки трала; 9 – куток трала

Повышение производительности геофизических работ становится возможным при увеличении площади, одновременно покрываемой сейсмодосами. Это достигается или увеличением длины сейсмодоса, или увеличением расстояния между соседними буксируемыми сейсмодосами. На практике используются оба этих метода, однако следует учитывать, что увеличение длины буксируемой косы, например, до 12 000 м, существенно усложняет работу судоводителей, особенно в районах с интенсивным судоходством. Увеличение расстояния между соседними буксируемыми косами требует увеличенной буксировочной мощности судна и наличия специальных устройств для соблюдения и поддержания заданного расстояния.

Таким образом, геофизические суда, которым предстоит в ближайшем будущем работать на Арктическом шельфе России, должны иметь:

- большое палубное пространство для размещения современного геофизического оборудования и удобства работы с ним;
- мощное компрессорное оборудование для обеспечения работы судового ИСК;
- современную аппаратуру для записи и обработки сейсмосигнала;
- ледовое усиление корпуса судна для работы во льдах.

Перечень характеристик, которыми должны обладать новые геофизические суда, следует дополнить требованиями к наличию на борту судна вертолетной площадки, опреснительной установки, устройств бункеровки топливом в море. Требования к энергетической установке состоят в том, что она должна обеспечивать площадное

буксирование определенного количества сейсмокос и одновременно обеспечивать безостановочный ход судна во время буксировки.

Перечисленные выше характеристики на данном этапе времени обеспечиваются на отечественных геофизических судах пр. 650 («Профессор Полшков»), пр. 3870, пр. В-93 («Академик Немчинов», «Академик Шатский», «Академик Лазарев», «Геоарктик») и некоторых других. Обеспечение требуемых характеристик достигнуто как при строительстве судов (ледовые подкрепления), так и целенаправленными работами по модернизации, проводимой на протяжении ряда лет судовладельцами в тесном сотрудничестве с конструкторами. В процессе модернизационных работ на судах был размещен ИСК, состоящий из ряда ЛПИ суммарной вместимостью до 7500 куб. дюймов ВВД, работа с которым осуществляется только с кормы судна. Установлены мощные компрессоры соответствующей производительности, размещены лебедки с сейсмокосами общей длиной до 24 000 м. На судах существенно перепланирована кормовая часть и увеличено количество палуб для размещения геофизического оборудования, предусмотрены вертолетные площадки, увеличена вместимость топливных цистерн, дополнительно установлены бакштовные лебедки для бесконтактной бункеровки в море, новые спасательные средства. Модернизованы системы сбора и очистки нефтесодержащих вод с установкой нового сепарационного оборудования и т.д. Все это доказывает правильность подходов к проблеме, вытекающих из предложенной методики модернизации.

Следует понимать, что срок эксплуатации отечественных геофизических судов рано или поздно подойдет к концу, и надо быстрее принимать решение о строительстве новых судов. А при строительстве и даже на стадии проектирования необходимо принять во внимание имеющийся опыт эксплуатации и опыт постоянно проводимой модернизации геофизических судов, направленной на поддержание их в состоянии постоянной востребованности.

### Список литературы:

1. Каменский, Е. В. Рыболовные траулеры / Е. В. Каменский, Г. В. Терентьев Л.: Судостроение, 1968.
2. Макаров, В.Г. Буксируемая система забора проб воды / В.Г. Макаров, В.С. Жолобов // Совершенствование конструкций судовых систем: труды ЛКИ. – Л.: ЛКИ, 1987. – С. 56-67.
3. Матлах, А. П. Проблемные вопросы создания новых судов ледового плавания / А. П. Матлах // Судостроение. – 2007. - № 1. – С. 19 – 23.
4. Мохов, Г.В. О модернизации геофизических судов / Г.В. Мохов // МГТУ «Наука и образование 2005»: материалы междунар. науч. техн. конф. (Мурманск, 6-14 апреля 2005 г.): в 7 ч. / Мурман. гос. техн. ун-т. – Мурманск, 2005. – Ч.7. – С. 236-238.
5. Мохов Г. В. О некоторых требованиях к новому геофизическому судну. Мурманск, Вестник МГТУ, т. 9, № 2, 2006.- С. 337-339.
- 6 Worldwide Seismic Vessel Survey // Offshore.-2007.- march.- P.72-77.

## МИКРОВОЛНОВЫЙ РАЗОГРЕВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ТРУБОПРОВОДАХ

**Морозов Н.Н., Кашкатенко Г.В.** (Мурманск. Мурманский государственный технический университет. Кафедра МСС и МНГД)

Oil product's high-frequency electromagnetic heating is an effective tool of volume heating. Up-to-date researches demonstrate the efficiency of this heating method. But in the publications this problem examines from the theoretical aspect. Practical application of oil product's heating method while in shipment by pipe duct still not exploits. Most researches represent pipe duct as a certain feeder ducting electromagnetic energy. From our point of view such approach isn't effective one in view of great attenuation of electromagnetic waves giving it a considerable loss of time in elimination of asphalt-paraffin plugs or other cases of setting-up of oil products.

В печати стали появляться сообщения [1, 2] с проектами применения ВЧ и СВЧ методов для прогрева нефтепродуктов и газогидрата в скважинах и участках нефтепроводов, простаивающих из-за образования газогидратных и парафиновых пробок. Применение этих методов обусловлено рядом преимуществ их по сравнению с градиентными методами переноса тепла. При распространении электромагнитных волн в диэлектрической среде, ограниченной проводящими стенками, возникает направленный поток энергии, который частично диссипируется средой за счет диэлектрических потерь. В результате в среде появляются объемные тепловые источники, позволяющие решить задачу восстановления трубопроводов.

В названных проектах электромагнитная энергия поступает с торца трубы и канализируется по трубе, которая играет одновременно роль волновода. Такой подход обладает рядом недостатков. Волновод является диспергирующим устройством, то есть в нем наблюдается частотная дисперсия, которая может приводить к отсечке канализации энергии в зависимости от частоты электромагнитных колебаний и геометрии волновода. При резких границах раздела сред, а также при значительных затуханиях волн возникают отражения, которые пагубно влияют на источник излучения. Мощные источники СВЧ излучения не могут работать при коэффициентах стоячей волны более трех. К недостаткам такого метода подвода энергии можно отнести также и большое время восстановления трубопроводов, которое даже при значительных энергиях излучения исчисляется сутками[1].

Для решения задачи восстановления трубопроводов в критических точках (выход трубопровода на поверхность земли или в местах глубоко промерзания) предлагается использовать введенную в трубопровод при его монтаже систему взаимодействия волн СВЧ диапазона с нефтепродуктами, связанную электрически с источником энергии, который может включаться из центра управления. Система взаимодействия представляет собой тефлоновую вставку, покрывающую внутреннюю поверхность трубопровода, фольгированную медной полосой в виде спирали, которая играет роль полосковой линии передач, с распределенными вдоль нее щелевыми излучателями (рис.1 и 2).

Такой подход позволяет вводить энергию равномерно во весь объем трубопровода и решает проблему согласования, нагруженного фидера с источником излучения, а также использовать сравнительно маломощные (до 25 кВт) источники излучения, тем самым решить проблему СВЧ пробоев.

Полосковая линия как и коаксеальный кабель является широкополосным фидером. Это позволяет использовать энергию как СВЧ так и ВЧ диапазонов, что делает эффективным электромагнитный нагрев для разных углеводородных систем.

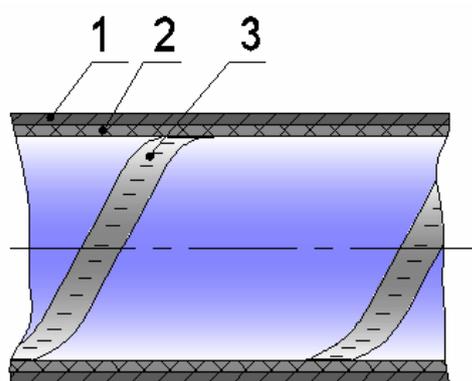


Рис.1

**Система взаимодействия СВЧ-энергии с нефтепродуктами в трубопроводе**

- 1 - Труба; 2 - Тefлоновая вставка;
- 3 - Спиральный электрод полосковой линии передач с щелевыми излучателями

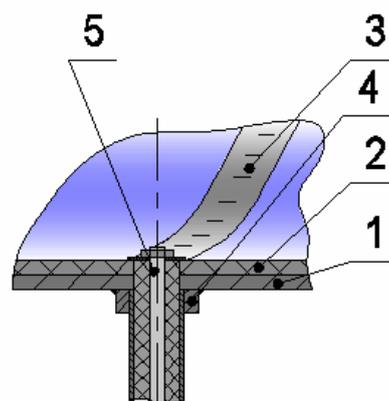


Рис. 2

**Узел ввода СВЧ - энергии**

- 1 - Труба; 2 - Тefлоновая вставка;
- 3 - Электрод полосковой линии,
- 4 - Фланец; 5 - Коаксиальный фидер

В предположении, что тепловые источники распределены равномерно в объеме трубы и пренебрегая градиентными потерями тепла, время прогрева до разложения газогидрата можно оценить, используя уравнение теплового баланса.

$$c \rho (T - T_0) + L \rho = Wt/V,$$

где  $c$  и  $\rho$  - теплоемкость и плотность газогидрата;

$T$  и  $T_0$  - температуры разложения газогидрата и начальная температура соответственно;

$W$  - мощность источника СВЧ излучения;

$V$  - прогреваемый объем и время нагрева до разложения газогидрата;

$L$  - удельная теплота фазового перехода.

При использовании источника мощностью 25 кВт, выпускаемого электронной промышленностью и используя теплофизические параметры газогидрата, приведенные в книге [3] и температуру фазового перехода при давлении в трубопроводе в 10 атм. по уравнению параметров гидратообразования, приведенного в книге [4].

$$T = 9.75 \lg P - 0.7,$$

где  $P$  – давление в атм., получаем температуру равную +9 градусов Цельсия.

Подставляя эти данные в уравнение баланса при начальной температуре -20 градусов Цельсия получим зависимость прогреваемого объема от времени.  $V$  (куб. метр) = 0,21 t (в часах).

Для магистральных трубопроводов диаметром порядка одного метра необходимы более мощные источники излучения, но технологические трубопроводы могут быть вполне оборудованы подобными системами, которые могли бы быть особенно эффективны в условиях Крайнего севера.

**Список литературы:**

- [1] Фатыхов М.А. Тепломассоперенос в многофазных средах под воздействием высокочастотного электромагнитного излучения. //Химия и компьютерное моделирование. Приложение к спецвыпуску №10. 2002

[2] Фатыхов М.А., Багаутдинов Н.Я. Расчетные исследования разложения газогидрата в скважине при воздействии высокочастотной электромагнитной волны// *Нефтяное дело* 2007

[3] Гройсман А.Г. Теплофизические свойства газовых гидратов - Новосибирск: Наука, 1985.-94 с

[4] Дектярев Б.В. Бухгалтер Э.Б. Борьба с гидратами при эксплуатации газовых скважин в северных районах - М.:Недра, 1976.-200 с.

---

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТИРОВКИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ГАЗА СО ШТОКМАНОВСКОГО ГМК ПОДВОДНЫМ ТРУБОПРОВОДОМ ПО НОРМАМ ОНТП И УТОЧНЕННОЙ МЕТОДИКЕ

Шишко А. Л. (МГТУ Кафедра МСС и МНГД)

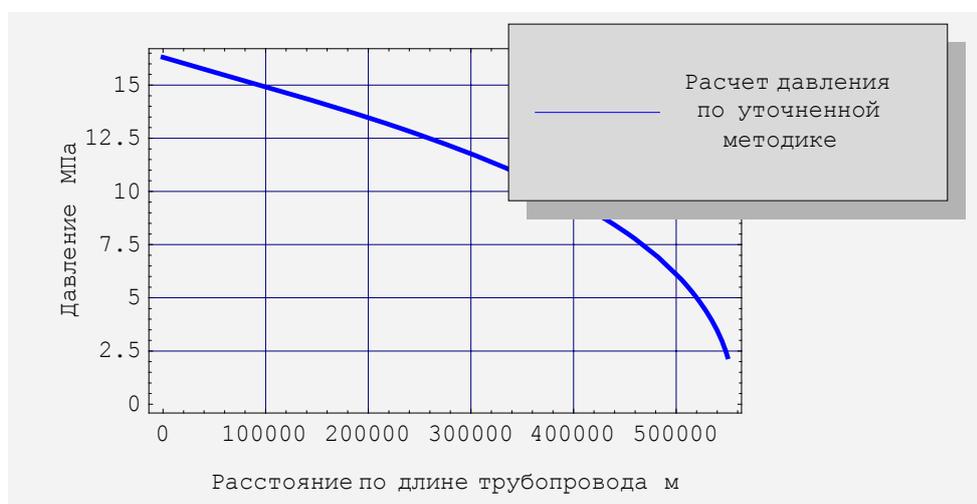
The papers presents some aspects of multiphase flow in trunk pipelines.

В настоящем докладе представлены сравнительные данные проектных решений транспортировки многокомпонентного газа со Штокмановского ГМК, которые выполнены по двум методикам:

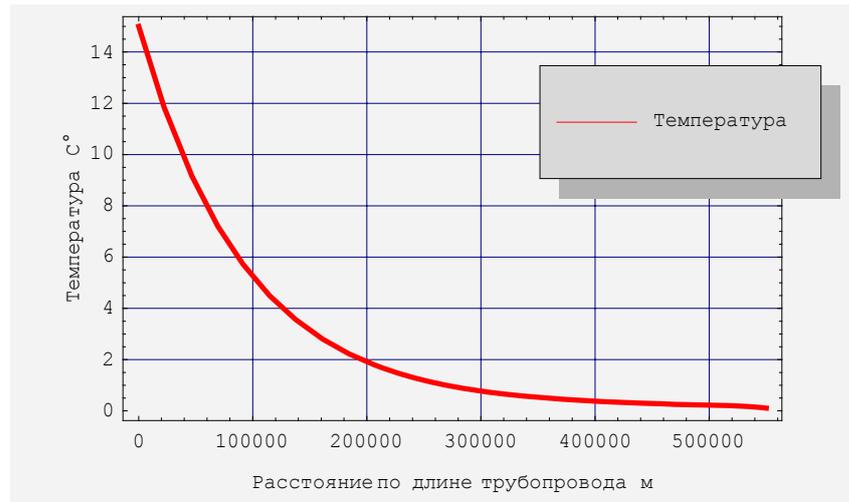
- стандарты ОНТП
- уточненная методика расчета

В настоящее время принято несколько схем проектирования подводных технологических трубопроводов, в том числе и со Штокмановского ГМК, которые выполняются различными программными средствами и на различной методической базе, что в свою очередь ставит вопрос о сравнимости различных проектных решений, выполненных по различным методикам и их пригодности для будущих работ по обустройству Штокмановского ГМК.

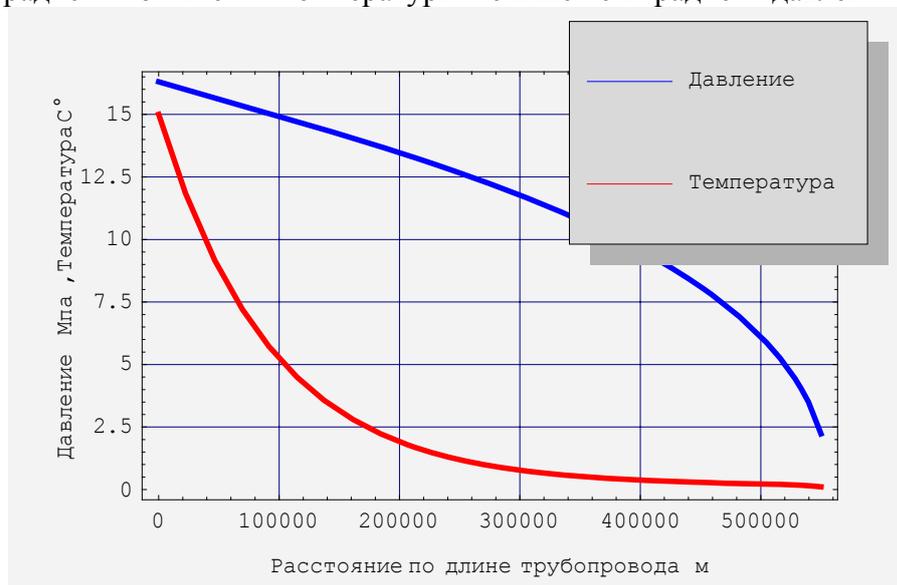
Используя как основу нормы ОНТП были получены следующие зависимости:



Как видно из приведенного графика, уменьшение давления в трубе вдоль трубопровода примерно соответствует характеру падения давления, которые рассчитываются по нормам ОНТП. Конечное давление достаточно для поддержания технологического режима работы береговых устройств завода по сжижению газа.



Как видно из представленного графика, температура также как и давление понижаются по трассе, причем градиент понижения температуры меньше чем градиент давления.



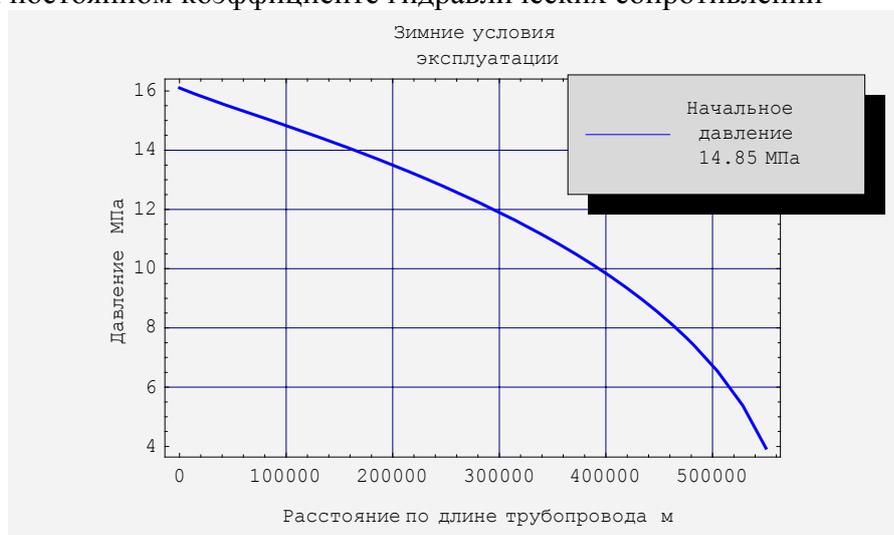
Из представленных совмещенных графиков давления и температуры видно, что в конце подводного трубопровода давление газа приемлемо для подачи газ на береговые комплексы завода по сжижению газа и на береговую компрессорную станцию для дальнейшей транспортировки газа в район г. Волхова. Температура газа падает примерно до нуля, что несомненно должно учитываться при проектировании конечных технических устройств при выходе газопровода из под воды на поверхность.

Из полученных проектных решений для подводного трубопровода со Штокмановского ГКМ трубой 1020×16 мм видно, что учет реальных физических свойств газа позволяет проектировать подводный газопровод производительностью 30 млрд. м<sup>3</sup> в год с рабочим давлением на технологической платформе равным 16.3 МПа.

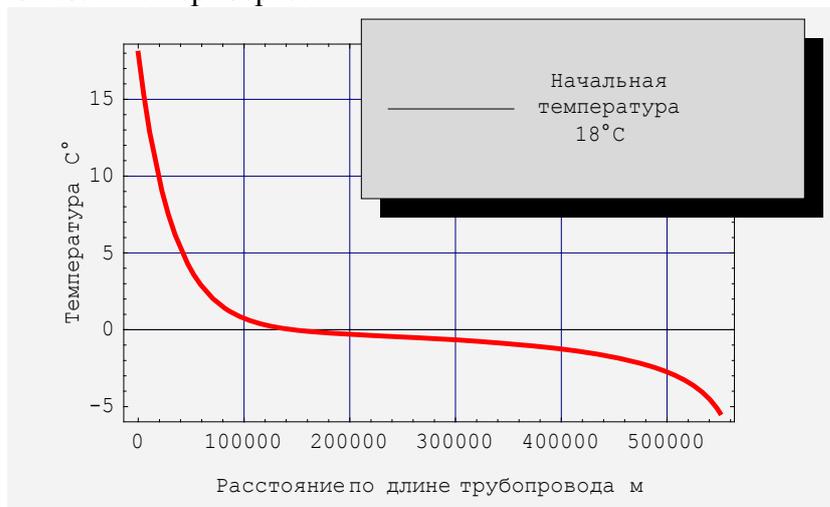
Проектные решения основанные на нормах ОНТП дают рабочее давление на платформе 23.8 МПа, а проектное решение по уточненной методике, которая учитывает изменение реальных свойств газа, рассчитанных по нормам ОНТП, приводит к уменьшению рабочего давления примерно на 7 МПа, что существенно уточняет проектное решение для морского месторождения.

При использовании уточненных методик расчета были получены следующие зависимости:

- При постоянном коэффициенте гидравлических сопротивлений



Как видно из приведенного графика распределение давления в трубопроводе по виду незначительно отличается от подобного распределения давления, но при переменном сопротивлении движению газа в трубе. Падение давления на выходе на береговые комплексы примерно равно 2 МПа, что соответствует условиям работы, например, завода по сжижению природного газа в п. Териберка.



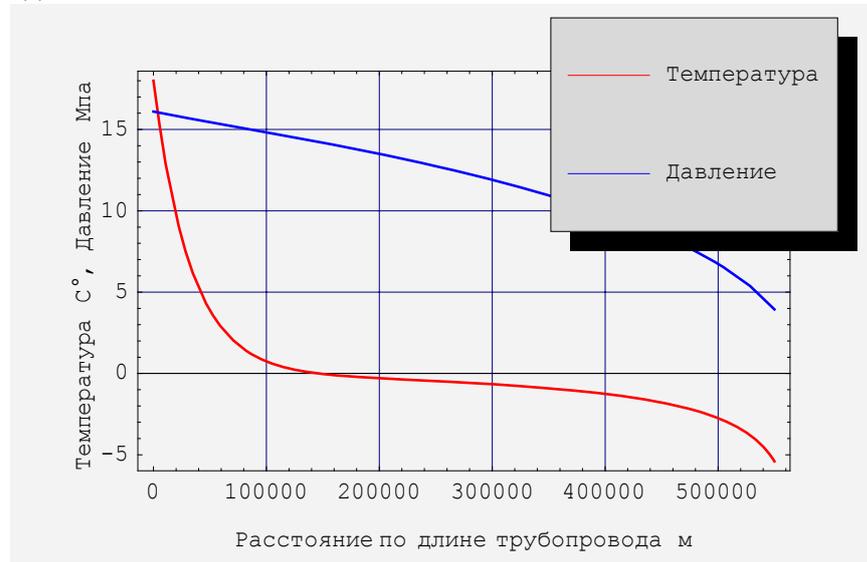
Как видно из представленных графиков, распределение температуры вдоль трассы подводного газопровода, которые были рассчитаны из условия постоянства гидравлических сопротивлений, значительно отличаются от подобного распределения, но которое было получено по стандартным нормам ОНП при условии зависимости вязкости газа от давления и температуры.

Основное отличие состоит в том, что без учета зависимости реологических свойств газа от давления и температуры, температура газа понижается ниже 0°C на расстоянии примерно 200 км от морского месторождения. В то время, как с учетом этих свойств, температура газа понижается ниже 0°C на расстоянии 500 км от технологической платформы.

Таким образом, из представленных проектных решений видно, что распределение отрицательных температур по подводной дистанции транспорта газа, точки понижения температуры газа ниже нуля, отличаются более чем на 300 км, что несомненно является

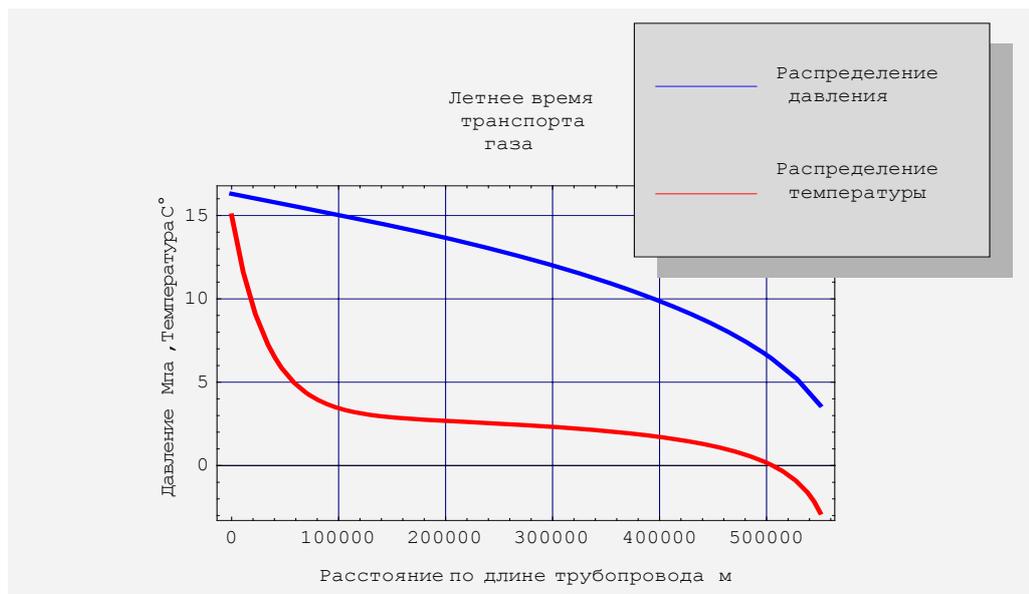
существенным различием в различных подходах к проектированию подводных трубопроводов.

Кроме того, моделирование распределения температур по различным методикам дает и разные ответы на минимальную температуру на береговом комплексе, в конце подводного участка трубопровода. В итоге получаем, что разница температур на береговом участке подводного газопровода составляет  $-4^{\circ}\text{C}$ .



Из представленных общих решений в виде совмещенных графиков распределения давления и температуры вдоль трубопровода видно, что в конце подводного трубопровода давление газа приемлемо для береговых комплексов, а температура газа падает ниже нуля, что несомненно должно учитываться при проектировании конечных технических устройств при выходе газопровода из под воды на поверхность.

- С учётом эффекта Джоуля-Томпсона



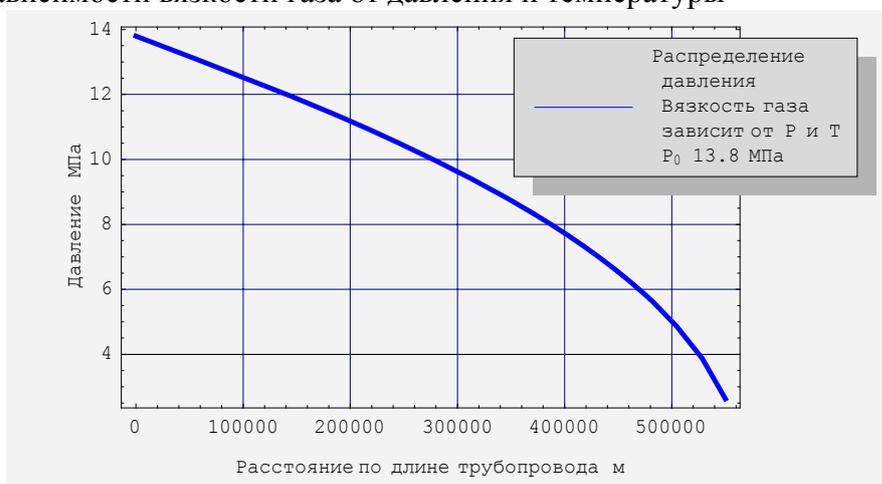
Из представленных совмещенных графиков давления и температуры видно, что в конце подводного трубопровода давление газа приемлемо для подачи на компрессорную станцию

или на береговые комплексы по сжижению природного газа, а температура газа падает ниже нуля на расстоянии примерно 50 км от берега, что несомненно должно учитываться при проектировании конечных технических устройств при выходе газопровода из под воды на поверхность.

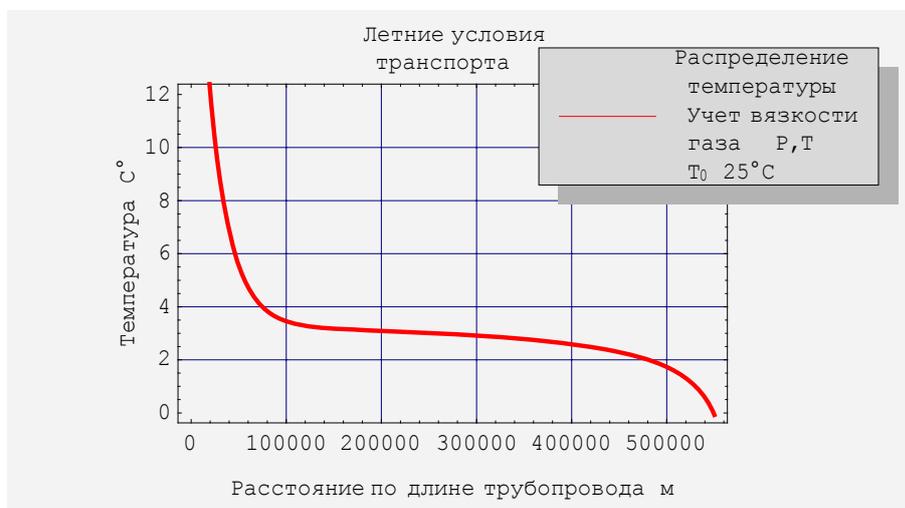
Очевидно, что даже незначительное увеличение начального давления на технологической платформе на 1.65% изменило распределение температуры кардинально, так что температура газа выше нуля практически на всем протяжении подводного газопровода.

Кроме того, падение температуры ниже нуля на расстоянии 50 км от берега может способствовать образованию гидратов на внутренней поверхности стенки трубы. Кроме того на внешней поверхности стенки трубопровода может происходить обледенение ее поверхности, которое приводит к образованию наледенений на грунте и соответственно его промерзанию и образованию каверн на дне моря вдоль трассы трубопровода.

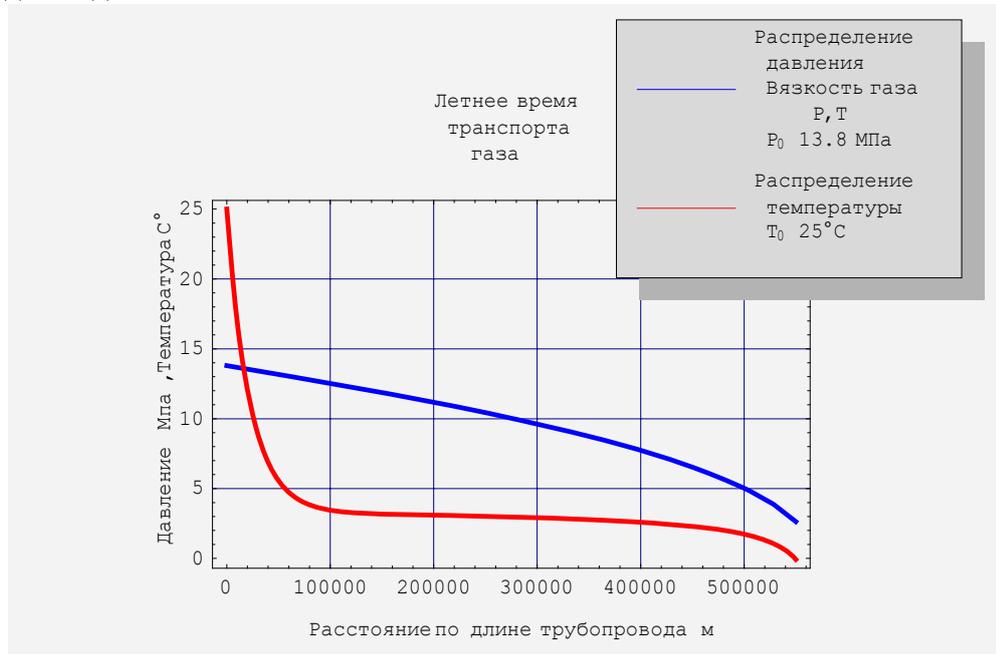
- Учет зависимости вязкости газа от давления и температуры



Как видно из приведенного графика, распределение давления вдоль трассы газопровода в целом соответствует характеру падения давления, которое следует из классических представлений о распределении давления на линейном участке газопровода. При этом конечное давление газа равное 2 МПа является приемлемым для начальных давлений которым должны удовлетворять начальные давления на береговых комплексах по переработке газа.



Как видно из представленного графика, температура газа даже в летнее время транспортировки падает ниже  $0^{\circ}\text{C}$  на последних 50 км трассы подводного трубопровода. также как и давление понижаются по трассе, причем градиент понижения температуры меньше чем градиент давления.



Из представленных совмещенных графиков давления и температуры видно, что в конце подводного трубопровода давление газа приемлемо для подачи на компрессорную станцию или на береговые комплексы по сжижению природного газа, а температура газа падает и становится близкой к нулю на расстоянии примерно 50 км от берега, что несомненно должно учитываться при проектировании конечных технических устройств при выходе газопровода из под воды на поверхность.

Кроме того, падение температуры ниже нуля на расстоянии 50 км от берега может способствовать образованию гидратов на внутренней поверхности стенки трубы. Кроме того на внешней поверхности стенки трубопровода может происходить обледенение ее поверхности, которое приводит к образованию наледенений на грунте и соответственно его промерзанию и образованию каверн в грунте на дне моря вдоль трассы трубопровода.

## БОРОЗДЫ ЛЕДОВОГО ВЫПАХИВАНИЯ В МЕЛКОВОДНЫХ РАЙОНАХ ПЕЧОРСКОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ

**Рокос С.И.** (МГТУ, кафедра МНГД-МСС, *s\_rokos@amige.muramnsk.ru*)

В пределах мелководного шельфа (глубины моря не более 50м) Печорского и Карского морей на сонограммах гидролокации бокового обзора (ГЛБО) практически повсеместно наблюдаются узкие линейные углубления (борозды). Подобные формы донного рельефа неоднократно наблюдались и в других мелководных высокоширотных областях Мирового Океана, а также на дне крупных северных озер. В большинстве случаев рассматриваемые борозды связываются с процессами ледового выпахивания морского дна [Barnes et al., 1984; Камалов и др., 2006].

Данный фактор представляет собой по сути опасный геологический процесс, способный серьезно осложнить эксплуатацию морских инженерных сооружений. Особенно актуален этот фактор для линейных сооружений, таких как подводные трубопроводы и проводные линии связи. В практике эксплуатации указанных сооружений известны случаи их повреждения ледовыми образованиями. Например, газопровод, проложенный по дну оз.Эри (США, Канада) в 1965 году, за период 1967-1971 гг. получил значительные повреждения в результате воздействия торосов на дно [Grass, 1984]. Подводный трубопровод, проложенный по дну Большого Невольничьего озера (Канада) для водоснабжения г.Тауна на удалении 2100м от берега был смещен на 100м и частично разрушен на участке длиной около 250м дрейфующими торосами. При этом глубина ледового выпахивания дна составила 0.6-2.0 м [Noble and Comfort, 1980]. Кроме того, в районе моря Лабрадор было отмечено 25 порывов кабелей дистанционной связи, связанных с воздействием айсбергов, в период между 1960-1970 гг. [Green et al., 1983; Woodworth-Lynes and Barrie, 1985].

В мелководных районах Печорского и Карского морей ледовое выпахивание осуществляется киями торосов и стамух (Рис. 1). Указанные ледовые образования, образующиеся в зимний сезон года, неоднократно наблюдались при ледовых авиаразведках и изучались в ходе специализированных инженерно-гидрометеорологических изысканий. По результатам разбуривания были установлены торосы и стамухи, кили которых касались грунта (или были заглублены в грунт). Очевидно, что при подвижках эти ледовые образования производят выпахивание дна.

Борозды ледового выпахивания, наблюдаемые на сонограммах ГЛБО в границах шельфа Печорского и юго-западной мелководной части Карского морей, имеют глубину до 2.5м (в основном 0.3-1.0м) при ширине до 10-60м. Прослеженная длина отдельных борозд достигает 4.5км. Практически каждая борозда окаймлена более или менее выраженными валами бокового выпирания. Высота этих валов в основном не превышает 0.1-0.3м (около 5-10% от глубины борозды) при ширине менее 10м (около 10-20% от ширины борозды). Поперечный профиль борозд обычно корыто-, реже V-образный.

Среди борозд ледового выпахивания, наблюдаемых на мелководном шельфе Печорского и Карского морей, можно выделить обособленные одиночные борозды и серии борозд ледового выпахивания (Рис. 2). Серии борозд представляют собой системы близко расположенных относительно друг друга параллельных линейных углублений. Ширина серий борозд может достигать 200-300м. Глубина отдельных борозд в сериях обычно меньше, чем глубина единичных борозд.

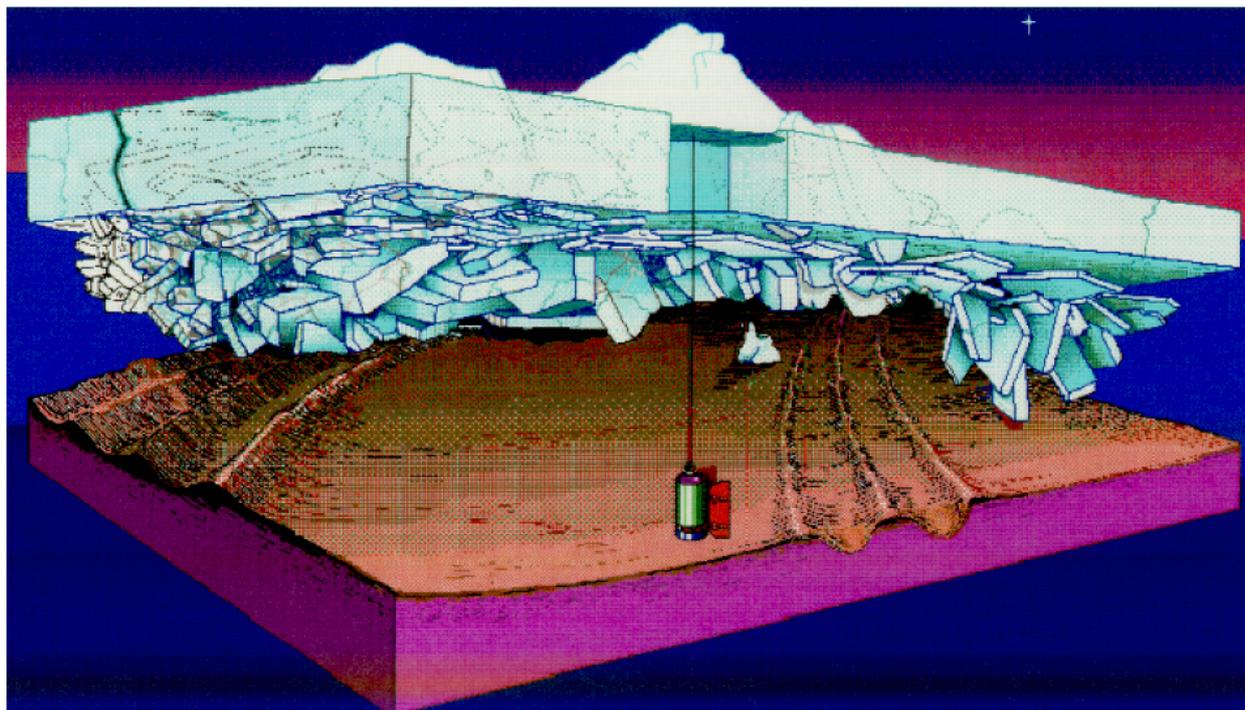


Рис. 1. Модель ледового выпаживания дна (по данным водолазного обследования)

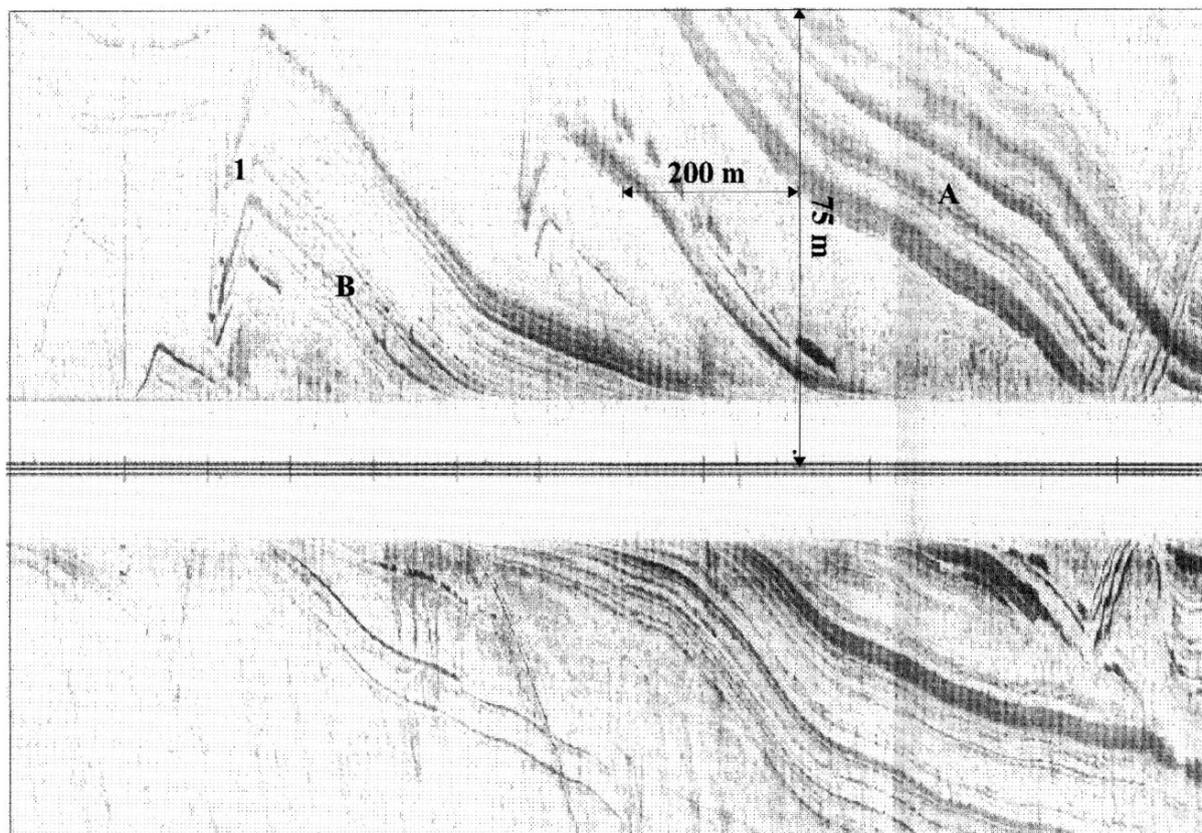


Рис. 2а. Серии борозд ледового выпаживания (А-В- две серии борозд) на гидролокационной сонограмме

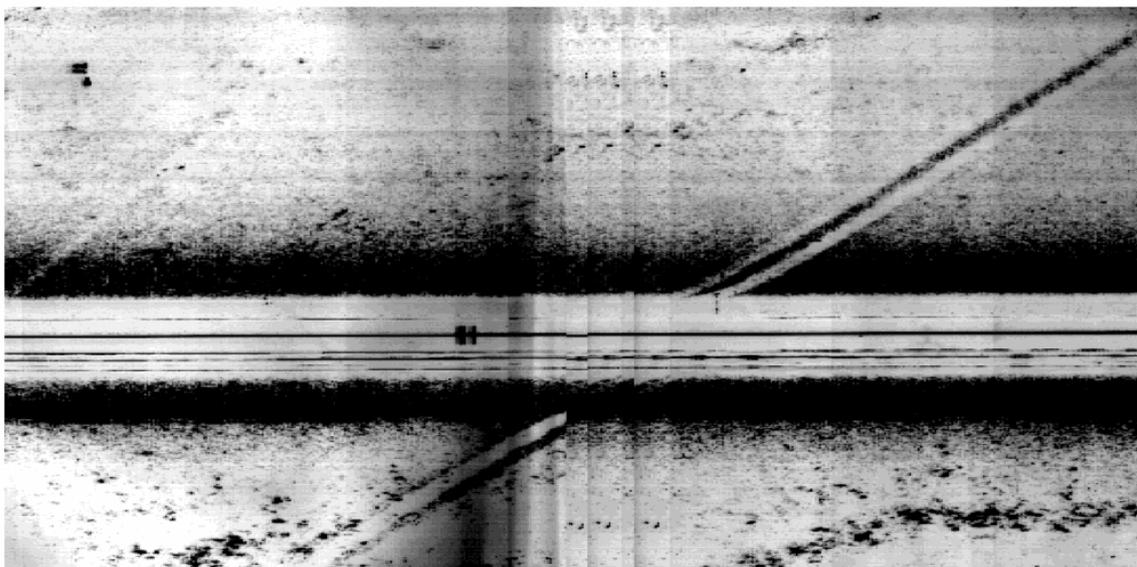


Рис. 26. Одиночная прямолинейная борозда на сонограмме гидролокации бокового обзора

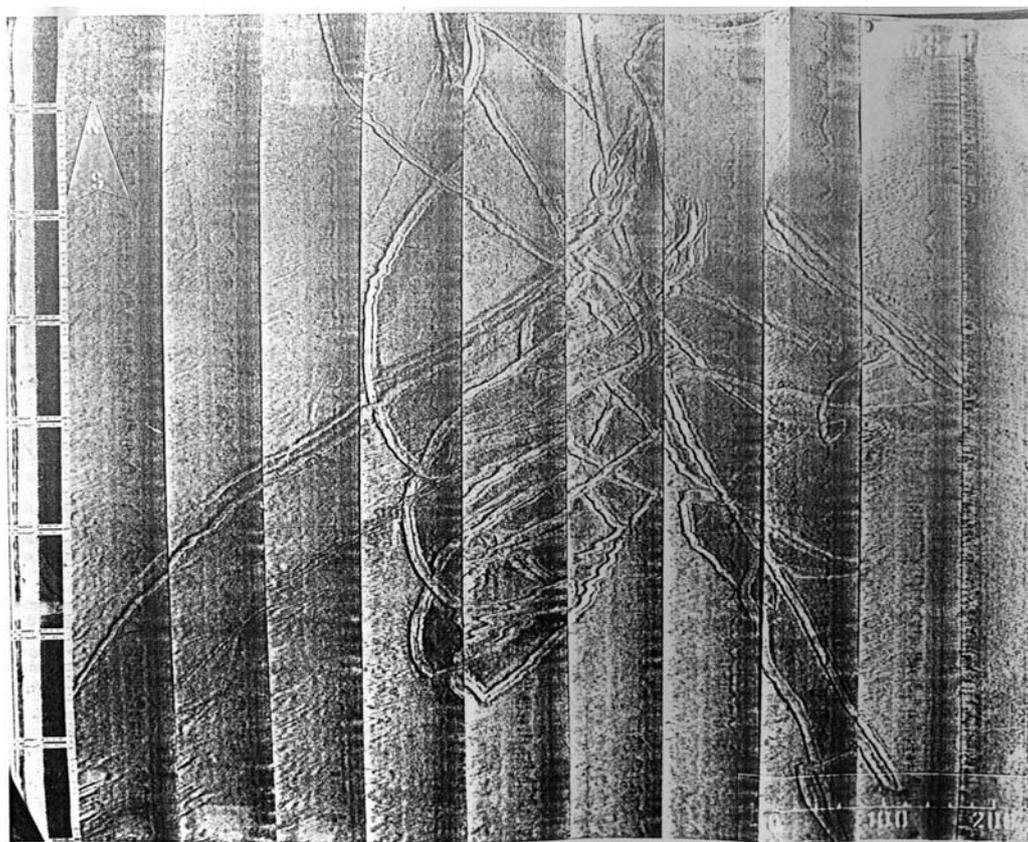


Рис. 3. Извилистые борозды с петлевидными изгибами на сонограммах гидролокации бокового обзора

Вероятно серии борозд большой ширины (свыше 100м и более) формируются при подвижках гряд торосов. При подвижках ледового покрова, вмещающего гряды торосов, кили отдельных торосов, углубленные в грунт, генерируют серии параллельных борозд.

Серии борозд меньшей ширины (до 100м) предположительно образуются выступами килей единичных курпных торосов и стамух. Отдельные единичные борозды формируются по видимому при подвижках обособленных торосистых образований и стамух с относительно монолитными гладкими килями.

По форме борозды ледового выпаживания разделяются на прямолинейные и извилистые (Рис. 2б, 3). Можно предположить, что образование прямолинейных борозд происходит при быстрых одномоментных подвижках ледового покрова. При этом изменчивость различных факторов, таких как, например, изменения направлений ветра, течений и др., не успевают повлиять на траектории движения ледовых образований.

Извилистые (в т.ч. и петлевидные) борозды образуются вероятно при небольших по своей амплитуде горизонтальных перемещениях ледовых образований, связанных с приливно-отливными колебаниями, термическими подвижками льда и др.

Количественное распределение борозд ледового выпаживания по площади в значительной степени зависит от глубины моря. Данные, полученные в Карском море у западного побережья п-ва Ямал, в Обской и Тазовской губах, а также в Печорском море показывают, что наибольшее количество борозд ледового выпаживания сосредоточено в диапазоне глубин от 10 до 20м. Глубже и мельче границ указанного диапазона количество борозд на единицу площади сокращается.

Сокращение количества борозд на глубинах более 20м связано вероятно с тем, что в пределах рассматриваемого достаточно редкие и только очень крупные торосы и стамухи имеют осадку (глубину киля), превышающую указанные значения. В соответствии с этим вероятность появления борозд (в результате касания килем дна) на глубинах более 20м значительно ниже, чем при меньшей глубине моря. Снижение количества борозд на глубинах менее 10м связано по видимому с уменьшением подвижности ледовых образований на мелководье.

Кроме того количество борозд и их глубина зависят также и от состава и свойств грунтов морского дна. Наиболее глубокие борозды наблюдаются на участках, где поверхность дна покрыта слоем глинисто-суглинистых илов. Здесь количество борозд и их глубина достигают максимальных значений.

На участках, где на поверхности дна обнажаются консолидированные плейстоценовые глинистые образования, количество борозд практически такое же, как и на участках илистого дна. Однако, при этом, глубина борозд не превышает 0.2-0.3м. Очевидно, что более глубокому внедрению в дно килей торосов и стамух препятствует относительно высокая (по сравнению с илами) прочность плейстоценовых глинистых образований.

В районах, где дно покрыто песками, борозды выпаживания не наблюдаются. Вероятно это связано с тем, что пески, с одной стороны обладают достаточно высокой прочностью при низкой сжимаемости, что препятствует внедрению ледовых образований в грунт. С другой стороны, очевидно, что углубления, выработанные в песчаном дне килями торосов и стамух, будут весьма быстро оплывать и замываться под действием естественных процессов. Это не позволяет им сохраняться в течении достаточно длительного времени.

#### **Список литературы:**

1. Grass J.D. Ice scour and ice ridging studies in lake Erie // Proc. of Int. Symp. on Ice. - Hamburg, 1984. - V.2.- P. 33 - 43.
2. Barnes P., Rearic D., Reimnitz E. Ice loading characteristics and processes. The Alaskan Beaufort Sea: ecosystems and environments. Acad. Press, 1984, p. 185-212

3. Green H.P. et al. Iceberg scouring and pipeline burial depth / H.P.Green,A.S.Reddy, T.R.Chari // Proc. of the 7-th Int. Conf. on Port and Ocean Eng. under Arctic Conditions (POAC). - Espoo, 1983. - V.1.- P. 280 - 288.
4. Noble P.A., Comfort G. Damage to an underwater pipeline by ice ridges // Proc. of Workshop on Sea Ice Ridging and Pile up. - Alberta, 1980. - P. 43 - 47.
5. Woodworth-Lynes C.M.T., Barrie J.V. Iceberg scouring frequencies and scour degradation on Canada's eastern shelf areas using sidescan mosaic remapping techniques // Proc.of the 8-th Int.Conf. on Port and Ocfan Eng. under Arctic Conditions (POAC).

## КРИОЛИТОЗАНА И ПРИПОВЕРХНОСТНЫЕ ЗОНЫ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОГО ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Костин Д.А. (МГТУ, кафедра МНГД-МСС, [d\\_kostin@amige.muramnsk.ru](mailto:d_kostin@amige.muramnsk.ru))

Проблема многолетнемерзлых пород Западно-Арктического шельфа активно начала обсуждаться с 70-х годов прошлого века. Первые прямые геологические данные, подтверждающие наличие здесь многолетнемерзлых льдистых образований, были получены в ходе бурения, проведенного ОАО АМИГЭ с припайного льда у побережья п-ова Харасавэй и с буровых судов в Печорском море на площадях месторождений Поморское и Варандей-море. Позднее инженерно-геологическим бурением были вскрыты многолетнемерзлые породы в районах структур Полярная, Медыньское-море, Русановское, а также в Байдарацкой губе (Рисунок). Все случаи обнаружения мерзлоты приурочены к сравнительно мелководной области с глубинами моря менее 120 м. Чаще всего кровля многолетних льдистых отложений залегает в интервале 20-30м ниже поверхности морского дна в Печорском море и от 8-12 до 20-30м в Карском. Наблюдаемая в скважинах мощность составляет как правило 20-40м. Характер и закономерности распространения многолетнемерзлых пород в рассматриваемом регионе на сегодняшний день точно не установлены. Имеющийся материал позволяет лишь сделать вывод об островном характере распространения мерзлых грунтов [Бондарев и др., 1999].

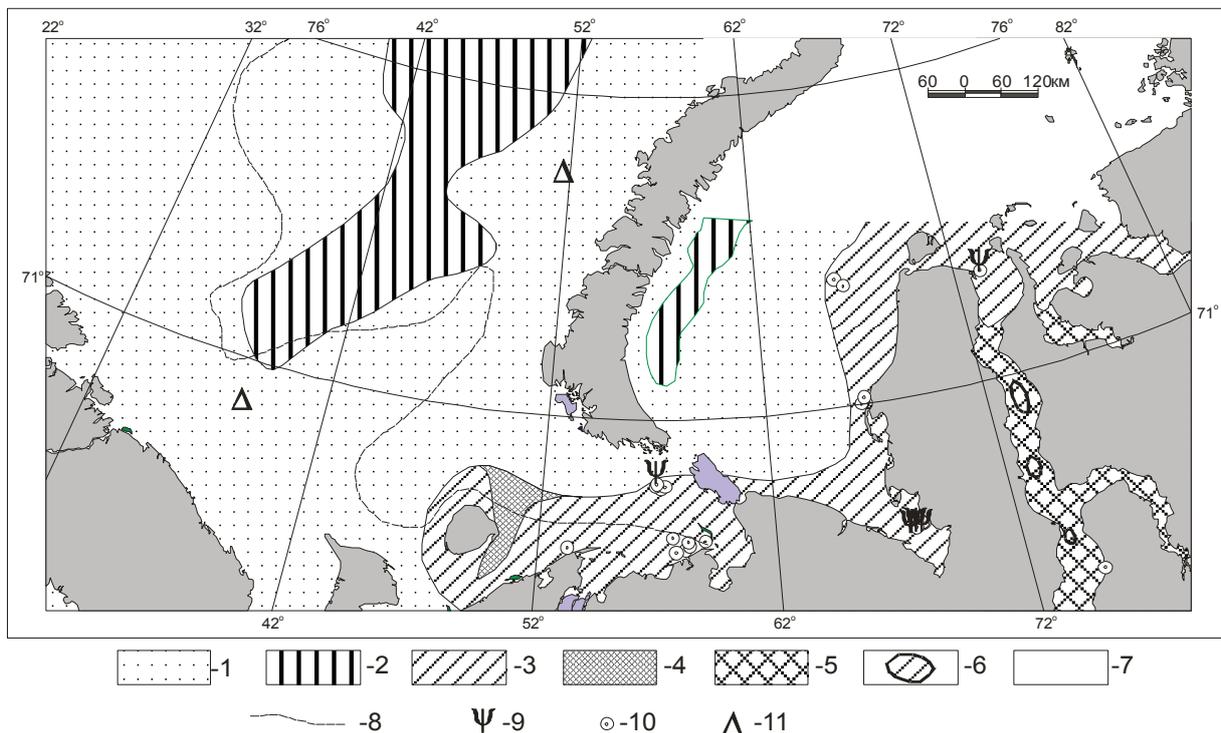


Рисунок. Газонасыщенные осадки Баренцево-Карского шельфа

1- глубоководный районы шельфа Баренцева и Карского морей, 2- зона стабильности потенциальных газогидратов метана, 3- область распространения газонасыщенных осадков, 4- зона приколгуевского талика, 5- газонасыщенные осадки эстуариев, 6- акустические окна (переуглубленные впадины), 7- отсутствие данных, 8- изотерма  $0^{\circ}\text{C}$  придонной воды, 9- точки скважин, где имели место выбросы, 10- точки скважин, вскрывших мерзлые грунты, 11- точки скважин, в которых отмечены нефтепроявления

Для тех участков, где была вскрыта скважинами криолитозона, характерны многочисленные скоростные аномалии (до 2800 м/сек, чаще 2100-2300 м/сек). В волновом поле для этих участков характерны оси синфазности, образующие дугообразные формы, резкое прекращение прослеживания отражений, пликативные дислокации [Рокос и др., 2001].

Температура мерзлых грунтов по данным измерений в кернах и *in situ* в Печорском и юго-западной части Карского моря (Байдарацкая губа) составляет около  $-2^{\circ}\text{C}$ . Это значение довольно близко к температуре таяния. В районах, расположенных севернее и восточнее, температура несколько ниже и достигает  $-4^{\circ}\text{C}$  и менее.

Большинством исследователей предполагается, что мерзлые льдистые отложения шельфа Печорского и Карского морей являются реликтовыми. Вероятно, они образовались во время сартанского оледенения. В течение этого времени произошла регрессия, при которой уровень моря понизился до отметок около -140м.

Расчеты показывают, что при регрессии могла сформироваться мерзлая толща мощностью до 200м. В ходе последующей трансгрессии мерзлый массив был затоплен современным морским бассейном с положительной температурой воды. Это привело к существенному растеплению и таянию мерзлоты от кровли вглубь по разрезу. Особенно интенсивно этот процесс протекал в начальные фазы трансгрессии, когда глубина моря была небольшой.

Затем, при повышении уровня моря до отметок, близких к современным, процесс таяния был в значительной степени заторможен. Это связывается с низкими (на значительной части площади отрицательными) придонными температурами современного бассейна. Предполагается, что в настоящее время реликтовый мерзлый массив испытывает медленное таяние от подошвы вверх по разрезу под воздействием внутреннего тепла Земли.

Во многих разрезах четвертичной толщи, не содержащих собственно льдистые мерзлые образования, наблюдаются посткриогенные текстуры- следы вытаявшего сегрегационного льда. Это, очевидно, указывает на то, что ранее эти отложения находились в мерзлом состоянии, но к настоящему времени полностью оттаяли. Последнее позволяет предположить, что в период максимума последней регрессии мерзлые грунты занимали большие площади по отношению к современным условиям.

Скопления свободного газа в осадках верхней части разреза в целом довольно характерны для высокоширотных районов Мирового Океана. Прежде всего, они проявляются на временных разрезах сейсмоакустического профилирования. О наличии свободного газа свидетельствуют зоны потери сейсмической корреляции, амплитудные аномалии типа «яркое пятно» и различные акустические неоднородности. Особенно характерен свободный газ для высокоширотных районов, таких как шельф Новой Шотландии, Аляски, моря Бофорта и др. регионов. Свободный газ в мелководных высокоширотных районах имеет в основном биогенную природу и образуется в результате деструкции погребенных в осадочной толще органических веществ. По составу это преимущественно (более 95%) метан с примесью  $\text{CO}_2$ .

В основном свободный газ содержится в диспергированной форме (в виде отдельных пузырьков в пористом пространстве). По мнению ряда исследователей, присутствие свободного газа в количестве около 5% (от объема) способно привести к развитию описанных выше эффектов, наблюдаемых на сейсмоакустических временных разрезах.

В мелководных районах Печорского и юго-западной части Карского морей свободный газ в верхней части разреза наблюдается на большей части площади региона. Сопоставление материалов бурения и сейсмоакустического профилирования показывает, что распределение

газа контролируется главным образом соотношением в разрезе толщ аллювиально-морских средневалдайских (черных) глин и нижневаладйских аллювиальных песков.

Географическое совпадение областей распространения мерзлых грунтов и газонасыщенных осадков позволяет предположить наличие парагенетической связи между этими явлениями. Сходство характерных акустических изображений, получаемых в Печорском море и приямальской зоне Карского моря, а также опубликованных данных по другим арктическим акваториям, было замечено давно [Рокос и др., 2001]. Сразу же возникшее предположение об однозначной связи этих изображений с субаквальной мерзлотой, однако, не подтвердилось. С другой стороны, генетическая связь их с районами, испытывавшими на субаэральном этапе развития глубокое промерзание и оказавшимися под морем в результате последней трансгрессии, представлялась несомненной. Выяснилось также, что непосредственными факторами, оказывающими доминирующее влияние на специфические акустические свойства разреза в таких районах являются присутствие газа, а также криогенные и посткриогенные изменения структуры осадка. Накладываясь на литолого-стратиграфические элементы осадочного разреза и взаимодействуя с ними, указанные факторы формируют изображения, проинтерпретировать которые с помощью стандартных приемов чаще всего не удается.

Крайним проявлением взаимодействия многолетнемерзлых пород и свободного газа является формирование диапироподобных поднятий в восточной части Печорского моря (объект «Диапиры», Рисунок) [Бондарев и др., 2002]. С целью исследования данных форм на этом участке в 1995 г. ОАО АМИГЭ было выполнено площадное сейсмоакустическое профилирование, локация бокового обзора и пробурен ряд скважин на глубину до 100 м от поверхности морского дна. По материалам проведенных исследований было закартировано более 50 овальных в плане поднятий с относительным превышением 10-15 м и шириной основания от 50 до 130 м. В разрезе, по материалам НСП, им соответствуют диапироподобные поднятия, окаймленные компенсационными впадинами. При этом поднятия сложены акустически непроницаемыми образованиями, а компенсационные впадины выполнены акустически проницаемой слоистой толщей. Граница, разделяющая эти две толщи, не выдержана по латерали, с ней связаны амплитудные аномалии, продуцирующие цуги реверберационных волн, часто отмечается потеря корреляции.

По материалам бурения в данном районе толща, слагающая поднятия, сложена многолетнемерзлыми льдистыми глинами валдайского возраста, а верхняя толща, слагающая компенсационные впадины – илами, суглинками и, в основании, мерзлыми песками. В одной из скважин, пробуренной в привершинной части одного из поднятий, ниже толщи многолетнемерзлых пород на глубине 49,5 м ниже поверхности дна была вскрыта зона с аномально высоким пластовым давлением, произошел выброс мощной газо-водяной смеси. Высота фонтана достигала 10 м. Вокруг судна образовался «котел кипения» диаметром около 150-200 м, внутри которого наблюдалось бурление воды с пузырьками газа и взвешенными грунтовыми частицами.

На основании анализа материалов был сделан вывод о тесной связи между наличием многолетнемерзлых пород со скоплениями газа с аномально высоким давлением и диапироподобными поднятиями. Скопления газа, имеющего, по-видимому, биогенную природу и сформировавшегося в результате деградации мерзлых пород, содержащих органику, приурочены к линзам талых песков, залегающих ниже подошвы мерзлоты, а толща многолетнемерзлых пород служит своеобразной непроницаемой крышкой. По достижению давлением газа определенных значений на ослабленных участках (пониженная мощность мерзлых пород, тектонические и литологические факторы и пр.) происходила

деформация отложений, а затем и рельефа морского дна с формированием диапироподобных структур.

**Литература:**

1. Бондарев В.Н., Длугач А.Г., Костин А.Д., Лисунов В.К., Рокос С.И. [1999] Акустические фации посткриогенных обстановок мелководных районов Печорского и Карского морей // Разведка и охрана недр, №7-8, с.10-14
2. Бондарев В.Н., Длугач А.Г., Костин Д.А., Рокос С.И., Поляков Н.А. [2002] Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // Геология и геофизика, Том 43, №7, с. 587-598
3. Рокос С.И., Костин А.Д., Длугач А.Г. [2001] Свободный газ и многолетняя мерзлота в осадках верхней части разреза мелководных районов шельфа Печорского и Карского морей// Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, с. 40-53

---

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АРКТИКЕ



## ОБ ОДНОМ НОВОМ ПОДХОДЕ К ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

**Асминг В.Э., Федоров А.В.** (*г. Анатиты, Кольский филиал Геофизической службы РАН, asmingve@mail.ru, andrey\_v\_fedorov@inbox.ru*)

A new approach of seismic events detection and location for a single seismic array is proposed. The approach is based on joint beamforming of fragments of array recording containing supposed P and S waves arrival. The method had been applied to detection and location of earthquakes from Storfjorden (south Spitsbergen) aftershocks sequence and had shown high efficiency.

Сейсмические станции в Евро-Арктическом регионе расположены весьма редко. Это приводит к тому, что зачастую слабые землетрясения регистрируются только одной сейсмостанцией. Поэтому желательно уметь обнаруживать сейсмические события и определять их координаты по данным только одной сейсмостанции.

Особую актуальность эта проблема приобрела при исследовании землетрясения 21.02.2008. Оно произошло в проливе Стурфиорд (юг архипелага Шпицберген), имело магнитуду 6 и вызвало огромное количество (десятки тысяч) афтершоков. Их последовательность не завершилась и к моменту написания данной статьи [1].

Единственным надежным источником информации об этой последовательности являются записи сейсмической группы "Шпицберген" (SPI), расположенной примерно в 150 км к северу от области афтершоков.

Сейсмическая группа SPI представляет собой набор разнесенных в пространстве однотипных вертикальных сейсмических датчиков и трехкомпонентных сейсмостанций. Апертура (максимальное расстояние между датчиками) - 1 км, максимальный перепад высот между датчиками - 150 м. Группа принадлежит норвежской сейсмологической организации NORARSAR.

NORARSAR автоматически обрабатывает данные группы SPI, детектирует и лоцирует сейсмические события и создает автоматический бюллетень GBF (<http://www.norsardata.no/NDC/bulletins/gbf>). Однако в случае рассматриваемой последовательности афтершоков качество работы детектора/локатора NORARSAR неприемлемо низко. Причины этого будут рассмотрены ниже.

Рассмотрим в общих чертах работу детектора/локатора NORARSAR. Как известно, любое сейсмическое событие порождает две объемных (распространяющихся в толще Земли) волны - первичную продольную волну P (primary wave, полный аналог звуковой волны) и вторичную поперечную волну S (secondary wave, у такой волны нет аналога в газе и в жидкости). Первичная волна P распространяется быстрее, чем вторичная S (теоретическое отношение скоростей для абсолютно упругой среды равно  $\sqrt{3}$ ). Типичные скорости этих волн в верхней части земной коры - 6 км/сек для P и 3.5 км/сек для S. Если скорости волн в среде известны, зная моменты приходов волн P и S на станции, по их разности можно вычислить расстояние от станции до события. Чтобы определить координаты (для простоты считаем глубину события фиксированной и равной 0) достаточно вычислить азимуты из станции на источники волн. Это можно сделать, анализируя сдвиги во времена приходов волн на разнесенные в пространстве датчики сейсмической группы.

Обычная схема обнаружения и локализации сейсмических событий по одиночной сейсмической группе выглядит так:

- Находим в записи моменты резкого изменения амплитуды сигнала (отношения сигнал/шум). Считаем эти моменты претендентами на приходы P и S-волн.

- Для каждого найденного претендента вычисляем азимут и кажущуюся скорость (проекцию скорости на дневную поверхность) подхода волны. Это делается по сдвигам приходов сигнала на разные каналы группы методами так называемого f-k анализа и beamforming (будет рассмотрен далее).
- По вычисленным таким образом кажущимся скоростям принимается решение, являются ли претенденты Р или S-волнами.
- Пары претендентов, первый из которых распознан, как Р-волна, а второй - как S, ассоциируются (признаются принадлежащими одному и тому же сейсмическому событию) если их азимуты примерно совпадают, а отношение скоростей находится в районе  $\sqrt{3}$ .
- Для каждой найденной пары Р и S волны вычисляются координаты события.

Напомним обычную процедуру оценки азимутов и кажущихся скоростей волн, приходящих на сейсмическую группу, так называемый beamforming (сложение записей разных датчиков со сдвигами).

Пусть  $Z_i(t)$  – запись i-го датчика (рассматриваются однотипные вертикальные датчики). Считаем известным, что записи содержат приход сейсмической волны в интервале времен  $[t_1, t_2]$ . Введем функции  $\Delta t_i(\alpha, V)$  – разница времен приходов плоской волны, идущей с азимута  $\alpha$  со скоростью  $V$  на i-й датчик и на центр группы. В случае, когда не учитываются высоты датчиков, имеем

$$\Delta t_i(\alpha, V) = (X_i \cos(\alpha) + Y_i \sin(\alpha)) / V, \text{ где } (X_i, Y_i) \text{ – вектор из центра группы в } i\text{-й датчик.}$$

Когда высоты датчиков учитываются

$$\Delta t_i(\alpha, V) = ((X_i \cos(\alpha) + Y_i \sin(\alpha)) * \cos(\beta) + Z_i * \sin(\beta)) / V_{\text{upper}}$$

где  $\beta$  – угол подхода волны к дневной поверхности,  $V_{\text{upper}}$  – скорость данного типа волны в непосредственной близости от датчиков,  $V_{\text{upper}}/V = \cos(\beta)$ .

Если мы сдвинем записи каналов на соответствующие  $\Delta t_i$ , записи окажутся синхронными в том случае, если мы угадали азимут и кажущуюся скорость. Таким образом, в алгоритме beamforming перебираются всевозможные пары азимутов и скоростей  $(\alpha, V)$  и ищется пара, максимизирующая функцию

$$B(\alpha, V, t_1, t_2) = \max_{t \in (t_1, t_2)} \sum_i (Z_i(t - \Delta t_i(\alpha, V)))$$

И та пара  $(\alpha, V)$ , на которой  $B$  достигает максимума, считается оценкой азимута и кажущейся скорости пришедшей волны.

Если учитывать высоты датчиков,  $B$  будет зависеть также от скоростей волн в верхнем слое, то есть, для проведения beamforming'a необходимо знать заранее эту скорость, то есть, тип обрабатываемой сейсмической волны (Р или S, поскольку они распространяются с разными скоростями). Однако в GBF бюллетене beamforming (точнее, его аналог в частотной области – f-k анализ) производится ДО ТОГО, как принято решение о типе волны, напротив, решение о типе волны принимается уже по результатам beamforming, по значениям кажущихся скоростей.

Таким образом, в бюллетене GBF существует трудноустраняемое препятствие на использование высот датчиков.

Вышесказанное приводит к двум источникам ошибок в бюллетене GBF:

1. Ложная ассоциация Р и S волн, с подходящими скоростями и азимутами, но порожденных разными землетрясениями из примерно одного и того же места. В результате

переоценивается расстояние от станции до события. Ситуация возникает часто, когда обрабатывается густой поток событий из одной области (рис.1).

2. Высоты датчиков приходится игнорировать, поскольку заранее неизвестен тип анализируемой волны. В случае существенных перепадов высот датчиков это может приводить к ложным экстремумам функции  $V(\alpha, V)$ , неверной оценке азимута и скорости, и соответственно, к пропускам реальных сейсмических событий, даже довольно сильных (в случае афтершоков землетрясения 28.02.2008 нами были обнаружены пропуски землетрясений с магнитудами до 3).

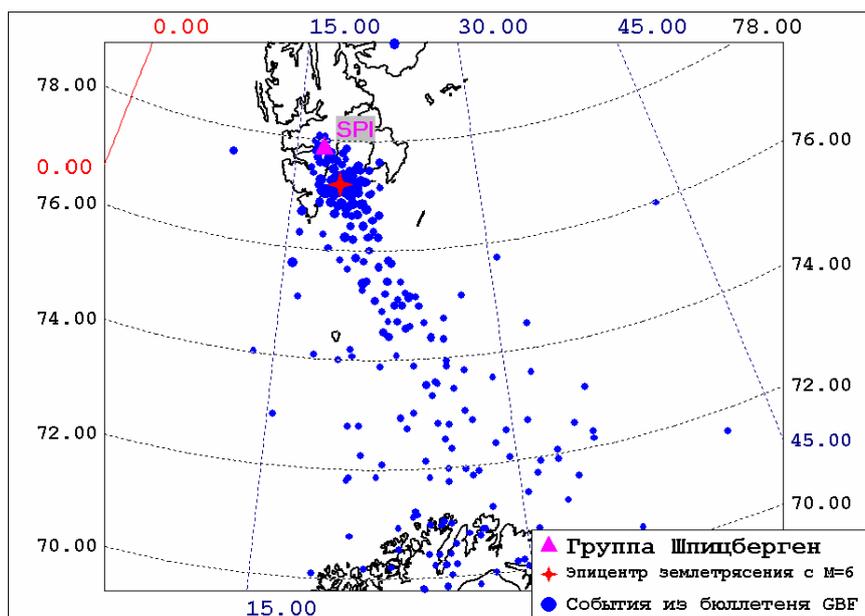


Рис.1. "События", указанные в GBF бюллетене за 21.02.2008. Подавляющее большинство отмеченных на карте событий на самом деле являются афтершоками землетрясения с магнитудой 6 и находятся в непосредственной близости от него. Однако слогированные эпицентры протянулись до побережья Норвегии ввиду ложной ассоциации фаз P и S.

Нами был разработан новый алгоритм ассоциации фаз волн P и S, названный нами «совместный beamforming». Идея его явилась продолжением ранее реализованного авторами алгоритма совместного анализа фаз P и S по поляризации для одиночной трехкомпонентной станции [2]. В совместном поляризационном анализе просматривались пары обнаруженных приходов и для каждой пары проверялась гипотеза о том, что первый соответствует P-волне, а второй-S-волне, пришедших от одного и того же события. Оценкой этой гипотезы являлась величина

$$R_{12} = \max_{\alpha} P_{p1}(\alpha) \times P_{s2}(\alpha) \times (1 - P_{p2}(\alpha)) \quad (1)$$

где  $\alpha$  – азимут,

$P_{p1}(\alpha)$  – оценка того, что первая фаза является P-волной с азимута  $\alpha$ ,

$P_{s2}(\alpha)$  – оценка того, что вторая фаза является S-волной с азимута  $\alpha$ ,

$P_{p2}(\alpha)$  – оценка того, что вторая фаза является P-волной с азимута  $\alpha$ .

Оценки P получались поляризационным анализом соответствующих фаз и находились в диапазоне [0,1]. [2].

Нашим обобщением алгоритма beamforming явился совместный beamforming вступлений P и S. Пусть на участке  $[t_{p1}, t_{p2}]$  имеется сигнал, о котором мы предполагаем, что это приход P-волны, а на участке  $[t_{s1}, t_{s2}]$  – предполагаемый приход S-волны от того же события. Максимизируем функцию

$$JB(\alpha, V_p) = \frac{\max_{t \in (t_{p1}, t_{p2})} \sum_i (Z_i(t - \Delta t_i(\alpha, V_p, V_{p,upper}))) \times \max_{t \in (t_{s1}, t_{s2})} \sum_i (Z_i(t - \Delta t_i(\alpha, V_p / R, V_{s,upper})))}{\max_{t \in (t_{p1}, t_{p2})} \sum_i Z_i(t) \times \max_{t \in (t_{s1}, t_{s2})} \sum_i Z_i(t)} \quad (2)$$

где  $R = \text{const} = V_p / V_s$  (может задаваться равным  $\sqrt{3}$ ).

Знаменатель дроби служит для нормировки.

Другими словами, для каждой пары  $(\alpha, V_p)$  (азимут, кажущаяся скорость P-волны) фрагменты записи, содержащий предполагаемую волну P, сдвигаются на времена, вычисленные для данного азимута и скорости P-волны, а фрагменты, содержащие S - на времена, вычисленные для согласованной скорости S-волны, то есть,  $V_s = V_p / \sqrt{3}$ .

Результирующая функция  $JB(\alpha, V_p)$  является оценкой предположения, что первый фрагмент содержит приход волны P, а второй - S от одного и того же события. Высоты датчиков при этом естественным образом учитываются.

Если в составе сейсмической группы есть трехкомпонентная станция, функция JB домножается на оценку поляризаций фаз  $R_{12}$ , как в упомянутом выше совместном поляризационном анализе (1).

В случае превышения максимумом JB некоего порога фазы считаются принадлежащими одному и тому же событию.

Разумеется, этот алгоритм, так же как и GBF, может ассоциировать фазы P и S от разных землетрясений, произошедших в одном и том же месте, и должен быть встроены в некую интеллектуальную систему, анализирующую подобные ситуации. Однако, для анализа области афтершоков землетрясения 21.02.2008 мы ограничили разницу времен  $T_s - T_p$ . В этом случае алгоритм комбинирует не все пары приходов волн, а только те, в которых  $T_s - T_p$  лежит в определенных, заданных пользователем пределах. Для ограниченных районов это практически снимает проблему близких событий.

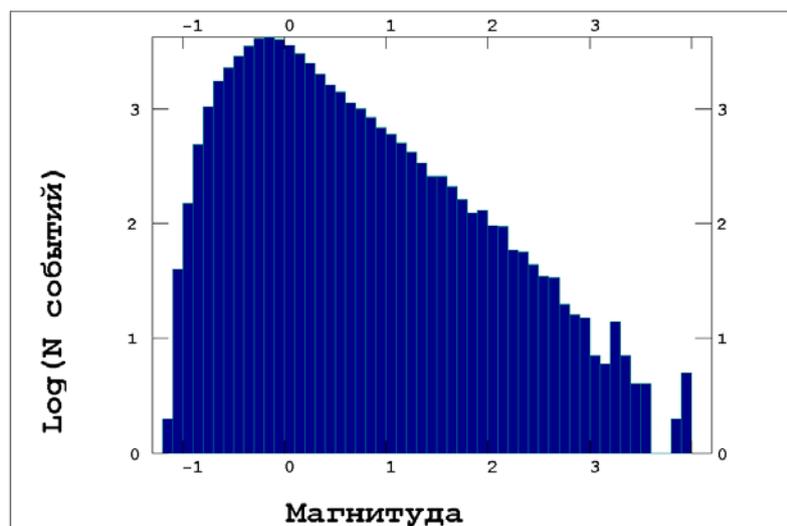


Рис.2. График повторяемости афтершоков землетрясения в Стурфиорде, обнаруженных представленным методом.

Для области афтершоков алгоритм показал хорошую работоспособность. Ручной просмотр результатов показал, что более 95% срабатываний соответствуют реальным сейсмическим событиям. Уверенно детектируются и лоцируются события, упущенные бюллетенем GBF. График повторяемости обнаруженных событий (логарифм распределения числа событий по магнитудам), приведенный на рис.2 показывает соответствие закону Гутенберга-Рихтера (линейный спад) начиная с магнитуды 0. Это позволяет заключить, что, начиная от магнитуды 0, алгоритм обнаружил и слоцировал практически все события.

**Список литературы:**

1. Федоров А.В., Асминг В.Э., Евтюгина З.А. Первые результаты обработки данных по сейсмическому процессу в зоне Стур-фиорд, архипелаг Шпицберген //В данном сборнике.
2. Asming V.E., Kremenetskaye E.O. Experience in using a combination of 3C stations with a seismic array for automated detection and location //Workshop on IMS Location Calibration, № 5, 2003, Oslo, Norway.

## ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ СОВМЕСТНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИНФРАЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ И ЛОКАЦИИ ИХ ИСТОЧНИКОВ НА БАЗЕ СТАНЦИЙ ARCSES И АПАТИТЫ

В.Э. Асминг<sup>1</sup>, З.А. Евтюгина<sup>1,2</sup>, Л.П. Нахшина<sup>1</sup>, А.В. Прокудина<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Кольский филиал геофизической службы РАН г. Апатиты, <sup>2</sup>МГТУ, Апатитский филиал, кафедра геоэкологии, , [AsmingVE@mail.ru](mailto:AsmingVE@mail.ru), [zina\\_evt@mail.ru](mailto:zina_evt@mail.ru))

Data of infrasound groups (sets of microbarographs) Apatity and ARCSES (Norway) are transmitted to Apatity and jointly processed since 2009. As a result a bulletin of ‘acoustic events’ i.e. located sources of infrasonic signals is generated. A lot of such events had been detected and located, among them mining explosions, rocket launches, bolides, microbaromes and sources of unknown origin. The system had located 15 of 21 explosions conducted in 2009 by Finnish militaries for old ammunition demolition. The mean location error was about 20 km.

В 18 км от г.Апатиты с 2000 года функционирует инфразвуковая группа– система состоит из трех микробарографов (расстояние между датчиками до 200 м) и веерных пространственных фильтров из пластиковых труб, подавляющих ветровые помехи [1]. Данные в реальном времени передаются в центр обработки КФ ГС РАН, где производится обнаружение так называемых «акустических событий», то есть, моментов приходов на датчики станции когерентных инфразвуковых импульсов. Для каждого такого импульса оценивается азимут и кажущаяся скорость прихода волны. Структурная схема обработки инфразвуковых данных в КФ ГС РАН показана на рисунке 1.

По данным одной такой группы невозможно оценить координаты источников сигналов.

В 2008 году организация NORSAR установила аналогичную инфразвуковую группу (ARCSES) в районе пос. Карашйок (северная Норвегия). По согласованию с Национальным Центром Данных Норвегии для проверки возможности совместной обработки данных групп Апатиты и ARCSES была начата передача инфразвуковых данных ARCSES в Апатиты во времени, близком к реальному.

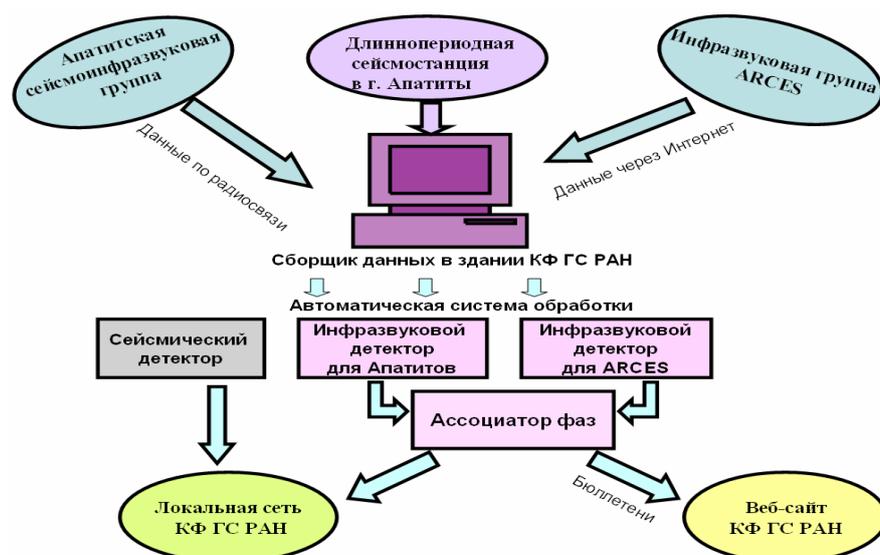


Рис 1. Структурная схема системы обработки инфразвуковых данных в КФ ГС РАН

Совместный анализ данных двух групп при определенных условиях может позволить обнаруживать и предварительно лоцировать такие источники инфразвука как промышленные и военные взрывы, пуски ракет и даже падения болидов [2]. Опытная эксплуатация такой системы локации может оказаться полезной для выработки подходов к инфразвуковому мониторингу режима соблюдения Договора о всеобщем запрещении ядерных испытаний. Опыт обнаружения и локации инфразвуковых источников может пригодиться при поиске фрагментов падающих ступеней космических аппаратов. Регистрация инфразвуковых сигналов, соответствующих сейсмическим событиям, позволяет однозначно определить, что события являются взрывами.

Поступающие с групп ARCSES и Апатиты данные пропускаются через программы-детекторы, которые определяют моменты приходов инфразвуковых импульсов, их азимуты и кажущиеся скорости. Списки приходов (так называемых «фаз») передаются в программу-ассоциатор, которая должна определять пары приходов на две станции, соответствующие одним и тем же событиям. Она же производит локацию событий.

Принцип ее работы следующий: область поиска событий (круг с центром в середине группы станций) равномерно покрывается меньшими кругами (ячейками сетки, в первой версии радиусом 50 км). Для каждой ячейки делается поиск тех фаз (приходов волн на станции), которые могли бы быть порождены акустическим событием внутри ячейки (подходящие азимуты с запасом  $10^\circ$ ). Затем выбирается наибольший набор фаз, которые могли бы быть порождены данной ячейкой сетки и совместимы по временам пробега (для средних скоростей пробега инфразвуковой волны от источника до станции 0.25-0.35 км/сек). Если в данном наборе есть приходы на обе станции, событие считается обнаруженным. Его координаты определяются минимизацией невязки азимута.

В результате работы этих программ создается и пополняется каталог в формате html. Каталог содержит как результаты срабатывания детекторов (времена приходов волн на группы и азимуты), так и сассоциированные события (см. рис 2).

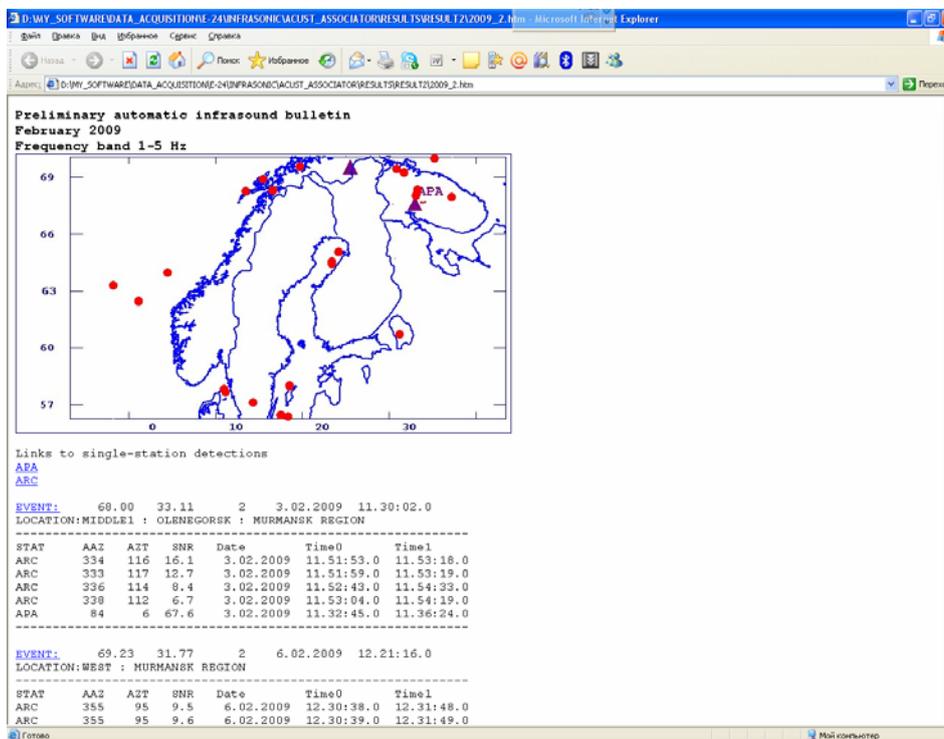


Рис.2. Фрагмент бюллетеня с результатами ассоциации инфразвуковых событий.

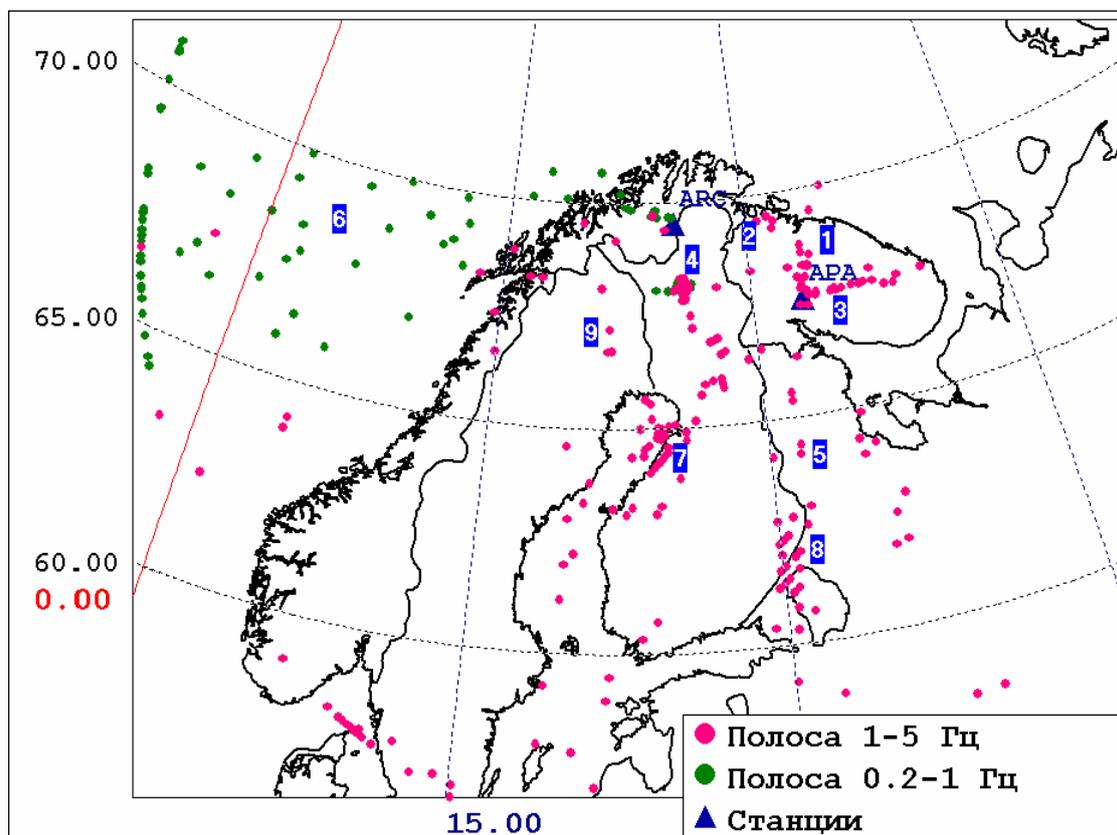


Рис.3. Карта инфразвуковых событий, обнаруженных и слоцированных системой по группам Апатиты и ARCES за период с февраля по декабрь 2009 года. Цифрами 1-9 помечены характерные источники событий: 1 - взрывы в г. Оленегорск; 2 - взрывы в г.Заполярный; 3 - взрывы на рудниках в Хибинах; 4 - финские военные взрывы; 5 - взрывы на руднике в г.Костомукша; 6 - область микробаром; 7 - область активности в районе Ботнического залива; 8 - область активности в районе Ладожского озера; 9 - рудник в г.Кируна, Швеция.

Система автоматического детектирования и локации инфразвуковых событий в почти реальном времени по станциям Апатиты и ARCES работает с февраля 2009 года. За период по декабрь 2009 года было обнаружено и слоцировано 111 событий в полосе частот 0.2-1 Гц и 309 событий в полосе 1-5 Гц. Карта обнаруженных событий представлена на рис. 3.

Подавляющее большинство низкочастотных событий произошло к западу от станций и соответствует микробаромам Атлантики.

Среди событий, обнаруженных в полосе 1-5 Гц много сигналов от известных промышленных взрывов. Кроме этого, выделяются две большие области, где зафиксировано большое количество событий неопознанной природы - районы Ботнического залива и Ладожского озера.

Полезно оценить точность локации событий при помощи данной системы станций. Проведем эту оценку на примере взрывов, производимых финскими военными для утилизации устаревшего вооружения [2]. В 2009 году такие взрывы проводились в август-сентябре, в одном и том же известном месте. Расстояние от пункта взрывания до станций составило : 303 км до Апатитской группы и 179 км до ARCES (рис.4).

Система обнаружила и слоцировала 15 из 21 событий. Минимальная ошибка локации 7 км, максимальная – 41 км, средняя – 20 км.

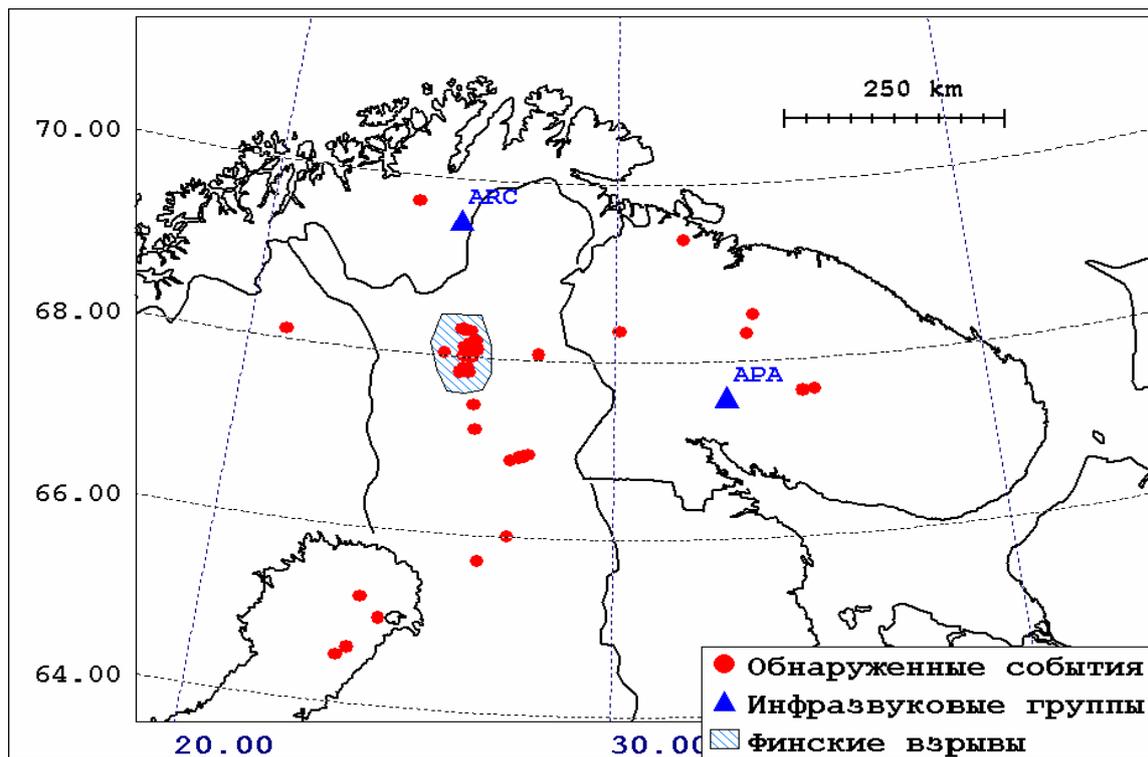


Рис.4. Положение станций Апатиты и ARCES и результаты автоматической локации событий, включая финские военных взрывы.

#### Список литературы:

1. Асминг В.Э., Виноградов Ю.А., Евтюгина З.А., Кременецкая Е.О., Прокудина А.В. О результатах наблюдений на Апатитском сейсмо-инфразвуковом комплексе. // Вестник МГТУ, Мурманск, том 11, Выпуск 3, с. 512 — 518, 2008.
2. Асминг В.Э., Евтюгина З.А., Виноградов Ю.А., Федоров А.В. Анализ инфразвуковых сигналов, генерируемых техногенными источниками. // Вестник МГТУ, Мурманск, том 12, Выпуск 2, с. 512 — 518, 2009.

## АНОМАЛЬНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОЛИВА СТУР-ФЬОРД (АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН) В 2008-2009 годы

**Баранов С.В., Виноградов А.Н., Нахшина Л.П., Прокудина А.В.**

(г. Анатиты, Кольский филиал Геофизической службы РАН, bars.vl@gmail.com, vino@admksk.apatity.ru, nakshinal@mail.ru, prolika@mail.ru)

The paper considers seismicity in the channel of Stur-fiord (Spitsbergen Archipelago) which became above the background level due-to the strongest  $M_w=6.1$  earthquake 21.02.2008. It has been shown that Omori law fits the seismicity pattern for  $ML \geq 2$  aftershocks and doesn't fit for weaker ones. To explain this we suggested a model according that the weak seismicity in the area has non-tectonic reason connected with gas-hydrates destruction and mud volcanoes eruption.

Пролив Стур-фиорд разделяет два наиболее крупных острова Западный Шпицберген и Эдж архипелага Шпицберген. Ширина пролива у южного края около 300 км, глубины моря варьируют от 50 до 200 м. В тектоническом плане район относится к северо-западной пассивной окраине Баренцево-Карской платформы, занимая пограничное положение между сводовым поднятием Свальбардского мегаблока и впадиной Стурфьорд на южном шельфовом обрамлении архипелага. Недислоцированный палеозойско-мезозойский осадочный чехол, перекрытый четвертичными нелитифицированными осадками, залегает на дислоцированном протерозойском (готско-грэнвильском) фундаменте. Мощность осадочного чехла на северном борту впадины Стурфьорд (на широте  $78,5^\circ$ ) составляет 2-3 км, а к югу быстро увеличивается, достигая 10-12 км в осевой части впадины (у  $76^\circ$ ) (Шутилов, 2002).

К Стур-фиорду приурочен один из самых активных очаговых ареалов внутриплитных землетрясений. Первый инструментально зарегистрированный всплеск сейсмической активности зарегистрирован в 1976 г., когда 18 января в 4:46:26 UT в районе Земли Геера (западное побережье Стур-фиорда) произошло землетрясение с магнитудой  $m_b = 5.5$  (рис. 1), сопровождавшееся большим количеством афтершоков (Bungum et al., 1982). В ближайших окрестностях эпицентральной зоны (прямоугольник 40x15 км) с 1977 по 1984 гг. было зарегистрировано более 2000 толчков с магнитудами до 3.5 (Пансенко и др. 1985), но. сильных землетрясений в районе не происходило вплоть до 2003 г., когда 4 июля в 07:16:43 UT в желобе Зюйдкапп произошло землетрясение с  $M_w = 5.4$  (рис. 1). Это событие не индуцировало большого количества афтершоков. Затем в районе в течение 6 лет наблюдалось затишье, которое закончилось 21 февраля в 02:46:17.41UT, когда произошло сильнейшее за всю столетнюю историю сейсмического мониторинга в Западной Арктике землетрясение с магнитудой  $M_w = 6.1$ . После главного толчка в 2008 году было зарегистрировано более 3000 афтершоков с  $ML > 1$ , и вплоть до настоящего времени (март 2010 г.) сейсмическая активность в Стур-фьорде не опустилась до фонового уровня.

Афтершоковые серии такой длительности во внутриплитных обстановках достаточно редки. Наиболее изученный пример их в пределах Западно-Европейской платформы описан в Богемии (Чехия). В 1994 г. здесь было зарегистрировано приблизительно 500 землетрясений с  $ML < 2.2$  (Weise et al 2003); в 1997 г. – более чем 1600 землетрясений с магнитудами меньше 3 (Spicak et al 2001); в 2000 г. – несколько тысяч землетрясений с магнитудами  $< 3.3$  (Fischer et al 2005).

Афтершоковая область землетрясения 21.02.2008 в Стур-фьорде локализована в районе, ограниченном окружностью радиусом 50 км (рис. 1) с координатами центра  $77.1^\circ$  С.Ш. и  $19.5^\circ$  В.Д. (Баранов и др. 2008). Для обнаружения и локации землетрясений в

исследуемой области была применена система автоматического детектирования и локации сейсмических событий (UDL) по данным норвежской сейсмической группы SPI (Асминг и др. 2010). К настоящему времени обработаны данные за 01.01.2008-10.03.2010 г. Предварительные результаты приведены в работе Федорова А.В. (Федоров и др. 2010). Согласно закону Гуттенберга – Рихтера (Gutenberg et al., 1944), полученный каталог является представительным для магнитуд больше -0.2 (рис. 2). Каталог использован для анализа пространственно-временной структуры афтершоковой серии и очагового роя Стур-фиорда.

После сильного землетрясения 21.02.2008 в Стур-фиорде отчетливо проявилось значительное увеличение сейсмичности по классическому типу «основной толчок – афтершоки» (рис. 3), при этом афтершоковая активность подчиняется закону Омори (Omori 1894) и задается соотношением (Utsu 1961):

$$n(t) = \frac{K}{(t + c)^p}, \quad (1)$$

где  $t$  – время, прошедшее после основного толчка;  $n(t)$  – число афтершоков в момент времени;  $K, c, p$  – постоянные, которые должны быть определены из конкретных данных.

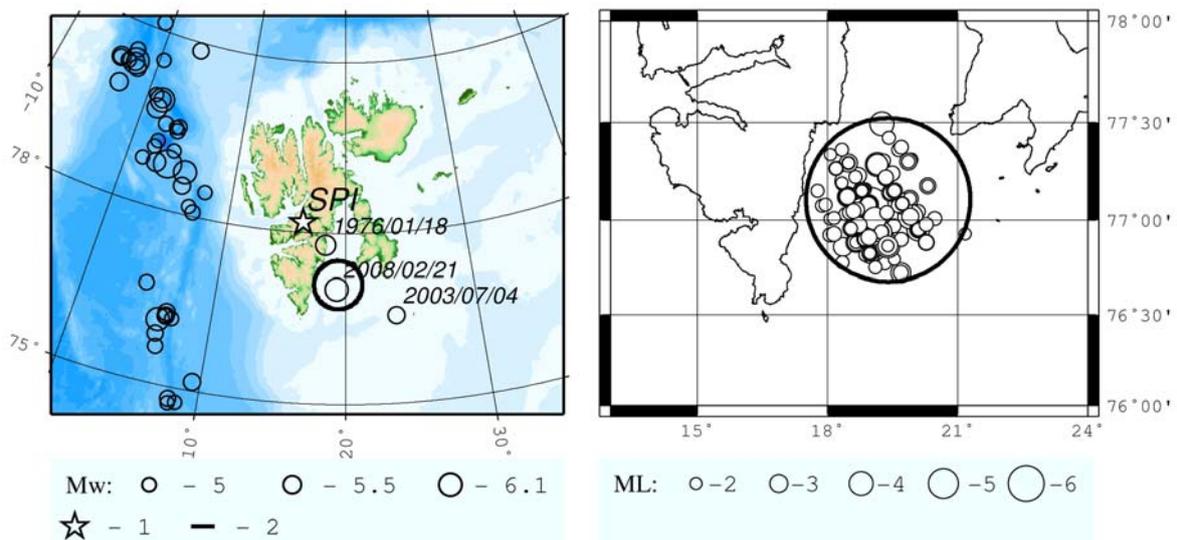


Рис. 1. Левая карта – землетрясения с магнитудой  $M_w \geq 5$ , произошедшие за период с 1976 по 2009 гг. в районе Шпицбергена (1 – сейсмическая группа SPI, 2 – район исследования – пролив Стур-фьорд). Правая карта – землетрясения с  $M_L > 2$ , произошедшие в исследуемом районе с 21.02.2008 по 10.04.2010).

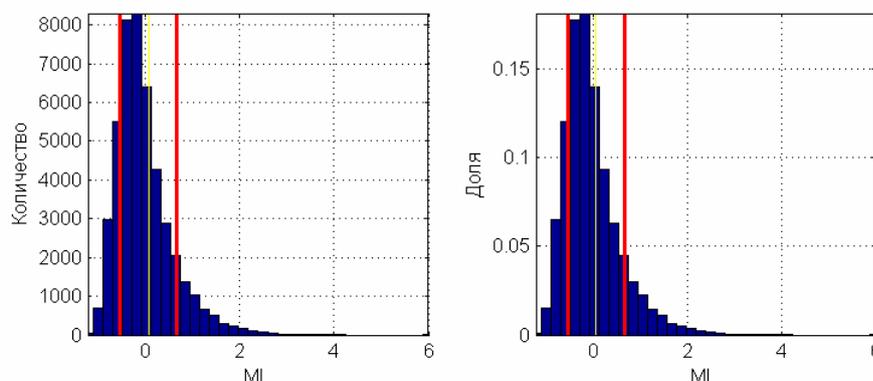


Рис. 2. Гистограмма магнитуд сейсмических событий из афтершоковой области, обнаруженных и обработанных системой UDL за период с 21.02.2008 по 10.04.2010.

Подбор констант в (1) методом наименьших квадратов показал, что для всей совокупности событий ( $-0.2 \leq ML \leq 6$ ) закон Омори не выполняется. Несмотря на большое значение коэффициента корреляции  $r = 0.9$ , имеется большая среднеквадратичная ошибка  $MSE = 1976.9$  и присутствует значимая автокорреляция в остатках вплоть до 40-го лага. Путем пошагового увеличения нижнего порога магнитуд в (1) было установлено, что полное соответствие закону Омори достигается лишь для событий с магнитудами  $ML \geq 2$ :  $K = 25 \pm 2.3$ ,  $c = -51.9 \pm 0.03$ ,  $p = 0.7 \pm 0.04$ ,  $MSE = 1.3$ ; автокорреляция в остатках отсутствует (рис. 4).

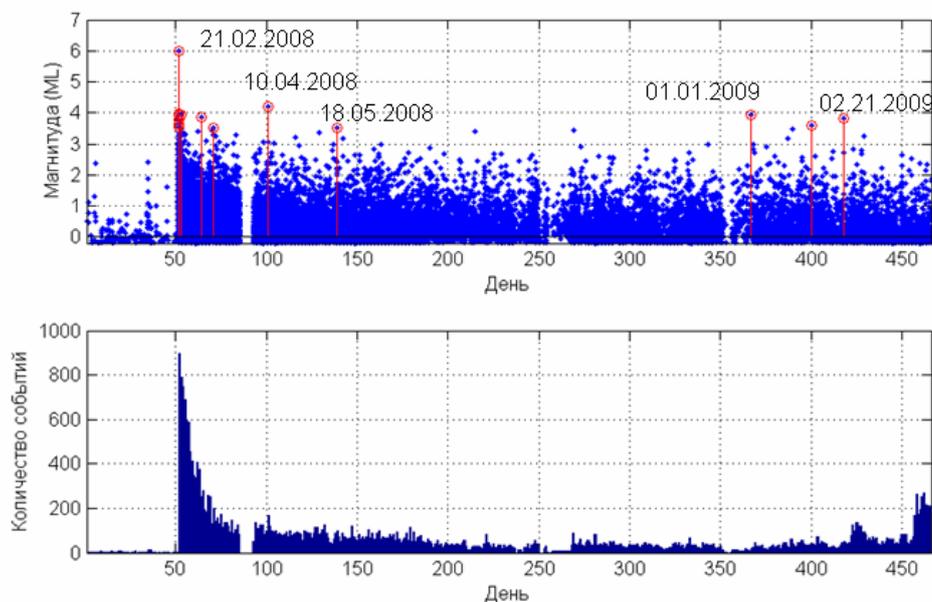


Рис. 3. Магнитуды сейсмических землетрясений, произошедших в проливе Стур-фьорд по дням года начиная с 01.01.2008 (красным выделены значения магнитуд больше 3.5) и количество сейсмических событий по дням года.

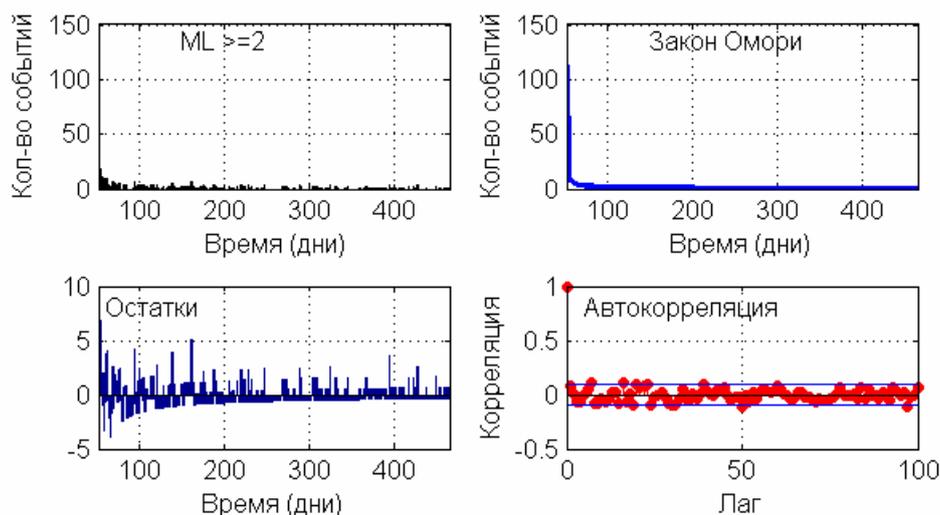


Рис. 4. Закон Омори (1) для землетрясений с  $ML \geq 2$  из афтершоковой области (дни отсчитываются от основного толчка 21.02.2008). Оценки параметров с 95% доверительным интервалом:  $K = 25 \pm 2.3$ ,  $c = -51.9 \pm 0.03$ ,  $p = 0.7 \pm 0.04$ ,  $MSE = 1.3$ .

Почему (1) не выполняется для всех событий? Этот закон бы предложен в 1894 г. (*Omori 1894*). В оригинальной формулировке отсутствовал показатель степени ( $p$  в (1)). Утсу (*Utsu 1961*) показал, что авторская формулировка не описывает многие последовательности афтершоков и предложил вид (1). Утсу и Омори работали с данными аналоговой регистрации и можно предположить, что слабые события не учитывались при анализе. С другой стороны, закон Омори и его базовая формула (1) были разработаны при статистическом анализе пространственно-временной структуры землетрясений тектонической природы со сдвиго-сбросовым механизмом генерации очагов в западно-тихоокеанско субдукционном поясе. Если афтершоки имеют не тектоническую природу, то их серии не будут подчиняться закону Омори. Такие процессы лучше описываются ETAS-моделью (*Ogata 1988 1993*), которая особенно подходит для анализа роев сложной природы, в которых тектонические эффекты сочетаются с разрядкой полей напряжений, вызванных вариациями флюидного режима коры. Примером такой тектоно-флюидной серии служит рой мелкофокусных землетрясений в Богемии, где тектонические подвижки по разломам вызвали ряд сильных толчков, нарушивших в нижних этажах кристаллического фундамента платформы дренажные системы восходящего потока мантийных флюидов, что привело к периодическому накоплению и неоднократной взрывной разгрузке флюидных резервуаров, отразившихся в общей картине сейсмичности в виде серии слабых землетрясений (*Hainzl et al 2005; Spichak, 2001; Weis et al., 2001*). По аналогии можно предположить, что и в Стур-фьорде афтершоки с  $ML \geq 2$  имеют тектоническую природу, а не укладывающиеся в закон Омори толчки с  $ML < 2$  обусловлены нарушениями флюидного режима в осадочном покрове морского дна.

Принятие этого допущения позволяет предложить два сценария развития сейсмогенных процессов в Стур-фиорде. Мелкофокусное тектоническое землетрясение 21.02.2008 с  $M_w = 6.1$  имело сдвиго-сбросовый механизм и инициировало в эпицентральной области «встряску» поверхностных слоев морского дна с интенсивностью 9-10 баллов по шкале МСК-64., что привело к нарушению установившегося за годы покоя флюидодинамического равновесия в осадочной толще морского дна и/или в ее консолидированном в Стур-фьорде. Далее возможны два варианта развития событий. Первый вариант аналогичен богемскому: флюиды поднимаются из мантии к поверхности, восстанавливая заново нарушенную дренажную систему за счет изменения локальных полей напряжений. Процесс развивается по механизму самоорганизации и сопровождается формированием на разных глубинах насыщенных флюидами временных резервуаров с аномально повышенным давлением, приводящим к периодическому взламыванию плохо проницаемой кровли в те моменты, когда ее механическая прочность снижается вследствие диффузионной флюидизации. Этот сценарий допускает наличие под афтершоковой областью разрастающегося в мантийном этаже магматического очага с повышенным флюидосодержанием, за счет которого в ближайшем будущем в Стур-фиорде может сформироваться вулканический комплекс, подобный голоценовому вулкану Сверре на северном побережье о-ва Зап. Шпицберген (*Евдокимов 2000*). Проверочными критериями для этого предположения могут стать данные о повышенном тепловом потоке в афтершоковом ареале, высокое отношение изотопов  $He^3/He^4$  в газовых струях, прорывающихся сквозь осадочную толщу дна, а также выявление глубинных гипоцентров землетрясений (глубже 30 км).

Второй сценария развития афтершоковой серии основан на предположении, что начальный мощный толчок 21.02.2008 вызвал разрушение кристаллических структур в слое газогидратов, залегающих на Шпицбергенском участке шельфа на малых глубинах (порядка 100-300 м от поверхности дна практически повсеместно). Газогидраты представляют собой

хрупкую конструкцию, в которой матрица из игольчатых кристаллов льда, как губка, насыщена конденсированным метановым флюидом. Устойчива эта матрица в узком диапазоне температур и давлений при полном отсутствии стресса, поэтому при самых незначительных изменениях напряженного состояния осадочного покрова или термодинамического поля в придонном слое происходит локальное разрушение газогидратных блоков с увеличением их объема в 160-200 раз и образованием под глинистыми покрывками четвертичных осадков газовых пузырей с аномально высоким давлением (Дмитриевский и др. 2009; Judd, 2007). При прорыве пузырей и струй к поверхности на дне моря формируются многочисленные покмарки и поля грязевых вулканов, крупнейшие из которых на Шпицбергенско-Медвежийском сегменте шельфа достигают в поперечнике 1 км (Judd, 2007; Forwick et al 2009). Логично предположить, что в эпицентральном области Стурфиордского землетрясения массовое разрушение кристаллического скелета газогидратов должно было охватить всю эпицентральною область. В этом случае процесс разгрузки метана, высвобождаемого из газогидратов в виде газовой фазы, также должен развиваться по механизму самоорганизации, поскольку при прекращении механического воздействия в тех участках дна, где параметры температуры и давления не выходят за пределы поля устойчивости газогидратов должна вновь начаться кристаллизация водно-метановой твердой фазы. Процесс может повторяться многократно в пульсирующем ритме: разрушение газогидратного блока вследствие тектонического землетрясения – формирование газового пузыря – прорыв газа к поверхности с образованием грифонов и грязевых вулканов – залечивание канала новообразованной газогидратной пробкой и новый цикл с уменьшающейся интенсивностью под воздействием очередного афтершока тектонической природы. В отличие от первого сценария, в этом варианте будут доминировать малоглубинные очаги землетрясений, в газовых выбросах захваченный из осадков гелий будет иметь «радиогенную» изотопную метку, а над самозакупоривающимися каналами будут возникать временные отрицательные аномалии теплопотока вследствие эндотермичности процесса кристаллизации газогидратов.

Очевидно, что афтершоковый ареал Стурфьордского землетрясения 2008 года заслуживает дальнейшего комплексного исследования, которое даст возможность верифицировать предложенные альтернативные сценарии и тем самым пролить свет на характер современных процессов деструкции континентальной коры на границе Карско-Баренцевоморской платформы с областью молодого океанообразования в Норвежско-Гренландском и Евразийском бассейнах.

### Список литературы :

1. Асминг В.Э., Федоров А.В. Об одном новом подходе к обработке данных сейсмической группы, 2010, настоящий сборник.
2. Баранов С.В. Асминг В.Э., Виноградов А.Н. Землетрясение 21.02.2008 в Стур - фиорде, архипелаг Шпицберген // Материалы. Всерос. конф. "Северные территории России: проблемы и перспективы развития", 23–26 июня 2008 г. – Архангельск: Ин-т эколог. проблем Севера УрО РАН, 2008, с. 77 – 80.
3. Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е. Газогидраты морей и океанов – источник углеводородов будущего. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2009. – 416 с.
4. Евдокимов А.Н. Вулканы Шпицбергена. – СПб: ВНИИОкеангеология, 2000. 123 с.
5. Панасаенко Г.Д., Кременецкая Е.О., Аранович З.И. Землетрясения Шпицбергена. – Москва, 1987, 83 с.

6. Фёдоров А.В., Асминг В.Э., Евтюгина З.А. Первые результаты обработки данных по сейсмическому процессу в зоне Стур-фиорд, архипелаг Шпицберген, 2010, настоящий сборник.
7. Шипилов Э.В. Тектоника осадочного чехла и фундамента северо-запада Баренцевоморской континентальной окраины (шельф архипелага Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена, Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2002, с. 86-100.
8. Bungum, H., Mitchell, B.J. and Kristofferson, Y., 1982, Concentrated earthquake zones in Svalbard // *Tectonophysics*, v. 82: 175 – 188.
9. Forwick, M., Baeten, N.J. & Vorren, T.O., 2009, Pockmarks in Spitsbergen fjords // *Norw. J. Geol.*, v. 89, pp. 65-77.
10. Gutenberg B., Richter C. F., 1944, Frequency of earthquakes in California // *Bull. Seism. Soc. Am.*, v.34, 185-188.
11. Judd A., Hovland M., 2007, Seabed fluid flow. The impact on geology, biology, and the marine environment. - Cambridge University Press. - 476 pp.
12. Hainzl S., Ogata Y., 2005, Detecting fluid signals in seismicity data through statistical earthquake modeling. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, B05s07, Doi:10.1029/2004jb003247.
13. Ogata, Y. , 1988, Statistical models of point occurrences and residual analysis for point processes. *J. Am. Stat. Assoc.*, 83, 9– 27.
14. Ogata, Y., 1993, Fast likelihood computation of epidemic type aftershock sequence model, *Geophys. Res. Lett.*, 20, 2143– 2146.
15. Omori F., 1894. On the aftershocks of earthquakes. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo.*, 7, 111–200.
16. Spichak A., Horalek J., 2001, Possible role of fluids in the process of earthquake swarm generation in West Bohemia/Vogland seismoactive region. *Tectonophysics* 336, 151-161.
17. Utsu T., 1961, A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geoph. Magazine*, 30, 521-605.
18. Weise S.M., Brauer, K., Kampf H., Strauch G., Koch U., 2001, Transport of mantle volatiles through the crust traced by seismically release fluids: a natural experiment in the earthquake swarm area Vogland/NW Bohemia, Central Europe. *Tectonophysics* 336, 137-150.

## ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ О СЕЙСМИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ В ЗОНЕ СТУР-ФИОРД, АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН

Фёдоров А.В.<sup>1</sup>, Асминг В.Э.<sup>1</sup>, Евтюгина З.А.<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Кольский филиал геофизической службы РАН г. Анатиты, <sup>2</sup>МГТУ, Анатитский филиал, кафедра геоэкологии, [AsmingVE@mail.ru](mailto:AsmingVE@mail.ru), [Andrey\\_V\\_Fedorov@inbox.ru](mailto:Andrey_V_Fedorov@inbox.ru), [zina\\_evt@mail.ru](mailto:zina_evt@mail.ru))

**Abstract.** One of the biggest known intraplate earthquakes in the Arctic occurred in Storfjorden (south Spitsbergen) 21.02.2008. It had a magnitude  $M=6$  and started an aftershock sequence which continues during more than 2 years. Notable, that distribution of aftershocks is in agreement with Omori law only for events with  $M>0$ . Possibly that some of small events arise from some magmatic process caused by strong tectonic earthquake.

Архипелаг Шпицберген и прилегающие территории характеризуются высоким уровнем сейсмической активности. Выделяют три основные активные зоны: зона спрединга к западу от архипелага, Северо-Восточная земля и зона Стур-Фиорд.

Два самых сильных из известных к настоящему времени внутриплитовых землетрясений Арктики произошли в Стур-Фиорде.

Первое из них – событие 18 января 1976 года, имело магнитуду  $M=6$  и нанесло заметный ущерб инженерным сооружениям норвежских и советских угольных шахт. Нужно отметить, что до этого Шпицберген считался сейсмически относительно спокойным регионом. Однако после этого события интерес мирового сейсмологического сообщества к данному району значительно усилился. В последующие летние сезоны на архипелаге проводились исследования сейсмичности при помощи временных сетей сейсмостанций, а впоследствии появилась и постоянная региональная сеть.

Второе, подобное по магнитуде, землетрясение произошло 21 февраля 2008 года в 02.46 (UTC) в заливе Стур-Фиорд, его эпицентр находился примерно в 155 км к юго-востоку от административного центра Шпицбергена – посёлка Лонгьирбюен. Магнитуда, оцениваемая по записям далёких станций, даёт значения  $M \sim 5.9-6.1$ , для большинства же региональных станций амплитуда колебаний сейсмических волн этого события лежала за рамками максимально допустимой, другими словами, датчики этих станций зашкалило. Оценка глубины очага землетрясения даёт достаточно противоречивые результаты и в настоящее время принята нами равной 30-35 км, что соответствует глубине границы Мохо для данного региона.

В посёлках и на рудниках Шпицбергена к каким-либо значительным разрушениям это землетрясение не привело, однако, породило афтершоковую последовательность, подобной которой в Арктике ещё не наблюдалось. В первые дни было зарегистрировано порядка 900 толчков. Затем интенсивность процесса несколько снизилась, но афтершоковые события отмечаются и по сей день.

Первоначально, для анализа последовательности, планировалось воспользоваться автоматическим каталогом GBF норвежского сейсмологического института NORSAR, однако сразу же выявилась недостаточная для детального исследования полнота каталога и точность локации содержащихся в нём событий. В связи с этим нами было принято решение обработать данные Шпицбергеновской сейсмической группы (SPI) самостоятельно.

Для обработки полученных данных был разработан детектор-локатор с применением новых алгоритмов детектирования и локации событий [1].

Ниже приведены результаты обработки данных первых 15 месяцев (с 1 января 2008 года по 10 апреля 2009) афтершокового процесса. Необходимо отметить, что результат

работы детектора-локатора проверялся интерпретатором на наличие ложных срабатываний и показал достоверность результатов выше 95% для событий всех магнитуд. Кроме того, полученный каталог проверялся на представительность, путём сравнения с уточнённым интерпретатором каталогом RRB (NORSAR), содержащим события с магнитудой больше 2. Результат получился не в пользу RRB: обнаружен целый ряд событий (одно из которых с  $M=3$ ) отобранных новым детектором и отсутствующих в уточнённом норвежском каталоге.

На рисунке 1,а показано распределение количества событий по дням (для всего диапазона магнитуд от -1.2 до 4.2). Общее число задетектированных за этот период событий - более 54 000.

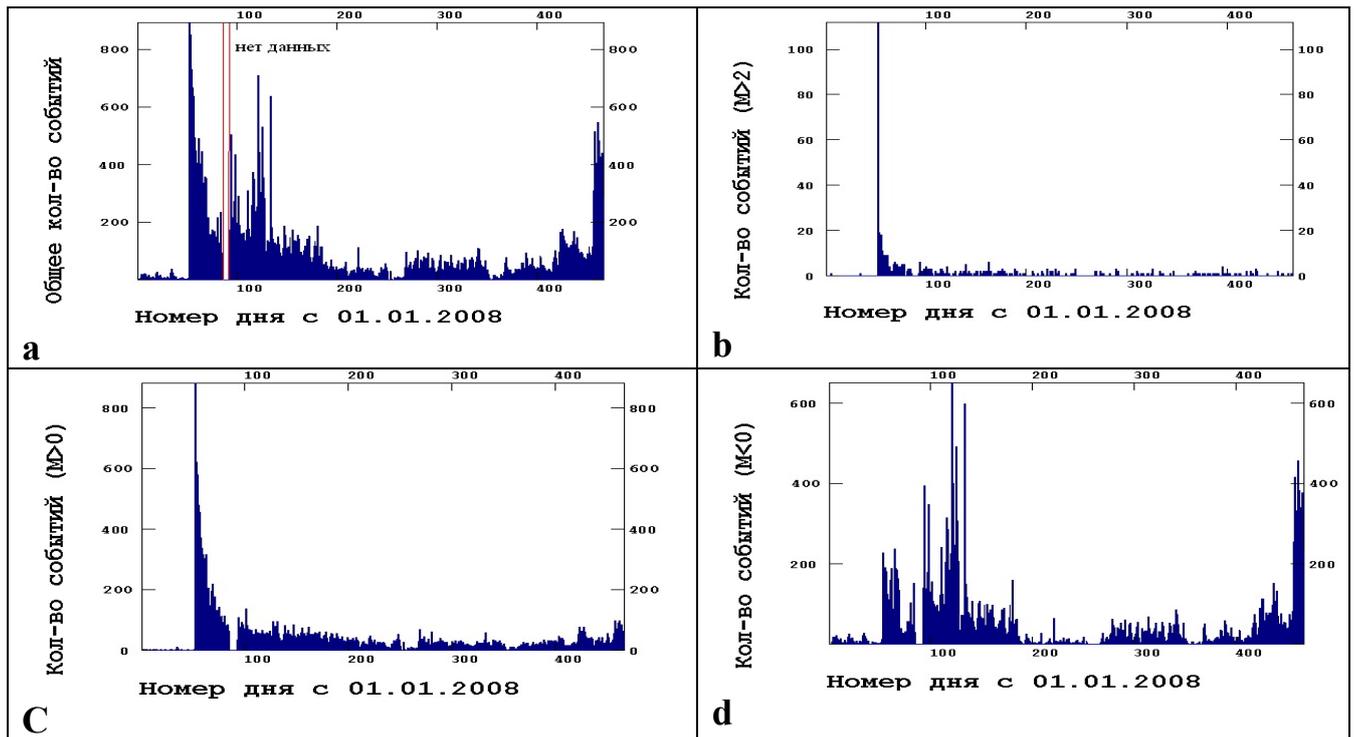


Рис. 1. Распределение количества событий по дням. а) – все магнитуды; б) – события с магнитудой  $>2$ ; с) – события с магнитудой  $>0$ ; д) – события с магнитудой  $<0$ ;

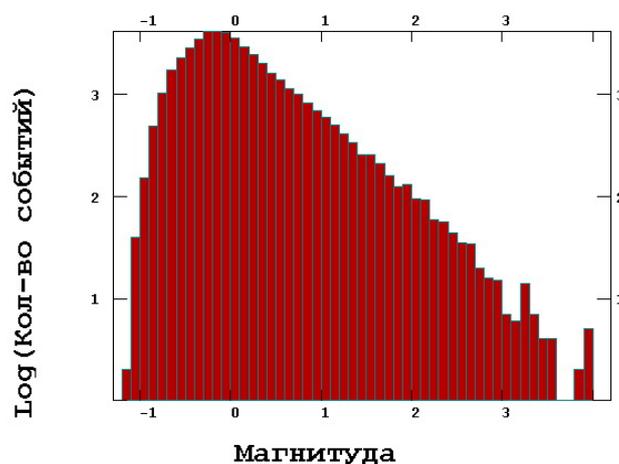


Рис. 2. Распределение логарифма количества афтершоков по магнитуде.

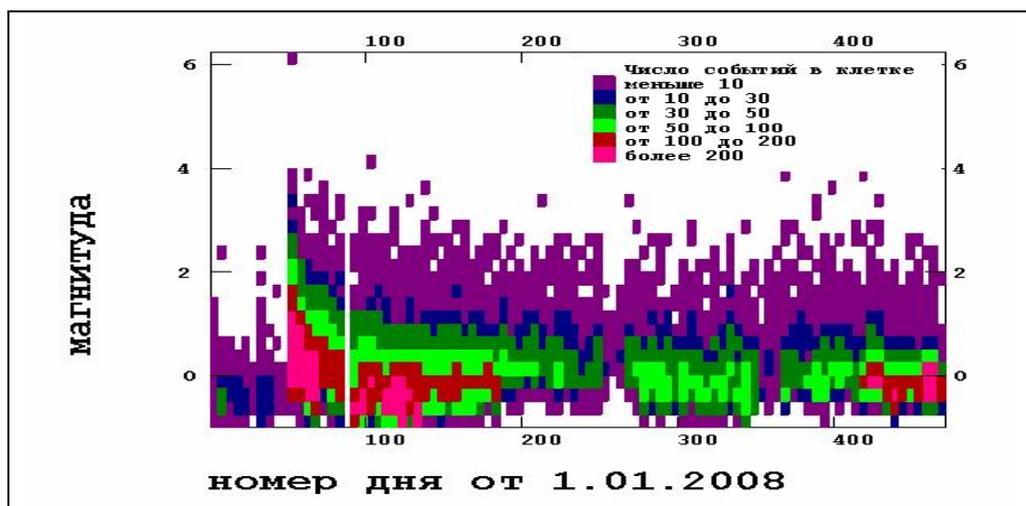


Рис. 3. Количественное распределение событий по магнитудам со временем

По результатам анализа распределения количества афтершоков по времени было установлено, что для событий с  $M > 2$  (рис. 1,b) процесс развивается абсолютно в соответствии с законом Омори [2], описывающим гиперболическую зависимость уменьшения частоты возникновения афтершоков со временем. Это может свидетельствовать о тектонической природе главного толчка и порождённых им сильных афтершоках.

Также, начиная с магнитуды  $-0.2$ , проявляется чёткое соответствие с другим эмпирическим законом - Гутенберга-Рихтера [3], утверждающим, что логарифм частоты возникновения землетрясений обратно пропорционален их магнитуде (рис 2).

На рисунке 3 показано распределение магнитуд всех событий по времени. Примечательно поведение слабых событий с отрицательными магнитудами. Заметны периоды (с 150 по 300 и с 340 по 440 дни) когда наблюдается значительное уменьшение таких событий.

Вызывает интерес то, что распределение слабых событий (рис. 1,d) не удовлетворяет ни одному из указанных выше законов. Причём их активизация возникает со значительной задержкой после главного толчка. В связи с этим можно предположить, что они имеют природу отличную от сильных событий, то есть не являются как таковыми афтершоками, а представляют собой так называемые рои землетрясений. Механизмы, породившие их, пока не ясны, но выдвинута гипотеза, что сильное тектоническое событие могло инициировать некие магматические процессы, проявившиеся в слабой сейсмичности.

### Список литературы:

1. Асминг В. Э. Фёдоров А. В. Об одном новом подходе к обработке данных сейсмической группы. В настоящем сборнике.
2. Utsu, T., (1961) A statistical study on the occurrence of aftershocks, Geophysical Magazine, 30, 521-605.
3. Gutenberg, B., and Richter, C. F., (1956) Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, Bull. Seismol. Soc. Am., 46, 105-145.

## DEGLACIATION OF THE BARENTS SEA

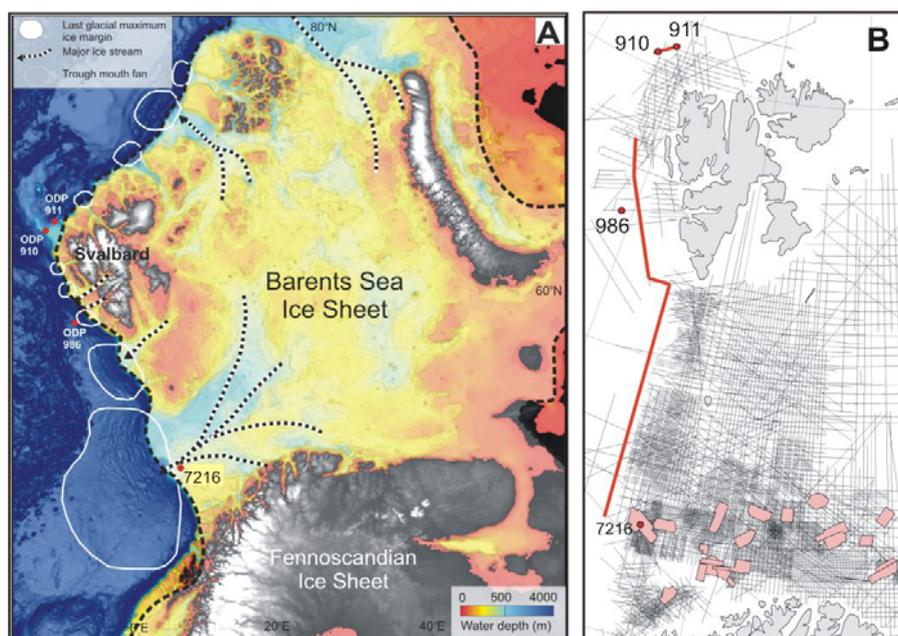
**Andreassen, K. and Winsborrow, M.** (*Tromsø, Norway, University of Tromsø, Department of Geology. karin.andreassen@uit.no*)

Improved reconstructions of the Pleistocene glacial evolution of the Barents Sea area is important for several reasons.

1) Concern has been raised about the impact predicted future global warming will have on the stability of contemporary ice sheets and associate sea-level changes. Of particular concern is the marine-based West-Antarctic Ice Sheet (WAIS), as much of its bed rests below sea level and small changes in its grounding line position could have large consequences for the ice sheet's overall stability. The Barents Sea Ice Sheet (BIS), located at the northern flank of the former Eurasian ice sheets Fig. 1A), offers a good geological analogue to the WAIS. Its beds can reveal important information about the subglacial conditions and glacial dynamics over long time scales, and provide a more accessible source of information on the spatial variability in subglacial processes than measurements of the contemporary ice sheet.

2) During the Pleistocene, extensive glaciations led to erosion of large sediment volumes from continental shelf areas and deposition on the continental slopes. This redistribution of sediment has led to uplift and tilting of underlying traps on continental shelves and large mass movements on the continental margins, and has clearly affected the underlying reservoirs. Improved reconstructions of ice sheet evolution and the resultant glacial erosion and deposition will allow improved assessments of risks to potential Barents Sea hydrocarbon reservoirs.

Here we present results from ongoing studies of the glaciations in the Barents Sea area. The focus of this presentation is patterns of the Late Weichselian deglaciation, and implications for ice-stream dynamics, shutdown and reactivation. More details of the data and results are available in the publications of Andreassen et al. (2004, 2008), Andreassen and Winsborrow (2009) and Winsborrow et al. 2010.



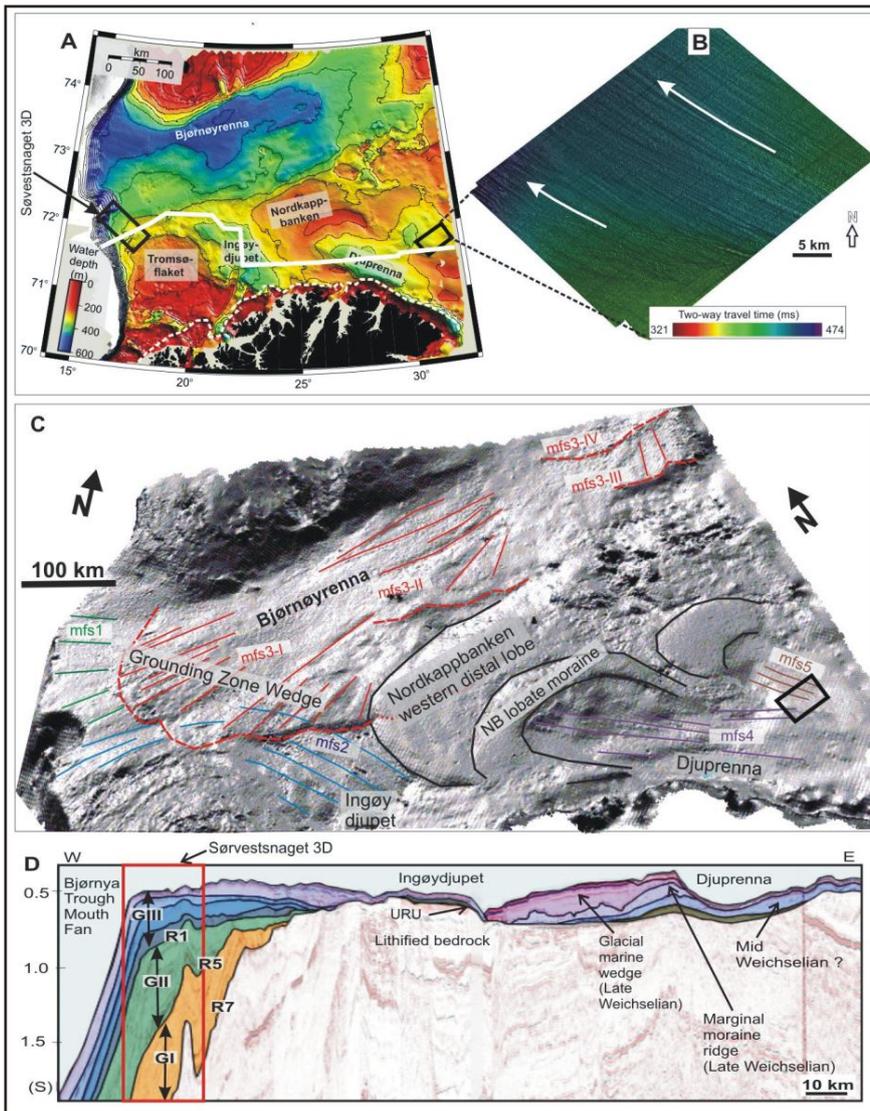
**Fig. 1A.** Maximum glaciation scenario of the Barents Sea Ice Sheet (BIS) and the Fennoscandian Ice Sheet (FIS)

**B.** Data base. 2D seismic profiles (black) and 3D seismic data cubes available (pink boxes). The red line along the western margin indicates location of a composite seismic profile used to construct the seismo-stratigraphic framework of the western Barents Sea - Svalbard margin (Faleide et al. 1996) .

### Deglaciation of the Late Weichselian Barents Sea - Fennoscandian Ice Sheets

The main data base of this study has a dense grid of industry 2D and 3D seismic data (Fig. 1B), available bathymetric data, and, for the onshore areas also satellite images. The sea floor bathymetry (Fig. 2A) and *geomorphology* (Fig. 2C) of the SW Barents Sea, constructed from a dense grid of 2D seismic data (Andreassen et al. 2008) provide a good overall representation of the large-scale geomorphic features and shed new light on the glacial history of this area, while more detailed images are obtained from interpretation of 3D seismic data (e.g. Fig. 2B) and multibeam.

The morphology of the cross-shelf troughs is characterized by elongated ridge-groove features (Figs. 2B and 2C). These are similar to landforms in other formerly glaciated areas described as mega-scale glacial lineations (MSGL; Stokes and Clark 1999), and are interpreted as glacial bedforms produced by fast-flowing ice streams. The MSGL have, based on their spatial coherency and their association with other glacial geomorphic features, been grouped into distinct flow sets related to specific ice streaming events (Fig. 2C). Based on mega-scale geomorphic mapping of the data set of Fig. 2C, other available bathymetric data from the continental shelf and fjord areas, as well as satellite onshore data, and datings from sediment cores, the retreat patterns of the Barents Sea and Fennoscandian ice sheets have been reconstructed (Fig. 3; Winsborrow et al. 2010).



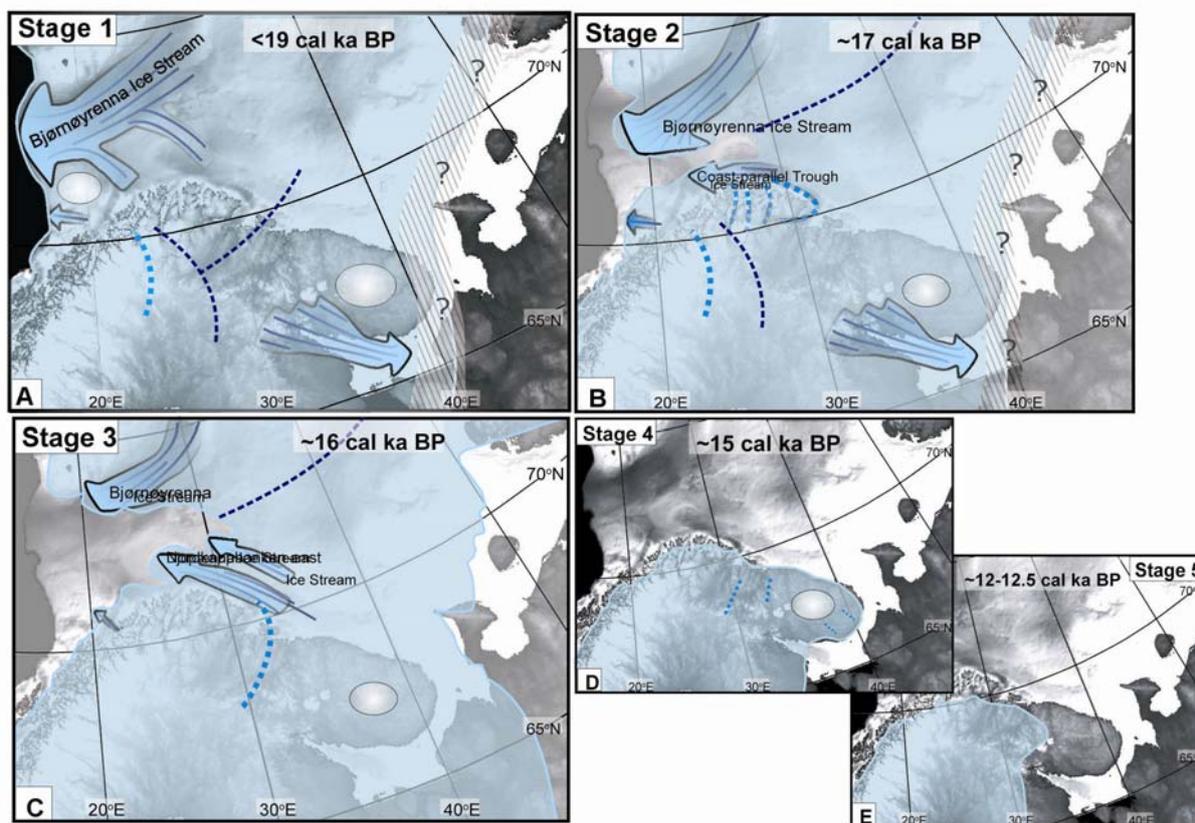
*Fig. 2A. Shaded bathymetric map. The bathymetry is obtained from Statoil, from picks of the sea floor reflection from 2D seismic data*

*B. Shaded relief map of the sea floor, based on 3D seismic data. The white arrows indicate orientation of mega-scale glacial lineations.*

*C. Perspective view of the same data as in (A), viewed from the south with illumination from northwest. The vertical scale is 40× exaggerated. The main morphologic features and the main mega-scale lineation flow sets mfs1 to mfs5 are indicated.*

*D. Geoseismic profile with location as indicated by the white line in (A).*

*Modified from Andreassen et al. 2008.*

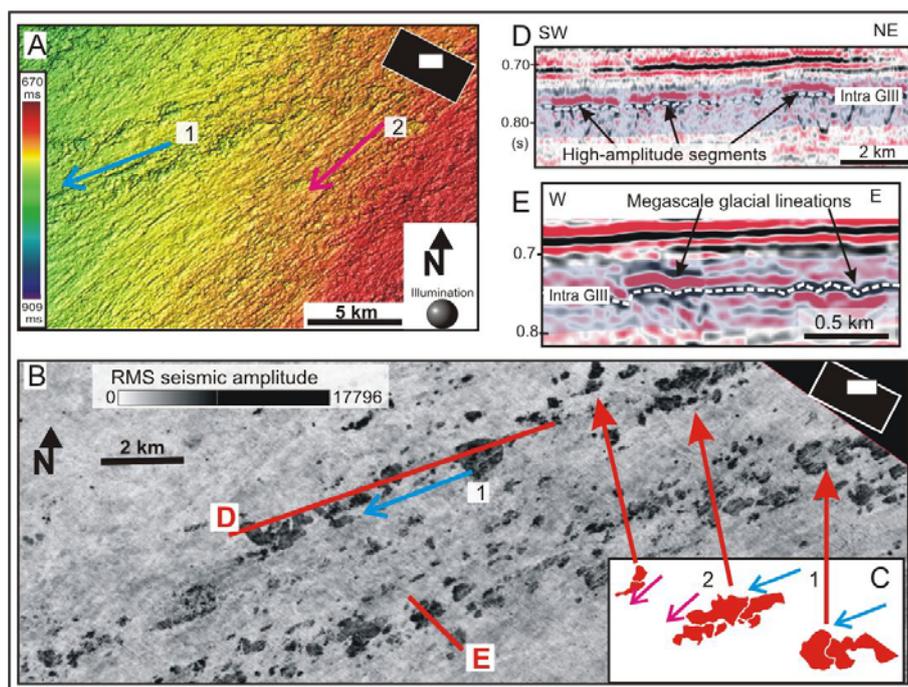


**Figure 3.** Five-stage reconstruction of the Late Weichselian maximum and subsequent deglaciation of the southern Barents Sea based on onshore and offshore megascale geomorphic mapping. Ice streams are shown as large blue arrows, warm based ice as white discs and possible ice divides as dashed dark blue lines. More details about what this reconstruction is based on can be found in the publication of Winsborrow et al. 2010.

### Mechanisms for deglaciation of the marine-based Barents Sea Ice Sheet

Deglaciation of the Barents Sea coincided with, and was likely triggered by rising global eustatic sea levels. The observed patterns of MSGL and grounding zone wedges which characterize the Bjørnøyrenna Ice Stream bed are consistent with episodic retreat, with the ice margin intermittently grounded. The retreat of this major ice stream has previously been presented as a simple east- and northwards withdrawal of the ice margin (e.g. Landvik et al. 1998; Siegert and Dowdeswell 2004), but our results indicate that deglaciation likely occurred by a series of rapid retreats, followed by periods of relative ice margin stability and/or short-lived readvances.

This pattern is consistent with the internal structures of sub-ice stream till units revealed by 3D seismic data (e.g. Andreassen et al. 2004; Andreassen and Winsborrow 2009). Megablocks and rafts have been identified in these units (Fig. 4B) indicative of freezing-on during a phase of ice-stream quiescence. The megablocks have, however been transported, pulled apart and overprinted by MSGL (e.g. Figs 4A and 4E), consistent with a period of rapid ice-stream flow (Andreassen and Winsborrow 2009). This pattern is repeated throughout the sub-ice stream tills, indicating several cycles of quiescence and fast ice-stream flow. We suggest that the pacing of this episodic retreat was caused by a combination of sea level changes and internal glaciological controls which triggered till stiffening due to subglacial freezing (e.g. Bougamont et al. 2003; Winsborrow et al. 2010).



**Fig. 4A.** Illuminated shaded relief image of seismic horizon Intra GIII, the uppermost sediment package of Fig. 2D of the Sørvestsnaget 3D (Fig. 2A)

**B.** RMS of the seismic amplitude of the volume indicated by the shaded bands in (D) and (E). The dark areas represent megablocks and rafts of different sediment type than the surrounding material. The blue arrow indicates orientation of chains of sediment blocks.

**C.** Sketch illustrating that many of the sediment blocks of (B) fit together like parts of a jig-saw puzzle.

**D and E.** Seismic sections with location as indicated in (B).

From Andreassen and Winsborrow 2009.

Deglaciation in Bjørnøyrenna was accompanied by a build-up of the eastern sector of the BIS and FIS around 16.000 cal yrs ago (Fig. 3). The larger proportion of land-based ice and its more continental location would have made this sector less sensitive to sea level and climate changes, compared with the Atlantic margin. As deglaciation progressed along the ice sheet's western margin, moisture supply to the east would have increased, increasing the accumulation. This increase in ice volume may have been sufficient alone to trigger the readvance of the ice margin associated with the Djuprenna and Nordkappbanken-east Ice Streams at stage 3 (Fig. 3C). With the retreat of ice margins onshore in stages 4 and 5 the rate of deglaciation slowed dramatically, with ice loss achieved by melting rather than calving. The ice sheet is likely to have been relatively thin at this time, and increasingly topographically controlled.

Based on the observed patterns of retreat of the BIS, we deduce that a common pattern of deglaciation of marine-based ice sheets is for rapid but step-wise retreat of the ice margin across the continental shelf, associated with large, rapid fluctuations in ice streams. This will continue until the ice margin retreats onshore, and then any further retreat will occur at a far reduced rate.

### Acknowledgements

This is a contribution to the Petromaks program *Glaciations in the Barents Sea area (GLACIBAR)* funded by the Research Council of Norway, BG Group, Det Norske and Statoil.

### References:

1. Andreassen, K. & Winsborrow, M. 2009: Signature of ice streaming in Bjørnøyrenna, Polar North Atlantic, through the Pleistocene and implications for ice-stream dynamics. *Annals of Glaciology* 50, 17-26.
2. Andreassen, K.A., Nilssen, L.C., Rafaelsen, B. & Kuilman, L. 2004: Three-dimensional seismic data from the Barents Sea margin reveal evidence of past ice streams and their dynamics. *Geology* 32, 729-732.
3. Andreassen, K., Laberg, J.S. & Vorren, T.O. 2008: Seafloor geomorphology of the SW Barents Sea and its glaci-dynamic implications. *Geomorphology* 97, 157-177.

4. Bougamont, M., Tulaczyk, S. & Joughin, I., R. 2003. Numerical investigations of the slow-down of Whillans Ice Stream, West Antarctica: is it shutting down like Ice Stream C? *Annals of Glaciology* 37, 239-246.
5. Faleide, J.I., Solheim, A., Fiedler, A., Hjelstuen, B.O., Andersen, E.S. & Vanneste, K., 1996: Late Cenozoic evolution of the western Barents Sea – Svalbard continental margin: *Global and Planetary Change* 12, 53–74.
6. Jakobsson, M., Macnab, R., Mayer, L., Anderson, R., Edwards, M., Hatzky, J., Schenke, H.W. & Johnson, P. 2008: An improved bathymetric portrayal of the Arctic Ocean: Implications for ocean modeling and geological, geophysical and oceanographic analyses. *Geophysical Research Letters* 35, L07602, doi:10.1029/2008GL033520.
7. Knies, J., Matthiessen, J., Vogt, C., Laberg, J.S., Hjelstuen, B.O., Smelror, M., Larsen, E., Andreassen, K., Eidvin, T. & Vorren, T.O. 2009: The Plio-Pleistocene glaciation of the Svalbard/Barents Sea region: a new model based on revised chronostratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 28, 812-829.
8. Laberg, J.S., Andreassen, K., Knies, J., Vorren, T.O. & Winsborrow, M. 2010: Late Pliocene – Pleistocene development of the Barents Sea Ice Sheet. *Geology* 38, 107-110.
9. Landvik, J.Y., Bondevik, S., Elverhoi, A., Fjeldskaar, W., Mangerud, J., Salvigsen, O., Siegert, M.J., Svendsen, J.I. & Vorren, T.O. 1998. The last glacial maximum of Svalbard and the Barents Sea area: Ice sheet extent and configuration. *Quaternary Science Reviews* 17 (1-3), 43-75.
10. Siegert, M.J. & Dowdeswell, J.A. 2004. Numerical reconstructions of the Eurasian ice sheet and climate during the Late Weichselian. *Quaternary Science Reviews* 23 (11-13), 1273-1283.
11. Stokes, C.R. & Clark, C.D. 1999: Geomorphological criteria for identifying Pleistocene ice streams. *Annals of Glaciology* 28, 67-74.
12. Winsborrow, M.C.M., Andreassen, K., Corner, G.D. & Laberg, J.S. in press. Deglaciation of a marine-based ice sheet: late Weichselian palaeo-ice dynamics and retreat in the southern Barents Sea reconstructed from onshore and offshore glacial geomorphology. *Quaternary Science Review*. Doi: 10.1016/j.quascrev. 2009.10.001

## ЭФФЕКТ УСИЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗА СЧЕТ ВЫСЫПАНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Волков М.А. (г. Мурманск, МГТУ, e-mail: [Volkovma@mstu.edu.ru](mailto:Volkovma@mstu.edu.ru))

Взрывная фаза магнитосферной суббури сопровождается усилением  $B_z$  компоненты магнитного поля в хвосте магнитосферы и уменьшением плазменного давления [1]. Этот процесс называется диполяризацией магнитных силовых линий, он начинается в хвосте магнитосферы и за несколько минут охватывает область протяженностью  $\sim 10 R_E$ , приближаясь к Земле со скоростью  $\sim 300$  км/с. Скорость распространения диполяризации магнитных силовых линий больше альвеновской скорости, но заметно меньше магнитозвуковой и совпадает со скоростью электрического дрейфа плазмы в хвосте магнитосферы. Одно из возможных объяснений этого явления связано с образованием плазменных пузырей, давление плазмы в такой магнитной силовой трубке меньше фонового, а магнитное поле, наоборот, больше. Пузыри могут появляться при пересоединении в хвосте магнитосферы [2], или при внезапном ослаблении электрического поля магнитосферной конвекции в конце подготовительной фазы суббури [3]. Пузырь в этом случае связан с интенсивным вытекающим из ионосферы током. Электрическое поле поперек такой структуры повышено, и пузырь движется к Земле. На ионосферном уровне должно наблюдаться движение этой структуры к экватору. В тоже время, авроральные формы во время взрывной фазы суббури движутся не к экватору, а к полюсу. К усилению  $B_z$  компоненты магнитного поля также может приводить торможение магнитных силовых трубок, дрейфующих из хвоста магнитосферы к Земле [4]. Однако, механизм такого торможения не вполне ясен. В настоящей работе предлагается объяснение диполяризации магнитных силовых линий в хвосте магнитосферы неадиабатическим охлаждением магнитных силовых трубок вследствие высыпания заряженных частиц в ионосферу. Плазма является диамагнетиком, поэтому старается вытеснить магнитное поле, если же давление плазмы уменьшается, например, за счет высыпаний, магнитное поле в трубке возрастает. Магнитное поле “вморожено в плазму”, поэтому магнитная силовая трубка сжимается, а давление повышается. Возникает новая конфигурация распределения давления и магнитного поля в хвосте магнитосферы. В работе рассматривается самосогласованное с магнитным полем распределение плазменного давления в хвосте магнитосферы вдоль линии Солнце-Земля (ось X) для двух случаев; в конце подготовительной фазы суббури и после процесса диполяризации магнитных силовых линий. Магнитное поле в хвосте магнитосферы задается модельно, для этого используется модель магнитосферы Цыганенко 96[5]. Влияние магнитосферной конвекции на распределение плазменного давления не учитывается, магнитные силовые трубки не дрейфуют. В этом случае коширота  $\theta$  магнитной силовой трубки до и после диполяризации не меняется и можно вычислить кинетическую энергию заряженных частиц в трубке  $3/2pV$  и энтропию  $S=pV^{5/3}$  до и после диполяризации. Уменьшение кинетической энергии и энтропии должно говорить о неадиабатичности происходящих процессов и высыпании. Согласно наблюдениям [6] диполяризация в хвосте магнитосферы и авроральный *breakup* наблюдаются почти одновременно и на одних и тех же силовых линиях.

В отсутствие конвекции уравнение баланса сил в плазме с магнитным полем имеет вид:

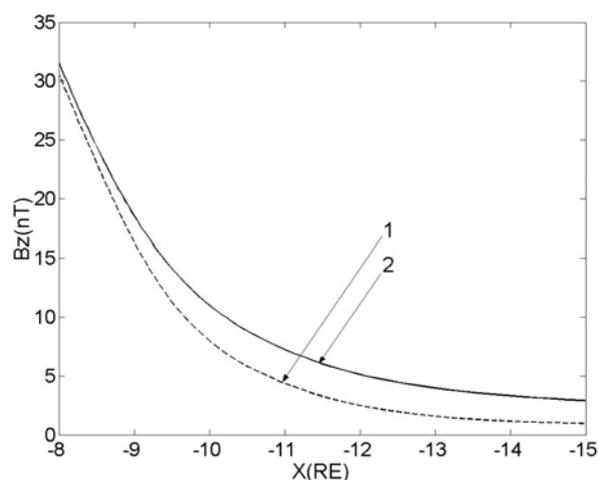
$$-\mu_0 \nabla p + [\text{rot} \vec{B} \times \vec{B}] = 0, \quad (1)$$

где  $\mu_0$ -магнитная проницаемость вакуума,  $p$ -изотропное давление плазмы в магнитосфере,  $B$ -индукция магнитного поля.

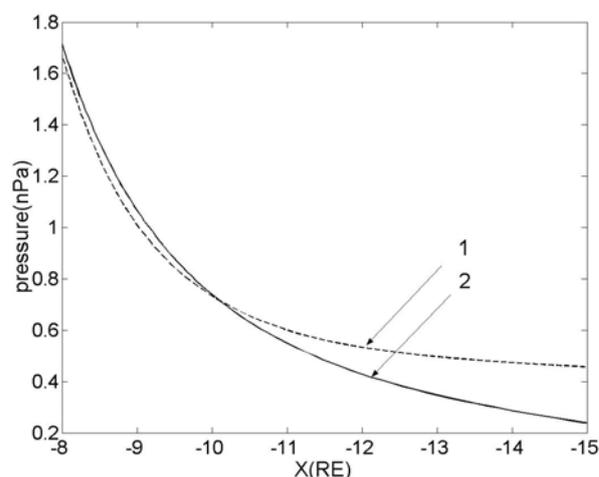
В проекции на  $X$  (ось  $X$  направлена к Солнцу,  $Z$ -к полюсу) уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\mu_0 p + B_z^2 / 2) = B_z \frac{\partial}{\partial z} B_x \quad (2)$$

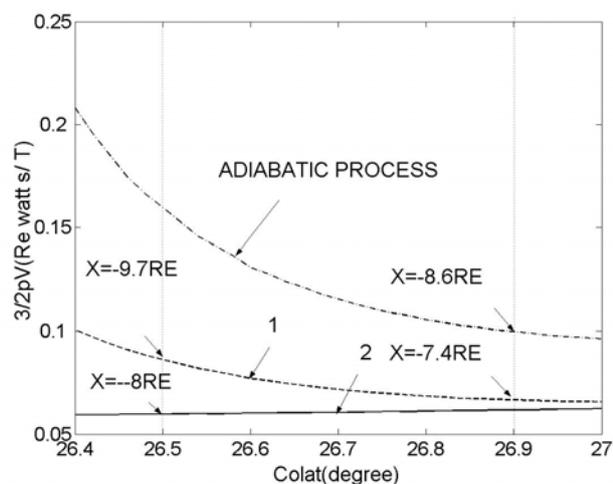
Уравнение (2) решается численно с использованием модели магнитного поля [5]. В данной модели величина тока в хвосте магнитосферы зависит от межпланетного магнитного поля (ММП) и давления солнечного ветра. Для случая, предшествующего диполяризации, принималось значение компоненты ММП  $B_z = -10$  нТ, после  $B_z = -5$  нТ,  $B_y = 0$  в обоих случаях. Давление солнечного ветра 2 нПа. Давление в плазменном слое на кошироте  $\theta = 30^\circ$  в первом и втором случаях задавалось равным 10 нПа. На фиг.1 показано распределение  $B_z$  компоненты магнитного поля в магнитосфере до (1) и после поляризации (2), RE-радиус Земли. На фиг.2 распределения плазменного давления. Усиление  $B_z$  компоненты магнитного поля происходит одновременно с уменьшением плазменного давления  $p$ .



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3

На фиг.3 представлены распределения кинетической энергии заряженных частиц  $3/2pV$  в магнитных силовых трубках и в зависимости от кошироты  $\theta$  до (1) и после диполяризации (2), что позволяет проследить изменение этих величин в магнитных силовых трубках. Из графиков видно, что значение кинетической энергии заряженных частиц заметно уменьшается после диполяризации. На этом же графике приведено значение кинетической энергии частиц в трубках в случае адиабатического процесса.

*Сделаем оценки охлаждения магнитных силовых трубок за счет высыпания частиц.* Ток в дугах полярных сияний может достигать значения  $10 \text{ А/км}^2$ , среднюю энергию высыпающихся частиц примем  $5 \text{ кэВ}$ . Время процесса  $5 \text{ минут}$ . Тогда количество тепла, теряемой магнитной трубкой с единичным магнитным потоком равняется  $0.055 \text{ RE (Вт с/Т)}$ . Этого значения достаточно, чтобы объяснить охлаждение магнитных силовых трубок на расстояниях до  $10 \text{ RE}$ . На больших расстояниях охлаждение происходит более интенсивно, или следует учитывать другие факторы, например, неоднородную магнитосферную конвекцию.

*Выводы.* Высыпания заряженных частиц оказывают влияние на перераспределение давления плазмы и  $B_z$  компоненты магнитного поля в хвосте магнитосферы. Это влияние проявляется как эффект диполяризации магнитных силовых линий. Эффект высыпаний, согласно полученным результатам, существенен на расстояниях не превышающих  $10 \text{ RE}$ . На больших расстояниях охлаждение магнитных трубок трудно объяснить только высыпанием частиц.

#### **Список литературы:**

1. Runov, A., V. Angelopoulos, M.I. Sitnov, V.A. Sergeev, J. Bonnell, J.P. McFadden, D. Larson, K. Glassmeier, and U. Auster, THEMIS observations of an earthward-propagating dipolarization front, Geophysical Research Letters, Vol.36, L14106, doi:10.1029/2009GL038980, 2009.2.
2. Birn, J., J. Raeder, Y. L. Wang, R.A. Wolf, and M. Hesse (2004), On the propagation of bubbles in the geomagnetic tail, Ann.Geophys., 22, 1773–1786.
3. Lyons, L. R., C.-P. Wang, T. Nagai, Substorm onset by plasma sheet divergence, J. Geophys. Res., 108(A12), 1427, doi:10.1029/2003JA010178, 2003.
4. Shiokawa, K., W. Baumjohann, and G. Haerendel (1997), Breaking of high-speed flows in the near-Earth tail, Geophys. Res. Lett., 24, 1179–1182.
5. N.A. Tsyganenko, Modeling the Earth's Magnetospheric Magnetic Field Confined Within a Realistic Magnetopause, J. Geophys. Res., 100, 5599-5612, 1995.
6. Liou, K., C.-I. Meng, A.T.Y. Lui, P.T. Newell, and S. Wing (2002), Magnetic dipolarization with substorm expansion onset, J. Geophys. Res., 107(A7), 1131, doi:10.1029/2001JA000179.

## ВЛИЯНИЕ УЧЕТА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ F-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ

Сергеева А.Ю., Зубова Ю.В., Намгаладзе А.А. (Мурманский государственный технический университет, кафедра физики, y-zubova@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе исследовалось влияние величины колебательной температуры молекул азота  $T_v$  на результаты численного моделирования вариаций электронной концентрации и температуры на высотах F2-слоя. С помощью модели UAM были проведены модельные расчёты для следующих соотношений температур: 1)  $T_v = T_n$ ; 2)  $T_v = 1,25 T_n$ ; 3)  $T_v = 2 T_n$ . Результаты численных экспериментов сопоставлялись с данными наблюдений, полученными радаров некогерентного рассеяния радиоволн в Аресибо, Харькове и Миллстоун Хилле в период 15-18 апреля 2002 года. На основании полученных данных сделан вывод о достаточно сильном влиянии учитываемой разницы в температурах  $T_v$  и  $T_n$  на коэффициенты, определяющие скорость реакции  $O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N$ , и соответственно, на электронную концентрацию и электронную температуру.

### Введение

Электронная концентрация является важной характеристикой F области, оказывая влияние условия распространения радиоволн и, следовательно, на возможность бесперебойной радиосвязи.

Электроны F<sub>2</sub> области исчезают преимущественно в ходе реакции:



Источником поступления ионов  $NO^+$  является реакция



скорость которой зависит как от кинетических температур реагентов, так и от распределения молекулярного азота по колебательным уровням, характеризующегося колебательной температурой в случае больцмановского распределения.

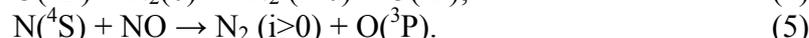
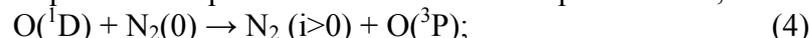
Однако на высотах от ~200 км и с увеличением номера уровня появляются отклонения от больцмановского распределения. Но из-за того, что относительное число молекул  $N_2$  значительно уменьшается с ростом номера уровня, пренебрежение этим отклонением предположительно не сильно влияет на результат на высоте F области. Степень заселённости колебательных уровней  $N_2$  влияет также на скорость охлаждения электронного газа и, следовательно, и на электронную температуру [1]. Наше исследование преследовало цель выяснить влияние учёта колебательного возбуждения молекул  $N_2$ , а также различия температуры нейтралов и колебательной температуры  $N_2$  на результаты модельных расчётов.

### Реакции возбуждения и гашения колебательных уровней $N_2$

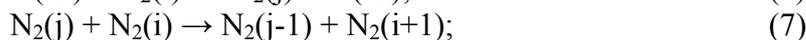
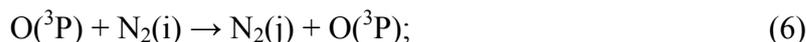
Основными механизмами возбуждения молекулярного азота являются следующие реакции:



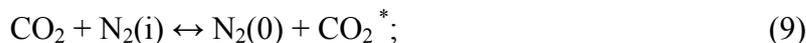
где  $i$  – номер колебательного уровня; направление процесса прямой или обратный зависит от соотношения между энергией электрона и колебательной энергией азота;



Переходы с одного колебательного уровня на другой осуществляются в ходе реакций:



Гашение колебательного уровня  $\text{N}_2$  происходит в столкновениях с молекулами углекислого газа:



прямой процесс можно не рассматривать как сток  $\text{N}_2(i)$  из-за малой концентрации углекислого газа на высоте 350 км, а обратный процесс не эффективен как источник  $\text{N}_2(i)$ , поскольку возбуждение молекулы  $\text{CO}_2^*$  быстро гасится излучением.

Также гашение осуществляется в обратной реакции (3) взаимодействия колебательно-возбуждённого азота с электроном.

### Задание коэффициента скорости реакции $\beta^* = \beta(\text{O}^+, \text{N}_2)$

Настоящее исследование проведено с использованием глобальной численной модели верхней атмосферы Земли (Upper Atmosphere Model – UAM) [2].

Разными авторами были предложены в той или иной степени отличные друг от друга формулы зависимости скорости реакции ионов  $\text{O}^+$  с  $\text{N}_2$  для различных диапазонов температур реагентов [3-7].

Самосогласованная оценка скорости реакции ионов  $\text{O}^+$  с  $\text{N}_2$  и полного потока крайнего ультрафиолетового солнечного излучения проводилась с использованием данных наблюдений, например, радаров некогерентного рассеяния радиоволн [8].

В модели UAM для расчёта коэффициента  $\beta^* = \beta(\text{O}^+, \text{N}_2)$  скорости реакции  $\text{O}^+ + \text{N}_2 \rightarrow \text{NO}^+ + \text{N}$  с учётом колебательно-возбуждённого молекулярного азота  $\text{N}_2^*$  применялась формула, приведённая в обзорной статье [1]:

$$\beta^* = \sum_{i=0}^{\infty} (k_i \cdot n_i / \sum n_i), \quad (10)$$

где  $k_i$  - это коэффициент скорости реакции для  $i$ -го возбуждённого уровня  $\text{N}_2$  с концентрацией  $n_i$ ;  $k_0$  - коэффициент без учёта  $\text{N}_2^*$  [6]. Коэффициенты  $k_i$  для колебательных уровней рассчитываются, согласно [9], по формуле:

$$k_i = A_i T_n + B_i. \quad (11)$$

Здесь  $T_n$  - температура нейтрального газа,  $A_i = 3.39 \cdot 10^{-15}$ ;  $2.23 \cdot 10^{-14}$ ;  $3.02 \cdot 10^{-14}$ ;  $-2.74 \cdot 10^{-14}$ ;  $-3.84 \cdot 10^{-15}$   $\text{см}^3/(\text{K} \cdot \text{с})$ ,  $B_i = 3.72 \cdot 10^{-13}$ ;  $3.09 \cdot 10^{-11}$ ;  $1.92 \cdot 10^{-10}$ ;  $2.90 \cdot 10^{-10}$ ;  $5.85 \cdot 10^{-11}$   $\text{см}^3/\text{с}$  для  $i = 1, \dots, 5$ . Для случая больцмановского распределения:

$$n_i / \sum n_i = (1 - \exp(-3353/T_v)) \cdot \exp(-3353 \cdot i/T_v), \quad i \geq 1, \quad (12)$$

где  $T_v$  - колебательная температура  $\text{N}_2^*$ .

Среднее отклонение колебательной температуры от температуры нейтралов в F-области ионосферы составляет 300 К или примерно 25% от величины  $T_n$ . Соответственно, в этом случае коэффициент в соотношении между температурами равен 1,25:  $T_v = 1,25 T_n$ . Более существенный отрыв возможен при высоких (более 3000 К) электронных температурах за счёт возбуждения азота тепловыми электронами.

На рисунке, приведённом в обзоре Павлова А.В. «Колебательно-возбуждённые  $\text{N}_2$  и  $\text{O}_2$  в верхней атмосфере», 2010, представлены временные изменения температур  $T_v$  и  $T_n$  в геомагнитно-спокойных условиях 6 января 1980 г., Millstone Hill (Рис. 1) и 3 июня 1979 г., Millstone Hill (Рис. 2).

Из графиков следует, что отличие температуры  $T_v$  от  $T_n$  может достигать максимально фактора 2 летом в спокойных условиях.

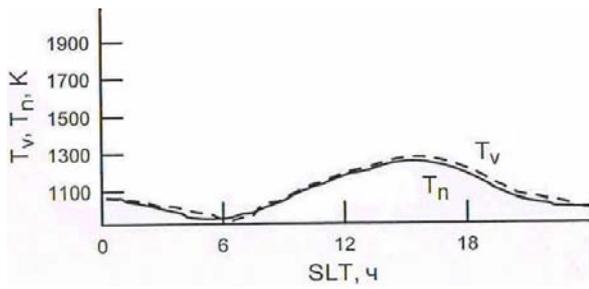


Рис. 1.

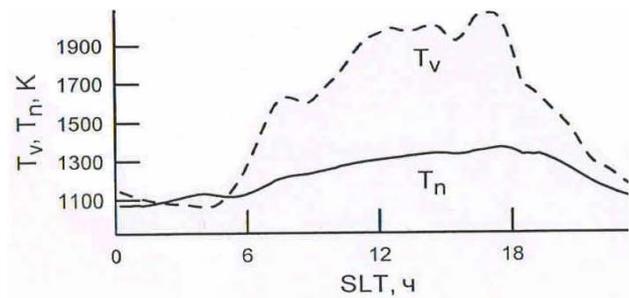


Рис. 2.

### Анализ результатов моделирования

Модельные расчёты были выполнены в следующих четырёх вариантах:

- 1) с коэффициентом реакции  $\beta^* = \beta(O^+, N_2)$  без учёта колебательно-возбуждённого  $N_2^*$  (черные пунктирные линии);
- 2) с коэффициентом реакции  $\beta^*$ , учитывающим первые три колебательных уровня  $N_2^*$  при  $T_v = T_n$  (синие линии);
- 3) с коэффициентом реакции  $\beta^*$ , учитывающим первые три колебательных уровня  $N_2^*$  при  $T_v = 1,25 T_n$ ; (черные линии);
- 4) с коэффициентом реакции  $\beta^*$ , учитывающим первые три колебательных уровня  $N_2^*$  при  $T_v = 2 T_n$ . (зелёные линии).

Начальные условия для всех вариантов были одинаковыми и представляли собой распределения параметров верхней атмосферы, полученные по модели UAM для 24 UT 14 апреля в ходе расчёта с составом и температурой термосферы по модели MSISE. Состав и температура термосферы во всех вариантах рассчитывались теоретически, то есть путем решения уравнений непрерывности и теплового баланса. Входные параметры задавались в соответствии с данными спутников серии DMSP по разности потенциалов поперёк полярной шапки и характеристикам потоков высыпающихся частиц. Сопоставление модельных результатов проводилось с данными наблюдений, полученными радаром некогерентного рассеяния в Аресибо (низкие широты), Харькове (средние широты) и Миллстоун Хилле (субавроральные широты). Временные вариации концентрации и температуры электронов, полученных по численной модели UAM с различными вариантами расчета коэффициента  $\beta^*$ , представлены вместе с данными наблюдений на Рис.3 и Рис.4.

Графики показывают, что внесение завышенного коэффициента (зелёный цвет,  $T_v = 2 \cdot T_n$ ) привело к сильно заниженным результатам для электронной концентрации и завышенным для электронной температуры. Согласованность модельных результатов с данными радаров наихудшая при данном варианте расчета. Особенно существенны отличия в низких и средних широтах в геомагнитно-спокойные дни 15 и 16 апреля. Учёт распределения молекул по колебательным уровням даёт наилучший результат для низких широт при равенстве колебательной и нейтральной температур  $T_v = T_n$  (синий цвет) в геомагнитно-спокойных условиях.

Таким образом, оправданным с точки зрения согласия с данными радарных наблюдений на низкие, средних и субавроральных широтах является задание колебательной температуры, равной температуре нейтрального газа.

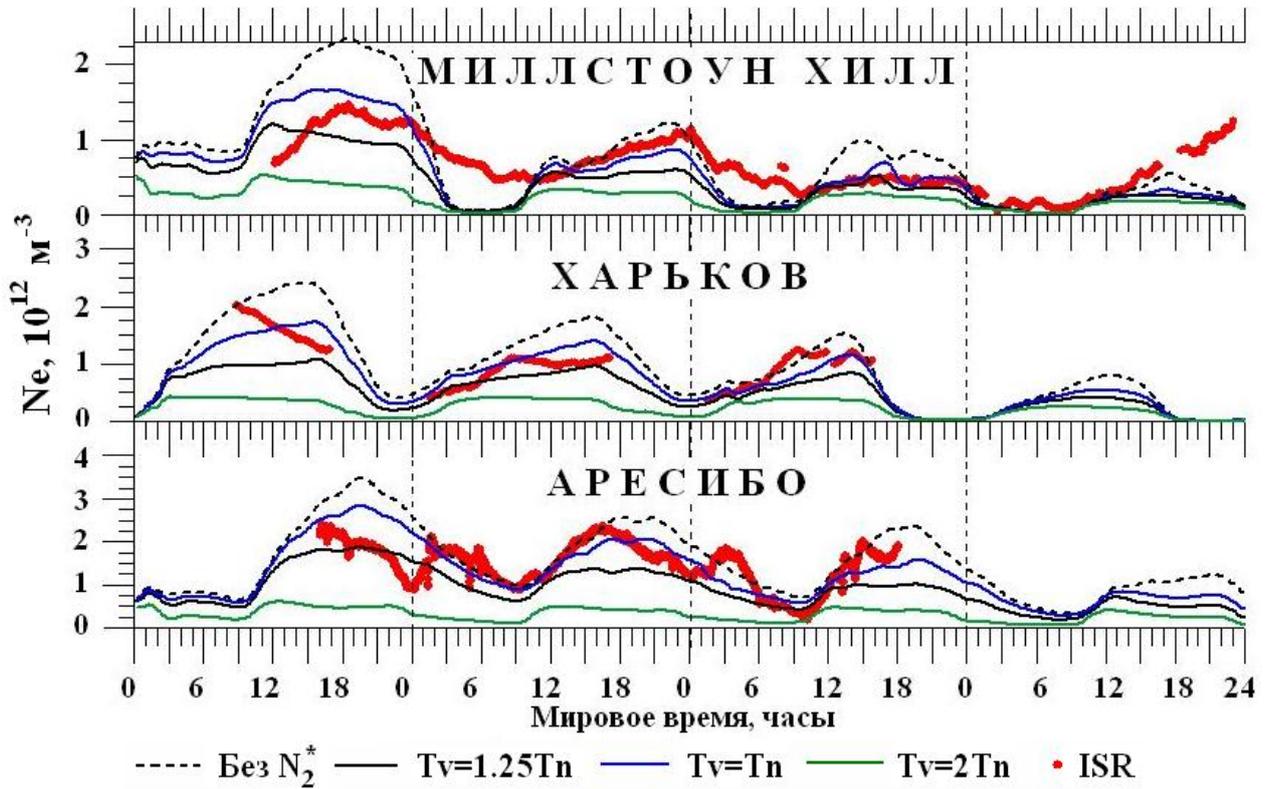


Рис.3. Электронная концентрация на станциях некогерентного рассеяния, рассчитанная по модели UAM с разными вариантами задания колебательной температуры, в сравнении с данными наблюдений

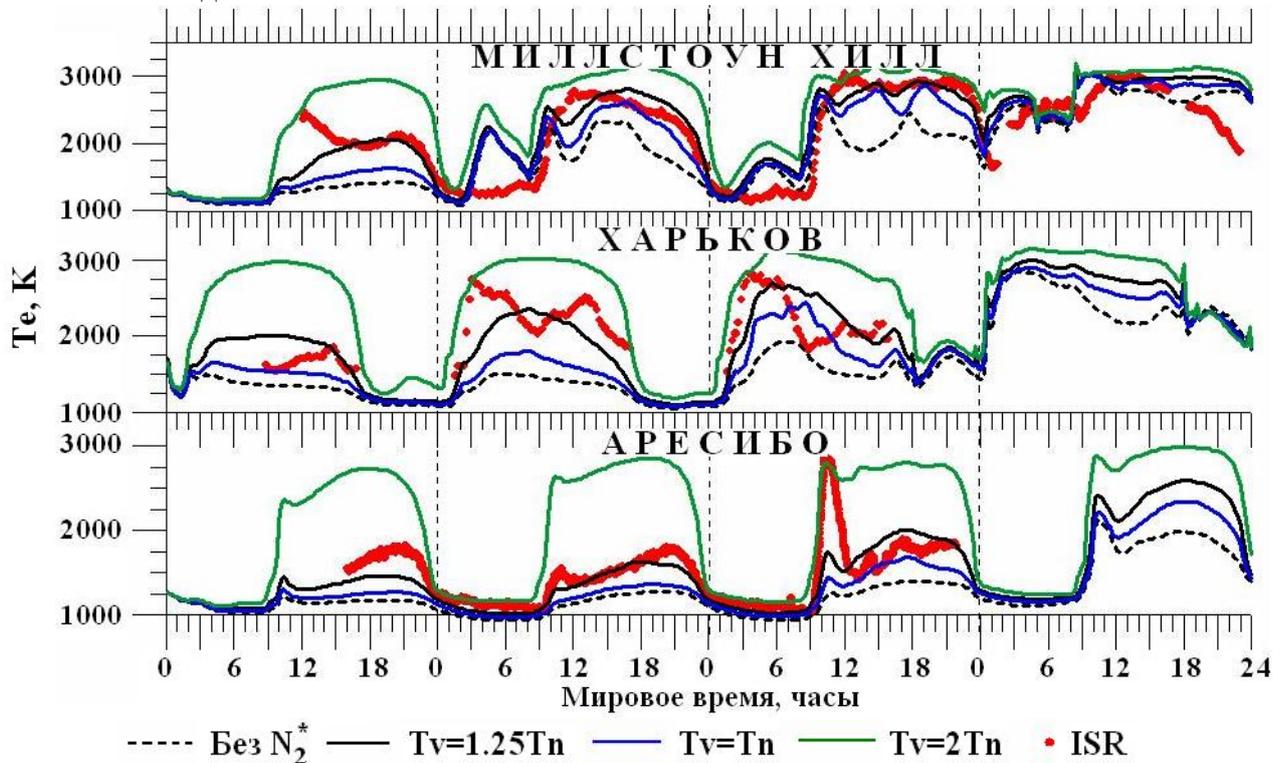


Рис.4. Электронная температура на станциях некогерентного рассеяния, рассчитанная по модели UAM с разными вариантами задания колебательной температуры, в сравнении с данными наблюдений

### Литература

1. **Павлов А.В. и Намгаладзе А.А.** Колебательно возбужденный молекулярный азот в верхней атмосфере. *Геомагнетизм и аэронавигация*, т.28, №5, с.705-721, 1988.
2. **Namgaladze A.A., Martynenko O.V., Volkov M.A., Namgaladze A.N., Yurik R.Yu.** High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*, v.1, No.2, p.23-84, 1998.
3. **Schmeltekopf A.L., Ferguson E.E. and Fehsenfeld F.C.** After glow studies of the reactions  $\text{He}^+$ ,  $\text{He}(2^3\text{S})$ , and  $\text{O}^+$  with vibrationally excited  $\text{N}_2$ . *J. Chem. Phys.*, v.48, p.2966-2973, 1968.
4. **McFarland M., Albritton D.L., Fehsenfeld F.C., Ferguson E.E. and Schmeltekopf A.L.** Flow-drift technique for ion mobility and ion-molecular reaction rate coefficient measurements. II. Positive ion reactions of  $\text{N}^+$ ,  $\text{O}^+$ , and  $\text{N}_2^+$  with  $\text{O}_2$  and  $\text{O}^+$  with  $\text{N}_2$  from thermal to 2 eV. *J. Chem. Phys.*, v.59, p.6620-6628, 1973.
5. **Albritton D.L., Dotan I., Lindinger W. and McFarland M.** Effects of ion speed distributions in flow-drift tube studies of ion-neutral reactions. *J. Chem. Phys.*, v.66, No.2, p.410-421, 1977.
6. **St.-Maurice J.-P. and Torr D.G.** Nonthermal rate coefficients in the ionosphere: The reactions of  $\text{O}^+$  with  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  and  $\text{NO}$ . *J. Geophys. Res.*, v.83, No.3, p. 969-977, 1978.
7. **Hierl P.M., Dotan I., Seeley J.V., Van doran J.M., Morris R.A. and Viggiano A.A.** Rate coefficients for the reactions of  $\text{O}^+$  with  $\text{N}_2$  and  $\text{O}_2$  as a function of temperature (300-1800K). *J. Chem. Phys.*, v.106(9), p.3540-3544, 1997.
8. **Mikhailov A.V. and Schlegel K.** A self-consistent estimate of  $\text{O}^+ + \text{N}_2$  – rate coefficient and total EUV solar flux with  $\lambda < 1050 \text{ \AA}$  using EISCAT observations. *Ann. Geophysicae*, v.18, p.1164-1171, 2000.
9. **Павлов А.В.** Возможная точность теоретических прогнозов основных параметров ионосферы. *Прогнозирование ионосферных, магнитосферных возмущений и солнечной активности*, с.1977-1993, 1987.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОДОЛЬНОЙ ДИФФУЗИИ ИОНОВ И ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕЙФА ПЛАЗМЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ АНОМАЛИИ

Мартыненко О.В., Ботова М.Г., Князева М.А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики, [MartynenkoOV@mstu.edu.ru](mailto:MartynenkoOV@mstu.edu.ru))

**Abstract.** The influence of various factors on formation of 3D spatial structure of the Earth's ionosphere and plasmasphere has been studying. The results have been received by means of the modified global numerical Upper Atmosphere Model (UAM). In this work the interaction of ambipolar field-aligned diffusion and electromagnetic plasma drift in the equatorial and low-latitude ionosphere has been examined.

### 1. Постановка задачи

Представляемая работа продолжает исследование влияния различных факторов на формирование ионосферы и плазмосферы Земли. Исследование проводилось методом компьютерного моделирования с использованием глобальной численной модели верхней атмосферы Земли UAM (Upper Atmosphere Model) (Namgaladze et al., 1998). Были совмещены географическая и геомагнитная оси Земли для устранения долготной вариации параметров, Солнце располагалось точно над экватором. Стартовым состоянием являлась "пустая" ионосфера, заполненная плазмой с очень низкой электронной концентрацией ( $10^3 \text{ м}^{-3}$ ). Температура и состав нейтральной атмосферы получались с помощью специальной процедуры. Из модели NRLMSISE-00 (Picone et al., 2002) было выбрано наиболее симметричное относительно геомагнитного экватора состояние, а затем для каждого узла пространственной сетки были взяты значения всех рассчитываемых параметров, равные среднеарифметическому между этой и магнитосопряженной ей точками. Полученное в результате такой процедуры состояние "замораживалось" – оставалось неподвижным в солнечно-магнитной системе координат, а Земля (вместе с ионосферой и плазмосферой) вращалась относительно него. Для выделения роли только исследуемых процессов все остальные процессы переноса были устранены. Высокоширотный конвекционный дрейф и нейтральный ветер в представленных модельных расчетах полностью отсутствовали. Моделировались процессы ионизации нейтральных частиц и их перераспределения. Модельный расчет проводился при постоянных входных воздействиях в течение нескольких суток модельного времени.

В настоящей работе рассматривается взаимодействие процессов переноса: амбиполярной диффузии и электромагнитного дрейфа в приэкваториальной верхней ионосфере, приводящее к формированию особенности структуры – экваториальной аномалии.

### 2. Результаты моделирования

В первой серии модельных расчетов из всех процессов переноса рассматривалось только влияние амбиполярной диффузии. Электрическое поле и скорость термосферного ветра повсюду принимались равными нулю.

В течение нескольких суток в ионосфере сформировалась повторяющаяся суточная вариация концентрации  $O^+$  с несколькими характерными структурными особенностями. Одна из них – минимум концентрации на экваторе, разделяющий области с более высокими концентрациями. Он появляется уже в первый день расчета и практически не изменяется далее. На меридиональном вертикальном разрезе он имеет аркообразную форму (рис. 1,

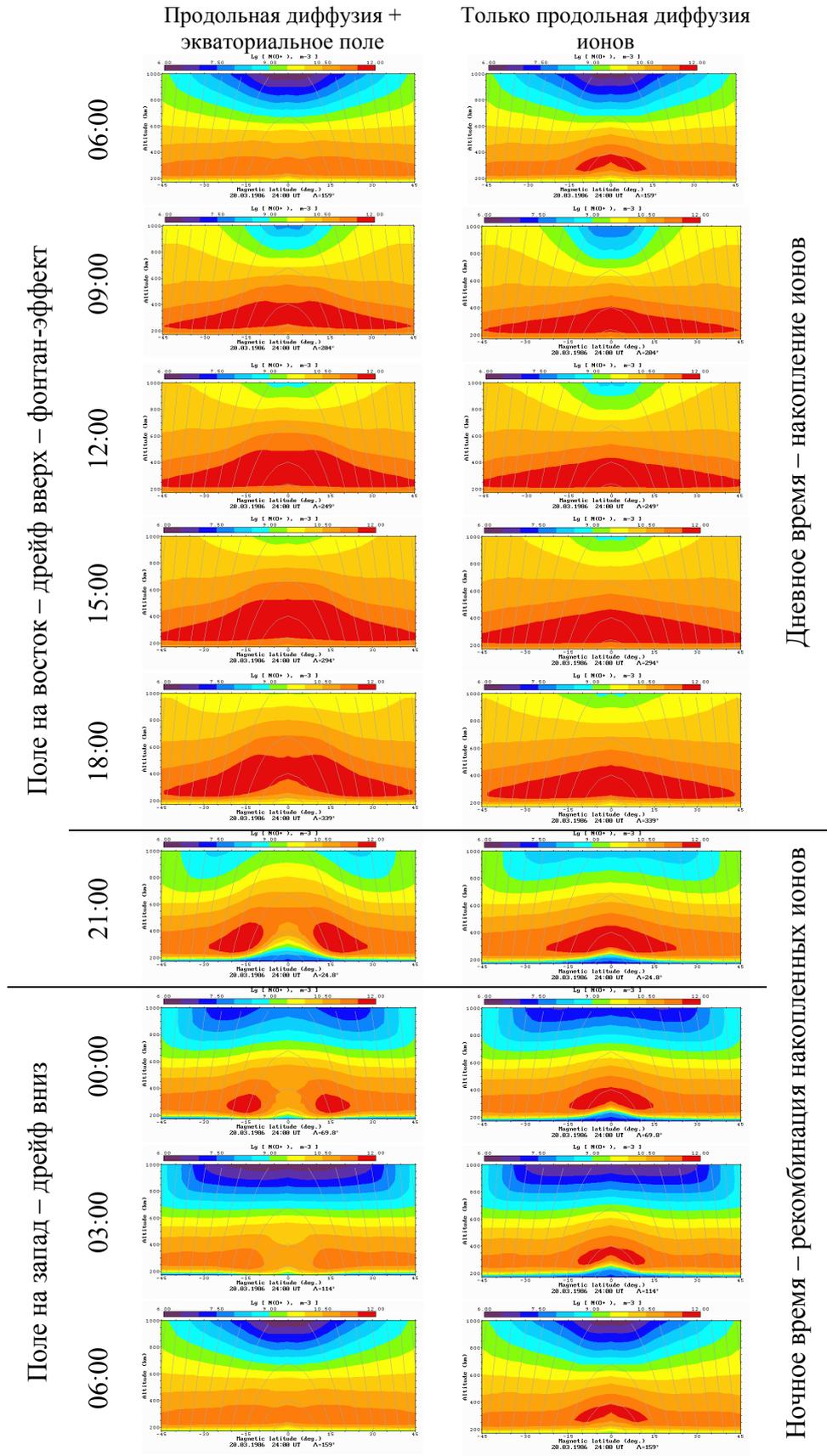


Рис. 1. Вертикальные разрезы ионосферы вдоль меридианов с различным местным временем

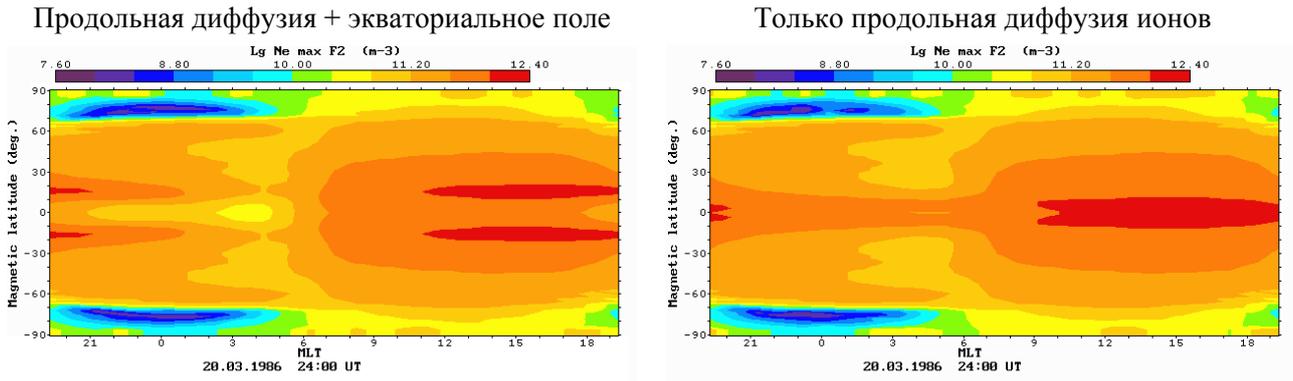


Рис. 2. Концентрация электронов в максимуме F2-слоя

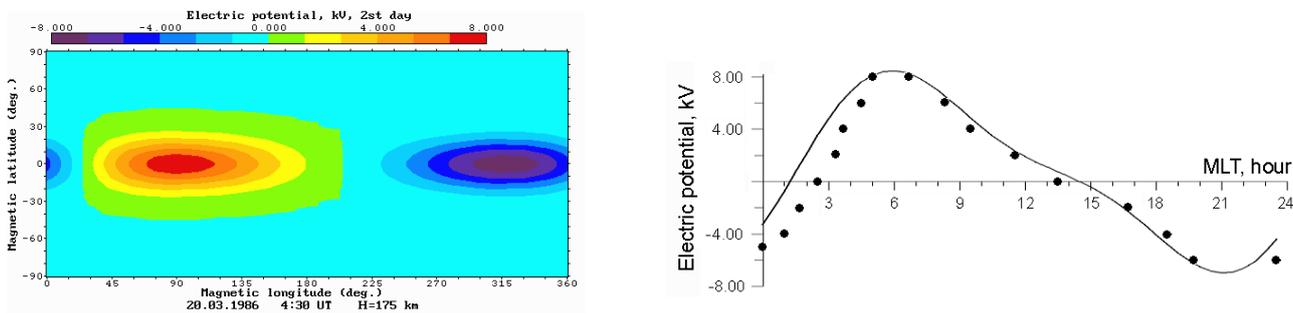


Рис. 3. Глобальное распределение электрического потенциала, использованное в модельном расчете (слева) и его суточный ход над экватором (справа, сплошная линия) в сравнении с данными (*Crain et al.*, 1993) (черные точки)

правый столбец). Наиболее ярко он выражен в ночное время, а днем почти теряется в плотной ионосфере. Высота максимума концентрации на экваторе составляет около 380 км, в то время как на средних широтах она почти на 100 км меньше.

На горизонтальном разрезе ионосферы и на карте концентраций в максимуме F2-слоя (рис. 2) в этой области можно видеть структуру, аналогичную экваториальной аномалии, с гребнями около широты  $10^\circ$  и провалом между ними. Но в данной серии расчетов она образовалась исключительно за счет процессов диффузии вдоль силовых линий геомагнитного поля, без всякого участия электромагнитного дрейфа и вызванного им фонтан-эффекта.

Формирование ее мы объясняем следующим образом. Трубки, на которых он формируется, имеют малую длину, и малое сечение в приэкваториальной части (т.е. небольшой объем "резервуара", где накапливается плазма). В то же время "мощность" наполняющего этот "резервуар" ионосферного источника ионизации оказывается большей, чем у других трубок, так как значительная часть их объема относится к области активной ионизации, которую они пересекают почти продольно. Поэтому в течение дня в них успевает образоваться значительное количество ионов  $O^+$ . Они накапливаются "до состояния насыщения" в верхней части трубок, где рекомбинация мала, а трубки идут горизонтально, и сила тяжести не "утаскивает" ионы обратно в плотную атмосферу. Эффективность потерь  $O^+$  в реакциях перезарядки здесь также ниже, чем на более длинных трубках: образовавшиеся легкие ионы  $H^+$  не могут уйти далеко вверх, а остаются в области относительно высокой концентрации атомарного кислорода и столь же эффективно перерабатываются обратно в  $O^+$ .

В результате здесь образуется и сохраняется всю ночь значительная концентрация ионов  $O^+$ . Более короткие трубки целиком находятся в области более плотной нейтральной

атмосферы, а более длинные наклонены сильнее, и вдоль них ионы  $O^+$  "скатываются" к плотной атмосфере под действием силы тяжести. Потому и на более коротких, и на более длинных трубках намного быстрее идет рекомбинация, и максимум образуется между ними.

В следующей серии расчетов мы добавили учет низкоширотного электрического поля. Суточный ход электрического потенциала мы приняли в соответствии с (*Crain, 1993*): максимум около 06:00 LT, минимум около 21:00 LT и амплитуда суточной вариации 16 кВ (рис. 3).

Результат расчета представлен в левом столбце рис. 1. Структура меридионального разреза ионосферы существенно изменилась. Единый ночной аркообразный максимум в приэкваториальной части разорвался в вечернем секторе на два отдельных максимума на широтах около 20 градусов, которые достаточно быстро тают, и после полуночи в структуре ионосферы уже вообще не остается следов максимума, а наоборот, в приэкваториальной полосе образуется широкий разрыв. В дневное время также заметны изменения: ионосфера оказывается существенно более плотной, особенно на широтах 20-30 градусов. Вместо пирамидальной формы меридионального сечения, как было в расчете с учетом только продольной диффузии, образуется плоская вершина или два горба.

Физические причины этого достаточно понятны. В дневное и вечернее время в нашем расчете электрическое поле направлено к востоку. Вертикальный дрейф, вызванный восточным электрическим полем, выносит переполненные плазмой трубки вверх, где наклон их увеличивается, и накопившиеся там ионы  $O^+$  под действием силы тяжести быстро соскальзывают вниз. В результате концентрация в средней и нижней части соответствующих трубок заметно возрастает. В этом и состоит сущность фонтан-эффекта.

После заката солнца ионизация в нижней ионосфере прекращается, напротив, там начинается интенсивная рекомбинация ионов. Дрейф же по-прежнему направлен вверх. В результате на большие высоты выносятся уже обедненная плазма ("насос фонтана засасывает воздух вместо воды"), образуя экваториальный провал на меридиональных разрезах. На рис. 1 можно видеть, что провал этот растет снизу вверх. А накопленные за день в верхней ионосфере ионы уносятся еще выше и по наклонным линиям интенсивно скатываются вниз под действием силы тяжести, порождая предполуночные максимумы на широтах 15-20 градусов, где концентрация оказывается заметно выше, чем была в расчетах без дрейфа. Но из-за того же сильного наклона линий эти ионы опускаются еще ниже, в плотную ионосферу, и быстро рекомбинируют.

К тому же эффекту приводит сменившееся после 21:00 LT направление поля: оно вызывает дрейф плазмы вниз. При этом оно вызывает в послеполуночные часы повышение концентрации электронов в экваториальной нижней ионосфере, где без учета электромагнитного дрейфа наблюдался заметный провал.

### 3. Выводы

Методом компьютерного моделирования с использованием глобальной численной модели верхней атмосферы UAM воспроизведено поведение ионосферной плазмы в приэкваториальной области, как только под действием продольной диффузии ионов, так и при совместном действии диффузии и электромагнитного дрейфа плазмы. Показано, что структура, аналогичная экваториальной аномалии – минимум концентрации ионов  $O^+$  непосредственно на экваторе и более высокие "гребни" вокруг него – формируется в обоих случаях. Действие электрического поля приводит к тому, что гребни раздвигаются от экватора на более высокие широты, а перемычка плотной плазмы над экватором исчезает.

## Литература

**Crain D.J., Heelis R.A., Bailey G.J., Richmond A.D.** Low-Latitude Plasma Drifts From a Simulation of the Global Atmospheric Dynamo. *J. of Geoph. Res.*, V.98, A4, P.6039-6046, 1993.

**Namgaladze, A.A., O.V. Martynenko, A.N. Namgaladze.** Global model of the upper atmosphere with variable latitudinal integration step. *Geomagnetism and Aeronomy International*. v.1, No.1. pp.53-58, 1998.

**Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C.** NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues. *J. Geophys. Res.*, v.107, 1468, 2002.

**Сайт модели UAM.** <http://uam.mstu.edu.ru>

## РЕГУЛЯРНЫЕ ВАРИАЦИИ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ F2-СЛОЯ СПОКОЙНОЙ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ В УСЛОВИЯХ РАВНОДЕНСТВИЯ

К.Е. Белоушко, А.А. Намгаладзе, М.А. Князева (*г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра физики, tariknyazeva@yandex.ru*)

**Abstract.** The daily variations of the quiet ionospheric F2-layer have been modeled by using the different versions of the numerical global Upper Atmosphere of the Earth Model (UAM). The UAM with empirical model of the thermosphere NRLMSISE-00 version show a better agreement with empirical model data. The fully theoretical version of the UAM set too low day-time values of the F2-layer critical frequency ( $f_0F2$ ). The UAM with NRLMSISE-00 and the empirical model of the horizontal neutral wind HWM-93 version set too high night-time ones.

### Введение

Исследования вариаций пространственной структуры F2-области ионосферы актуальны в силу возрастающей значимости знаний о ее параметрах как среды распространения электромагнитных волн, используемых в прикладных задачах радиолокации и радионавигации, и среды, в которой работают космические аппараты (навигационные спутники и т.п.).

Возмущения F2-области ионосферы любой природы оцениваются относительно спокойных фоновых значений ее параметров: критической частоты ( $f_0F2$ ) или максимальной концентрации электронов ( $NmF2$ ), высоты максимума ( $hmF2$ ) F2-слоя. Достоверность и интерпретация полученных результатов зависит от метода определения фоновых значений.

Деминным и др. была разработана эмпирическая модель Q-F2 для расчета суточных вариаций фоновых значений  $f_0F2$ , и апробирована на данных среднеширотных ионозондных станций Слай (52,5°N, 104°E) и Иркутск (51,5°N, 359,4°E) за периоды 1958-1992 гг. и 1958-1995 гг., соответственно (1). Авторами модели было показано, что модель Q-F2 качественно и количественно воспроизводит наблюдаемые регулярные сезонные и годовые вариации спокойной F2-области ионосферы.

Целью данной работы является исследование возможности глобальной численной нестационарной модели верхней атмосферы Земли UAM (UAM – Upper Atmosphere Model) (2) воспроизводить суточные вариации фоновых значений  $f_0F2$  в условиях равноденствия при средней солнечной активности.

### Модельные расчеты

Для исследования суточных вариаций невозмущенной среднеширотной ионосферной F2-области были проведены расчеты глобальных распределений  $f_0F2$  и  $hmF2$  по следующим версиям модели UAM: 1) самосогласованной версии UAM с «теоретической» моделью термосферы (далее UAM-TT); 2) UAM совместно с эмпирической моделью термосферы NRLMSISE-00 (3) (UAM-MSIS); 3) UAM с NRLMSISE-00 и эмпирической моделью горизонтального нейтрального ветра HWM-93 (4) (UAM-MSIS-HWM). Эти версии модельных расчетов различаются способом вычисления скорости термосферного ветра и состава нейтрального газа. В варианте UAM-TT термосферные состав и циркуляция рассчитываются из уравнений движения, непрерывности и теплового баланса для нейтральной атмосферы. В UAM-MSIS состав и трехмерная циркуляция нейтрального газа вычисляются по модели MSIS. В UAM-MSIS-HWM состав нейтральной атмосферы рассчитывается по MSIS, скорость горизонтального ветра рассчитывается по модели HWM, а

вертикальная составляющая скорости термосферного ветра рассчитывается из уравнения непрерывности для полной массовой плотности нейтрального газа.

Расчеты проводились для спокойных условий близких к весеннему равноденствию (16.04.1988,  $\overline{K_p}=1,26$ ) при средней солнечной активности ( $F_{10.7}=147,6$ ). Начальные условия, шаги интегрирования по пространству и времени были одинаковыми.

На рисунках 1-2 представлены полученные в результате 3-х суток интегрирования по всем версиям модели UAM для станций Иркутск (рис. 1) и Слау (рис. 2) суточные вариации  $f_0F2$  (а) и  $h_mF2$  (б). Черная сплошная линия соответствует расчетам по версии UAM-MSIS, черная линия с точками – UAM-MSIS-HWM, зеленая сплошная линия - UAM-TT.

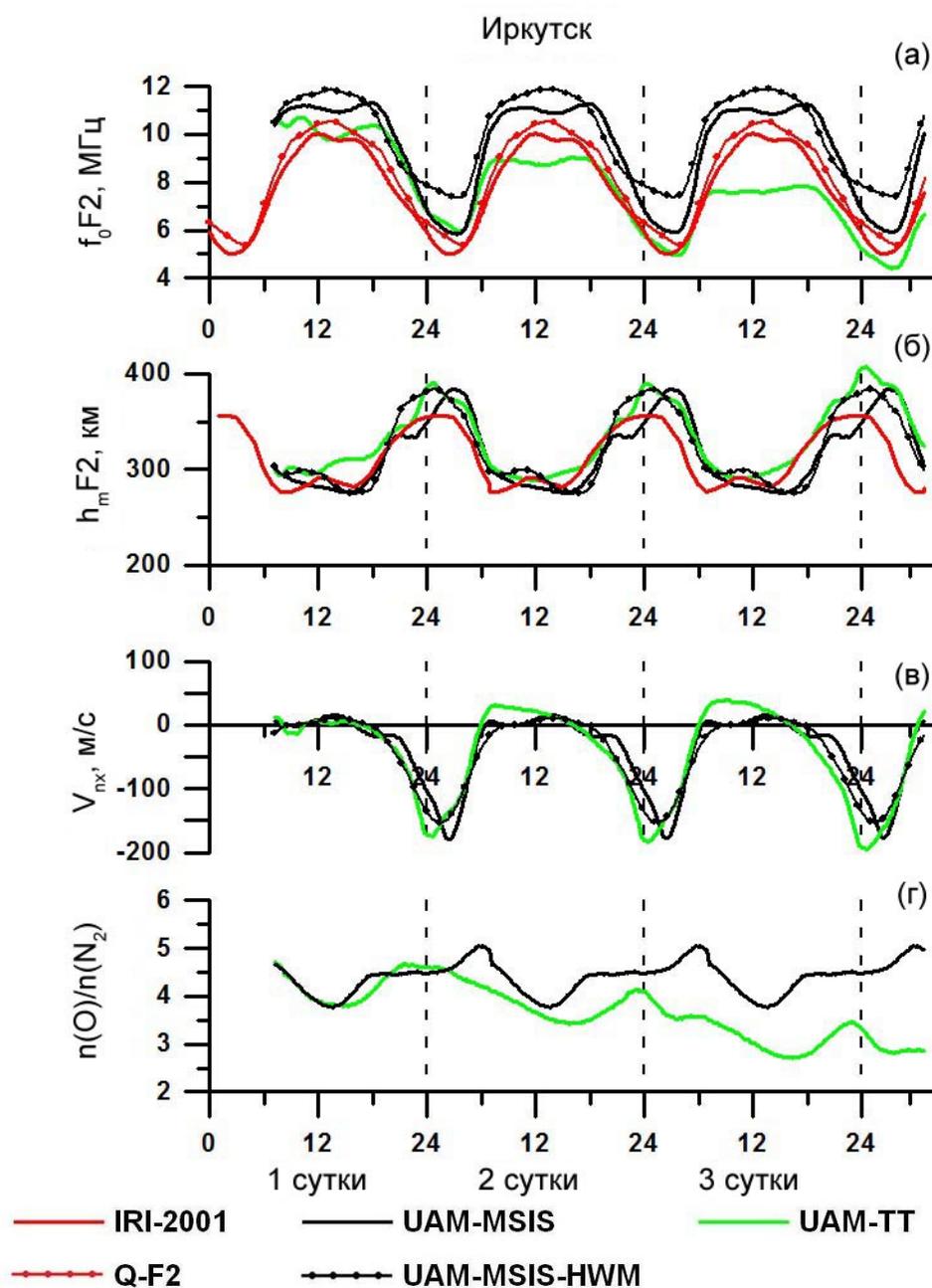


Рис. 1. Суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б),  $V_{nx}$  (в) и отношение  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км над станцией Иркутск.

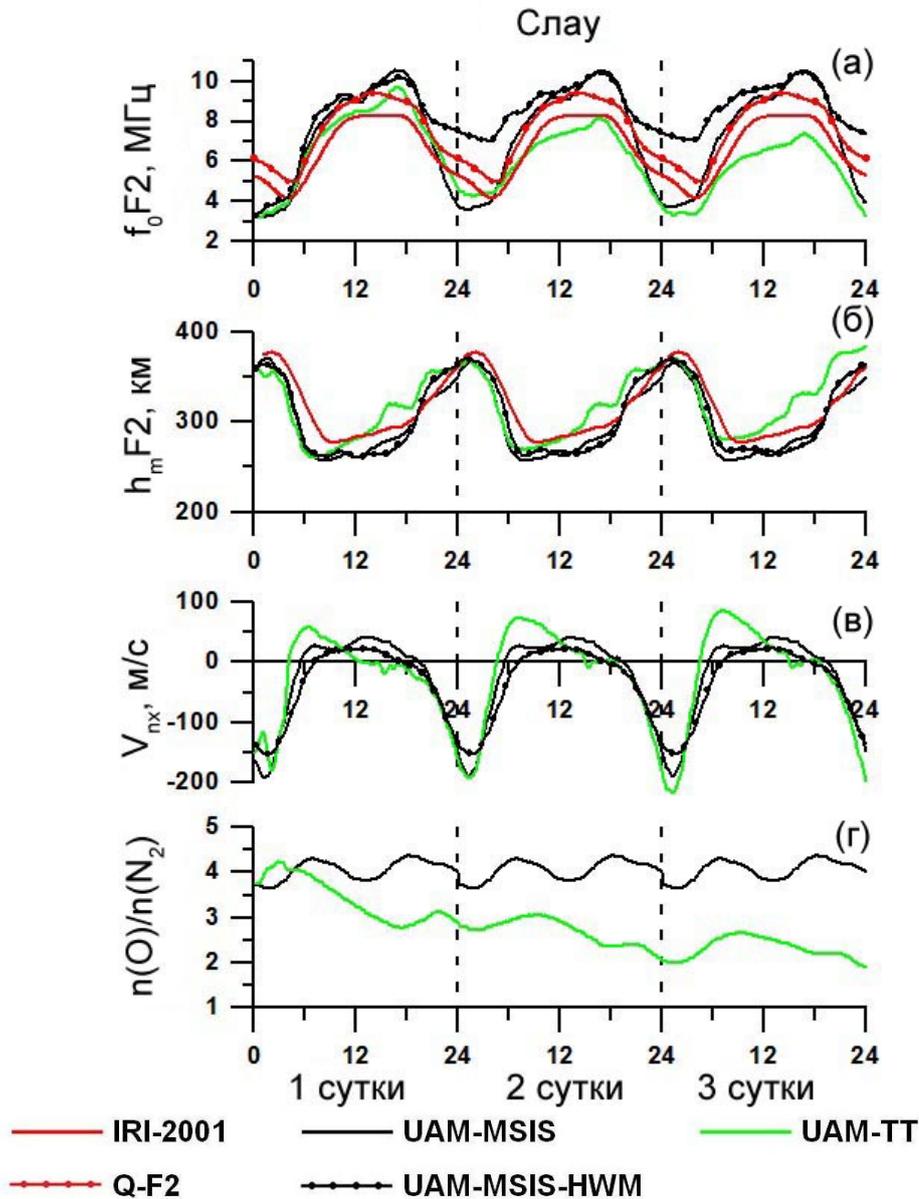


Рис. 2. Суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б),  $V_{nx}$  (в) и отношение  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км над станцией Слау.

Результаты расчетов по UAM сопоставлялись с аналогичными данными, полученными по модели Q-F2 (красная линия с точками) и эмпирической модели ионосферы IRI-2001 (5) (красная сплошная линия).

Для анализа возможных причин расхождения результатов расчетов по UAM и эмпирическим моделям рассматривались соответствующие вариации меридиональной составляющей термосферного ветра  $V_{nx}$  на высоте 300 км (в) и отношение концентраций атомарного кислорода и молекулярного азота  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км.

Все модельные расчеты показывают хорошее согласие над обеими станциями в 1-е сутки интегрирования. Наилучшее согласие с данными эмпирических моделей показывает расчет по версии UAM-MSIS.

Наибольшие различия суточных вариаций  $f_0F2$  имеют место в ночные часы. Наименьшие значения  $f_0F2$  и  $h_mF2$  дает модель IRI-2001. Самые высокие значения  $f_0F2$

достигаются в расчете по UAM-MSIS-HWM. При этом вариации меридионального ветра на 300 км и высоты максимума F2-области по всем версиям UAM близки друг к другу в эти часы.

Дневные значения  $f_0F2$  по UAM-ТТ к 3-им суткам интегрирования оказываются существенно заниженными по сравнению с другими версиями UAM. Сопоставление с суточным ходом  $V_{nx}$  и  $n(O)/n(N_2)$  показывает, что такой эффект объясняется соответствующей вариацией отношения концентраций атомарного кислорода и молекулярного азота: дневные значения  $n(O)/n(N_2)$  также уменьшаются в ходе повторов суток интегрирования.

## Выводы

Таким образом, проведенные модельные расчеты по модели UAM в различных ее версиях показывают, что суточные вариации спокойной среднеширотной F2-области ионосферы в условиях близких к равноденствию при средней солнечной активности хорошо воспроизводятся версией модели UAM совместно с эмпирической моделью термосферы NRLMSISE-00.

Самосогласованная версия UAM занижает дневные значения  $f_0F2$  относительно данных эмпирических моделей ионосферы Q-F2 и IRI-2001, что связано с падением в ходе нескольких суток интегрирования отношения концентраций  $O$  и  $N_2$ .

Версия UAM совместно с NRLMSISE-00 и эмпирической моделью горизонтальных ветров HWM-93 завышает ночные значения  $f_0F2$ , что остается предметом дальнейших исследований.

## Литература

1. Деминов М.Г., Жеребцов Г.А., Пирог О.М., Шубин В.Н. Регулярные изменения критической частоты F2-слоя спокойной ионосферы средних широт // *Геомагнетизм и аэронавигация*. 2009. Т. 49. No. 3. С. 393-399.
2. Namgaladze A.A., Martynenko O.V., Volkov M.A., Namgaladze A.N., Yurik R.Yu. High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*. 1998. V.1, No. 2. P. 23-84.
3. Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C. NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues // *Journal of Geophysical Research*. 2002. V. 107. No. A12. P. 1468. doi:10.1029/2002JA009430.
4. Hedin A.E., Fleming E.L., Manson A.H., Schmidlin F.J., Avery S.K., Clark R.R., Franks S.J., Fraser G.J., Tsuda T., Vial F., Vincent R.A. Empirical wind model for the upper, middle and lower atmosphere // *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*. 1996. V. 58. No. 13. P. 1421-1447.
5. Bilitza D. International reference ionosphere 2000 // *Radio Science*. 2001. V. 36. P. 261-275.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕТНЕЙ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ В МАГНИТОСПОКОЙНЫХ УСЛОВИЯХ

**М.А. Григорьева, А.А. Намгаладзе, М.А. Князева** (г. Мурманск, Мурманский  
государственный технический университет, кафедра физики, *grigorjevama@mstu.edu.ru*)

**Abstract.** The regular variations of the quiet middle-latitude summer F2-layer of the ionosphere have been modeled by using the different versions of the numerical global Upper Atmosphere of the Earth Model (UAM). The UAM results are compared with data of the empirical model of the ionosphere. The differences between all model results are explained corresponding variations of the thermospheric circulation and neutral gas composition.

### Введение

В данной работе представлены результаты исследования регулярных вариаций спокойной среднеширотной F2-области ионосферы. Методом исследования являлось математическое моделирование с использованием глобальной численной нестационарной модели верхней атмосферы Земли UAM (UAM – Upper Atmosphere Model) (1).

Модель UAM описывает термосферу, ионосферу, плазмосферу и внутреннюю магнитосферу как единую систему путем численного интегрирования системы квазигидродинамических уравнений, описывающих законы сохранения частиц, импульса и энергии для основных нейтральных и заряженных компонент атмосферы, совместно с уравнением для потенциала электрического поля.

Трехмерность модели и охватываемый ею диапазон высот (от 60-80 км до  $15R_E$  геоцентрического расстояния) позволяет корректно описывать влияние процессов переноса на глобальное распределение электронной концентрации на высотах F2-области среднеширотной ионосферы.

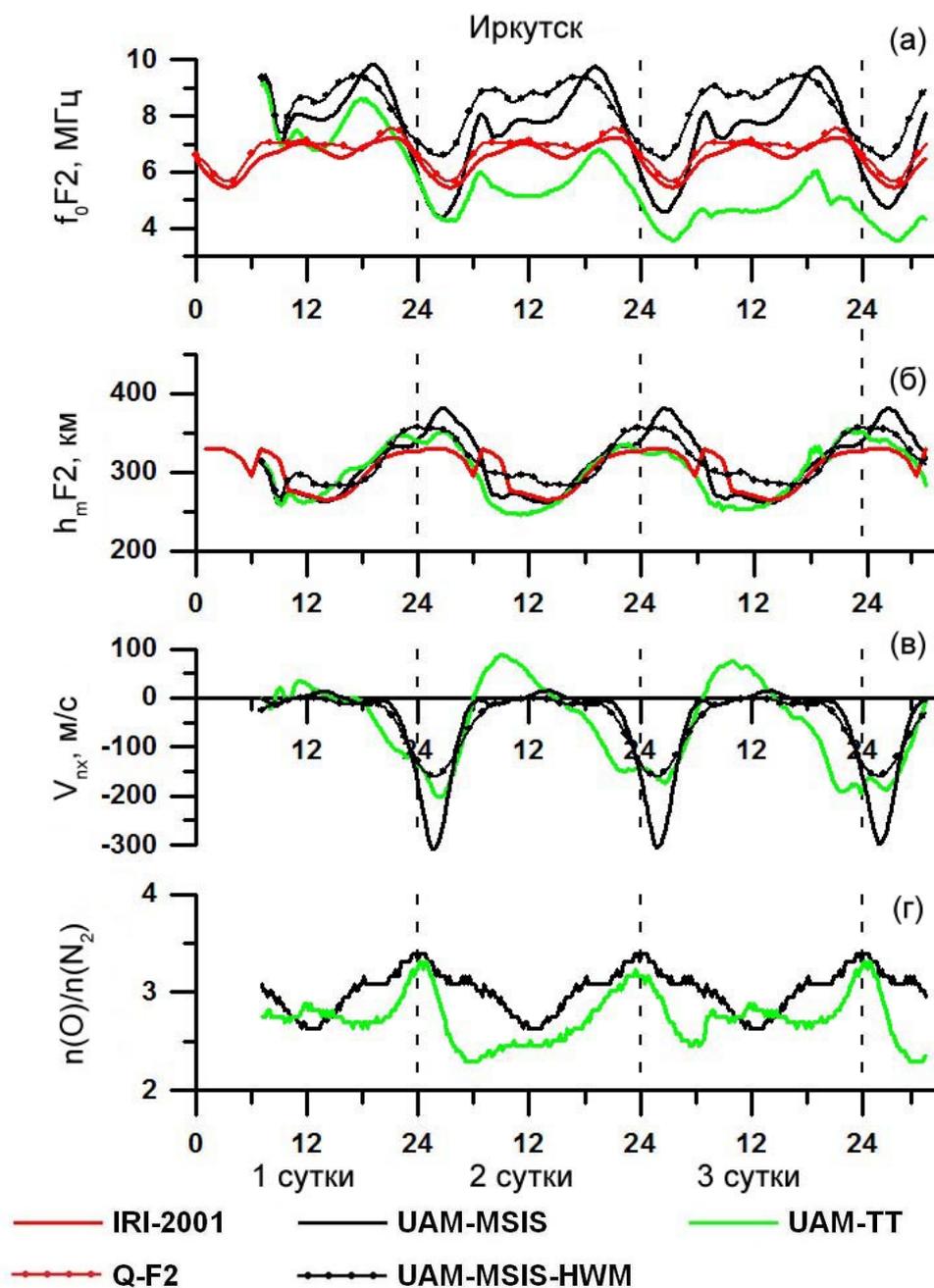
Результаты модельных расчетов суточных вариаций критической частоты ( $f_0F2$ ) и высоты максимума ( $h_mF2$ ) F2-слоя сопоставлялись с аналогичными данными эмпирических моделей ионосферы IRI-2001 (2) и Q-F2 (3). Последняя была разработана для вычисления фоновых (геомагнитно невозмущенных) значений  $f_0F2$ .

### Модельные расчеты

Модельные расчеты проводились для условий близких к летнему солнцестоянию (15.07.1983) при средней солнечной активности ( $F_{10.7}=124,6$ ). Рассматривались суточные вариации  $f_0F2$  и  $h_mF2$  над среднеширотными ионозондными станциями Иркутск ( $51,5^\circ\text{N}$ ,  $359,4^\circ\text{E}$ ) и Слау ( $52,5^\circ\text{N}$ ,  $104^\circ\text{E}$ ).

Расчеты по UAM проводились в следующих версиях:

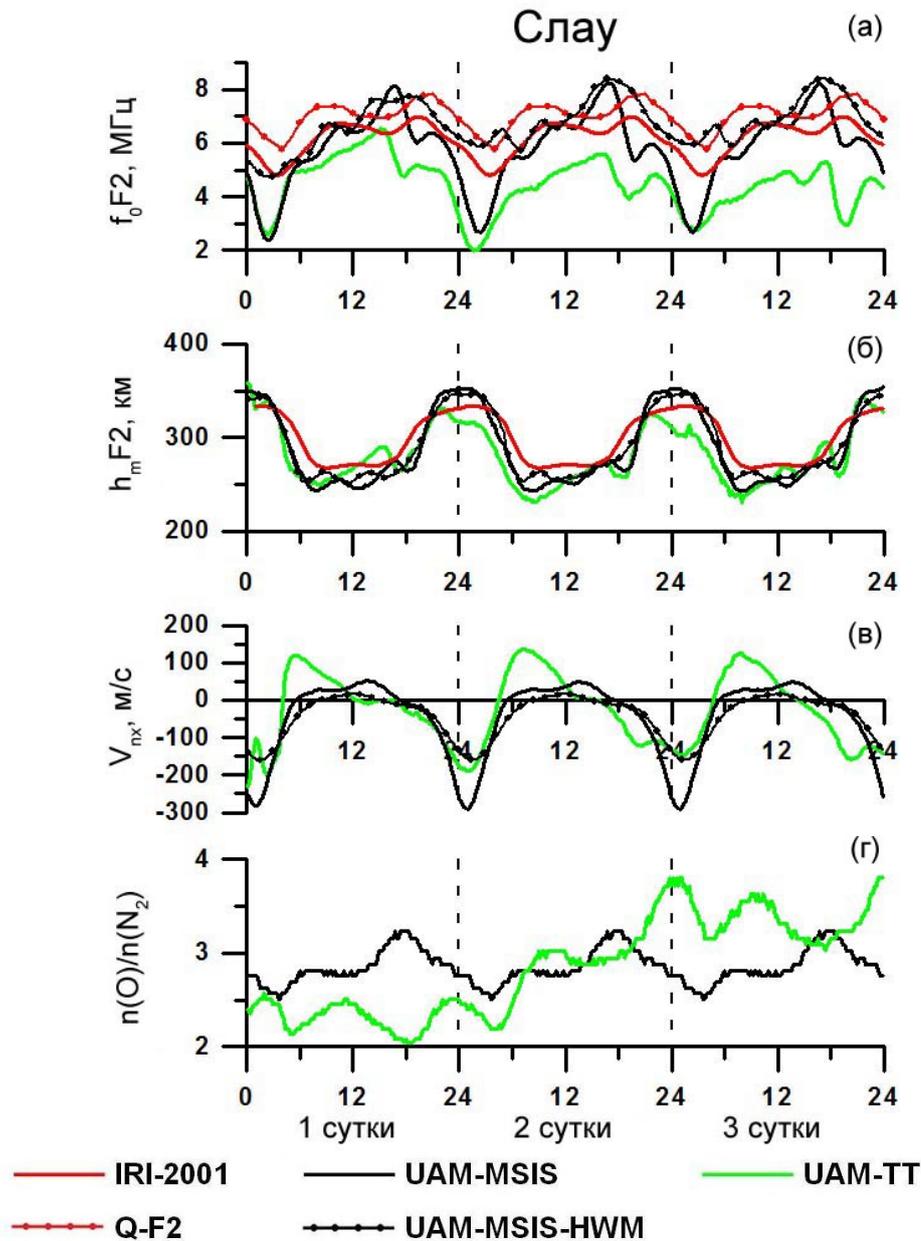
- 1) самосогласованная версия (далее UAM-ТТ), в которой параметры термосферы и трехмерная циркуляция нейтрального газа вычислялась путем решения уравнений непрерывности, движения и теплового баланса для нейтральной атмосферы;
- 2) совместно с эмпирической моделью термосферы NRLMSISE-00 (4) (UAM-MSIS), когда состав и трехмерная циркуляция нейтрального газа вычислялись по MSIS;
- 3) совместно с NRLMSISE-00 и эмпирической моделью горизонтального нейтрального ветра HWM-93 (5) (UAM-MSIS-HWM), когда состав нейтральной атмосферы рассчитывались по MSIS, скорость горизонтального ветра рассчитывалась по HWM, а вертикальная составляющая скорости термосферного ветра рассчитывалась из уравнения непрерывности для полной массовой плотности нейтрального газа.



**Рис. 1.** Суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б),  $V_{nx}$  (в) и отношение  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км над станцией Иркутск.

Начальные условия, шаги интегрирования по пространству и времени были одинаковыми.

Модельные результаты 3-х суток интегрирования представлены на рис. 1 – над станцией Иркутск, рис. 2 – над Слау. Помимо суточных вариаций  $f_0F2$  (а) и  $h_mF2$  (б) анализировались соответствующие вариации меридиональной составляющей скорости термосферного ветра  $V_{nx}$  на высоте 300 км (в) и отношение концентраций атомарного кислорода и молекулярного азота  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км.



**Рис. 2.** Суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б),  $V_{nx}$  (в) и отношение  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км над станцией Слау.

Все модельные расчеты показывают хорошее согласие для суточных вариаций высоты максимума F2-области над обеими станциями, что нельзя отметить для вариаций критической частоты. Амплитуды изменений  $f_0F2$  в течение суток по всем версиям UAM значительно превышают оценки по эмпирическим моделям. Разница между дневными и ночными значениями максимальна по версии UAM-MSIS, минимальна – по UAM-HWM.

Дневные значения  $f_0F2$  по UAM-MSIS и UAM-MSIS-HWM над Слау ближе к данным, полученным по IRI и Q-F2, чем над Иркутском. По версии UAM-TT эти значения занижаются, что отчетливо видно над обеими станциями при сравнении результатов для 1-х и 3-их суток интегрирования. Анализ соответствующих вариаций  $n(O)/n(N_2)$  показывает, что такое поведение  $f_0F2$  не может объясняться в терминах изменения термосферного состава, так как над Иркутском дневные значения этого отношения практически не меняются, а над

Слау – возрастают. При этом меридиональная компонента скорости нейтрального ветра по UAM-TT в дневные часы имеет направление к полюсу и, хотя и незначительно, возрастает над обеими рассматриваемыми станциями. Плазма посредством ветрового увлечения переносится по силовым линиям геомагнитного поля вниз, в область более высоких скоростей ее химических потерь, и рекомбинирует. Этот механизм подтверждается соответствующей вариацией  $h_mF2$ .

Ночные значения  $f_0F2$ , рассчитанные по версии UAM-MSIS, оказываются существенно заниженными относительно данных эмпирических моделей, а по версии расчета по UAM-MSIS-HWM – завышенными, что не подтверждается соответствующими вариациями  $V_{nx}$  и  $h_mF2$ . По UAM-MSIS величина скорости направленного к экватору меридионального ветра больше, чем по UAM-MSIS-HWM. Посредством механизма, обратного описанному выше, максимум F2-слоя по UAM-MSIS оказывается выше, чем по UAM-MSIS-HWM.

### Выводы

Таким образом, проведены модельные расчеты по различным версиям модели UAM суточных вариаций спокойной среднеширотной F2-области ионосферы в условиях близких к летнему солнцестоянию при средней солнечной активности.

Установлено, что самосогласованная версия UAM занижает дневные значения  $f_0F2$  относительно данных эмпирических моделей ионосферы Q-F2 и IRI-2001. Этот эффект объясняется увеличением направленного к полюсу меридионального ветра на высотах F2-области ионосферы.

Версия UAM совместно с NRLMSISE-00 занижает ночные значения  $f_0F2$ , а версия с эмпирической моделью горизонтальных ветров HWM-93 завышает их, что не подтверждается соответствующими вариациями меридионального ветра на высотах F2-области ионосферы и высоты максимума F2-слоя.

### Литература

1. **Namgaladze A.A., Martynenko O.V., Volkov M.A., Namgaladze A.N., Yurik R.Yu.** High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*. 1998. V.1, No. 2. P. 23-84.
2. **Bilitza D.** International reference ionosphere 2000 // *Radio Science*. 2001. V. 36. P. 261–275.
3. **Деминов М.Г., Жеребцов Г.А., Пирог О.М., Шубин В.Н.** Регулярные изменения критической частоты F2-слоя спокойной ионосферы средних широт // *Геомагнетизм и аэронавигация*. 2009. Т. 49. No. 3. С. 393-399.
4. **Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C.** NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues // *Journal of Geophysical Research*. 2002. V. 107. No. A12. P. 1468. doi:10.1029/2002JA009430.
5. **Hedin A.E., Fleming E.L., Manson A.H., Schmidlin F.J., Avery S.K., Clark R.R., Franks S.J., Fraser G.J., Tsuda T., Vial F., Vincent R.A.** Empirical wind model for the upper, middle and lower atmosphere // *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*. 1996. V. 58. No. 13. P. 1421–1447.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ НЕВОЗМУЩЕННОЙ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

С.В. Порубова, А.А. Намгаладзе, М.А. Князева (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра физики, [mariknyazeva@mstu.edu.ru](mailto:mariknyazeva@mstu.edu.ru))

**Abstract.** The behavior of the quiet middle-latitude winter F2-layer of the ionosphere has been modeled by using the different versions of the numerical global Upper Atmosphere of the Earth Model (UAM). The UAM versions are differed by the thermospheric composition and 3D circulation method of the calculation. The UAM results are compared with data of the empirical model of the ionosphere. The differences between all model results are explained corresponding variations of the meridional wind at the altitude of the ionospheric F2-layer.

### Введение

В данной работе представлены результаты тестирования глобальной численной модели верхней атмосферы Земли UAM (UAM – Upper Atmosphere Model) (1) на предмет воспроизведения ею особенностей поведения невозмущенной среднеширотной F2-области ионосферы в зимних условиях.

Модель UAM охватывает диапазон высот от 60-80 км до  $15R_E$  геоцентрического расстояния, описывая термосферу, ионосферу, плазмосферу и внутреннюю магнитосферу как единую систему. Она рассчитывает концентрации основных нейтральных и заряженных компонент атмосферы, температуры и скорости движения нейтрального, ионного и электронного газов, а также электрическое поле магнитосферного и термосферного происхождения путем численного интегрирования системы уравнений непрерывности, движения и теплового баланса и уравнения для потенциала электрического поля.

Помимо самосогласованного варианта в модели UAM реализована возможность получения значений некоторых параметров термосферы и/или ионосферы из соответствующих эмпирических моделей (NRLMSISE-00, HWM-93, IRI-2001) в любой комбинации и, использование их для расчета недостающих.

В этом исследовании тестировались три версии модели UAM: 1) самосогласованная версия (далее UAM-TT); 2) версия UAM с эмпирической моделью термосферы NRLMSISE-00 (2) (далее UAM-MSIS); 3) UAM с MSIS и эмпирической моделью горизонтального нейтрального ветра HWM-93 (3) (далее UAM-MSIS-HWM). Эти версии различаются способом вычисления скорости термосферного ветра и состава нейтрального газа. В версии UAM-TT термосферные состав и циркуляция рассчитываются из указанных выше уравнений (ветер по UAM). В UAM-MSIS состав и трехмерная циркуляция нейтрального газа вычисляются по MSIS (ветер по MSIS). В UAM-MSIS-HWM состав – по MSIS, скорость горизонтального ветра – по HWM, а вертикальная составляющая скорости термосферного ветра – из уравнения непрерывности для полной массовой плотности нейтрального газа (ветер по HWM).

Модельные расчеты проводились для условий зимнего солнцестояния (16.12.1992) при средней солнечной активности ( $F_{10.7}=146,0$ ). Начальные условия, шаги интегрирования по пространству и времени для всех версий UAM были одинаковыми.

Анализировались суточные вариации критической частоты ( $f_oF2$ ) и высоты максимума ( $h_mF2$ ) F2-области ионосферы над среднеширотными ионозондными станциями Иркутск (51,5°N, 359,4°E) и Слау (52,5°N, 104°E). Результаты модельных расчетов сопоставлялись с аналогичными данными, полученными по эмпирическим моделям ионосферы IRI-2001 (4) и Q-F2 (5).

### Результаты модельных расчетов

На рисунке 1 представлены рассчитанные по всем версиям UAM и эмпирическим моделям суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б), меридиональной составляющей термосферного ветра  $V_{nx}$  на высоте 300 км (в) и отношение концентраций атомарного кислорода и молекулярного азота  $n(O)/n(N_2)$  (г) для станции Иркутск. На рисунке 2 – аналогичные данные для Слау.

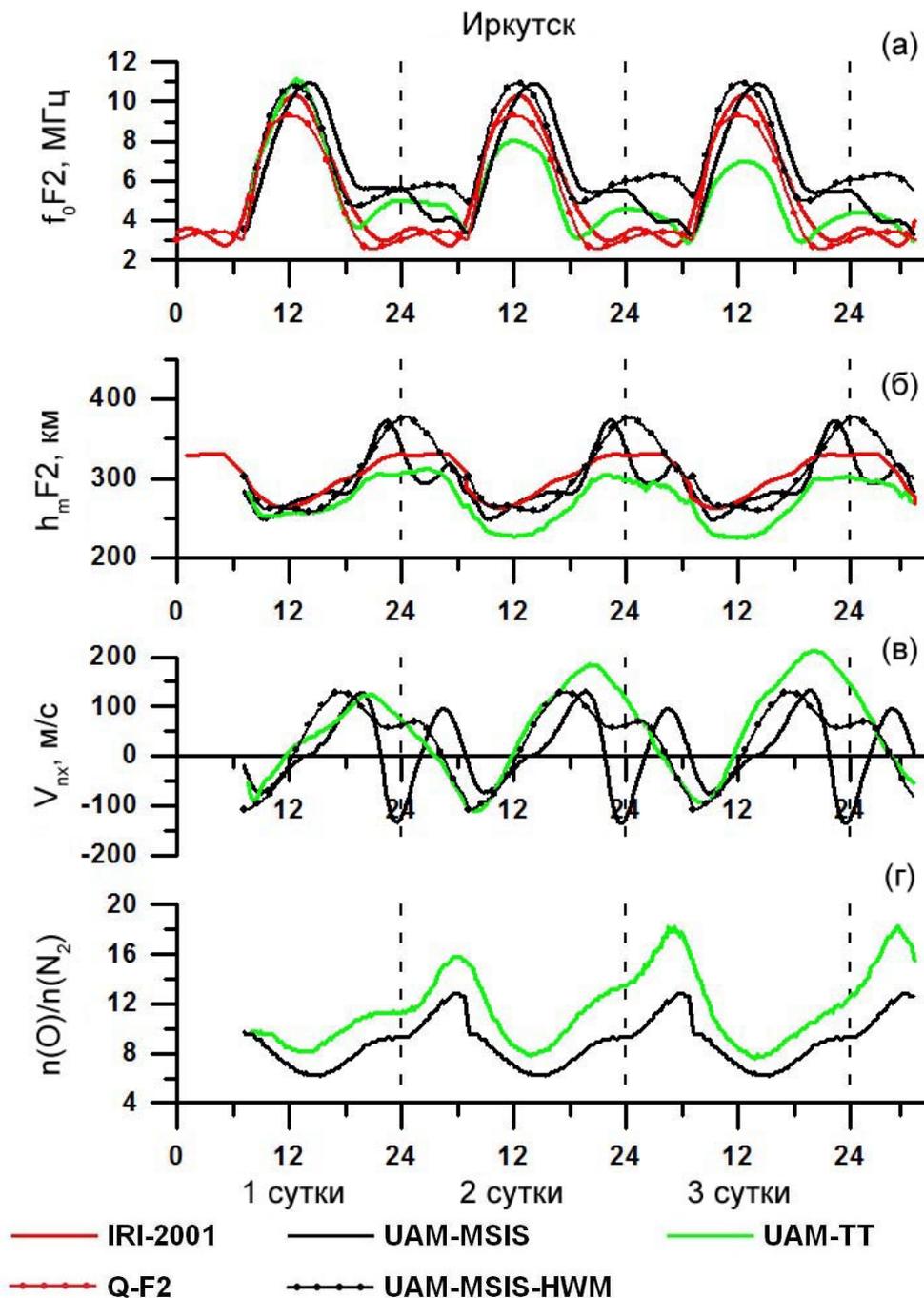
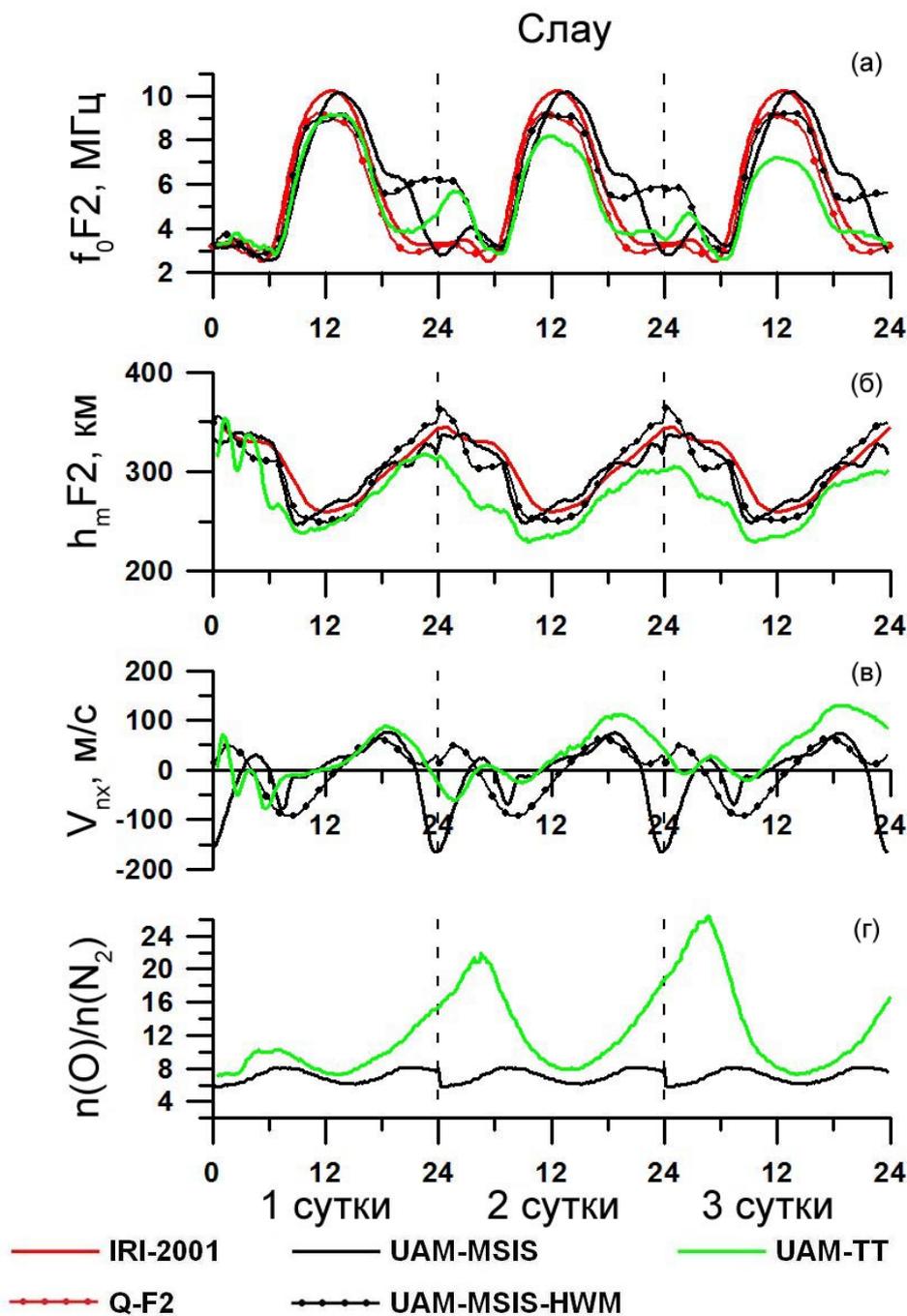


Рис. 1. Суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б),  $V_{nx}$  (в) и отношение  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км над станцией Иркутск.



**Рис. 2.** Суточные вариации  $f_0F2$  (а),  $h_mF2$  (б),  $V_{nx}$  (в) и отношение  $n(O)/n(N_2)$  (г) на высоте 300 км над станцией Слау.

Модельные кривые зависимости  $f_0F2$  от LT (LT – Local Time), полученные в результате 1-ых суток интегрирования по всем версиям UAM и по IRI-2001 и Q-F2, близки друг к другу в дневном секторе, и расходятся в ночном. Наилучшее согласие с данными эмпирических моделей показывает расчет по версии UAM-MSIS.

В ночные часы различия результатов расчетов по UAM обусловлено соответствующими вариациями меридиональной составляющей скорости термосферного ветра на высотах F2-области ионосферы. Как показывают графики зависимости  $V_{nx}$  от LT, в эти часы ветер по MSIS направлен к экватору и гонит плазму вдоль силовых линий

геомагнитного поля вверх, в область низких скоростей ее химических потерь. Меридиональные ветры по UAM и HWM направлены к полюсу, и, соответственно, гонят плазму в обратном направлении, что приводит к падению электронной концентрации.

Самосогласованная версия UAM-ТТ в ходе 3-х суток интегрирования занижает дневные значения  $f_0F2$  относительно результатов, полученных по другим версиями UAM и данных эмпирических моделей. Анализ суточных вариаций  $n(O)/n(N_2)$  показывает, что в дневные часы величина этого отношения практически не меняется, и, следовательно, не может объяснить падение  $f_0F2$ . Дневные значения скорости меридионального ветра, направленного к полюсу, возрастают, что и обуславливает занижение максимальной электронной концентрации в F2-области ионосферы. Это объяснение подтверждается соответствующими вариациями высоты максимума F2-слоя.

### Выводы

В данной работе представлены результаты модельных расчетов по различным версиям модели UAM суточных вариаций спокойной среднеширотной F2-области ионосферы в условиях зимнего солнцестояния при средней солнечной активности. Версии UAM различаются способом вычисления состава и трехмерной циркуляции термосферы.

Наилучшее согласие с данными эмпирических моделей дает версия UAM совместно с эмпирической моделью термосферы NRLMSISE-00.

Расхождения результатов расчетов  $f_0F2$  по различным версиям UAM в ночном секторе LT, а также падение дневных значений критической частоты по самосогласованной версии UAM в ходе нескольких суток интегрирования связаны с соответствующими вариациями меридиональной составляющей вектора скорости термосферного ветра на высотах F2-области ионосферы.

### Литература

1. **Namgaladze A.A., Martynenko O.V., Volkov M.A., Namgaladze A.N., Yurik R.Yu.** High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*. 1998. V.1, No. 2. P. 23-84.
2. **Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C.** NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues // *Journal of Geophysical Research*. 2002. V. 107. No. A12. P. 1468. doi:10.1029/2002JA009430.
3. **Hedin A.E., Fleming E.L., Manson A.H., Schmidlin F.J., Avery S.K., Clark R.R., Franks S.J., Fraser G.J., Tsuda T., Vial F., Vincent R.A.** Empirical wind model for the upper, middle and lower atmosphere // *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*. 1996. V. 58. No. 13. P. 1421–1447.
4. **Bilitza D.** International reference ionosphere 2000 // *Radio Science*. 2001. V. 36. P. 261–275.
5. **Демин М.Г., Жеребцов Г.А., Пирог О.М., Шубин В.Н.** Регулярные изменения критической частоты F2-слоя спокойной ионосферы средних широт // *Геомагнетизм и аэронавигация*. 2009. Т. 49. No. 3. С. 393-399.

## **ВАРИАЦИИ В ПОЛНОМ ЭЛЕКТРОННОМ СОДЕРЖАНИИ В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ БАЙКАЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 27 АВГУСТА 2008 ГОДА**

**Золотов О.В., Прохоров Б.Е., Намгаладзе А.А., Мартыненко О.В.**

*(г. Мурманск, МГТУ, каф. физики)*

В работе исследуются вариации полного электронного содержания над околоэпицентральной областью в период подготовки байкальского землетрясения 27 августа 2008 г., 01:35UT, M 6.3, D 16 км., (51.61; 104.16) по данным GNSS-сети зондирования ионосферы.

Геомагнитная активность в период подготовки исследуемого землетрясения была слабой и умеренно менялась, т.е. можно считать, что отсутствовали возмущения, способные маскировать исследуемые сейсмо-ионосферные эффекты.

Для определения пространственных характеристик ионосферного отклика на исследуемое сейсмическое событие мы применили метод построения дифференциальных карт отклонений ТЕС. Значения ТЕС для заданного момента времени сравнивались со значениями вариаций для спокойных (вычисленных бегущее среднее (1) за 3 дня до и 7 дней после и (2) за 7 дней до рассчитываемого момента) фоновых условий. Для расчета дифференциальных карт отклонений использовались карты глобального электронного содержания.

По данным дифференциальных карт отклонений ТЕС были выявлены области аномальных отклонений значений ТЕС (по сравнению с невозмущенным состоянием), “привязанные” в течение значительного времени к геопозиции в околоэпицентральной области, сопровождающиеся схожими эффектами в магнитосопряженной области.

Указанные аномалии обнаружены при обоих вариантах расчета фоновых невозмущенных значений. Их линейные размеры составили  $10^{\circ}$  по широте и  $40^{\circ}$  по долготе, максимум проявления – 40% по магнитуде.

**ТЕРМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ ПО ДАННЫМ МОДЕЛИ UAM И СПУТНИКА  
CHAMP**

**Прохоров Б.Е., Намгаладзе А.А.**

*(г. Мурманск, МГТУ, каф. физики)*

Материалы представлены в форме презентации. 

## МОБИЛЬНАЯ ИНФРАЗВУКОВАЯ ГРУППА

**Виноградов Ю.А., Асминг В.Э.** (Кольский филиал геофизической службы РАН  
г. Апатиты, [vin@krsc.ru](mailto:vin@krsc.ru), [asmingve@mail.ru](mailto:asmingve@mail.ru))

A mobile infrasound array has been developed based on MP-201 low-frequency microphones, analog to digit convertor E-24 and original data acquisition software. Such arrays can detect sources of infrasonic signals in frequency band 1-20 Hz and compute their backazimuths. They had been used for passive location of falling fragments of 2<sup>nd</sup> stages of «Proton» rockets.

Используемый в КФ ГС РАН инфразвуковой комплекс позволяет регистрировать инфразвуковые сигналы в широком диапазоне частот (0.02 – 15 Гц) и решать различные задачи по детектированию и локации источников инфразвуковых колебаний. Однако, сложность и громоздкость конструкции, дороговизна составляющих компонентов, жесткая привязка к энергообеспечению не позволяют тиражировать его. Для решения задачи повышения точности локации событий, изучения характерных форм инфразвуковых сигналов в момент возбуждения, в КФ ГС РАН разработана мобильная инфразвуковая станция (группа). Структурная схема станции приведена на рисунке 1.

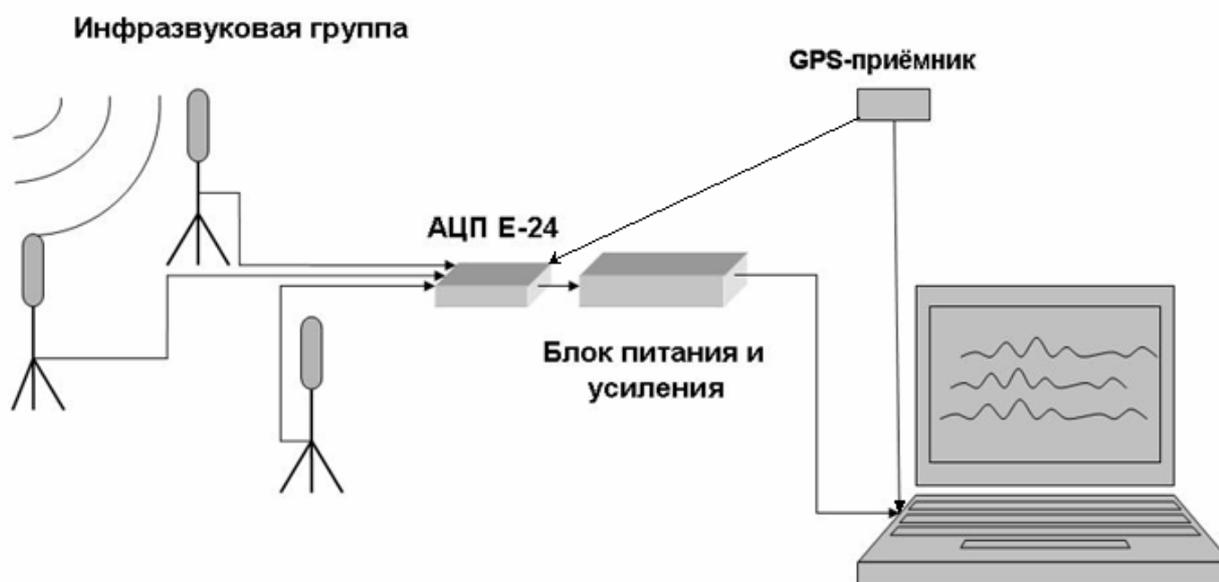


Рис.1. Структурная схема мобильной инфразвуковой группы.

Группа включает в себя три широкополосных микрофона MP-201 фирмы BSWITechnology Ltd. (Китай), аналогово-цифровой преобразователь E-24 фирмы L-card, блок питания, усилитель и персональный компьютер с тем же программным обеспечением, которое используется в системе сбора данных Апатитского инфразвукового комплекса [1]. Привязка к мировому времени производится посредством GPS. Амплитудно-частотная характеристика микрофонов приведена на рис. 2, а их фотография на рисунке 3.

Моделирование возможных ошибок оценки азимута по группе в зависимости от расстановки микрофонов показало, что в случае, когда измеряемые азимуты заранее неизвестны, оптимальным является расположение микрофонов в вершинах равностороннего треугольника. При такой конфигурации ошибка определения азимута не зависит от

собственно азимута. Однако, если азимут предполагаемого события примерно известен, можно улучшить оценку, расположив микрофоны в виде тупого угла, направленного на событие (см.рис.4).

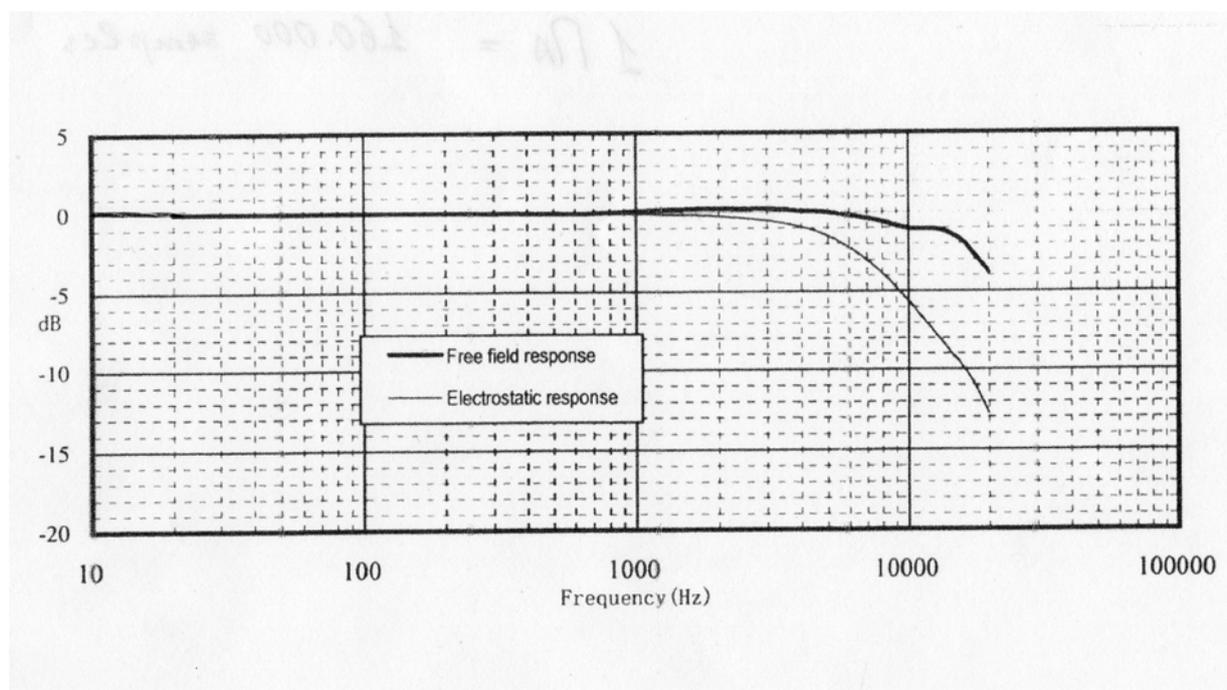


Рис.2. Амплитудно-частотная характеристика микрофона MP-201.



Рис.3. Измерительный микрофон MP-201 и труба-приемник.

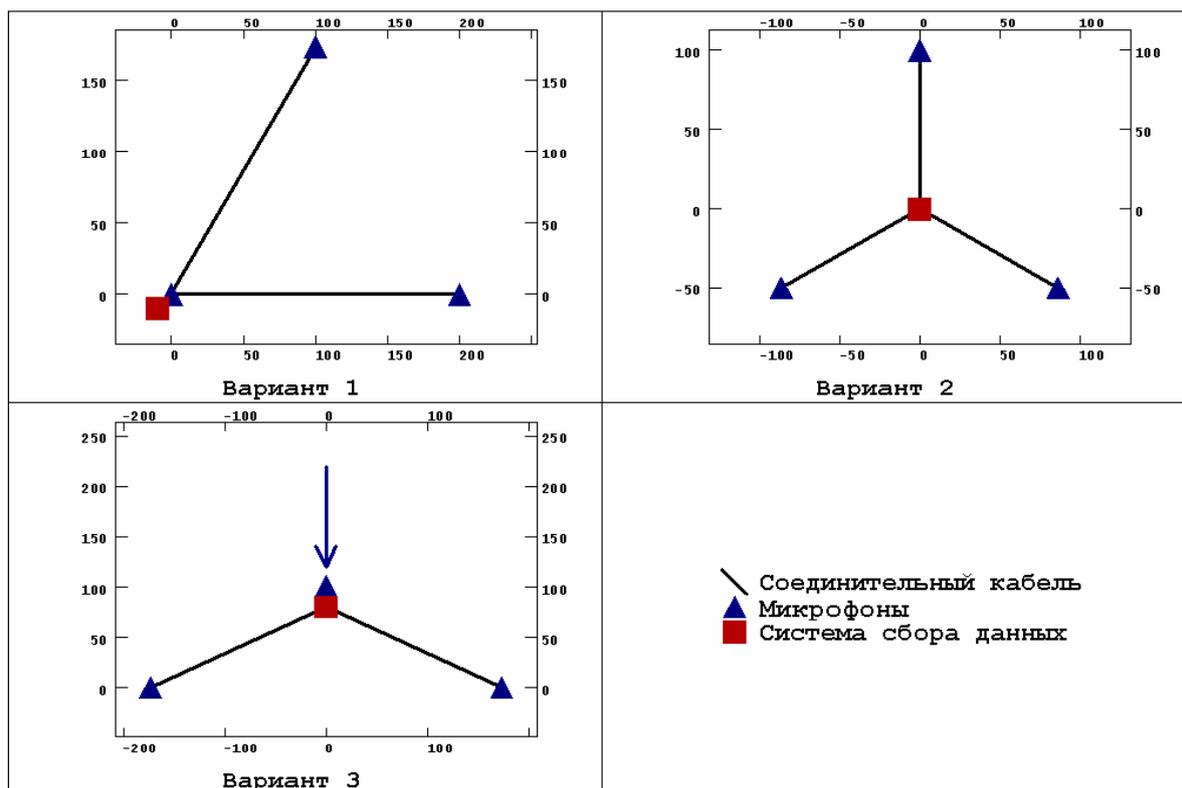


Рис.4. Варианты размещения микрофонов мобильной инфразвуковой группы. Варианты 1 и 2 предполагают расстановку микрофонов в вершинах равностороннего треугольника. Вариант 3 - расстановка микрофонов для регистрации события с примерно известным ожидаемым азимутом (показан стрелкой).

В настоящее время КФ ГС РАН располагает тремя мобильными инфразвуковыми группами с двумя вариантами расстановки микрофонов, в которых используется 2 катушки проводов длиной по 200 м и 3 катушки длиной по 100 м (см рис.4).

При использовании мобильных инфразвуковых групп особую важность приобретает измерение координат отдельных микрофонов, так как результат определения азимута сильно зависит от их взаимного расположения. Так, при использовании двух 200-метровых кабелей (вариант 1, рис. 6) в случае ошибок измерения координат в 5 м ошибка определения азимута в среднем составит  $1.5^\circ$  и может достичь 3-4°. Обычные же бытовые GPS-приемники дают погрешность в несколько десятков метров, что неприемлемо. Поэтому нами была разработана и включена в состав программного обеспечения мобильной группы программа точного определения координат с помощью GPS. Она позволяет измерять координаты длительное время, запоминая результаты, выдаваемые GPS-приемником каждую секунду. Отдельные замеры отображаются на экране и усредняются с предварительным исключением "ураганных" (сильно отличающихся от прочих) замеров.

Испытания программы показали, что за 15-20 минут измерения координат можно достичь точности 2 м, что дает достаточно точную оценку азимутов событий (максимальная ошибка определения азимута из-за неточностей координат датчиков не превысит  $1.5^\circ$ ).

Опытная группа была установлена вблизи инфразвукового комплекса «Апатиты» и проходила тестирование в течение 4 месяцев. В результате было записано значительное количество сигналов в различных диапазонах частот. Характерная запись от взрыва на расстоянии 46 км приведена на рисунке 5.

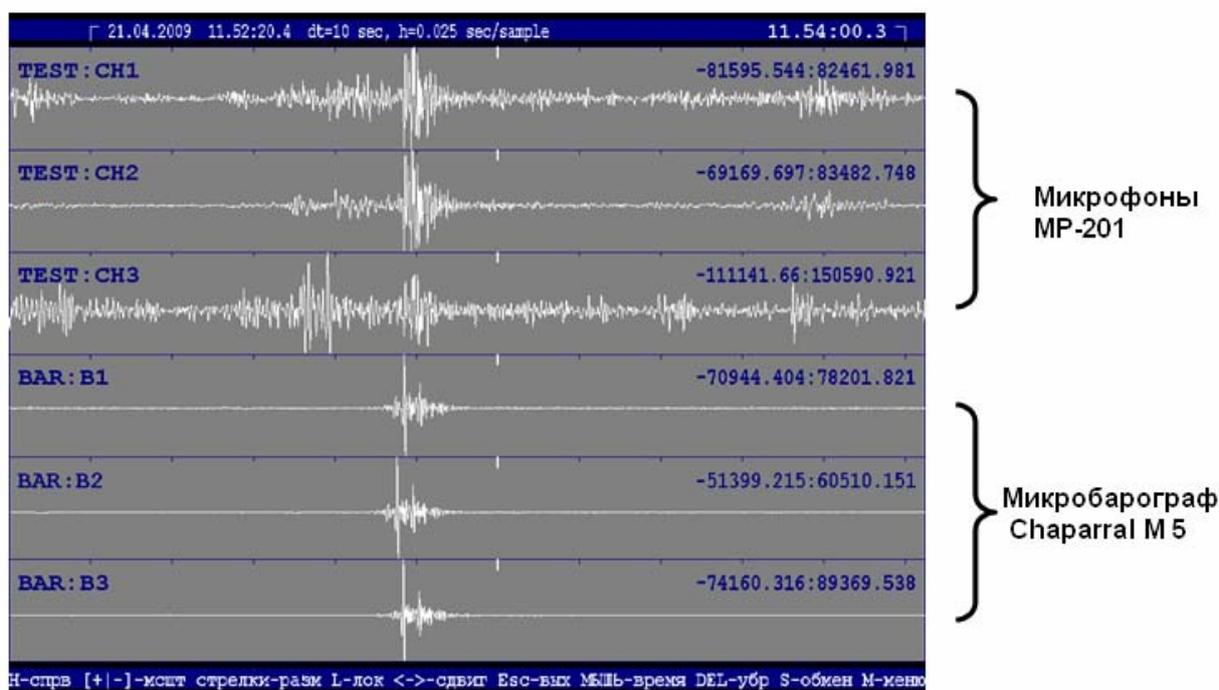


Рис. 5. Одновременная запись инфразвукового сигнала от взрыва на расстоянии 42 км мобильной установкой (3 канала сверху) и стационарным комплексом «Апатиты» (3 канала снизу).

Из рисунка видно, что соотношение сигнал-шум на стационарных микробарографах на порядок выше, что вызвано применением сложных пространственных фильтров, однако мобильная группа обеспечивает не менее надежное и уверенное детектирование сильных событий, чем стационарный инфразвуковой комплекс.

Вся мобильная установка легко транспортируется, ее вес 20-25 кг, большая часть которого приходится на соединительные кабели. Она быстро разворачивается (время развертывания составляет примерно 2 часа, включая измерение координат микрофонов) и позволяет регистрировать инфразвуковые сигналы с частотой выше 1 Гц и определять азимут на событие с точностью 1-2°.

Применение таких мобильных станций позволяет оперативно проводить измерения в произвольных точках наблюдения для повышения точности локации, определения спектральных характеристик и интенсивности сигналов источников возбуждения (взрывы, действующие вулканы, пролеты сверхзвуковых самолетов и ракет). Мобильные группы были использованы для экспериментов по пассивной локации падений фрагментов второй ступени ракеты-носителя «Протон».

#### Список литературы:

1. Асминг В.Э., Фёдоров А.В., Евтюгина З.А. Программное обеспечение многоканальной системы сбора и передачи геофизических данных КФ ГС РАН //Материалы международной научно-технической конференции «Наука и образование-2009», МГТУ, Мурманск, стр 265-269, 2009 г, электронный ресурс.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОДОЛЬНОЙ ДИФФУЗИИ ИОНОВ ВО ВНЕШНЕЙ ЧАСТИ ПЛАЗМОСФЕРЫ

**Мартыненко О.В., Ботова М.Г.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики, [MartynenkoOV@mstu.edu.ru](mailto:MartynenkoOV@mstu.edu.ru), [botovamaria@yandex.ru](mailto:botovamaria@yandex.ru))

**Abstract.** The influence of various factors on formation of 3D spatial structure of the Earth's ionosphere and plasmasphere has been studying. The results have been received by means of the modified global numerical Upper Atmosphere Model (UAM). In this work the role of ambipolar field-aligned diffusion in outside of plasmasphere has been examined.

### 1. Постановка задачи

В данной работе рассматривались следующие процессы, протекающие в ионосфере и плазмосфере: фотоионизация O на высотах ионосферы, продольная диффузия ионов, реакции зарядообмена  $O^+ + H \leftrightarrow H^+ + O$ .

Исследование проводилось путем компьютерного моделирования с использованием модифицированной глобальной численной модели верхней атмосферы Земли UAM [8]. Для выделения роли процессов диффузии все остальные процессы переноса были устранены. Конвекционный дрейф и нейтральный ветер в модельных расчетах полностью отсутствовали. Кроме того, были совмещены географическая и магнитная оси Земли для устранения долготной вариации параметров, Солнце располагалось точно над экватором. Температура и состав нейтральной атмосферы получались с помощью специальной процедуры. Из модели MSISE00 было выбрано наиболее симметричное относительно геомагнитного экватора состояние, а затем для каждого узла сетки были взяты значения всех рассчитываемых параметров, равные среднеарифметическому между этой и магнитосопряженной ей точками. Полученное в результате такой процедуры состояние "замораживалось" – оставалось неподвижным в солнечно-магнитной системе координат, а Земля (вместе с ионосферой и плазмосферой) вращалась относительно него.

Чтобы исключить влияние стартового момента на формирование плазмосферы, был предложен способ "постепенного включения": начала расчета в каждой точке в 22:00 местного времени, так что начальный период заполнения приходился на ночь, когда источник ионизации не столь интенсивен [6].

В принципе, основные физические процессы, воспроизводимые в нашем моделировании, давно и хорошо известны [3] – это дневное заполнение плазмосферы ионосферными ионами и обратное ему поддержание ночной ионосферы ионами, возвращающимися из плазмосферы. Но особенности нашей постановки задачи – глобальное трехмерное моделирование, полностью пустая плазмосфера в начальный момент и возможность четко отделить воздействие каждого из влияющих факторов – позволили увидеть и объяснить ряд деталей, недоступных изучению другими методами.

### 2. Результаты моделирования

Время диффузионного заполнения плазмосферы при нашем моделировании составило несколько суток. После 5 суток модельного времени получена достаточно реалистичная в целом картина: повторяющаяся суточная вариация концентрации  $O^+$  и заполненная  $H^+$  плазмосфера, почти однородная в долготном направлении (рис. 1).

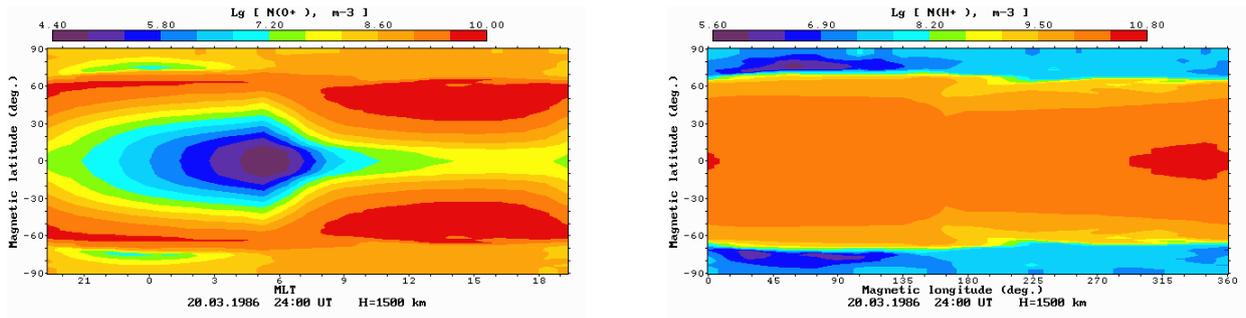


Рис. 1. Структура плазмосферы. Горизонтальные сечения концентраций ионов  $O^+$  (слева) и  $H^+$  (справа) на высоте 1500 км

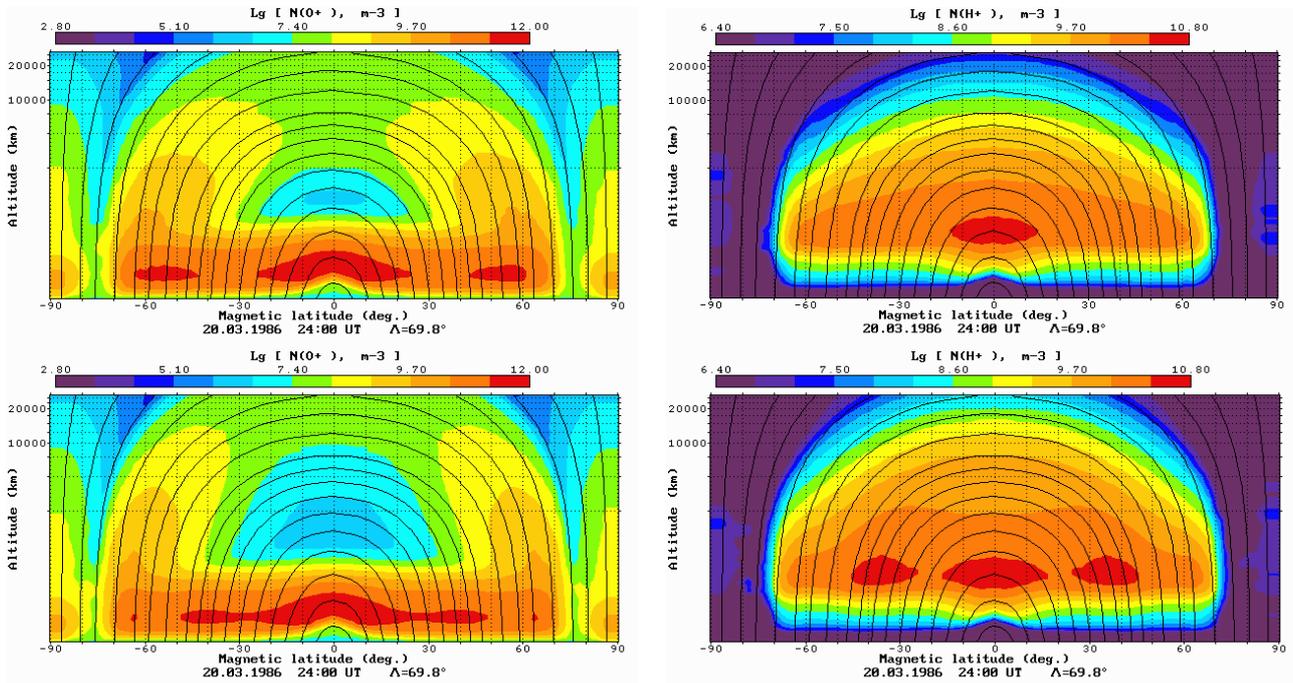


Рис. 2. Вертикальный разрез ионосферы и плазмосферы вдоль полуночного меридиана после одних (вверху) и пяти (внизу) суток модельного времени. Слева – концентрация ионов  $O^+$ , справа –  $H^+$ .

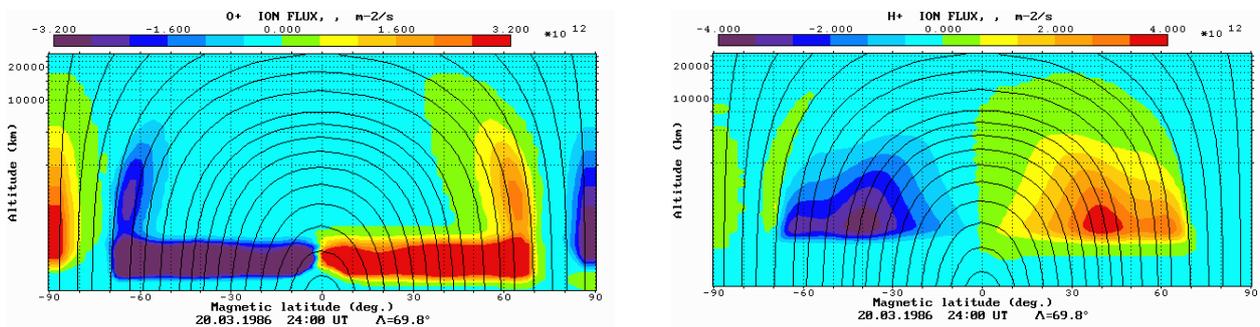


Рис. 3. Продольные потоки ионов. Разрез вдоль полуночного меридиана в северном полушарии (на рисунках справа) положительное значение потоков соответствует движению ионов вниз, а отрицательное – вверх, в южном полушарии (слева) – наоборот

## 2.1. Продольные потоки ионов

В первый день модельного времени, когда плазмосфера еще практически пуста, сразу после восхода в нее устремляются мощные потоки ионов  $O^+$  (практически ситуация истечения газа в пустоту). По мере наполнения верхней части трубок плазмой они затухают. Первоначальное "население" верхней части трубок составляют те же ионы  $O^+$  ионосферного происхождения, но постепенно они замещаются  $H^+$  (скорость замещения пропорциональна концентрации  $O^+$ ), а  $O^+$  вытесняется обратно вниз. Так на меридиональных разрезах плазмосферы появляется характерная конфигурация с взаимодополнительными центральной "дырой" в концентрации  $O^+$  и заполненной  $H^+$  плазмосферой (рис. 2).

Следует заметить, что в природе описанная ситуация с первоначальным наполнением пустых коротких трубок мощными потоками ионов  $O^+$  и последующим постепенным изменением ионного состава в них в первые дни "от сотворения мира" не реализуется никогда – эта часть земной плазмосферы всегда уже заполнена ионами  $H^+$ . Но воспроизведение ее в модельных расчетах дает ключ к пониманию аналогичных процессов в других областях.

В последующие сутки в нижней части среднеширотной плазмосферы устанавливается четкий цикл ионных потоков (рис.3): вверх днем и вниз ночью примерно до высоты 1000 км движутся  $O^+$ , а дальше их продолжают потоки  $H^+$ . Амплитуда дневных и ночных потоков  $H^+$  растет с ростом объема трубок, и максимальны они во внешней части заполненной плазмосферы. Дневные потоки максимальны сразу после восхода и постепенно уменьшаются к вечеру, по мере приближения плотности  $H^+$  в трубках к насыщению. Насыщенная же плотность такова, что обратные потоки в течение всей ночи практически постоянны по интенсивности.

На более длинных приавроральных трубках насыщения  $H^+$  не происходит. Там в течение всего времени модельного расчета существовали только восходящие и нисходящие потоки  $O^+$ , распространявшиеся до высот в несколько тысяч километров. Но и они разбивались на две характерных части: высокоскоростные потоки наполнения-опустошения плазмосферы (аналог среднеширотных потоков  $H^+$ ), прерывающиеся ночью на высотах около 1000 км, где они тормозились атмосферой, а ниже отделенные от них заметной перемышкой внутриионосферные потоки, с меньшей скоростью, но большей концентрацией ионов.

## 2.2. Приавроральный ночной максимум

Другой яркой особенностью является приавроральный ночной максимум, над которым высоко вверх тянутся "рога" повышенной концентрации  $O^+$ . Он формируется в первый день расчета и затем постепенно "тает" со стороны низких широт, по мере накопления в соответствующих трубках "постоянного запаса" ионов  $H^+$ . Он существует за счет мощных ночных нисходящих потоков ионов  $O^+$ , наблюдающихся в этой же области и также постепенно убывающих.

Этот максимум связан с сильными продольными потоками ионов  $O^+$ , существующими на приавроральных трубках. Причины их появления те же, что у описанных выше потоков, существующих в первый день на низких широтах, и отличие состоит только в намного большей длине и объеме трубок. Поэтому дневные потоки не успевают их наполнить до заметных плотностей и затухнуть, и весь день плазма из ионосферы истекает вверх с почти постоянной скоростью. Ночью же ионосферный источник прекращает действие, и те же ионы  $O^+$  под действием силы тяжести возвращаются вниз, поддерживая ночную ионосферу.

Этот механизм давно известен, но геометрия приавроральных силовых линий вносит в него особенности, приводящие к появлению там ночных максимумов. Из-за большого

объема трубок концентрация плазмы в них остается очень низкой даже после нескольких суток заполнения, и истекающий дневной поток  $O^+$  не встречает препятствий. Поэтому он не тормозится и не затухает, и  $O^+$  поступает днем в верхние части трубок в больших количествах даже на 3-5 сутки, когда на более низких широтах его туда уже не пускает накопившийся  $H^+$ . В результате ионный состав плазмы приавроральных трубок существенно отличается: в них не просто уменьшается концентрация  $H^+$  (провал легких ионов), но и заметно увеличивается концентрация  $O^+$  по сравнению с теми же высотами на более коротких трубках – образуются описанные выше "рога".

Ночные нисходящие потоки на этих трубках тоже отличаются. Ион  $O^+$  намного тяжелее, чем  $H^+$ , и сила тяжести гораздо эффективнее возвращает его к земле, когда поток снизу прекращается. Это и порождает повышенные ночные концентрации в приавроральной ионосфере по сравнению с более низкими широтами, где верхние части трубок заполнены  $H^+$ . По мере опустошения трубок потоки ослабевают, и концентрация в ионосфере падает. Быстрее это происходит на трубках меньшего объема, что приводит к формированию характерной конфигурации в виде "бухт" на горизонтальных разрезах плотности плазмы в предрассветные часы.

Отличием этого максимума является его постепенное уменьшение со временем, вплоть до полного исчезновения. Это вызвано накоплением в соответствующих трубках  $H^+$ , препятствующих движению потоков  $O^+$ , формирующих максимум.

### 3. Выводы

Таким образом, обнаруженная нами структурная особенность распределения ионов  $O^+$  в приавроральной области – постепенно исчезающий максимум на высотах ионосферы и простирающиеся над ним в плазмосферу "рога" – порождена существующими здесь быстрыми продольными потоками ионов  $O^+$ , направленными вверх днем и вниз ночью. Из-за большого объема трубок концентрация ионов  $H^+$  в этой области остается низкой и недостаточной, чтобы затормозить потоки  $O^+$ , как происходит на более низких широтах.

В реальной ионосфере этот максимум оказывается в области конвекции, которая "размывает" его. Поэтому обнаружить его, вероятно, можно лишь в очень спокойных условиях после сильных бурь. Но генетически связанная с ним область повышенной  $n(O^+)$  на внешней окраине плазмосферы известна из экспериментов.

### Литература

- Carpenter D.L., Giles B.L., Chappell C.R., Decreau P.M.E., Anderson R.R., Persoon A.M., Smith A.J., Corcuff Y., Canu P.** Plasmaspheric dynamic in the duskside bulge region: a new look at an old topic // *J. Geophys. Res.* V.98. P.19243-19271. 1993.
- Green J.L., Reinisch B.W.** An overview of results from the RPI on IMAGE // *Space Sci. Rev.* V.109. P.183-210. 2003.
- Кринберг И.А., Тащилин А.В.** Ионосфера и плазмосфера, Москва, Наука, 1984, 190 с.
- Князева М.А., Намгаладзе А.А.** Проблема ночных повышений плотности плазмы в среднеширотной F2-области ионосферы и ее исследование методом математического моделирования // *Physics of Auroral Phenomena: Proceedings of 31th Annual Seminar (Apatity, 26-29 February 2008) - Apatity, 2008.*
- Knyazeva M.A., Namgaladze A.A.** The influence of the northward wind on the latitudinal location of the enhanced electron density regions in the night-time ionospheric F2-layer and plasmasphere of the Earth // *Problems of Geocosmos: Proceedings of the 7th International Conference (St. Petersburg, Petrodvorets, 26 - 29 May 2008) - St. Petersburg, 2008.*

- Мартыненко О.В., Ботова М.Г.** Исследование процессов формирования пространственной структуры ионосферы и плазмосферы // Наука и образование – 2009 [Электронный ресурс] : материалы межд. науч.-техн. конф. (г. Мурманск, 1-9 апреля 2009). - Мурманск: МГТУ, 2009. - с. 236-245 - [НТЦ "Информрегистр" № 0320900170 (CD-ROM)].
- Namgaladze, A.A., O.V. Martynenko, A.N. Namgaladze.** Global model of the upper atmosphere with variable latitudinal integration step. *Geomagnetism and Aeronomy International*. v.1, No.1. pp.53-58, 1998a.
- Namgaladze, A.A., O.V. Martynenko, M.A. Volkov, A.N. Namgaladze, R.Yu. Yurik.** High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*. v.1, No.2, pp.23-84, 1998b.
- Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C.** NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues. *J. Geophys. Res.*, v.107, 1468, 2002.
- Song X., Gendrin R., Caudal G.** Refilling process in the plasmasphere and its relation to magnetic activity // *J. Atmos. Terr.Phis.* V.50. P.185-195.1988.
- Сайт модели UAM.** <http://uam.mstu.edu.ru>

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МАГНИТОСФЕРНОГО И ТЕРМОСФЕРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЙ НА НОЧНУЮ СРЕДНЕШИРОТНУЮ F2-ОБЛАСТЬ ИОНОСФЕРЫ

**М.А. Князева, А.А. Намгаладзе** (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра физики, [mariknyazeva@yandex.ru](mailto:mariknyazeva@yandex.ru))

**Abstract.** The electric fields influence on the enhanced electron density regions (EEDR's) in the night-time middle-latitude ionospheric F2-layer has been investigated by using the global Upper Atmosphere Model and the empirical model of the ionosphere IRI-2001. It has been shown that the strengthening of the magnetospheric electric field results in the decrease of the steepness of the equatorial sides of the EEDR's. The seasonal and solar activity variations of the latitudinal location of the EEDR's equatorial sides are formed by corresponding variations of the thermospheric dynamo electric field.

### Введение

В суточных и широтных вариациях максимальной концентрации электронов в F2-области ионосферы в ночные часы проявляются среднеширотные *области повышенной электронной концентрации* (ОПЭК) (1, 2).

Механизм формирования ОПЭК складывается из широтно-неоднородных продольных потоков плазмы, направленных из плазмосферы в ночную ионосферу, и ветрового увлечения ионов вдоль силовых линий геомагнитного поля (3, 4).

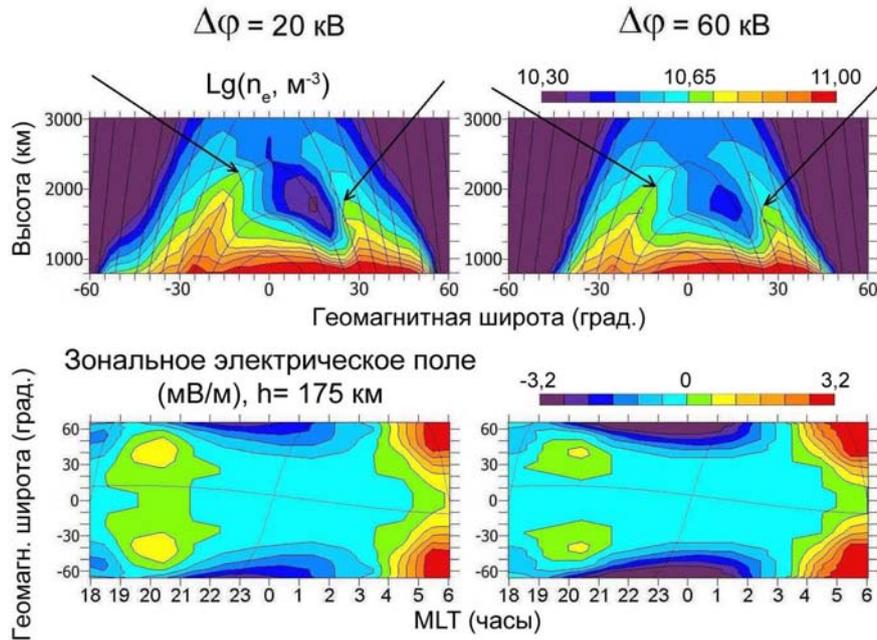
Электромагнитный дрейф определяет положение и крутизну высокоширотных «стенок» ОПЭК, смещая их к экватору пропорционально величине магнитосферного электрического поля за счет смещения на более низкие широты главного ионосферного провала (3, 4).

В данной работе приведены результаты исследования влияния электрических полей магнитосферного и термосферного (динамо) происхождений на приэкваториальные «стенки» ОПЭК в различных гелио-геофизических условиях. Исследование проводилось методом математического моделирования с использованием глобальной численной модели верхней атмосферы Земли UAM (Upper Atmosphere Model) (5).

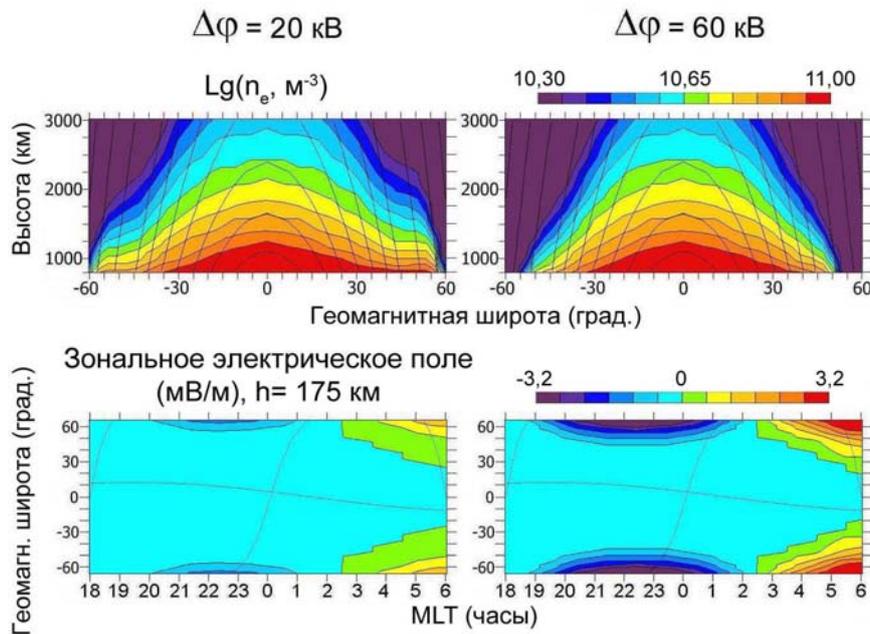
### Модельные расчеты

1) Для исследования влияния магнитосферного электрического поля на ОПЭК были проведены расчеты глобального распределения концентрации электронов по версии модели UAM совместно с эмпирической моделью термосферы NRLMSISE-00 (6) (далее UAM-MSIS), в которых разность потенциалов через полярную шапку  $\Delta\varphi$  имела различные, но постоянные в ходе расчета значения 20 и 60 кВ. Скорость электромагнитного дрейфа определялась распределением напряженности электрического поля  $\mathbf{E} = -\mathbf{grad}\varphi$ . Расчеты проводились для спокойных условий близких к равноденствию (16.04.2002) при высокой солнечной активности.

На рисунке 1 представлены меридиональные разрезы электронной концентрации ( $n_e$ ) вдоль ночного магнитного меридиана MLT=01:30 для диапазона высот от 800 до 3000 км (верхний ряд) и карты распределений зональной составляющей вектора напряженности электрического поля на высоте 175 км (нижний ряд). В левом столбце представлены результаты расчетов с  $\Delta\varphi=20$  кВ, в правом – с  $\Delta\varphi=60$  кВ. Помимо изолиний  $n_e$  на картах нанесены полуденно-полуночный географический меридиан, линия терминатора и географический экватор, на меридиональных разрезах – силовые линии геомагнитного поля.



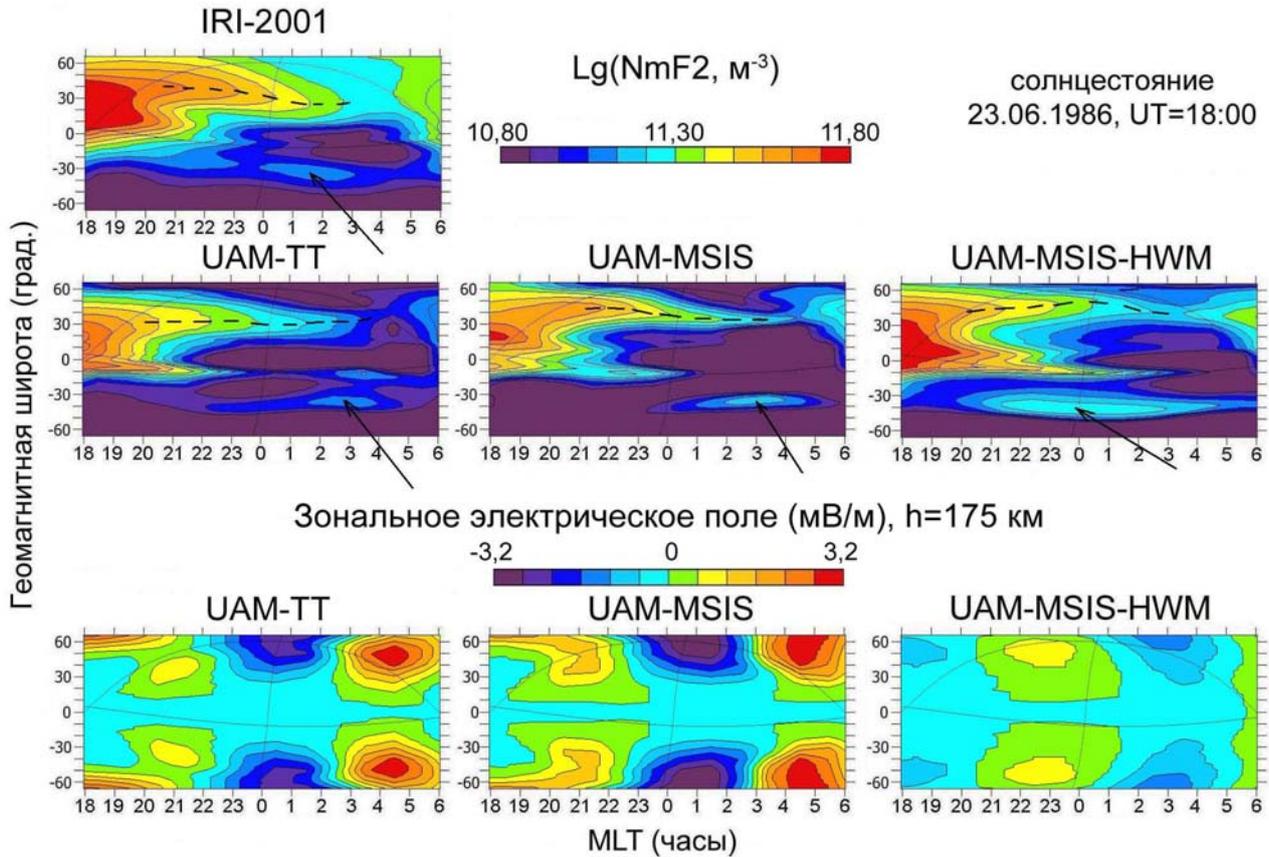
**Рис. 1.** Верхний ряд - рассчитанные по UAM-MSIS с учетом ветрового увлечения ионов высотно-широтные распределения  $Lg(n_e)$  вдоль магнитного меридиана  $MLT=01:30$  для диапазона высот  $h = 800 \div 1000$  км, нижний - широтно-долготное распределение зонального электрического поля на высоте 175 км для 24:00 UT 16.04.2002. В левом столбце представлены разрез и карта, соответствующие вариантам расчетов с  $\Delta\phi=20$ кВ, в правом -  $\Delta\phi=60$ кВ. Стрелки указывают на ОПЭК. Положительные значения соответствуют зональному электрическому полю, направленному на восток.



**Рис. 2.** То же, что и на рис. 1, но без учета ветрового увлечения ионов.

Увеличение  $\Delta\phi$  приводит к усилению электрического поля магнитосферного происхождения. Как уже отмечалось, в высоких широтах это приводит к сжатию ОПЭК с полюсов посредством смещения на более низкие широты главного ионосферного провала.

В средних и низких широтах при  $\Delta\phi=20$  кВ зональное электрическое поле в предполуночные часы направлено на восток, вблизи 21:30-22:30 MLT оно меняет направление на западное. Увеличение  $\Delta\phi$  не сказывается принципиально на величине среднеширотного



**Рис. 3.** Первый и второй ряды карт – карты распределений  $Lg(NmF2)$  по моделям IRI-2001 и по всем версиям модели UAM, третий – зонального электрического поля на высоте 175 км по всем версиям модели UAM для условий солнцестояния (23.06.1986) и 18:00 UT. Пунктирные черные линии указывают на летний тип ОПЭК, стрелки – на зимний. Положительные значения зонального электрического поля соответствует полю, направленному на восток.

поля. В низких широтах – приводит к исчезновению области направленного на восток поля, т.е. во всем ночном секторе MLT зональное поле имеет направление на запад. Это определяет различия в предзаходном состоянии низкоширотной и экваториальной F2-области ионосферы: в расчете с  $\Delta\phi=60$  кВ в более ранние часы начинается процесс разрушения экваториальной аномалии, заключающийся в смыкании над экватором гребней аномалии и, как следствие, частично заполняется провал над геомагнитным экватором. Приэкваториальные «стенки» ОПЭК смещаются к более низким широтам и уменьшается их крутизна.

Отключение в модельных расчетах термосферного ветра приводит (рис. 2), с одной стороны, к исчезновению ОПЭК (верхний ряд разрезов), что подтверждает роль ветра в формировании этих областей, с другой – к исчезновению областей восточного зонального электрического поля (нижний ряд карт) в средних и низких широтах, что доказывает их динамо-происхождение.

2) Для исследования влияния электрического поля термосферного (динамо) происхождения на приэкваториальные «стенки» ОПЭК в различных гелио-геофизических условиях были проведены расчеты глобального распределения  $n_e$  по следующим версиям модели UAM: 1) самосогласованной версии UAM с «теоретической» моделью термосферы (далее UAM-TT); 2) UAM совместно с NRLMSISE-00 (UAM-MSIS); 3) UAM с NRLMSISE-00 и эмпирической моделью горизонтального нейтрального ветра HWM-93 (7) (UAM-MSIS-HWM). Эти версии модельных расчетов различаются способом вычисления скорости

термосферного ветра и состава нейтрального газа. В варианте UAM-TT термосферные состав и циркуляция рассчитываются из уравнений движения, непрерывности и теплового баланса для нейтральной атмосферы. В UAM-MSIS состав и трехмерная циркуляция нейтрального газа вычисляются по модели MSIS. В UAM-MSIS-HWM состав нейтральной атмосферы рассчитывается по MSIS, скорость горизонтального ветра рассчитывается по модели HWM, а вертикальная составляющая скорости термосферного ветра рассчитывается из уравнения непрерывности для полной массовой плотности нейтрального газа.

Расчеты проводились для отобранных восьми дат, относящихся к спокойным геомагнитным условиям и представляющих четыре сезона при высокой и низкой солнечной активности. Результаты расчетов по UAM сопоставлялись с аналогичными результатами расчетов по эмпирической модели ионосферы IRI-2001 (8).

На рисунке 3 представлены в геомагнитных координатах карты распределений  $NmF2$  в ночном секторе MLT для условий солнцестояния (23.06.1986) при низкой солнечной активности (первый и второй ряды карт). Формат представления карт аналогичен предыдущим.

Ранее было выявлено, что в широтно-долготном распределении  $NmF2$  существуют два типа ОПЭК: 1) летний – в виде «хребта с понижающейся высотой» (под высотой здесь понимаются значения  $NmF2$ ) и 2) зимний – в виде «холма» (замкнутые изолинии  $n_e$ ) (5). На всех представленных на рис. 2 картах отчетливо видны ОПЭК обоих типов (летние условия – в северном полушарии, зимние – в южном, соответственно). Их формирование обусловлено соответствующей долготной вариацией меридионального ветра на высотах F2-области ионосферы в совокупности с геометрией силовых линий геомагнитного поля (4).

Приэкваториальные «стенки» ОПЭК примыкают к остаткам экваториальной аномалии на ночной стороне. В зимнем полушарии по IRI и всем версиям UAM отчетливо видны остатки аномалии, отделенные провалом от ОПЭК. В летнем полушарии по IRI и UAM-TT аномалия и ОПЭК не разделены: приэкваториальная «стенка» ОПЭК накладывается на остатки аномалии.

Сезонные вариации пространственной структуры экваториальной аномалии и ОПЭК в низких широтах обусловлены соответствующими вариациями зонального электрического поля динамо-происхождения (на рис. 2, третий ряд карт). Гребни аномалии отчетливо видны в зимних (по всем версиям UAM) и в летних условиях (по UAM-MSIS и UAM-MSIS-HWM) в те часы по MLT, когда в низких широтах зональное электрическое поле имеет направление на восток. Под действием этого поля посредством электромагнитного дрейфа плазма поднимается вверх, в область медленных химических потерь. Накапливаясь, под действием амбиполярной диффузии плазма стекает по силовым линиям геомагнитного поля вниз, формируя гребни аномалии.

## Выводы

Таким образом, проведенные модельные расчеты показывают, что электрическое поле как магнитосферного, так и термосферного (динамо) происхождения влияет на широтное положение и крутизну приэкваториальных «стенок» ОПЭК, примыкающих к остаткам экваториальной аномалии на ночной стороне.

Сезонные вариации широтного положения приэкваториальных «стенок» ОПЭК и экваториальной аномалии формируются соответствующими вариациями зонального электрического поля динамо-происхождения.

### Литература

1. **Mikhailov A.V., Leschinskaya T.Yu., Förster M.** Morphology of NmF2 nighttime increases in the Eurasian sector // *Annales Geophysicae*. 2000. V. 18. P. 618–628.
2. **Farelo A.F., Herraiz M., Mikhailov A.V.** Global morphology of night-time NmF2 enhancements // *Annales Geophysicae*. 2002. V. 20. P. 1795–1806.
3. **Князева М.А., Намгаладзе А.А.** Математическое моделирование формирования ночных повышений электронной концентрации в F2-области спокойной среднеширотной ионосферы и в плазмосфере Земли // *Вестник МГТУ*. 2005. Т. 8. № 1. С.144-155.
4. **Князева М.А.** Ночная F2-область ионосферы и плазмосфера Земли: математическое моделирование: автореферат на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / М.А. Князева. – Троицк Московской обл.: ИЗМИРАН, 2009. – 18 с.
5. **Namgaladze A.A., Martynenko O.V., Volkov M.A., Namgaladze A.N., Yurik R.Yu.** High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*. 1998. V.1, No. 2. P. 23-84.
6. **Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C.** NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues // *Journal of Geophysical Research*. 2002. V. 107. No. A12. P. 1468. doi:10.1029/2002JA009430.
7. **Hedin A.E., Fleming E.L., Manson A.H., Schmidlin F.J., Avery S.K., Clark R.R., Franks S.J., Fraser G.J., Tsuda T., Vial F., Vincent R.A.** Empirical wind model for the upper, middle and lower atmosphere // *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*. 1996. V. 58. No. 13. P. 1421–1447.
8. **Bilitza D.** International reference ionosphere 2000 // *Radio Science*. 2001. V. 36. P. 261–275.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ ПО МОДЕЛИ UAM С ДАННЫМИ СПУТНИКА CHAMP

**Мартыненко О.В., Золотов О.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики, *MartynenkoOV@mstu.edu.ru*)

**Abstract.** The paper is devoted to the problem of proper data extraction from the UAM model's simulations for comparison with the CHAMP observations taking into account the usage of different reference frames. It describes CHAMP payload and scientific products, some corresponding UAM-modeled upper atmosphere's parameters and special UAM data-extraction software.

### 1. Характеристики спутника CHAMP

Спутник CHAMP (CHALLENGING Minisatellite Payload) созданный GeoForschungs Zentrum (Германия), был запущен 15 июля 2000 г. ракетой-носителем "Союз" с космодрома Плесецк на почти круговую приполярную орбиту (наклонение  $87^\circ$ ) с начальной высотой 454 км. Основными задачами проекта было комплексное исследование Земли и попытка понять ее как систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной компонент, которые испытывают сильные вариации в пространстве и времени и вовлечены в сложный комплекс взаимодействий на различных временных масштабах. Для этого на спутник оснащен комплексом приборов для изучения гравитационного и магнитного (включая отдельно исследование поля литосферного происхождения) полей Земли, а также пространственно-временной изменчивости земной атмосферы и ионосферы, океанической циркуляции, изменений уровня моря и различных взаимодействий погоды и климата. Проектное время жизни спутника составляло 5 лет, но сегодня этот срок уже значительно превышен.

Выбранная орбита позволяет получить однородное и полное глобальное покрытие земного шара, а также обеспечивает покрытие разных LT, что важно при исследовании таких проблем, как приливы и т.д. Выбранная начальная высота гарантирует 1) многолетнюю работу спутника даже при различной солнечной активности, 2) исследование различных слоев атмосферы (с этой точки зрения более высокая орбита еще лучше), 3) адекватные наблюдения земного магнитного поля. Для исследований гравитационного поля и магнитного поля земной коры более низкая орбита выглядит более предпочтительной.

Параметры спутника CHAMP: масса 522.5 кг (на старте); высота 750 мм; длина 8333 мм (вместе с 4044 мм стрелой); ширина 1621 мм. Для снижения уровня помех магнитометрическое оборудование вынесено на некоторое расстояние от тела спутника при помощи стрелы, закрепленной на "носу" спутника.

CHAMP стабилизирован в трех плоскостях относительно Земли, стрела ориентирована по направлению полета спутника. Подсистема контроля положения и орбиты реализована в виде 12 двигателей малой тяги для коррекции положения и 2 – для коррекции орбиты. Данные со спутника передаются при его нахождении в зоне видимости наземного приемника. Имеется встроенное хранилище данных емкостью 1 Гбит.

Научное оборудование спутника CHAMP (рис. 1) включает:

1. Электростатический акселерометр STAR. Служит для измерения ускорений, не связанных с гравитационным полем Земли, например, ускорения вследствие торможения атмосферой, земного альбедо и воздействия солнечного излучения на спутник. STAR основан на принципе электростатического микроакселерометра: эталонная масса свободно "плавает" внутри емкости.

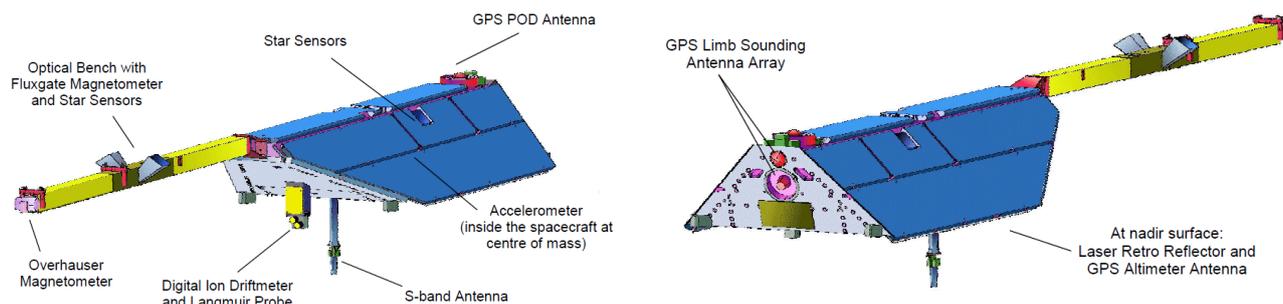


Рис. 1. Схематическое представление размещения оборудования на спутнике CHAMP (из Reigber et al., 2001)

2. Приемник GPS-сигналов TRSR-2. Совместно с акселерометром STAR приемник GPS-сигналов является основным средством для высокоточного определения орбиты спутника и, тем самым, определения гравитационного поля Земли. Дополнительно он может использоваться для радиозондирования атмосферы и, экспериментально, в целях альтиметрии методом зеркальных отражений от поверхностей океана и ледников.
3. Лазерный ретро-рефлектор (Laser Retro Reflector, LRR). Состоит из 4х кубических призм, предназначенных для отражения коротких лазерных импульсов обратно на наземную передающую станцию (система ILRS). Это позволяет напрямую измерить путь сигнала между наземной станцией и спутником с точностью не менее 1 см. Полученные таким образом данные используются для точного определения орбиты, для реконструкции гравитационного поля, для калибровки бортовых навигационных GPS-систем, а также в случае экспериментов с лазерными импульсами разных длин волн (двух цветов) для верификации существующих моделей (поправок) атмосферы.
4. Индукционный магнитометр (Fluxgate Magnetometer, FGM) измеряет компоненты вектора магнитного поля Земли. FGM рассматривается в качестве основного инструмента исследования магнитного поля в рамках миссии. Для интерпретации полученных значений требуется знать высоту, на которой находился сенсор во время измерений.
5. Магнитометр Overhauser'a (Overhauser Magnetometer). Скалярный магнитометр, используется в качестве справочного магнитометра для калибровки векторного магнитометра FGM. Абсолютная погрешность измерений не превосходит 0.5 нТл.
6. Усовершенствованный звездный компас (Advanced Stellar Compass, ASC) – для ориентации спутника в пространстве на основе анализа карт звездного неба (путем машинного распознавания образов и определения положений основных созвездий).
7. Цифровой измеритель скорости ионного дрейфа (Digital Ion Driftmeter, DIDM). По первичным данным DIDM могут быть определены такие параметры, как концентрация ионов, ионная температура и скорость дрейфа. С учетом измерений магнитного поля, эти параметры могут быть использованы для оценки распределения ионосферных токов.

Измерения плоского лонгмюровского зонда (Planar Langmuir Probe, PLP) – потенциал спутника, электронная температура и плотность – требуются для интерпретации измерений ионного дрейфа.

Стандартные научные данные, поставляемые миссией CHAMP, промаркированы от level-1 до level-4 в соответствии со стадией обработки. Дешифрованные и декодированные исходные "сырые" данные уровня level-0 обозначаются как level-1. Это отдельные дневные файлы, относящиеся к каждому инструменту на борту CHAMP, а также данные, преобразованные из формата передачи данных в физические величины и в приемлемый для программного обеспечения формат представления. Данные level-1 также содержат наблюдения наземных GPS-приемников и станций лазерного зондирования.

Level-2 – предварительно обработанные и калиброванные экспериментальные данные, дополненные необходимыми системными (служебными) данными спутника.

Level-3 обобщает оперативные данные и соответствует обработанным точно калиброванным экспериментальным данным.

Level-4 соответствует геофизическим моделям, построенным на основе анализа экспериментальных данных CHAMP, дополненных сторонними моделями и наблюдениями.

### **Основные научные данные миссии CHAMP:**

#### 1) Орбита и гравитационное поле:

level-1: фаза и код GPS-сигнала CHAMP "спутник-спутник" (0.1 Hz); фаза и код GPS-сигнала "земля-спутник" (0.1 Hz и 0.033 Hz, пересчитанная из 1 Hz данных);

level-2: предварительно обработанные данные акселерометра (0.1 Hz), линейные и угловые ускорения, положение (по звездному небу), времена включения двигателей коррекции;

level-3: предварительные орбиты CHAMP и спутников в международной земной системе координат. Данные размещаются с задержкой от нескольких часов до нескольких дней после момента получения измерений;

level-4: обработанные (с задержкой до нескольких месяцев) точные орбиты CHAMP и спутников GPS и, полученные на основе их анализа, модели глобального гравитационного поля Земли, представленные "подогнанными" коэффициентами разложения геопотенциала по сферическим гармоникам.

#### 2) Магнитное и электрическое поля:

level-2: магнитное поле; величина(модуль) и вектор поля, частота дискретизации 1 Hz; точная ориентация по ASC для стрелы с частотой дискретизации 1 Hz;

level-4: модели (главной компоненты) поля, разложение по сферическим гармоникам в 13-моментном приближении на основе данных CHAMP и вековых вариаций коэффициентов по наземным и спутниковым наблюдениям. Обновление модели примерно каждые три месяца.

#### 3) Данные зондирования атмосферы / ионосферы:

level-1: измерения радиозатмения GPS-CHAMP, код и фаза GPS-сигнала между спутником и наземными станциями;

level-2: список событий выхода из зоны видимости за день с информацией о радиозатмении (номера спутника и наземных станций, время начала/окончания радиозатмения, оценка ближайшего геоположения потери связи), атмосферная задержка сигнала и др.

level-3: Атмосфера: вертикальные профили атмосферных коэффициентов преломления, геопотенциал и др.

Ионосфера: некалиброванные данные ПЭС по пути (прохождения сигнала) и вертикальные профили электронной концентрации.

**Дополнительные данные CHAMP** – служебные данные измерений, которые проводятся на регулярной основе, но не публикуются в банках данных. Доступ к ним возможен по запросу.

#### 1) Орбита и гравитационное поле

level-1: "сырые" данные наблюдения акселерометра (1 Hz);

level-3/4: CHAMP/GPS орбиты в астрономической (небесной) системе координат;

level-4: сеточное (табулированное) представление гравитационного поля и др.

#### 2) Магнитное и электрическое поля:

level-2: внешнее магнитное поле; скорости ионного дрейфа, ионная плотность и температура, на частотах дискретизации от 1 до 16 Hz;

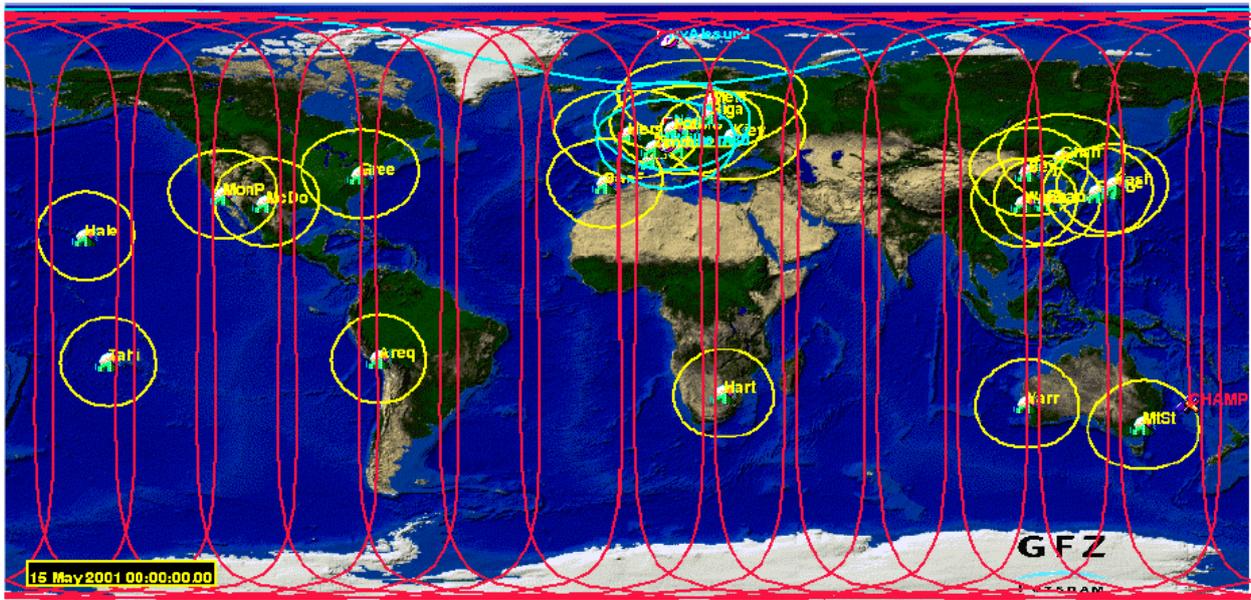
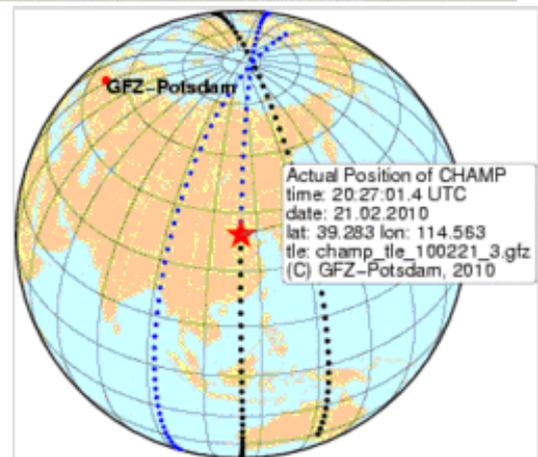


Рис. 2 (вверху). Глобальная сеть ILRS (желтый), покрытие наземных станций приема данных CHAMP (голубой) и пролеты спутника CHAMP в течение суток (красный) (из *Reigber et al.*, 2001)

Рис. 3 (справа). Несколько пролетов спутника CHAMP для 21.02.2010 (с сайта *Ground track*)



level-3: полностью калиброванное магнитное поле, вектора (5 Hz);  
 level-4: модель литосферного магнитного поля, основанная на разложении в ряд по сферическим гармоникам с 15 по 65 порядок. Индексы магнитной активности.

3) Данные зондирования атмосферы / ионосферы:

- Недельные и месячные зональные средние температуры и распределения водяных паров;
- Параметры тропопазузы;
- Параметры гравитационных волн для различных широтных и высотных областей;
- Карты месячного среднего глобального распределения максимума электронной концентрации для выбранного LT;
- Карты месячных средних глобальных распределений высот максимума электронной концентрации для выбранного LT;
- Вертикальные распределения электронной концентрации для высот ионосферы / плазмосферы ( $h > h_{\text{CHAMP}}$ ) в плоскости пролетов спутника для выбранных событий.

**2. Сопоставление данных CHAMP с результатами модельных расчетов UAM**

Научной группой под руководством Намгаладзе А.А. проводилось сопоставление модельных расчетов UAM с наблюдениями CHAMP. Предоставленные нам данные CHAMP содержали: дату (уууу-мм-дд), время (hh:mm:ss.sss), системное время, географическая широта, географическая долгота, высота, плотность ( $\text{kg/m}^3$ ), поперечная к орбите спутника

(у-компонента в собственной системе координат спутника) компонента вектора скорости ветра (m/s) и она же разложенная на зональную и меридиональную (в географической системе координат) составляющие. Следует отметить, что часть предоставленных данных не измеряются напрямую аппаратурой спутника, а выводятся из других параметров. Так, например, компоненты вектора скорости ветра определяются по данным акселерометров и параметрам орбиты, а затем пересчитываются в географические координаты.

CHAMP летает почти по полярной орбите (рис. 3), и в просторечии часто говорят, что он летает "вдоль меридиана с таким-то местным временем", и приближенно считают, что измеряемая им поперечная компонента скорости ветра – зональная. Это достаточно близко к действительности, если говорить о географической системе координат (рис. 2). Но даже в ней вблизи полюса траектория спутника пересекает под разными углами все меридианы, и поперечная к ней компонента отклоняется от зональной, вплоть до ситуации, когда в ближней

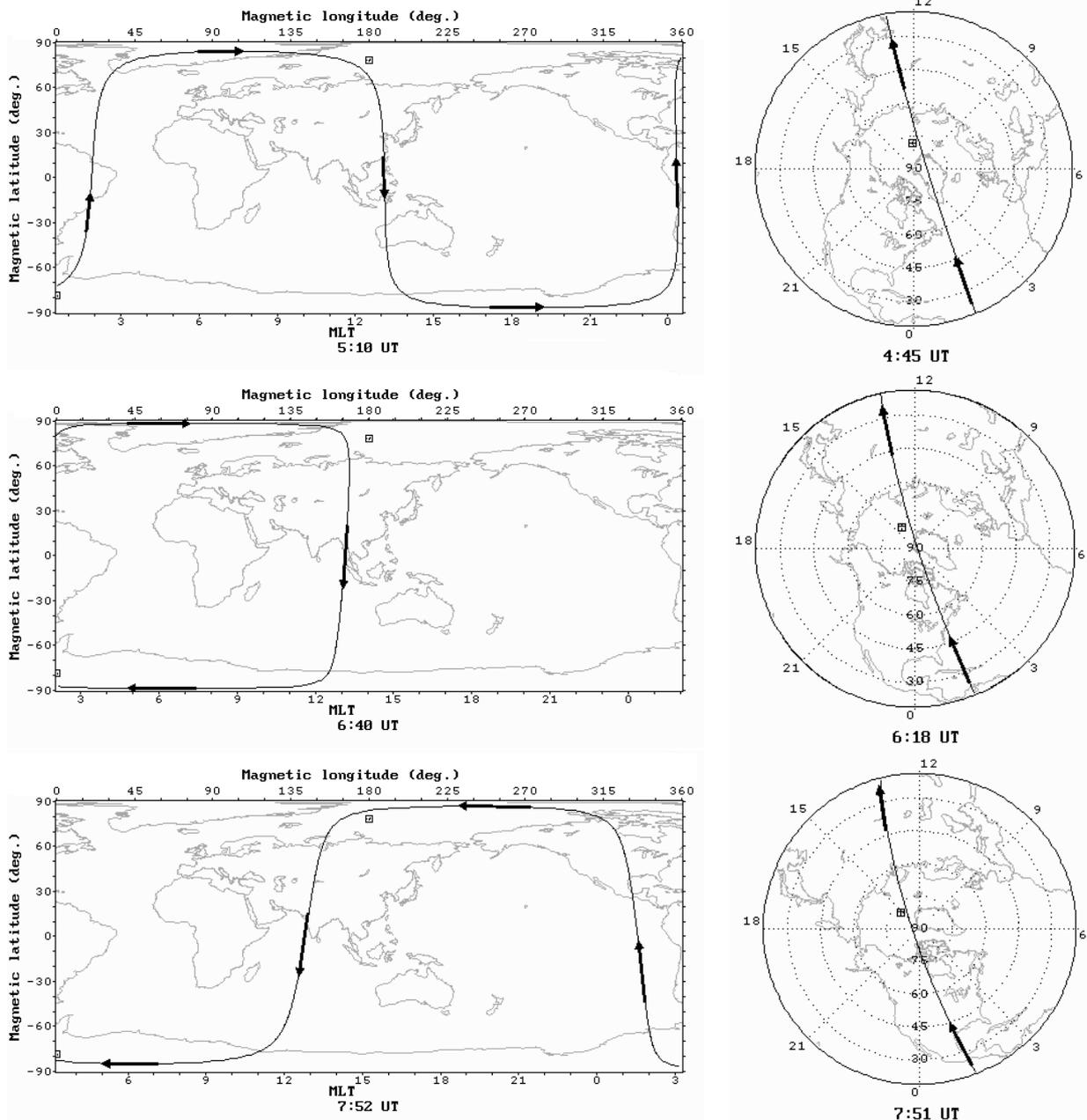


Рис. 4. Три последовательных витка CHAMP в геомагнитных координатах

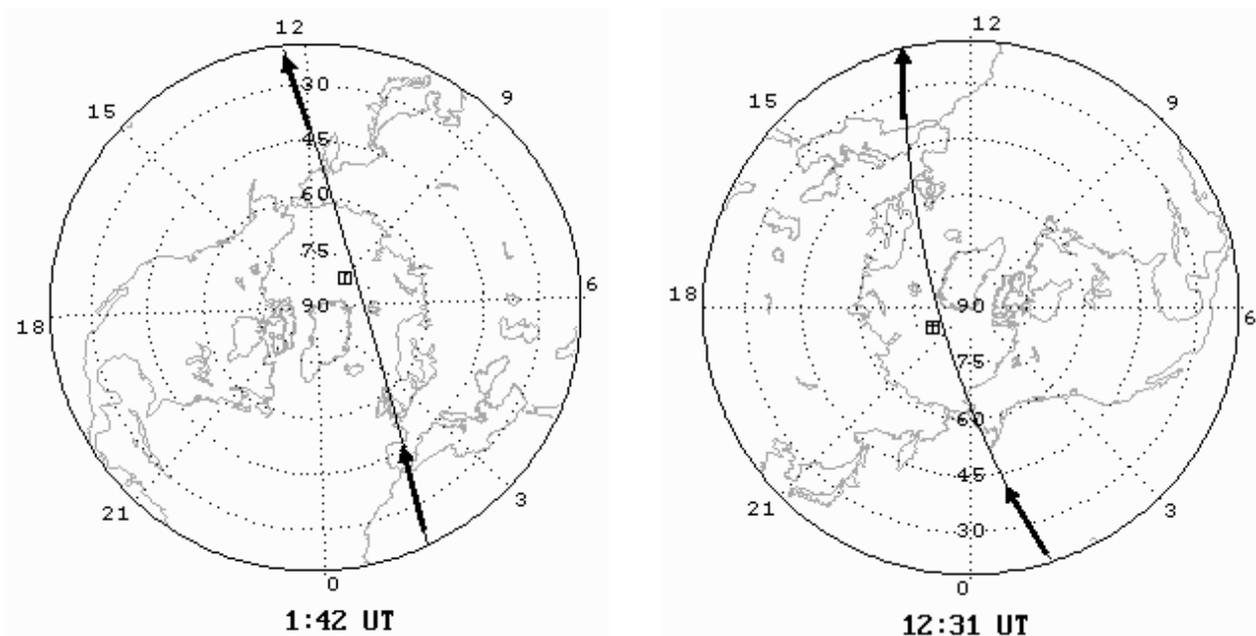


Рис. 5. Два витка CHAMP "вдоль меридиана 01-13 часов"

к географическому полюсу точке орбиты она совпадает с меридиональной. К тому же плоскость, в котором летает CHAMP, сохраняет свое положение относительно неподвижных звезд, а Земля в течение года обходит вокруг Солнца. В результате этого плоскость орбиты CHAMP за год проходит через все местные времена, смещаясь за месяц приблизительно на 2 часа, или примерно на 4 минуты местного времени за день.

Это значительно осложняется использованием в UAM неинерциальной геомагнитной системы координат, привязанной к магнитной оси Земли, которая наклонена относительно географической примерно на  $10^\circ$  и вращается вокруг нее. Траектория спутника от витка к витку меняется в ней достаточно сложным образом.

Поэтому имеет смысл более детально рассмотреть положение орбиты CHAMP в географической и геомагнитной системах координат в разные моменты UT, чтобы понять, с какой погрешностью можно использовать для сопоставления с данными CHAMP "стандартные" средства вывода данных UAM, а когда требуется обращаться к специализированному программному приложению, которое будет описано ниже.

На рис. 4 слева показаны в декартовых геомагнитных координатах траектории трех последовательных витков орбиты CHAMP. Кажется, что спутник совершил активный маневр – поменял направление своего движения. Но на самом деле это связано с неинерциальностью геомагнитной системы, что видно из правых рисунков, где те же витки показаны в полярных координатах: спутник летал по одной и той же орбите, просто магнитный полюс в ходе суточного вращения перешел на другую сторону от плоскости орбиты спутника.

На рис. 5 в полярных координатах показаны траектории еще двух витков орбиты CHAMP в тот же день 28 октября 2003 г. Видно, что и сами траектории достаточно далеки от меридиана 1300 MLT, "вблизи которого", якобы, летал спутник, и тем более сложно считать измеряемую им поперечную компоненту скорости ветра зональной.

Другой сложностью, возникающей при сопоставлении данных CHAMP с результатами модельных расчетов UAM, является то, что обычные программы извлечения данных из сервисного пакета UAM возвращают мгновенный глобальный "снимок" требуемого параметра, а спутник облетает глобус примерно за полтора часа, и его данные сложно сопоставить с мгновенной картиной – время ее изменения сопоставимо с временем

полета. Поэтому адекватным способом является сопоставление результатов измерений спутника не с мгновенным распределением, а с "фильмом" снимков, сохраняемым UAM в ходе расчета. Для удобства такого сопоставления нами и было разработано специальное приложение Film2orb, извлекающее из фильма разрез сохраненной физической величины вдоль траектории спутника.

Приложение разработано как консольное, с интерфейсом в виде командной строки, традиционно для сервисных программ UAM. Интерфейс его аналогичен интерфейсу близкой по смыслу программы FilmToND, также извлекающей временной разрез из фильма снимков. В командной строке задается список файлов (или имя файла-списка со служебным символом @ впереди), а также с ключом /Orb: – имя файла с последовательностью координат спутника в виде таблицы "время (сек) – долгота (град) – широта (град)". Кадры фильма и точки орбиты должны быть упорядочены по возрастанию времени. Для выборки компонент скорости ветра фильм должен содержать перечень пар картинок-компонент нейтрального вектора. Проверить это можно, просмотрев этот фильм программой DV: если она правильно отображает кадры, то они будут правильно обработаны и программой Film2orb.

Программа последовательно перебирает кадры фильма, для каждого из них определяет точку, где в этот момент находился спутник (путем линейной интерполяции по времени из файла орбиты), а также азимутальный угол его скорости (при задании на выборку компонент скорости нейтрального ветра: поперечной и продольной относительно орбиты). Затем из ближайших узлов кадра фильма значение параметра линейно интерполируется в точку спутника. Для скорости ветра из кадров фильма интерполируются ее зональная и меридиональная компоненты, которые затем переводятся в полярное представление "модуль-азимут", и вектор проецируется на направление орбиты, также заданное через азимутальный угол.

Результатом работы является обычный текстовый файл (имя по умолчанию Sat\_data, но оно может быть изменено заданием в командной строке ключа /Out:), содержащий в заголовке наименование извлеченного параметра и дату (извлекаются из первого кадра обрабатываемого фильма), а далее таблицу "время – значение параметра (или пара значений x- и y-компонент скорости ветра) – долгота – широта".

### 3. Выводы

CHAMP предоставляет большой набор геофизических данных в том числе и для междисциплинарных исследований. Но при сопоставлении его данных с модельными расчетами необходимо всегда точно понимать, что именно, где и когда измерял спутник. Это особенно важно при использовании векторных данных – компонент скорости, а также в приполярных регионах. Если в первом приближении для первичного анализа и можно сравнивать, например, данные "вдоль магнитного меридиана" с "почти такими же" спутниковыми, то при проведении более детальных исследований на эту "похожесть" рассчитывать не следует. Для интерпретации спутниковых данных и их сравнения с результатами расчетов UAM нужно использовать специализированную программу из сервисного пакета UAM.

### Литература

1. Christoph Reigber, Hermann Lühr, Peter Schwintzer, CHAMP Announcement of Opportunity, GFZ, Potsdam, Germany, 2001
2. Ground track plot of CHAMP, GFZ German Research Centre for Geosciences, URL:[http://op.gfz-potsdam.de/champ/more/track/actual\\_track\\_CHAMP.html](http://op.gfz-potsdam.de/champ/more/track/actual_track_CHAMP.html)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СУБАВРОРАЛЬНОЙ И ВЫСОКОШИРОТНОЙ F2-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Ю.В. Зубова, А.А. Намгаладзе (Мурманский государственный технический университет, кафедра физики, y-zubova@yandex.ru)

В предыдущих работах результаты расчетов ионосферных параметров, выполненных с помощью глобальной численной модели верхней атмосферы Земли UAM [1], сопоставлялись с данными семи радаров некогерентного рассеяния радиоволн, проводивших наблюдения в период геомагнитных бурь апреля 2002 года [2].

Был сделан вывод о том, что основной реакцией ионосферы на геомагнитные возмущения явилось падение электронной концентрации в 2 и более раз над всеми станциями некогерентного рассеяния, сопровождавшееся ростом температур ионов и электронов. Эти особенности ионосферной бури воспроизвела в своих результатах теоретическая модель UAM, продемонстрировав качественное согласие с наблюдениями. Модельными расчётами было подтверждено, что основным механизмом, ответственным за падение электронной концентрации, явилось изменение нейтрального состава. Поддержание ночной электронной концентрации на субавроуральных широтах в геомагнитно-спокойных условиях было объяснено зональным электромагнитным дрейфом, обеспечившим стекание плазмы к полуденному меридиану [3].

Однако по работе были высказаны замечания о том, что сравнение модельных значений лучше проводить не на фиксированных высотах, а для максимума слоя, так как в этом случае не вносятся дополнительные ошибки, связанные с заданием вида профиля  $N_e(h)$ . Кроме того, было отмечено, что одного параметра  $N_mF2$  недостаточно для выводов о роли нейтрального состава и ветров. Дополнительно нужно проводить сравнение с высотой максимума F2-области, так как существенную роль в определении  $h_mF2$  играет ветровое увлечение плазмы термосферным ветром.

В настоящей работе параметры максимума F2-области ионосферы ( $f_0F2$  и  $h_mF2$ ), рассчитанные по модели UAM для периода 15-18 апреля 2002 года, были сопоставлены с данными вертикального зондирования ионосферы над Миллстоун Хиллом и Сондрестромом. Результаты сопоставлений представлены на Рис.1 и Рис.2, которые подтвердили правильность сделанных ранее выводов. Видно, что согласие рассчитанных и наблюдавшихся значений  $h_mF2$  достаточно хорошее как обеих станций. При этом расхождение модельных результатов со значениями  $f_0F2$ , измеренными ионозондом Миллстоун Хилла в ночные часы 16 и 17 апреля, достигает фактора 4.

Таким образом, поведение ионосферной плазмы в ночные часы над Миллстоун Хиллом определялось не вариациями термосферного ветра, а именно стеканием плазмы к полуденному меридиану вследствие зонального электромагнитного дрейфа.

### Литература

1. Namgaladze A.A., Martynenko O.V., Volkov M.A., Namgaladze A.N., Yurik R.Yu. High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere. *Proceedings of the MSTU*, v.1, No.2, p.23-84, 1998.
2. Namgaladze A.A., Zubova Yu.V., Namgaladze A.N., Martynenko O.V., Doronina E.N., Goncharenko L.P., Van Eyken A., Howells V., Thayer J.P., Taran V.I., Shpynev B., Zhou Q. Modelling of the ionosphere/thermosphere behaviour during the April 2002 magnetic storms: A comparison of the UAM results with the ISR and NRLMSISE-00 data. *Adv. in Space Research*, V. 37, Is. 2, 380-391, 2006.
3. Zubova Yu.V., Namgaladze A.A., Goncharenko L.P. Model interpretation of the unusual F-region night-time electron density behaviour observed by the Millstone Hill incoherent scatter radar on April 16-17, 2002. *Proceedings of the 7th International Conference "Problems of Geocosmos"*, Saint-Petersburg, p.304-308, 2008.

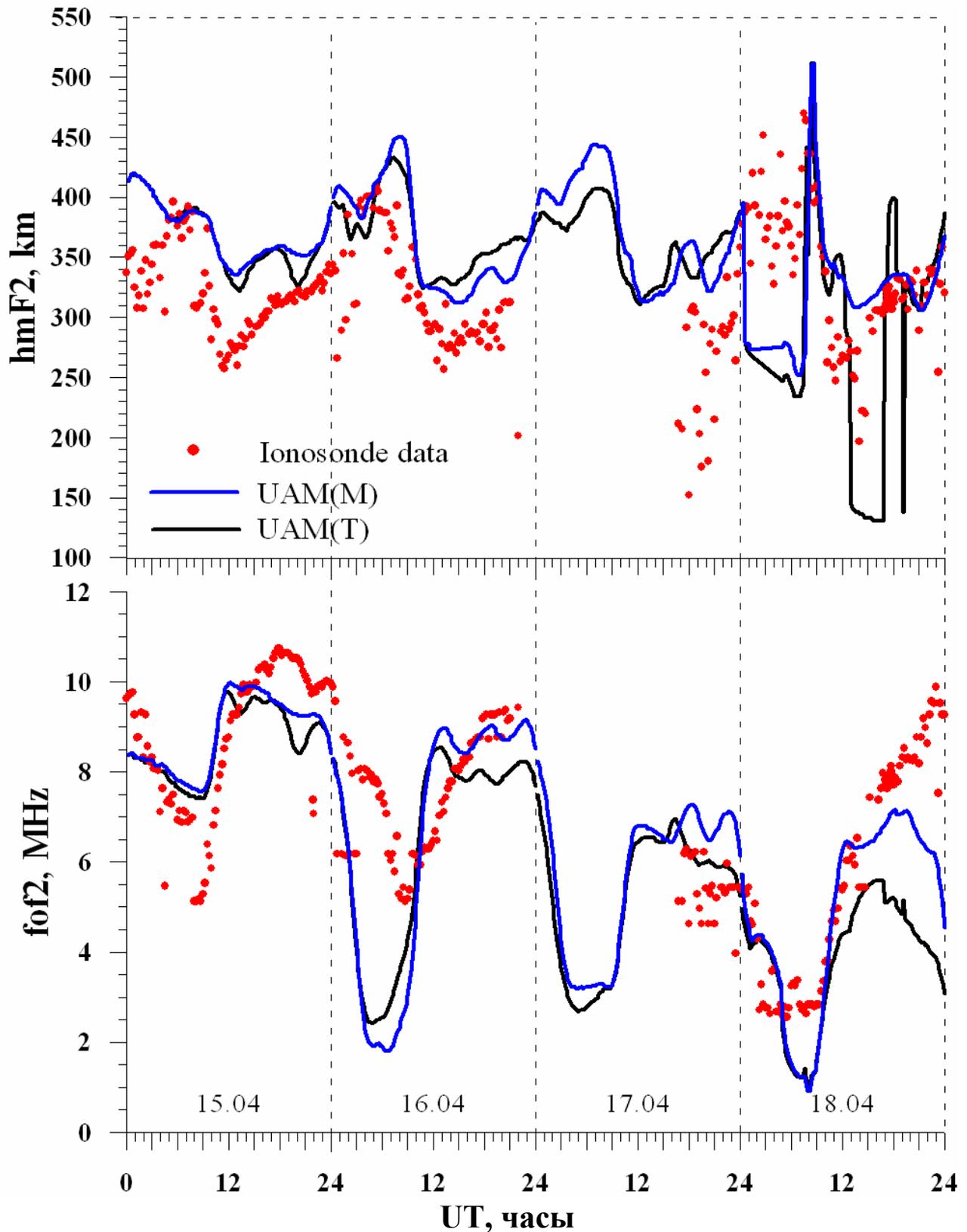


Рис.1. Временные вариации  $hmF2$  (вверху) и  $f0F2$  (внизу), наблюдавшиеся ионозондом Миллстоун Хилл 15-18 апреля 2002 года (красные кружки), в сравнении с результатами, полученными по модели UAM с теоретическим расчетом состава и температуры термосферы (черные линии) и с нейтральными составом и температурой по модели MSISE (синие линии).

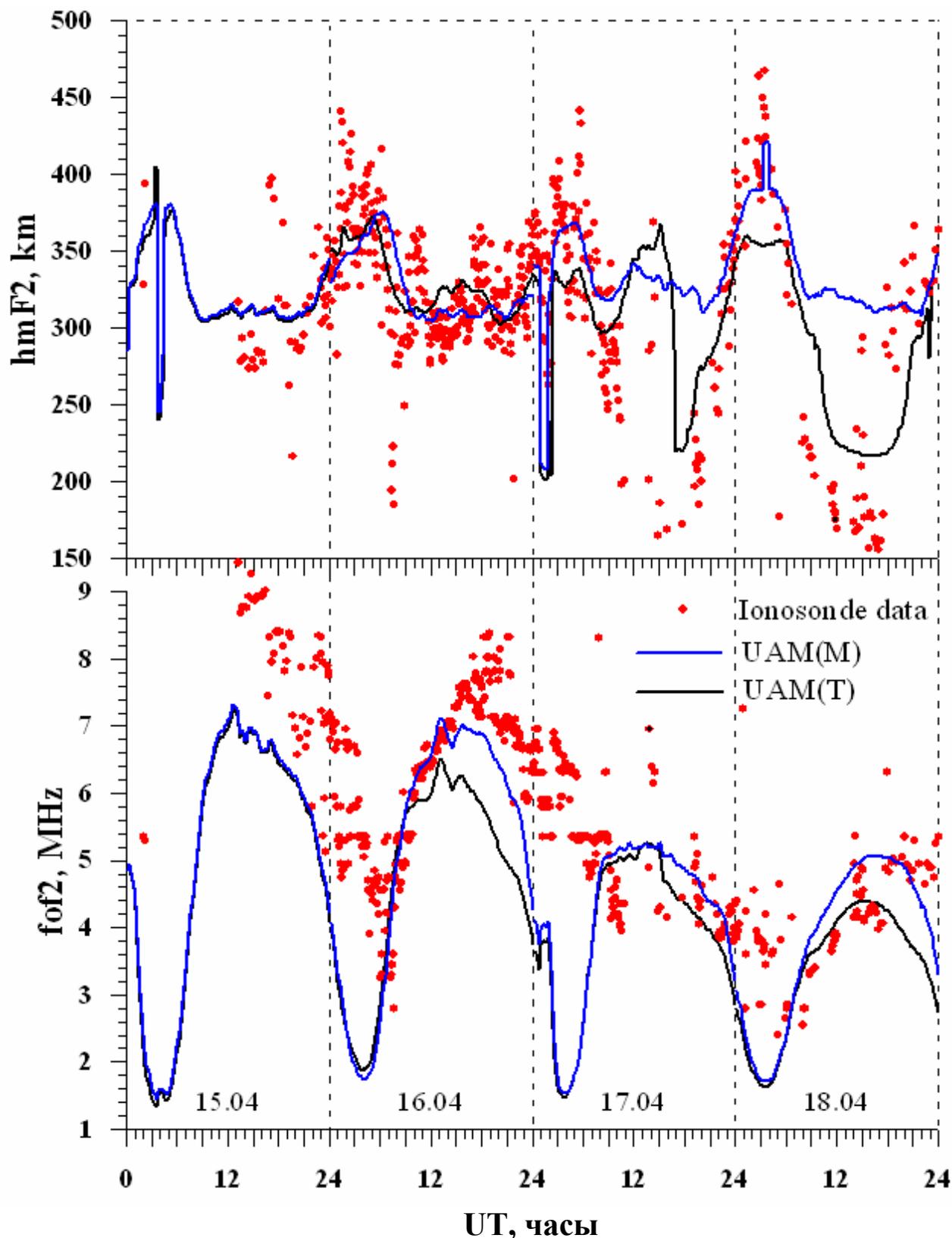
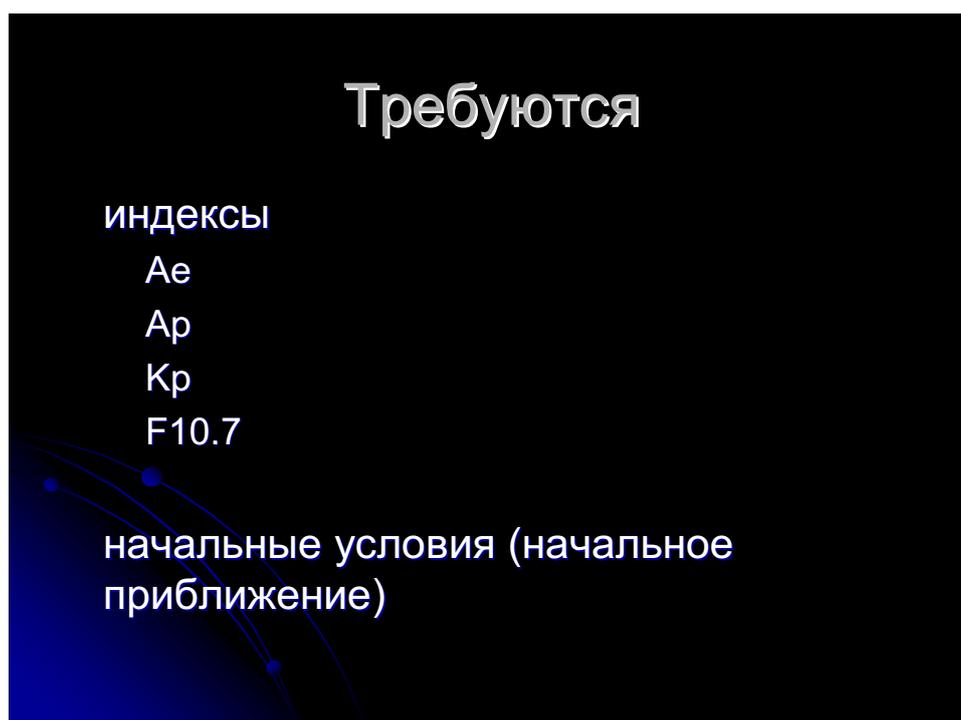
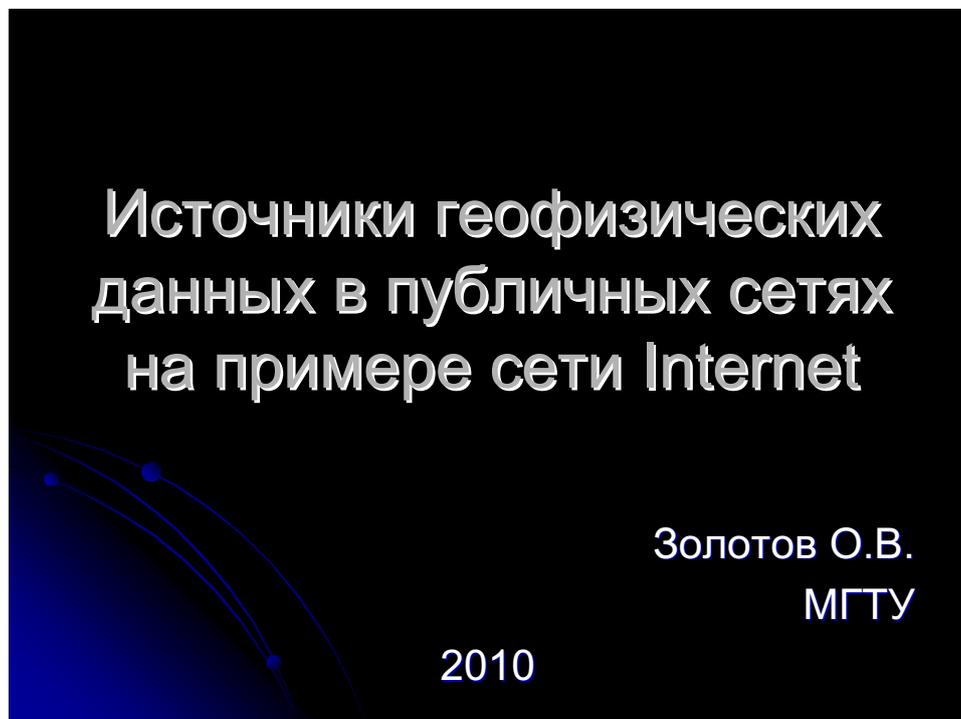


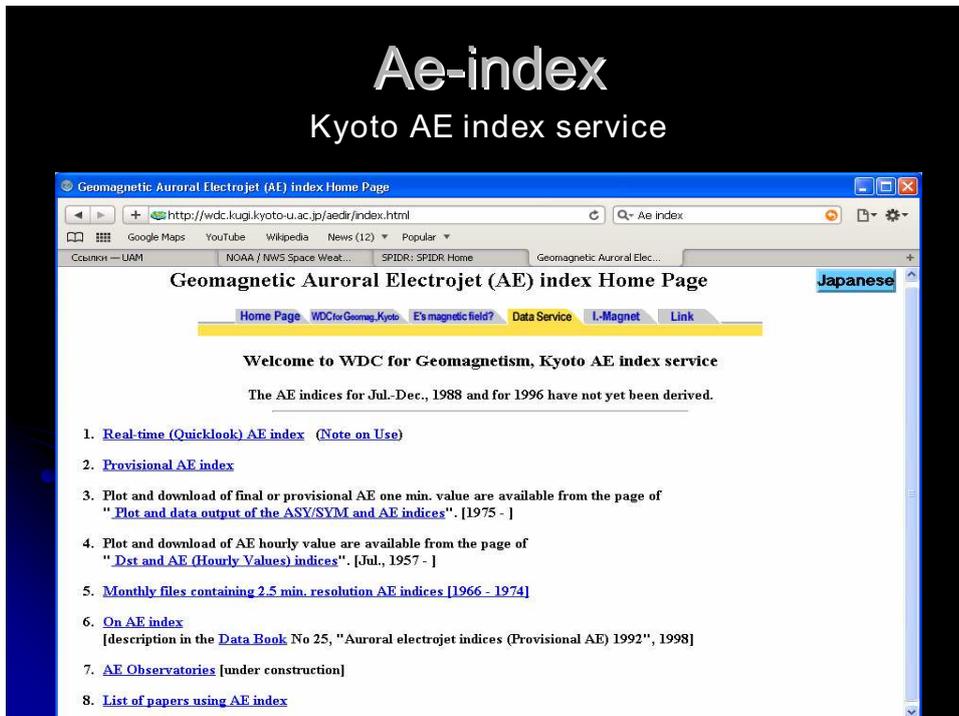
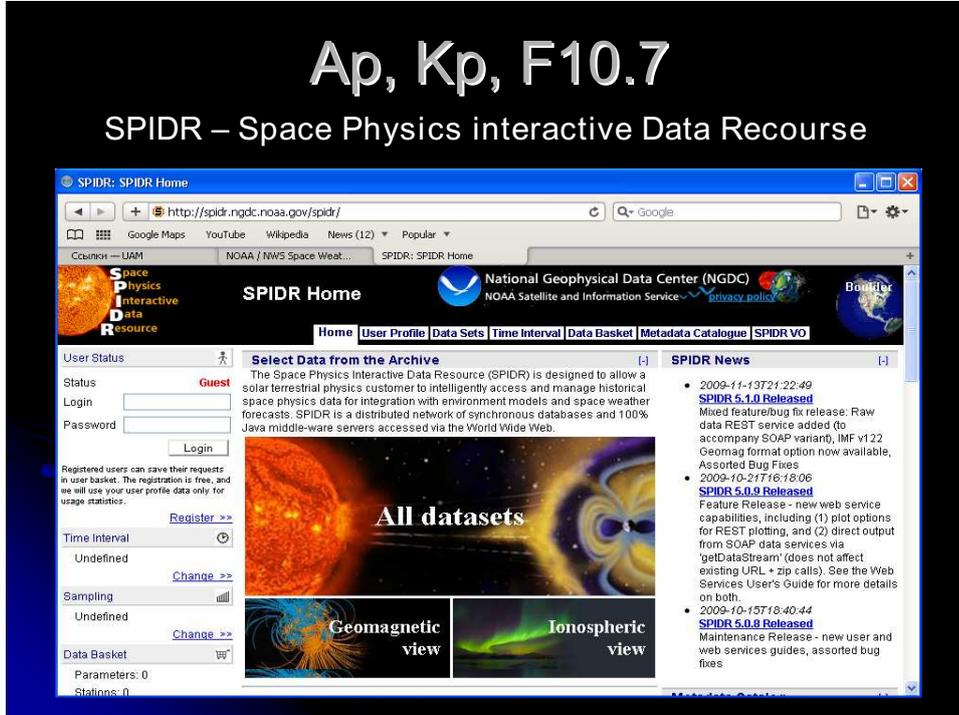
Рис.2. Временные вариации  $hmF2$  (вверху) и  $f0F2$  (внизу), наблюдавшиеся ионозондом Сондрестром 15-18 апреля 2002 года (красные кружки), в сравнении с результатами, полученными по модели UAM с теоретическим расчетом состава и температуры термосферы (черные линии) и с нейтральными составом и температурой по модели MSISE (синие линии).

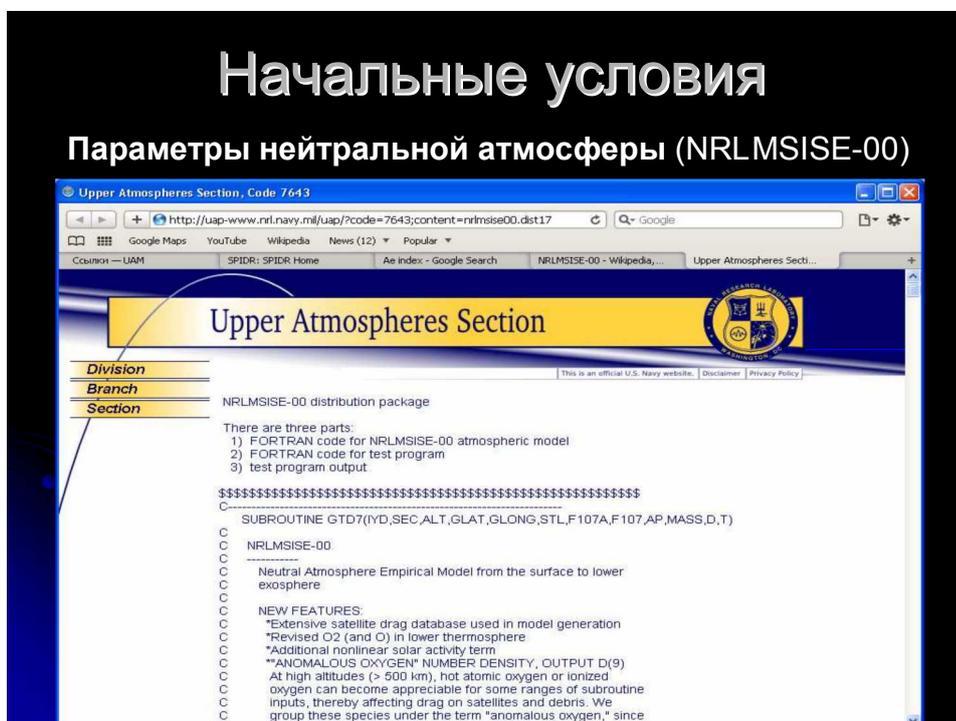
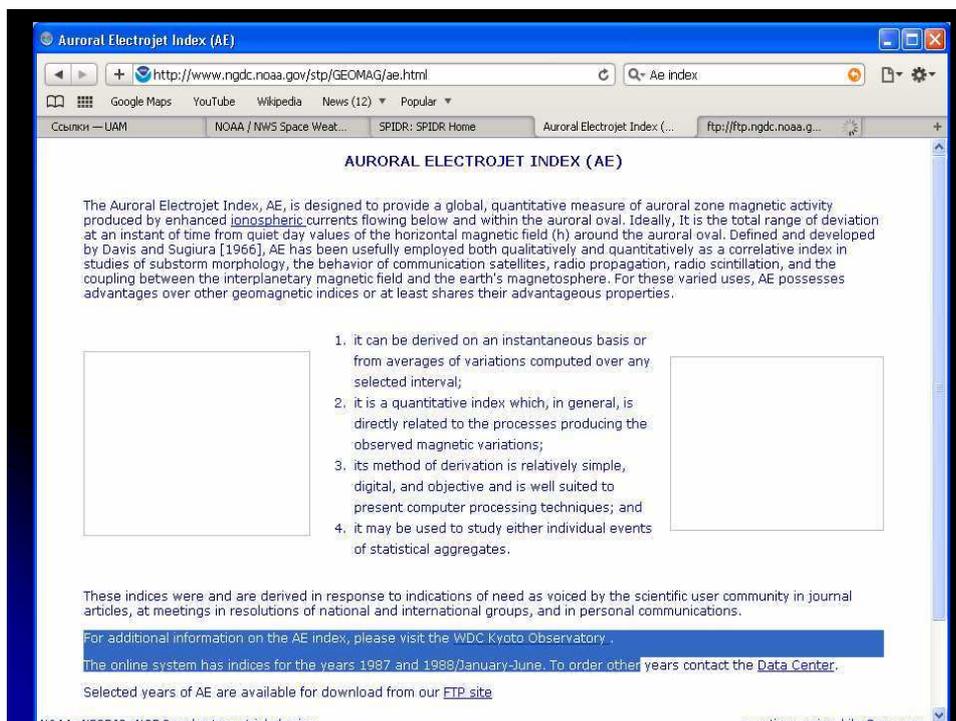
## ИСТОЧНИКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ПУБЛИЧНЫХ СЕТЯХ НА ПРИМЕРЕ СЕТИ INTERNET

Золотов О.В. (г. Мурманск, МГТУ, каф. физики)

Материалы представлены в форме презентации







# Начальные условия

## Параметры ионосферы (IRI 2001 / 2007)

**PARAMETERS:**  
 Electron density, electron temperature, ion temperature, ion composition ( $O^+$ ,  $H^+$ ,  $He^+$ ,  $NO^+$ ,  $O^+_{2}$ ), ion drift, ionospheric electron content (TEC), F1 and spread-F probability

**BRIEF DESCRIPTION:**  
 The International Reference Ionosphere (IRI) is an international project sponsored by the Committee on Space Research (COSPAR) and the International Union of Radio Science (IURSI). These organizations formed a Working Group (members list and on world map) in the late sixties to produce an empirical standard model of the ionosphere, based on all available data sources (charts). Several steadily improved editions of the model have been released. For given location, time and date, IRI provides monthly averages of the electron density, electron temperature, ion temperature, and ion composition in the altitude range from 50 km to 2000 km. Additionally parameters given by IRI include the Total Electron Content (TEC); a user can select the starting and ending height of the integral, the occurrence probability for Spread-F and also the F1-region, and the equatorial vertical ion drift.

The major data sources are the worldwide network of ionosondes, the powerful incoherent scatter radars (Jicamarca, Arecibo, Millstone Hill, Malvern, St. Santini), the ISIS and Alouette topside sounders, and in situ instruments on several satellites and rockets. IRI is updated yearly during special IRI Workshops (e.g., during COSPAR general assembly). More information can be found in the workshop reports. Several extensions are planned, including

# Ветра

## Модель горизонтальных ветров

**Author:** A. E. Hedin  
 (retired, formerly at NASA/GSFC)

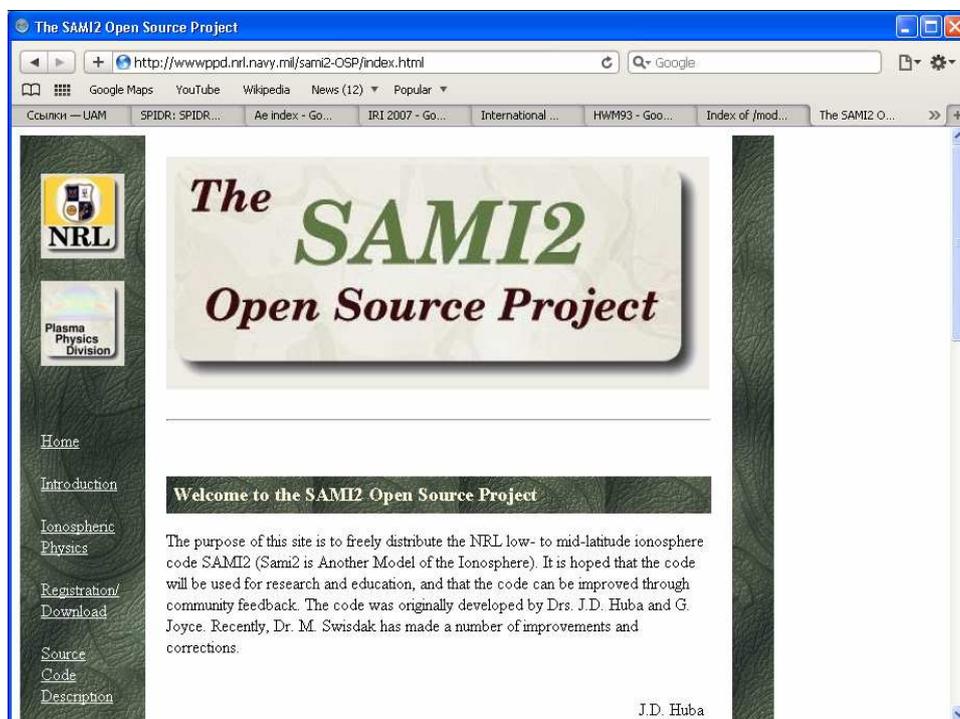
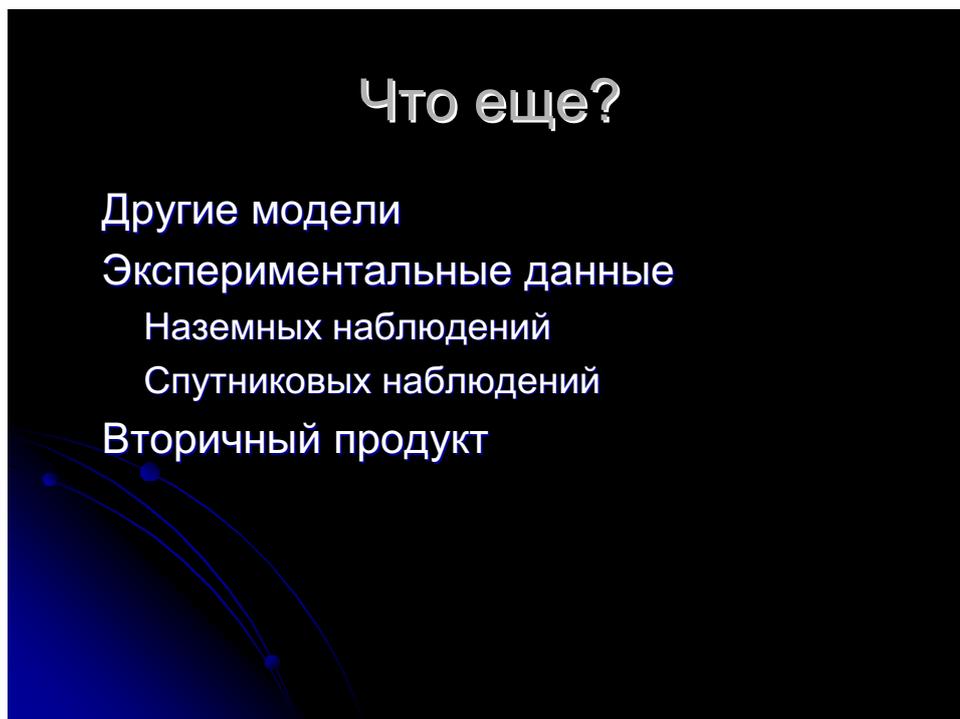
**Parameter:** Horizontal neutral wind in the upper atmosphere

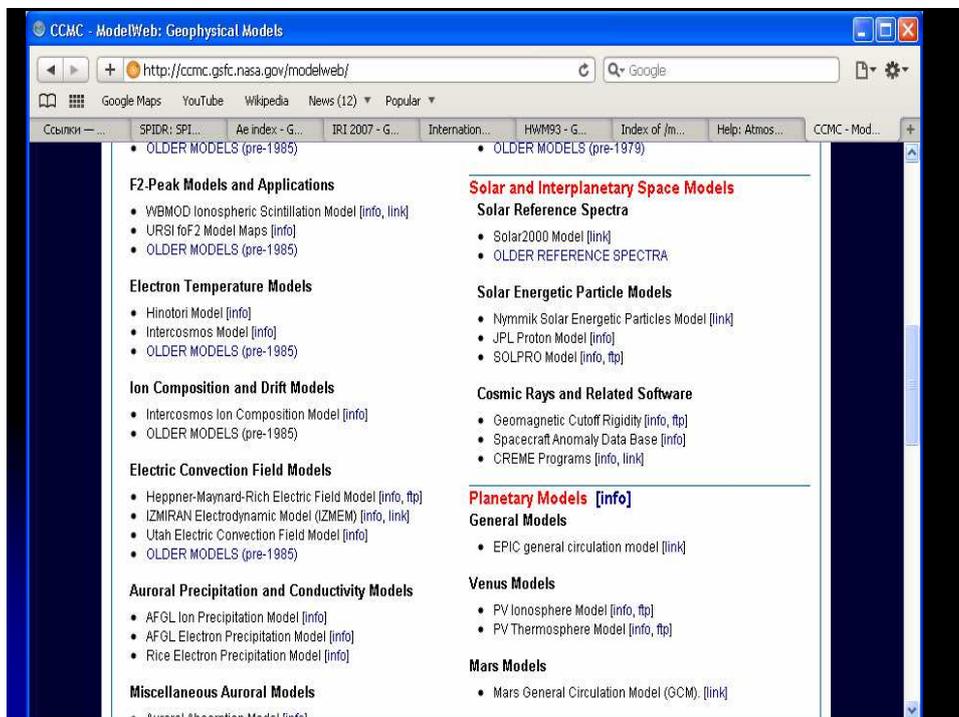
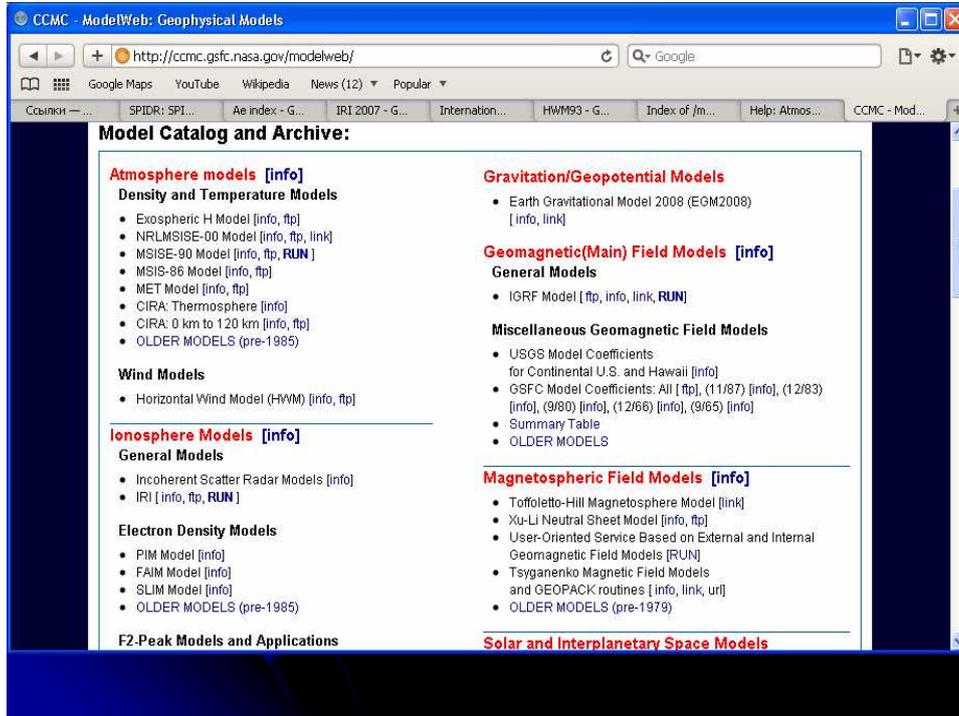
**Brief Description:**  
 The HWM is an empirical model of the horizontal neutral wind in the upper thermosphere. It is based on wind data obtained from the AE-E and DE 2 satellites. A limited set of vector spherical harmonics is used to describe the zonal and meridional wind components. The first edition of the model released in 1987 (HWM87) was intended for winds above 220 km. With the inclusion of wind data from ground-based incoherent scatter radar and Fabry-Perot optical interferometers, HWM90 was extended down to 100 km and using MF/Meteor data HWM93 was extended down to the ground. Solar cycle variations are included (since HWM90), but they are found to be small and not always very clearly delineated by the current data. Variations with magnetic activity ( $A_p$ ) are included. Mid- and low-latitude data are reproduced quite well by the model. The polar vortices are present, but not to full detail. The model describes the transition from predominately diurnal variations in the upper thermosphere to semidiurnal variations in the lower thermosphere and a transition from summer to winter flow above 140 km to winter to summer flow below. Significant altitude gradients in the wind extend up to 300 km at some local times. The model software provides zonal and meridional winds for specified latitude, longitude, time, and  $A_p$  index. A comparison of the HWM values with winds derived from IRI parameters and from ionosonde measurements have shown in general good agreement (Miller et al., 1990).

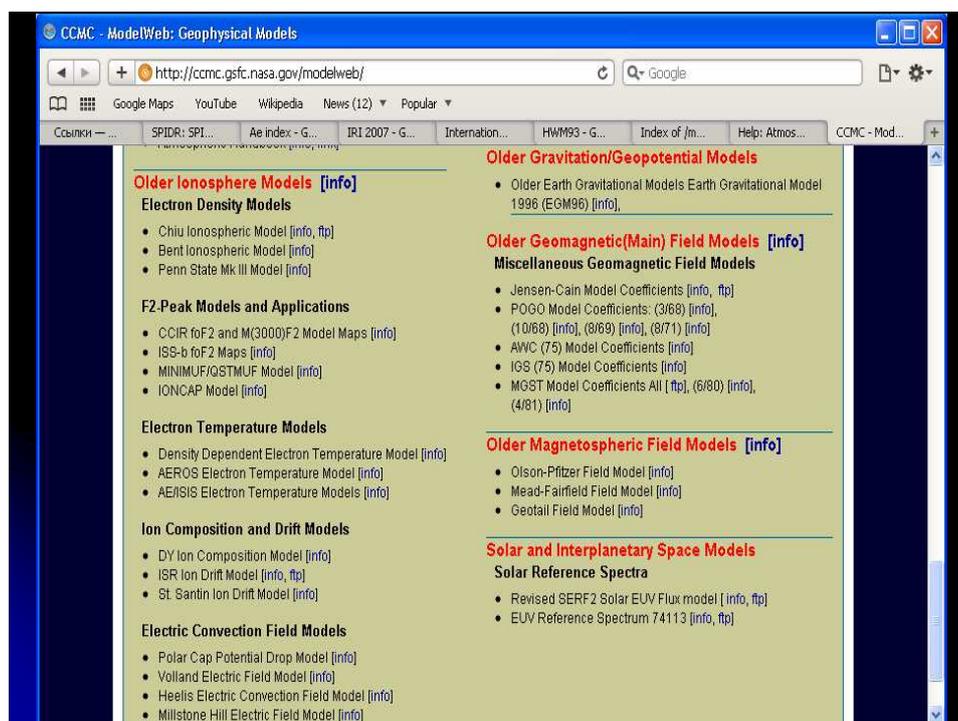
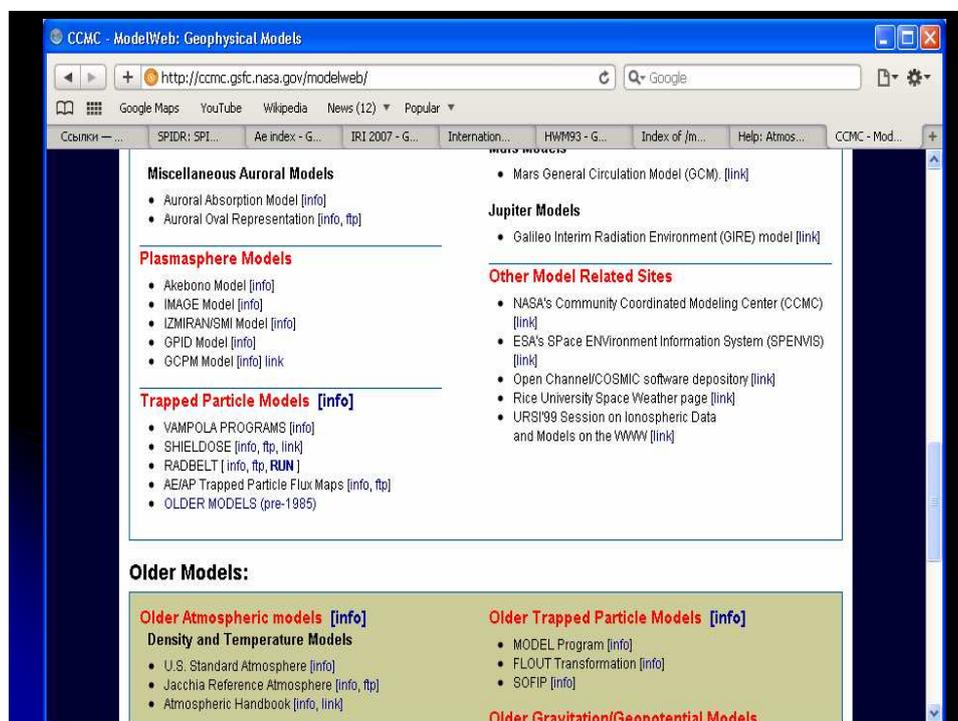
**Availability:** (1) from NSSDC's Request Office on tape or on diskette for use on PCs; (2) retrievable from [NSSDC's anonymous FTP site](#); earlier versions are also available on request.

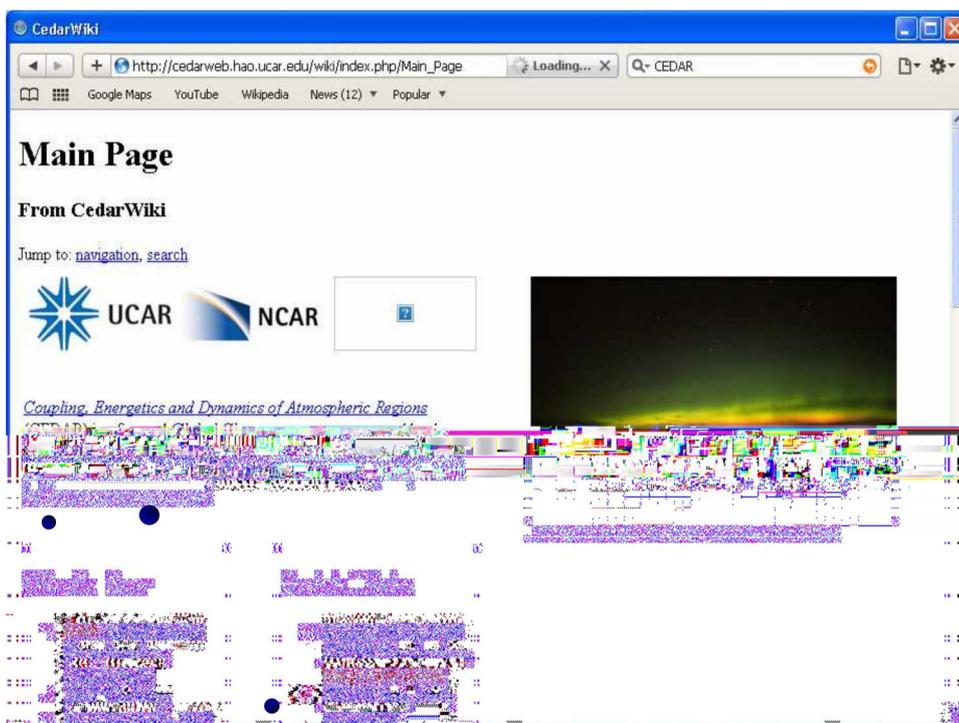
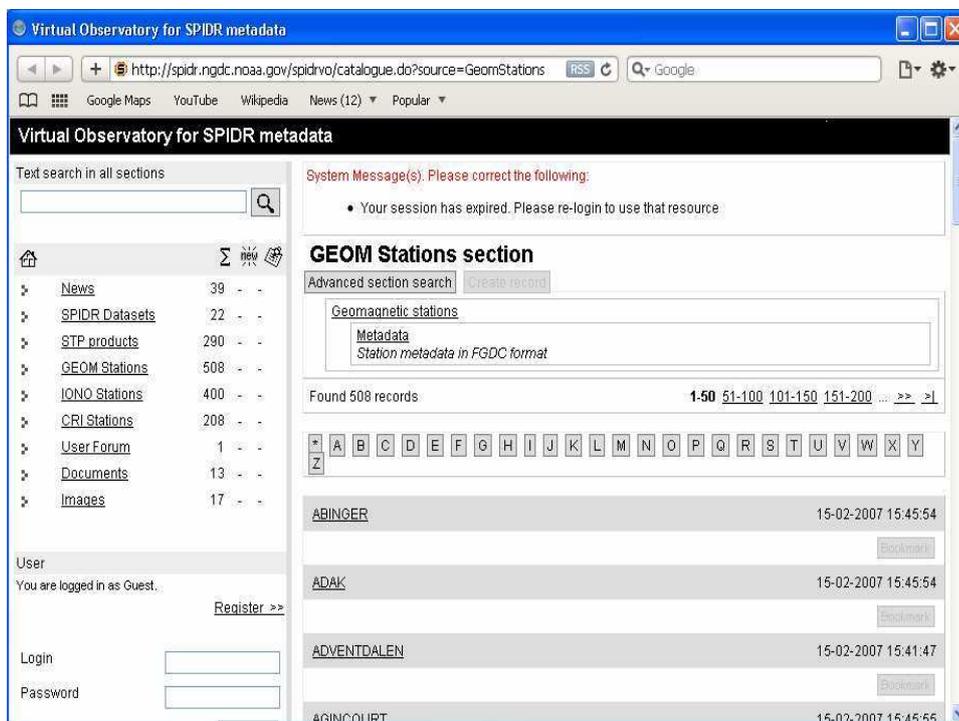
NSSDC ID #MN-61E

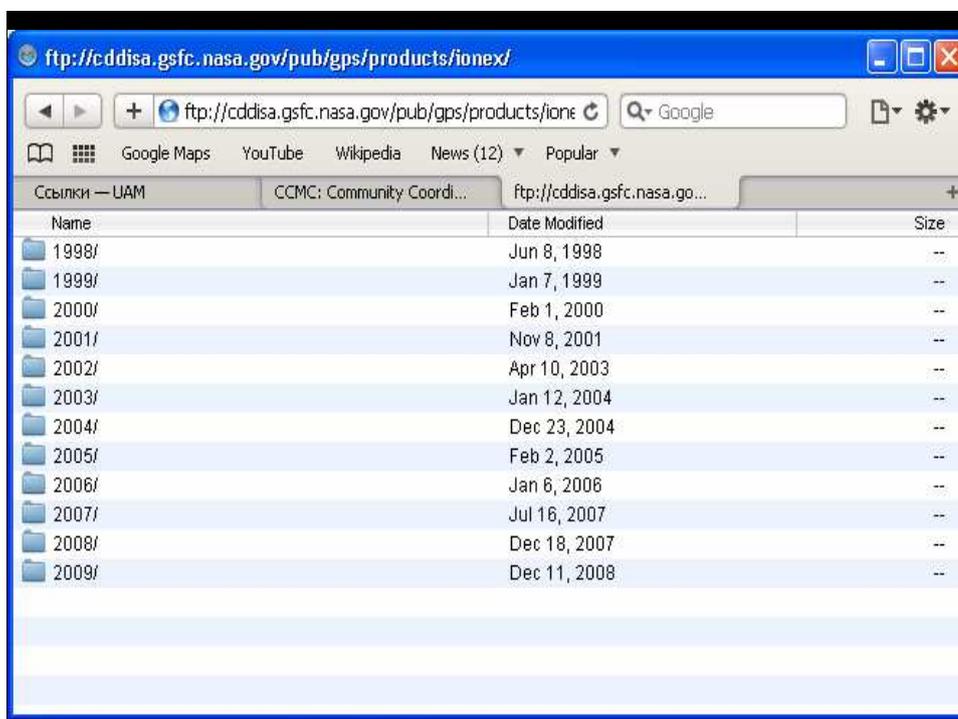
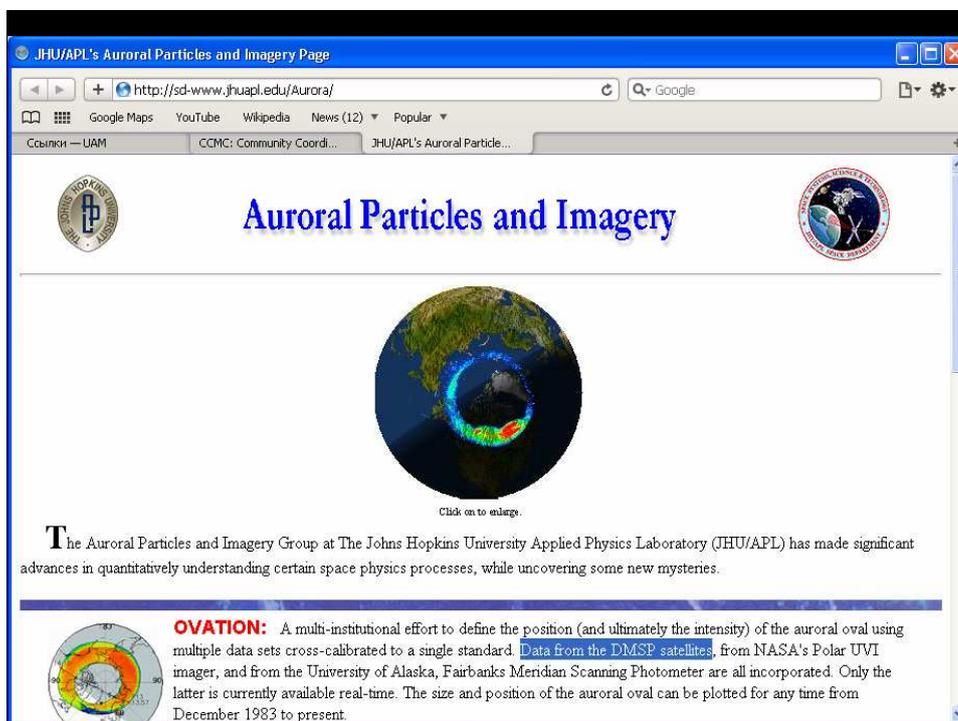
**References:**  
 A. E. Hedin, N. W. Spencer, and T. L. Killeen, Empirical Global Model of Upper Thermosphere Winds Based on Atmosphere and Dynamics Explorer Satellite Data, J. Geophys. Res. 93, 9959- 9978, 1988.

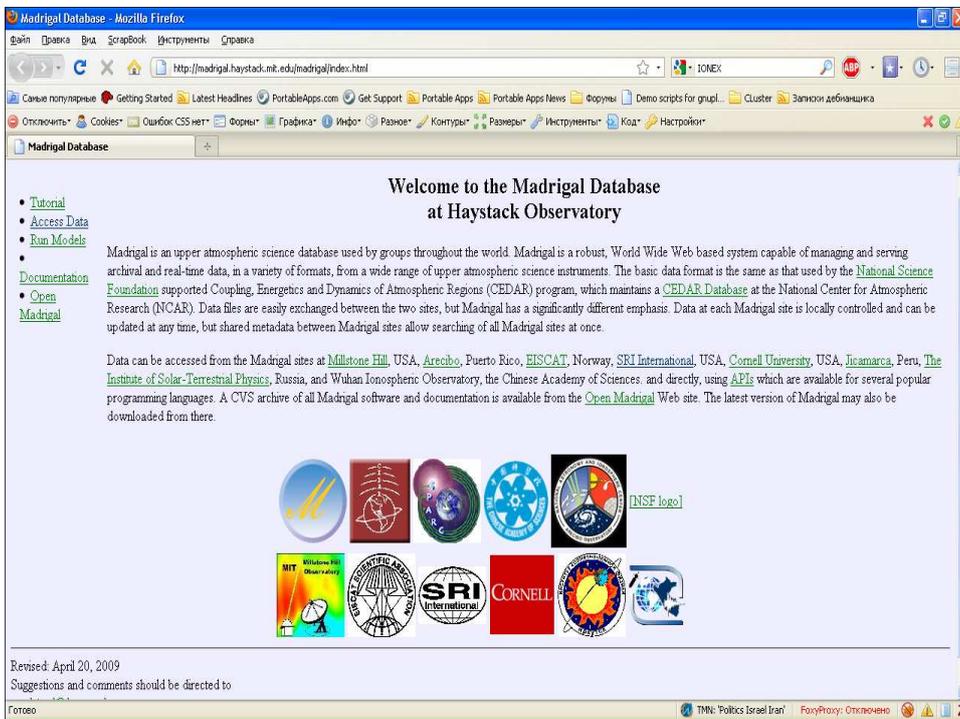
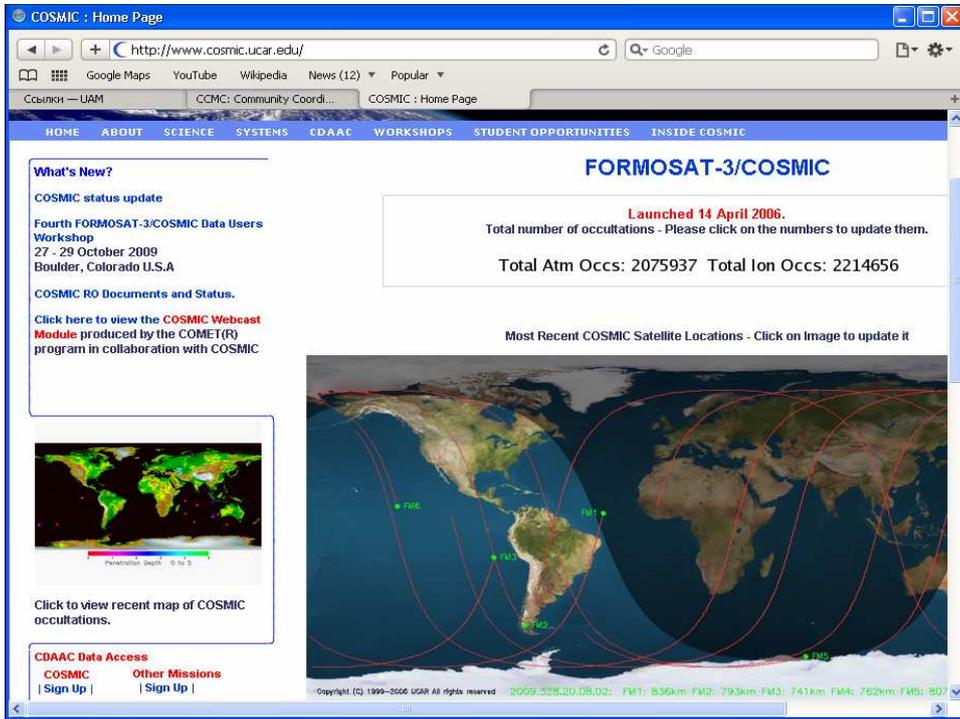












---

**ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ БАЗОВЫХ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ  
ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ**



## ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

**Власова С.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, каф. физики, vlasovasv@mstu.edu.ru*)

The problem quality of higher technical education is discussed in report. It is noted that last decades the decrease of quality higher engineering education is observed. The reasons of such situation are analyzed. The actions are discussed which are necessary for increase quality of higher technical education in modern Russia.

В докладе обсуждается проблема качества высшего технического образования. Отмечено, что в последние десятилетия наблюдается снижение качества подготовки инженерных кадров в технических вузах. Проанализированы причины такого положения. Обсуждаются меры, которые необходимо предпринять для повышения качества высшего профессионального технического образования в современной России.

В настоящее время высказано много аргументов в пользу того, что образовательное учреждение высшего профессионального образования (ВПО) в Российской Федерации (РФ) является объектом экономики. Действительно, сегодня имеется рынок образовательных услуг и конкурентная среда, в которой действует образовательное учреждение, являющееся хозяйственным субъектом. Этот субъект планирует потоки денежных средств, управляет затратами, при этом главной целью деятельности любого учреждения ВПО является подготовка конкурентоспособных человеческих ресурсов для экономики. Предполагается, что теперешние студенты (а затем будущие специалисты) смогут превратить полученные при обучении знания и обретенные умения в производительную силу, что будет способствовать развитию инновационной экономики страны. Таким образом, образовательное учреждение ВПО выполняет в обществе важную экономическую функцию – обеспечивает население образовательными услугами, а общественное производство – квалифицированными кадрами [4]. Важно подчеркнуть, что экономическая деятельность учреждений ВПО должна быть некоммерческой, т.е. не направленной на извлечение прибыли. Доход должен расходоваться на возмещение затрат обеспечения образовательного процесса и на развитие учреждений образования.

В Российской Федерации с 90-х годов XX в. начался бурный рост негосударственного сектора ВПО. Так, к 2005 г. в РФ было 660 государственных вузов, на которые приходилось 1376 филиалов, и 430 негосударственных вузов с 326 филиалами. Резко возросла численность студентов: с 2,8 млн. в 1995 г. до 7,3 млн. в 2006 г. [1]. С одной стороны, появление в РФ внебюджетного сектора ВПО позволило удовлетворить массовую социальную потребность молодёжи в достижении дипломированного статуса, но с другой стороны, этот процесс сопровождался резким ухудшением качества образования. Рассмотрим, каким образом это происходило, на примере учебной дисциплины «Физика», являющейся обязательной составляющей фундаментальной подготовки специалистов ВПО по техническим направлениям.

Исторически в России высшие технические школы развивались в тесной связи с естественнонаучными факультетами университетов, что гарантировало серьезную фундаментальную подготовку выпускников. Уровень высшего технического образования в России был очень высок, это признавалось специалистами всего мира [6]. В последние десятилетия XX-го века наметилась тенденция, которая сохраняется и до настоящего времени, снижения роли фундаментальной подготовки в инженерном образовании. Это выражается, в частности, в том, что с конца 50-х и до начала 90-х годов XX века объем курса физики во втузах и университетах уменьшился, в среднем, вдвое. Кроме того, в половине втузов оказался отменен-

ным вступительный экзамен по физике, среди преподавателей доля лиц, имеющих высшее профессиональное образование физического профиля, снизилась до 40% [5].

Все вышеназванные факты, наряду с другими причинами, привели к снижению качества подготовки технических специалистов. В последние годы особенно ясно проявились негативные последствия изменений, произошедших в системе ВПО в последние десятилетия. С нашей точки зрения, если не будут предприняты должные усилия по исправлению ситуации, то российская система ВПО не сможет решить стоящую перед ней задачу – обеспечить общественное производство квалифицированными техническими кадрами, способными не только обслуживать уже созданные технические системы, но и создать инновационную экономику.

Рассмотрим лишь один из названных выше фактов – отмену вступительного экзамена по физике во многих технических вузах (этот фактор действует уже в течение примерно 10 лет). С точки зрения руководства вузов, наличие вступительного экзамена по физике привело бы к снижению набора студентов на внебюджетные места и к ухудшению экономического положения вуза. С позиции абитуриента, отмена вступительного экзамена по физике позволяет ему не изучать должным образом физику в школе, не сдавать выпускной экзамен по физике, не готовиться к вступительным экзаменам по физике, и в результате – всё-таки поступать на техническую специальность в высшее учебное заведение. Чем же руководствуются при этом абитуриенты и их родители, делая такой выбор? Если речь идёт об абитуриенте, который не имеет выраженных склонностей ни к какой сфере деятельности, то родители выбирают для него инженерную профессию в надежде на то, что, окончив высшее учебное заведение, он получит достойную работу. Тот факт, что в школе по физике их ребёнок учился на слабую тройку, ни родителей, ни абитуриента не смущает. В этом вопросе они доверяют руководству вуза (ведь речь идёт о государственном учебном заведении!) и в связи с этим наивно полагают, что если руководство вуза принимает их сына (дочь) на платное обучение, то оно знает, как исправить ситуацию со слабыми знаниями их ребёнка по физике. К каким последствиям приводит рассматриваемый факт? К тому, что значительная часть студентов младших курсов не способна воспринимать учебный материал не только по физике, а также по ряду базовых технических дисциплин (техническая механика, электротехника и т.п.), изучаемых в высшем учебном заведении.

Казалось бы, вышеназванную проблему можно решить, отчислив таких студентов в первую же сессию. В этом случае студенты и их родители проведут коррекцию своих намерений и выберут, скорее всего, нетехническую профессию. Но, к сожалению, вуз стремится сохранить контингент обучающихся любым способом: пускаются в ход способы явного и неявного давления на преподавателей, и всеми правдами и неправдами студента «перетягивают» в следующий семестр. И это лишь часть проблемы, поскольку существует надежда, что до получения диплома такой студент всё-таки не доберётся. Проблема состоит в том, что когда в группе из 25 человек всего 5-7 человек имеют адекватную для обучения в вузе школьную подготовку по физике, то неизбежно происходит заметное снижение уровня обученности всей группы в целом. Это происходит не только потому, что преподаватель вынужден предъявлять учебный материал на более низком уровне, но и потому, что подготовленные студенты не ощущают большой потребности учиться в полную силу.

Начиная с приёма в вузы 2009 г., ситуация с уровнем подготовки абитуриентов по физике, казалось бы, должна измениться в лучшую сторону в связи с введением обязательной сдачи ЕГЭ по физике (или информатике) для тех абитуриентов, которые планируют поступать на инженерно-технические специальности. Но надеяться на значительное улучшение, к сожалению, не приходится. Это обусловлено двумя причинами. Во-первых, минимальный балл результата ЕГЭ по физике, который даёт право на поступление в вуз, чрезвычайно ни-

зок, хотя, согласно нормативным документам, администрация вуза имеет право поднять минимальный балл, но учитывая значительное уменьшение числа абитуриентов, которое ожидается в ближайшие годы в нашей стране в связи с демографическими проблемами, а также острое желание администраций вузов сохранить контингент обучающихся, можно ожидать, что низкий уровень подготовки абитуриентов по физике и вытекающий из него низкий уровень обученности студентов законсервируется ещё на ряд лет. Во-вторых, как показал опыт вступительных экзаменов по физике в МГТУ в 2009 г., многие абитуриенты, по-прежнему, предпочитают не сдавать ЕГЭ по физике, а выбирают экзамен по информатике.

Излишне говорить, что в современных условиях немалая часть специалистов, уже получивших диплом о высшем техническом образовании и планирующих получить его в ближайшие годы в рядовом российском вузе, вряд ли справится с задачей создания инновационной экономики. Более того, возникают сомнения, что эти специалисты вообще справятся с какими-либо серьёзными и даже тривиальными проблемами, которые будут возникать в ходе профессиональной деятельности. Таким образом, система высшего профессионального образования своими собственными руками создаёт, можно сказать, кризисную ситуацию в нашей будущей экономике.

В связи с вышесказанным возникает вопрос, понимает ли руководство Минобрнауки критичность современного состояния ВПО в Российской Федерации? Если судить по многочисленным высказываниям в средствах массовой информации министра образования и науки А. Фурсенко, то можно сделать вывод: «Да, понимает». Например, отвечая на вопрос корреспондента радиостанции «Эхо Москвы» 24.02.2009, не следует ли, учитывая экономический кризис, позволить обучаться в вузах всем желающим, даже двоечникам, А. Фурсенко ответил: «Категорически не согласен с тем, что надо сохранять в вузах двоечников. Категорически не согласен: учиться должны те, кто могут и хотят учиться». И далее, обсуждая эту же тему, А. Фурсенко продолжает: «У нас сегодня есть и вторая проблема, которая заключается в том, что реально учатся, так сказать падают, 15-20% студентов... И я думаю, что примерно ещё процентов сорок, может быть, 50, готовы, в принципе, учиться, если их поставить в условия, когда другого варианта нет».

Как же пытается Минобрнауки решать возникшие проблемы? В настоящее время создаётся сеть элитных высших учебных заведений, в которые будут поступать хорошо подготовленные абитуриенты, и которые будут обеспечивать конкурентоспособное и качественное высшее профессиональное образование. Очевидно, предполагается, что выпускники этих вузов станут «локомотивами» в экономике будущего. Нам представляется, что сама по себе идея создания элитных вузов неплохая, но она не имеет никакого отношения к сформулированной проблеме. Во-первых, не может состав состоять только из локомотива, нужны и вагоны, и их должно быть гораздо больше, чем локомотивов. Во-вторых, страна наша огромная, потребность в квалифицированных кадрах, имеющих достойное высшее профессиональное образование, не может быть обеспечена сетью только элитных высших учебных заведений. Рядовые государственные вузы тоже должны давать, пусть не элитное, но всё же качественное профессиональное образование.

Ещё одно направление, в котором работает Минобрнауки с целью повышения качества высшего профессионального образования – это ужесточение системы лицензирования и аккредитации вузов. Проблема эта очень непростая. Нет возможности в рамках данного доклада останавливаться на ней подробно. Следует отметить, что в образовательном сообществе высказываются серьёзные сомнения, будет ли это, действительно, решением проблемы качества образования [1]. Существуют исследования, рассматривающие другие подходы. Например, Н.Г. Багдасарьян обращает внимание на тот факт, что образование обладает в глазах многих людей инструментальной ценностью, т.к. помогает молодому человеку добиваться

других, более значимых для него ценностей. Исследования, проводимые в МГТУ им. Баумана, выявили следующую тенденцию: «Образование не является... целевой жизненной ценностью для подавляющего числа современных студентов, оно не самоценно как идеал саморазвития личности. Преобладает отношение к нему как к инструментальной ценности, общественно значимому способу достижения других важных социальных и индивидуальных целей» [1]. Н.Г. Багдасарьян, рассмотрев различные цели, приводящие молодых людей к обучению в МГТУ им. Баумана, приходит к выводу, что если мы хотим в Российских технических вузах обучать молодых людей, способных к созданию инновационной экономики, то надо добиться такого положения дел, чтобы ценность знания в иерархии других ценностей приобрела приоритетную значимость [1].

Тот факт, что высшее образование для современной российской молодёжи является, прежде всего, инструментом реализации социальных, а не специально профессиональных, запросов подтверждается и в других исследованиях [7]. Социологический опрос, проведённый среди студентов Тульского государственного университета, показал, что 43,1% молодых людей полагают, что выбранная профессия даст им в будущем доход и социальный статус. Такой мотив получения высшего образования, как желание обрести профессию, отметил лишь каждый третий, а мотив – избежать службы в армии – отметил каждый четвёртый молодой человек. Анализ мотивов поступления в вуз, по мнению автора работы [7], проясняет причины отсутствия интереса к процессу обучения и будущей специальности большинства студентов. Она пишет: «За годы учёбы в вузе они собираются приобрести не знания и профессию, а диплом, который впоследствии и собираются предъявить на рынке труда в качестве своего основного аргумента» [7].

Для повышения качества подготовки абитуриентов предлагается группировать вокруг лучших университетов профильные школы, выстраивая обучение с младших классов, а затем увеличивать количество университетов экстра-класса, концентрируя вокруг них всё большее число школ высшего качества [3]. С нашей точки зрения, представляется наивным полагать, что такое мизерное количество школ способно хоть как-то повлиять, в целом, на качество российского среднего образования.

Чтобы наметить конкретные пути решения проблемы повышения качества высшего технического профессионального образования, следует, прежде всего, обратить внимание на то, что рыночные отношения и социальная миссия высших учебных заведений не должны находиться в оппозиции друг к другу. Думается, что никакими нормативными актами это сделать невозможно. Но государство, если оно согласно с судьбоносной важностью образовательной миссии высших учебных технических заведений России, обязано предпринять целенаправленные усилия по обеспечению возможности выполнения этой миссии. Эти усилия должны быть направлены на качественное улучшение материально-технической базы технических вузов, на подготовку и переподготовку преподавательского корпуса, на обеспечение достойных зарплат профессорско-преподавательскому составу и стипендий студентам, на разработку адекватных современному положению дел в экономике стандартов ВПО, на создание корректной антикоррупционной системы лицензирования и аккредитации вузов, на пропаганду в средствах масс-медиа важности и престижности инженерного труда, на серьёзную предпрофессиональную подготовку учеников в школах. Все вышеперечисленным положениям должно уделяться самое серьёзное внимание со стороны Минобрнауки. Но этого недостаточно. Следует добиваться внедрения таких методов обучения в школе и Вузе, чтобы ценность науки и научного знания воспринималась учащимися как одна из самых важных ценностей современного мира. Это отдельная большая проблема и тема для серьёзного обсуждения. Подходы к решению этой проблемы намечены автором доклада в книге «Наука и научное образование» [2].

**Список литературы:**

1. **Багдасарьян Н.Г.** Ценность знания в обществе незнания // Педагогика. 2008, №5.
2. **Власова С.В.** Наука и научное образование (В свете философии науки). Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. – 296 с.
3. **Жолков С.Ю.** Качество образования – качество социума: чему и как учить // Вестник высшей школы (Alma mater). 2009. №6, с.15.
4. **Журавлева Л.В.** Ценность и цена образования. Образовательный менеджмент // Вестник высшей школы (Alma mater). 2009. №7, с.5.
5. **Сенашко В.С.** О преподавании естественнонаучных дисциплин в вузах Российской Федерации // газета «Магистр». 1999. №7-8 (48-49), июль-август.
6. **Федоров И.** О содержании, структуре и концепции современного инженерного образования // Вестник высшей школы (Alma mater). 2000. №2, с. 9.
7. **Шашкова С.Н.** Трансформация мотивационной сферы как фактор формирования профессионально-личностных качеств выпускников вуза // Вестник высшей школы (Alma mater). 2009. №3, с. 17.

## **ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ К ФЕДЕРАЛЬНОМУ ИНТЕРНЕТ-ЭКЗАМЕНУ В СФЕРЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

**Власова С.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, каф. физики, vlasovav@mstu.edu.ru*)

Work analyzes test materials, and also criterion of an estimation used for realization of Federal Internet-examination in sphere of vocational education. The technique of realization of testing of knowledge and skills of the students is offered to prepare them for Internet-examination in physics.

В работе анализируются тестовые материалы, а также критерии оценки освоения учебного материала, используемые для проведения Федерального Интернет-экзамена в сфере профессионального образования. Предложена методика проведения тестирования знаний и умений студентов позволяющая подготовить их к Интернет-экзамену по физике.

С 2005 г. в высших учебных заведениях России начался эксперимент по введению Федерального Интернет-экзамена в сфере профессионального образования (сокращённо ФЭПО). Как заявлено на сайте ФЭПО, эта инициатива Национального аккредитационного агентства в сфере образования предпринята с целью оказания помощи вузам при создании систем управления качеством подготовки специалистов на основе независимой внешней оценки. Одной из задач, которую был призван решить Интернет-экзамен, была задача формирования единых требований к оценке качества подготовки специалистов.

Как заявляют разработчики, ФЭПО направлен на проверку выполнения требований Государственных образовательных стандартов профессионального образования. И хотя сами государственные образовательные стандарты второго поколения являются документами, которые имеют чрезвычайно много недостатков и недоработок, в меньшей степени недоработанной является и концепция проведения ФЭПО. Можно подвергнуть критике многие аспекты ФЭПО.

Приведём несколько примеров. Судя по документам, представленным на сайте ФЭПО, студенту могут предложить сдать Интернет-экзамен после изучения соответствующего курса, но не позднее, чем через год после завершения изучения этого курса. Это означает, что речь идет о проверке так называемых «остаточных» знаний, но нигде не определено, что означает этот термин. Разработчики молчаливо предпочитают его даже не называть, а ведут речь об усвоении дидактических единиц. Остаётся загадкой, каким образом под разные тексты стандартов они выделяют одни и те же дидактические единицы. Эта информация остаётся закрытой. Не выдерживает критики и критерии оценки знаний студентов: предполагается, что число студентов, верно ответивших на все вопросы теста, должно превышать 50%. Как известно, при использовании критериально-ориентированных тестов для итоговой оценки знаний, не рекомендуется использовать критерий в 100% усвоения учебного материала [1]. Это требование вызвано многими разумными причинами, в частности, тем фактом, что, отвечая длительное время на большое число вопросов (порядка 30) в быстром темпе, студент может случайно совершить ошибку. Кроме того, как показал опыт написания тестов по физике студентами МГТУ (а также других вузов<sup>1</sup>), некоторые тесты содержали ошибки, т.е. не имели ни одного правильного ответа из четырёх приведённых.

Весьма вероятно, что разработчики тестовых материалов прямолинейно интерпретировали требование закона «Об образовании» (статья 33, п.20): «Целью аттестации является

---

<sup>1</sup> Эта информация приведена на форуме сайта ФЭПО

установление соответствия содержания, уровня и качества подготовки выпускников вуза требованиям ГОС: условием аттестации образовательного учреждения являются положительные результаты итоговой аттестации не менее чем половины его выпускников в течение трех последовательных лет» [2]. Скорее всего, разработчики приравнивали «положительные результаты обучения», взятые ими из закона об образовании, к 100%-му правильному выполнению предложенных ими, по сути, критериально-ориентированных тестов.

Несмотря на многие недостатки, ФЭПО имеет одно неоспоримое достоинство: он даёт хоть какие-то, но главное, единые требования для вузов всей Российской Федерации. Мне представляется достаточно очевидным, что разработчики при составлении измерительных материалов опирались, прежде всего, на то понимание о некотором минимуме содержания обучения по физике в техническом вузе, который сложился у них, как у экспертов в данной области. И эта экспертная оценка всё же лучше, чем аналогичная, но разработанная в рамках конкретного вуза именно в силу того, что она единая.

Проанализируем, каким образом коррелирует содержание обучения по курсу общей физики, представленное в государственных образовательных стандартах (ГОС ВПО) второго поколения, с заданиями интернет-экзамена. Для примера рассмотрим один из разделов курса общей физики, изучаемый во втором семестре. Например, для направления 140100 (Теплоэнергетика) в ГОСе указано лишь общее название изучаемого раздела, без какой-либо детализации: *физические основы механики, молекулярная физика и термодинамика*.

Видно, что ГОС по направлению «Теплоэнергетика» предоставляет полное право преподавателю, опираясь на своё понимание предмета, отбирать содержание обучения. В данной ситуации только квалификация преподавателя даёт возможность сформировать адекватную рабочую программу и соответствующие именно этой рабочей программе измерительные материалы. Но утверждать, как это делают разработчики ФЭПО, что тесты проверяют все (или не все) дидактические единицы, представленные в ГОСах, это абсолютно необоснованное утверждение. Мне представляется, что было бы лучше, если составители контрольных материалов для ФЭПО откровенно признались, что их контрольно-измерительные материалы основаны на экспертных оценках, в связи с недостаточной проработанностью ГОСов второго поколения с точки зрения содержания курса общей физики.<sup>2</sup>

Несмотря на отсутствие детализации содержания обучения в ГОСах, разработчики ФЭПО предлагают перечень вопросов, который выносится на итоговый контроль. Этот перечень представлен в кодификаторе элементов содержания дисциплины «Физика» цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин высшего профессионального образования.<sup>3</sup> Он содержит контролируемое содержание дисциплины и перечень контролируемых учебных элементов, которые используются для проведения Интернет-экзамена в сфере профессионального образования. В дисциплине «Физика» предложено выделить три группы обучающихся: 1 группа – изучает дисциплину от 100 до 279 часов, 2 группа – от 280 до 699 часов, 3 группа – от 700 до 1000 часов.

Студенты направления «Теплоэнергетика» попадают во вторую группу. Рассмотрим в качестве примера одну из тем курса физики «Кинематика поступательного и вращательного движения». Согласно кодификатору, студенты по данной теме должны знать и уметь следующее:

---

<sup>2</sup> Причины, по которым мы не слышим такие заявления, кажутся, прозрачными. Как написал один из преподавателей физики на форуме ФЭПО: «ФЭПО – это дело частное, направленное на зарабатывание денег путём покупки тестов у одних и продаж их другим».

<sup>3</sup> Представлен на сайте <http://www.fepo.ru/> в разделе «Методическая поддержка для разработчиков АПИМ (аттестационных педагогических измерительных материалов)»

Кинематика поступательного и вращательного движения	<p><b>знать:</b> скорость, ускорение, составляющие ускорения – тангенциальное и нормальное; угловая скорость, угловое ускорение; связь линейных и угловых величин.</p> <p><b>уметь:</b> применять законы кинематики в условиях конкретной задачи; использовать физические формулы для анализа функциональных зависимостей между различными физическими величинами; использовать физические формулы для вычисления заданных величин; определять направления векторных величин; анализировать информацию, представленную в виде графика, рисунка, делать вывод о характере изменения искомой величины; использовать математический аппарат (вычисление производных, интегралов, операции с векторами) для решения физических задач.</p>
---	---

Следует отметить, что и в кодификаторе детализация дидактических единиц явно недостаточная. Непонятно, например, почему отсутствует понятие длины пути. Возникает вопрос: «Согласно кодификатору, знание интегрального соотношения между длиной пути и скоростью является излишним или оно не включено умышленно? Если умышленно, то по какой причине?». Хотелось бы, чтобы разработчики тестовых материалов для ФЭПО обосновывали свои решения. Тем более что в нашей стране есть великолепный пример профессионального подхода к разработке измерительных материалов: задания единого государственного экзамена (ЕГЭ) по физике.

Таким образом, на сегодняшний день проведение ФЭПО – это реальность учебного процесса в вузе, с которой надо считаться. Эта реальность ставит перед преподавателями задачу – приучать студентов к тестовой форме контроля знаний. Это означает, что необходимо разрабатывать различные тестовые измерительные материалы, которые можно использовать как для промежуточной, так и для итоговой оценки знаний и умений учащихся. Очевидно, что эти материалы должны разрабатываться под конкретные рабочие программы и для решения конкретных задач обучения. Хотелось бы, чтобы разрабатываемые тестовые материалы были свободны от тех недостатков, которые присущи материалам для ФЭПО.

В связи с вышесказанным нами были разработаны тестовые материалы для аттестации по ряду разделов курса физики, а также было разработано методическое пособие для студентов, предоставляющее им возможность самостоятельно работать с тестовыми материалами. Порядка 20-25% заданий, которые затем будут представлены при проверке, открыты для самостоятельной подготовки студентов.

Тестовые материалы составлены на основании рабочей программы, утверждённой кафедрой физики МГТУ. В пособии дана полная характеристика теста, в том числе и детализация целей обучения и описание заданий, проверяющие достижение поставленных целей обучения. Указано, что целью тестирования является диагностика знаний и умений учащихся на рассматриваемом этапе обучения. Предлагаемый тест – критериально-ориентированный. Тест должен показать степень овладения студентом знаний и умений, необходимых ему для дальнейшего изучения курса физики в вузе. Анализ рабочей программы позволяет выделить минимум содержания, владение которым является, с нашей точки зрения, необходимым условием для дальнейшего изучения курса физики в техническом вузе. В качестве примера в таблице, расположенной ниже, приведена детализация минимума содержания обучения с необходимыми пояснениями по теме «Кинематика поступательного и вращательного движения». Хотелось бы пояснить, что в известной степени тестовые задания ориентированы на тот контингент, который обучается в МГТУ в последнее десятилетие, в связи с чем в качестве минимальных целей обучения ставится овладение простейшими умениями.

N	Содержание тестового задания (в виде формул или текста)	Пояснения
1	$v = ds/dt$	Проверяется знание дифференциального соотношения между длиной пути и скоростью и умения выполнить по нему расчёт
2	$s = s_0 + \int_0^t v(t)dt$	Проверяется знание интегрального соотношения между длиной пути и скоростью и умения выполнить по нему расчёт
3	$a_\tau = \frac{dv}{dt}$	Проверяется, знает ли студент формулу расчёта тангенциальной составляющей ускорения и умеет ли выполнить по ней расчёт
4	$a_n = \frac{v^2}{r}$	Проверяется, знает ли студент формулу нормальной составляющей ускорения и умеет ли выполнить по ней расчёт
5	$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$	Проверяется, знает ли студент формулу полного ускорения и может ли выполнить по ней расчёт
6	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	Проверяется знание определения угловой скорости и умения выполнить по нему расчёт
7	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$	Проверяется знание определения углового ускорения и умения выполнить по нему расчёт
8	$v = \omega \cdot R$	Проверяется знание связи линейной и угловой скорости и умения выполнить по ней расчёт
9*	* $\varphi = \varphi_0 + \int \omega(t)dt$	*Проверяется знание интегрального соотношения между углом поворота и угловой скоростью и умения выполнить по нему расчёт
10	$a_\tau = R \cdot \varepsilon$	Проверяется знание связи тангенциального и углового ускорений и умения выполнить по ней расчёт
11	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	Проверяется умение найти модуль полной скорости по её проекция на оси (движение на плоскости)
12*	* $a = \sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2}$	*Проверяется умение рассчитать полное ускорение по зависимости проекций скорости от времени (движение на плоскости)

Каждый тест, который выполняет студент, состоит из 7 заданий закрытого типа с возможностью выбора одного верного из 4-х правдоподобных ответов. Тестовые задания отвечают всем необходимым критериям, предъявляемым к подобного рода измерительным материалам [3]. Пять заданий проверяют знание основных законов, формулировки которых легко запоминаются и, кроме того, эти формулировки многократно применялись в процессе изучения на лекциях, практических занятиях, при подготовке к выполнению лабораторных работ. Два задания (они помечены звёздочками) являются более сложными для выполнения. В конце каждого теста указаны константы, необходимые для расчётов. Если константы не приведены, это означает, что задания можно решить, не пользуясь дополнительными сведениями. Все цифры в заданиях подобраны так, что расчёты можно проводить без калькулятора. Кроме того, студент должен иметь представления о приставках к единицам измерения физических величин. Время, отводимое на выполнение каждого тестового задания, составляет 1,5-2 минуты. Таким образом, суммарное время, необходимое на выполнение всего теста из 7 заданий, составляет не более 15 минут. Тест проверяет минимальный уровень знаний и умений студента, а именно: знание основных определений и законов, которые составляют фундамент

изучения физики в последующих семестрах, и умение, пользуясь формулами этих определений и законов, найти какую-либо физическую величину, если известны остальные величины.

Если студент отвечает правильно на 5 и более вопросов из 7, то он получает оценку «зачтено». Если же студент выполняет правильно 4 задания, то ему предоставляется право исправить какой-либо из трёх неверных ответов, пользуясь своим черновиком. Если студент покажет, что он знает учебный материал (необходимая формула записана правильно), но совершил ошибку в расчётах, ему также ставится оценка «зачтено». Если студент отвечает правильно на 0, 1, 2 или 3 вопроса, то ему ставится оценка «не зачтено».

Т.о., разработанные нами материалы, дают возможность, с одной стороны, приучать студентов работать с тестовыми формами контроля знаний и умений, а с другой стороны, создают положительную мотивацию к обучению, поскольку большой процент заданий является открытым для самостоятельной работы студентов.

### **Список литературы:**

- 1. Люсин Д. В.** Основы разработки и применения критериально-ориентированных педагогических тестов // Учебное пособие для слушателей повышения педагогической квалификации – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1993, - 51с.
- 2. Закон Российской Федерации** «Об образовании» от 13.01.1996 № 12-ФЗ.
- 3. Майоров А. Н.** Тесты школьных достижений: конструирование, проведение, использование. СПб. «Образование и культура», 1996. – 304с.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В СРЕДЕ ПАКЕТА MATHEMATICA

**А.Ф. Шиян** (*г. Мурманск, МГТУ, каф. ЭОС, [afshiyam@rambler.ru](mailto:afshiyam@rambler.ru)*)

**П.А. Шиян** (*г. Санкт-Петербург, СПбГТУ, каф. Физика металлов, [pashiyam@rambler.ru](mailto:pashiyam@rambler.ru)*)

In work ways of perfection of technology and technics of performance of all forms of the educational electrotechnical experiment, based on use modern technical and software are considered.

Глубокое усвоение курсантами и студентами, обучающимися в МГТУ техническим специальностям, дисциплины «Теоретические основы электротехники», осмысление и понимание физических процессов и явлений, возникающих в электроустановках, невозможно без экспериментальной проверки теоретических положений, без приобретения опыта выполнения натурального и вычислительного эксперимента, создания и исследования компьютерных моделей электрических цепей.

Совершенствование любых форм исследовательской деятельности при изучении электротехники является актуальной задачей, решение которой обеспечивает углубление уровня физического восприятия и понимания работы электроустановок будущими инженерами электротехнических специальностей.

Для исследования возможных путей модернизации натурального, вычислительного и компьютерного эксперимента, на кафедре ЭОС выполняется исследовательская работа «Совершенствование методики и техники учебного электротехнического эксперимента».

Таким образом, объектом настоящего исследования является процесс обучения студентов технических вузов электротехнике.

Предмет исследования составляют пути совершенствования методик и техник проведения всех форм учебного электротехнического при изучении электротехники, на основе использовании современных технических и программных средств.

Для выполнения натурального эксперимента по электротехнике технический университет обеспечивает студентам и курсантам доступ к натурным моделям электроустановок в электрических лабораториях. Однако возможности натуральных моделей имеет ряд ограничений: по мощности, габаритам, экономическим возможностям учебного заведения и т.д. Поэтому натуральный эксперимент необходимо сопровождать вычислительным экспериментом и компьютерным моделированием.

Вычислительный эксперимент сегодня сложно представить без использования современных программно-аппаратных вычислительных средств, предоставляющих всем нам уникальную возможность минимизировать затраты времени на достаточно трудоемкие вычисления. Речь идет не о том, что компьютер может использоваться как очень мощный и удобный калькулятор, но, прежде всего, о возможностях символьных вычислений, предоставляемых современными системами компьютерной математики.

Среди большого количества современных программных продуктов, используемых для проведения вычислительного эксперимента, особого внимания заслуживает пакет Mathematica – достаточно удобный, интуитивно понятный, очень мощный, но простой в освоении.

В качестве иллюстрации возможностей пакет Mathematica для проведения вычислительного эксперимента, приведем пример его использования в разработанной нами новой лабораторной работе: «Исследование нелинейной магнитной цепи с двумя узлами».

Пакет Mathematica позволяет оптимизировать временные затраты студентов и курсантов на построение кривых намагничивания ферромагнетика, заданных в справочнике таблично и получение аппроксимирующих их функций, например, гиперболических.

Проиллюстрируем это. Введя в ячейку ввода достаточно короткий программный код:

```

B01={0.5,0.8,1.0,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7};
B02=-1*B01; B03=Reverse[B02]; B04=Append[B03, 0]; B0=Join[B04,B01];
H01={85,185,300,540,770,1370,2750,5150,8900};
H02=-1*H01;H03=Reverse[H02];H04=Append[H03,0];H0=Join[H04,H01];
A0=Transpose[{B0,H0}];
G1=ListPlot[A1, PlotJoined → True, GridLines → Automatic, PlotRange→
{-1500,1500}, PlotStyle→ {Hue[0.6], AbsoluteThickness[2]}, AxesLabel →
{"B","H"},PlotLabel→" Опыт 1";
    
```

содержащий таблицу числовых значений лишь одной ветви кривой намагничивания стали Э42, получаем симметричную кривую, приведенную на рис. 1.

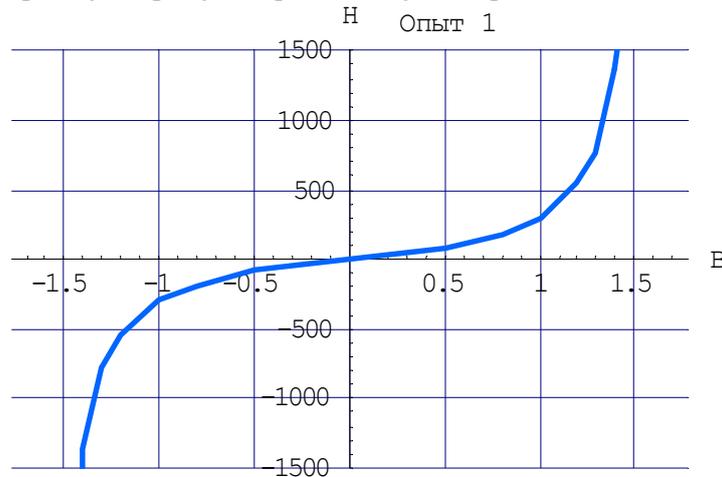


Рис. 2

Чтобы интерполировать уравнение этой кривой, на табличной кривой намагничивания выберем две точки. Координаты каждой из них связаны между собой уравнением гиперболического синуса

$$\begin{cases} H_1 = \alpha \cdot sh(\beta \cdot B_1) \\ H_2 = \alpha \cdot sh(\beta \cdot B_2) \end{cases} \quad (1)$$

Разделив второе уравнение на первое, получим

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{sh(\beta B_2)}{sh(\beta B_1)} \quad (2)$$

Вычтем из обеих частей уравнения (4) левую часть. Получим

$$\Delta = \frac{sh(\beta B_2)}{sh(\beta B_1)} - \frac{H_2}{H_1} = 0. \quad (3)$$

Продолжим работу в ячейке ввода блокнота пакета Mathematica.

Переменным  $k_1$  и  $k_2$  зададим номера точек, помощью которых будем рассчитывать коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ :

**k1=7; k2=16;**

Присвоим переменным **BB1**, **HH1**, **BB2** и **HH2** значения соответствующих элементов списка  $H_0 = f(B_0)$ , являющихся координатами точек кривой намагничивания с номерами  $k_1$  и  $k_2$

**BB1=B0[[k1]]; HH1=H0[[k1]]; BB2=B0[[k2]]; HH2=H0[[k2]];**

Присвоим переменным **Ordinata1** и **Ordinata2** выражения знаменателя и числителя уравнения (2)

$$\text{Ordinata1}[\beta1\_]=\text{Sinh}[\beta1*\text{BB1}]; \quad \text{Ordinata2}[\beta1\_]=\text{Sinh}[\beta1*\text{BB2}];$$

Построим график

$$\text{Plot}[\text{Delta}[\beta1],\{\beta1,0,10\},\text{PlotRange}\rightarrow\{0,0.02\}, \\ \text{PlotLabel}\rightarrow\text{" Поиск приближенного значения } \beta \text{"}];$$

Вид графика, построенного программой, показан на рис. 2.

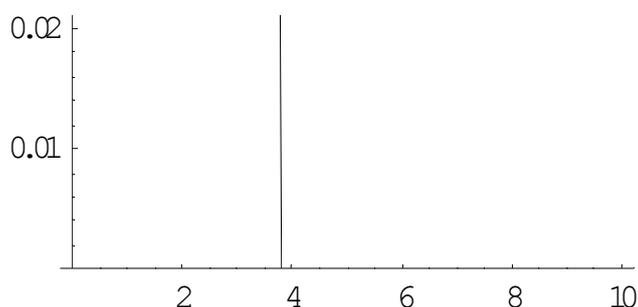


Рис. 2

По графику (рис. 2) определяем – числовое значение коэффициента  $\beta$  близко к 4. Уточненное значение получим с помощью команды **FindRoot**.

$$r = \text{FindRoot}[\text{Delta}[\beta1] == 0, \{\beta1, 4\}]; \quad \beta := \beta1/r; \\ \text{" = } \beta \text{" } (\beta)$$

После выполнения команды **Исчисление ячейки**, в ячейке вывода результата получили уточненное значение коэффициента  $\beta$ :

$$3.79576 = \beta$$

Подставив уточненное значение  $\beta$  в одно из уравнений системы (1), получим выражение для вычисления коэффициента  $\alpha$ .

$$\alpha = \text{HH1}/\text{Sinh}[\beta*\text{BB1}]; \\ \text{" = } \alpha \text{" } (\alpha)$$

После выполнения команды **Исчисление ячейки**, в ячейке вывода результата получили значение коэффициента  $\alpha$ :

$$13.4863 = \alpha$$

Для построения графика интерполированного уравнения допишем две строки

$$H = \alpha \text{ Sinh}[\beta B];$$

$$G2 = \text{Plot}[H, \{B, -1.6, 1.6\}, \text{PlotStyle} \rightarrow \{\text{Hue}[0.9], \text{AbsoluteThickness}[2]\}]$$

Исполнение команды **Plot**, приведет к выводу в ячейку результата искомого графика

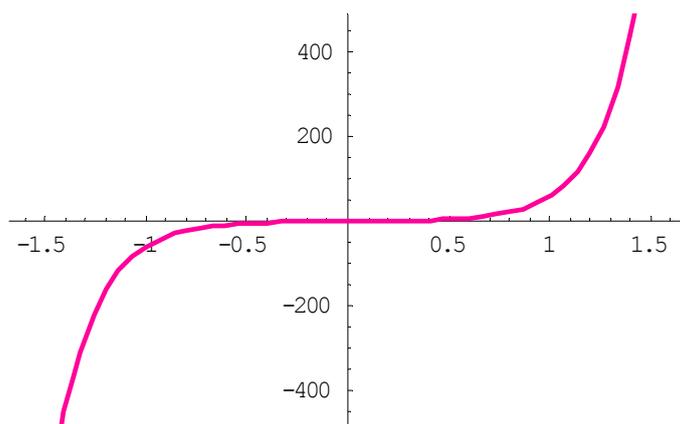


Рис. 3

Используя команду

**Show[G1,G2],**

накладываем оба графика друг на друга (рис. 4)

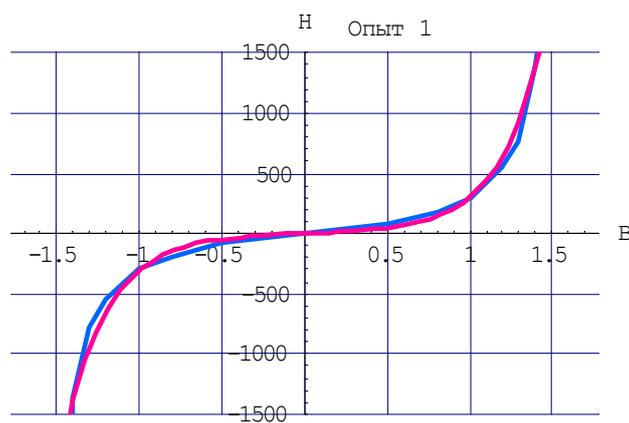


Рис. 4

Результатом исследования возможностей использования в преподавании электротехники пакета Mathematica является новая лабораторная работа: «Исследование нелинейной магнитной цепи с двумя узлами».

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ГАЗА ПО СКОРОСТЯМ В ПРОСТРАНСТВАХ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Мартыненко О.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики)

**Abstract.** Для пространств произвольной размерности получены выражения для стационарных функций распределения газа по скоростям (распределение Максвелла) без использования понятия "температура". Показано, что вид функции определяется метрикой пространства, и такой же вид должны иметь функции распределения любых величин в любых абстрактных пространствах. Показано также, что экспериментально определенный вид функции распределения может быть использован для определения действительной размерности пространства.

Решение задачи о распределении молекул газа по скоростям было впервые представлено Дж. К. Максвеллом в его докладе на собрании Британской Ассоциации содействия прогрессу наук 21 сентября 1859 г. и в статье "Пояснения к динамической теории газов" (Максвелл, 1958). Разумеется, он решал ее для "классического" 3-мерного пространства. Однако рассмотрение аналогичной задачи для пространств другой размерности также приводит к интересным результатам. Этому и посвящена данная работа.

Использованный Максвеллом подход принципиально отличается от ранее использовавшегося для газов термодинамического приближения (описания состояния газов через макромасштабные параметры плотности, давления и температуры). Максвелл исходил из представления о газе не как о сплошной среде, а как об ансамбле множества идеально упругих шариков, хаотически движущихся в замкнутом пространстве. Следует заметить, что такое описание – в виде физической системы, состоящей из большого количества невзаимодействующих частиц, движущихся по законам классической механики, – применимо не только к классическому идеальному газу, но и к более плотным средам, к примеру, к простым жидкостям, как в работе (Лагарьков, Сергеев, 1978). Однако в рамках "чистой" классической механики такая задача принципиально неразрешима из-за огромного количества частиц. Максвелл нашел изящный способ обойти эту проблему, заменив индивидуальное описание параметров (координат и скорости движения) каждой частицы обобщенными статистическими функциями распределения этих параметров. Тем самым было положено начало целому новому разделу физики – статистической физике.

Задача о распределении молекул газа по скоростям формулируется следующим образом: для газа, находящегося в стационарном состоянии, требуется найти количество молекул с заданной скоростью (скорости которых дифференциально мало отличаются от заданной). Пространство размерности  $K$ , в котором находится газ, считается однородным и изотропным. Никакие внешние силы на газ не действуют.

Решение задачи проводится в фазовом пространстве, где каждая частица описывается не только ее текущим пространственным положением  $\mathbf{x} = \{x_i\}_{i=1, \dots, K}$ , но и мгновенным значением ее скорости  $\mathbf{v} = \{v_i\}_{i=1, \dots, K}$ . Таким образом, общая размерность фазового пространства равна  $2K$ , и искомое количество частиц будет равно

$$dN = N \cdot f(\{\mathbf{x}, \mathbf{v}\}) \cdot dV, \quad (1)$$

где  $N$  – общее количество молекул во всем объеме,  $f(\{\mathbf{x}, \mathbf{v}\})$  – плотность вероятности нахождения частицы в точке фазового пространства  $\{\mathbf{x}, \mathbf{v}\}$ , а  $dV$  – дифференциально малый элемент объема фазового пространства:

$$dV = \prod_{i=1}^K dx_i \cdot \prod_{i=1}^K dv_i.$$

Для решения задачи требуется найти  $f$  как функцию от  $2K$  скалярных (или двух векторных) переменных

$$f = f(\{x_i, v_i\}_{i=1, \dots, K}) \equiv f(\{\mathbf{x}, \mathbf{v}\}). \quad (2)$$

Условия однородности пространства и отсутствия внешних сил позволяют сократить размерность задачи. Газ равномерно распределен по всему доступному объему, поэтому относительно всех пространственных координат  $\{x_i\}$  функция распределения является постоянной, а зависит она только от скорости:

$$f = f(\{\mathbf{x}, \mathbf{v}\}) = f(\mathbf{v}).$$

Условие изотропности пространства накладывает ограничение на вид распределения по скоростным координатам: нет выделенного направления движения, следовательно, распределение по скоростям должно быть сферически симметричным. Таким образом, искомая функция распределения должна на самом деле зависеть только от модуля скорости молекул  $v$ :

$$|\mathbf{v}| \equiv v = \sqrt{\sum v_i^2} \equiv (\sum v_i^2)^{1/2} \\ f(\mathbf{v}) = f(|\mathbf{v}|) = f(v) = f([\sum v_i^2]^{1/2}). \quad (3)$$

С другой стороны, можно представить  $f(\mathbf{v})$  в виде произведения  $K$  отдельных функций  $\varphi_i(v_i)$  распределения по отдельным компонентам скорости. В силу той же изотропности пространства все эти зависимости должны иметь одинаковый вид:

$$f(\mathbf{v}) = \prod_{i=1}^K \varphi_i(v_i) = \prod_{i=1}^K \varphi(v_i). \quad (4)$$

Следовательно, для решения задачи о стационарном распределении молекул по скоростям достаточно найти функцию  $\varphi(v_i)$  распределения по одной только компоненте скорости, например, по  $v_1$ .

Для этого прологарифмируем и продифференцируем по  $v_1$  правые части (3) и (4):

$$\frac{\partial \{ \ln f([\sum v_i^2]^{1/2}) \}}{\partial v_1} = \frac{f(v)}{f(v)} \cdot \frac{\partial v}{\partial v_1} = \frac{f(v)}{f(v)} \cdot \frac{v_1}{v} \quad (3a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial v_1} = \frac{\partial ([\sum v_i^2]^{1/2})}{\partial v_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 v_1}{\sum v_i^2} = \frac{v_1}{v}$$

$$\ln [\prod_{i=1}^K \varphi(v_i)] = \sum_{i=1}^K \ln [\varphi(v_i)]$$

$$\frac{\partial \{ \ln [\prod_{i=1}^K \varphi(v_i)] \}}{\partial v_1} = \frac{\varphi'(v_1)}{\varphi(v_1)} \quad (4a)$$

Так как в (4) от  $v_1$  зависит только первый множитель (после логарифмирования – слагаемое)  $\varphi(v_1)$ , все остальные члены при дифференцировании обратились в 0.

Так как выражения (3) и (4) представляли собой разные формы представления  $f(\mathbf{v})$ , (3a) и (4a) также можно приравнять:

$$\frac{f'(v)}{f(v)} \cdot \frac{v_1}{v} = \frac{\varphi'(v_1)}{\varphi(v_1)}$$

Перенесем  $v_1$  в правую часть. Левая часть получившегося равенства (5) окажется зависящей от  $v$  и не зависящей от  $v_1$ , а правая зависит от  $v_1$  и не зависит от  $v$ . Такое возможно только в случае, когда обе они не зависят ни от одного из этих аргументов, т.е. являются константой, которую мы обозначим через  $-A$ :

$$\frac{f'(v)}{f(v)} \cdot \frac{1}{v} = \frac{\varphi'(v_1)}{\varphi(v_1)} \cdot \frac{1}{v_1} \equiv -A \quad (5)$$

$$\frac{\varphi'(v_1)}{\varphi(v_1)} = \frac{d\varphi(v_1)}{dv_1} \cdot \frac{1}{\varphi(v_1)} = -Av_1$$

$$\frac{d\varphi(v_1)}{\varphi(v_1)} = -Av_1 dv_1 \quad (6)$$

Интегрируя (6), получим:

$$\begin{aligned} \ln \varphi(v_1) &= -Av_1^2/2 + \ln C, \\ \varphi(v_i) &= C \exp(-Av_i^2/2). \end{aligned} \quad (7)$$

Константу  $C$  можно найти из условия нормировки: интеграл от (7) по всем возможным значениям скорости (от  $-\infty$  до  $+\infty$ ), т.е. вероятность, что частица имеет какую-либо скорость в этом диапазоне, должен быть равен 1:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} C \exp(-Av_i^2/2) dv_i = 1.$$

Вынеся  $C$  за знак интеграла и сделав замену  $A/2$  на  $\beta$ , получим известный интеграл Пуассона, значение которого равно  $(\pi/\beta)^{1/2}$ . Таким образом,

$$C = (A/2\pi)^{1/2}.$$

$$\varphi(v_i) = (A/2\pi)^{1/2} \exp(-Av_i^2/2). \quad (7a)$$

В выражении (7) индекс 1 заменен на  $i$ , так как, как уже было сказано, такой же точно вид (с той же константой  $A$ ) должны иметь все остальные функции распределения по любой из  $K$  компонент скорости. Функция  $f(\mathbf{v})$  тогда принимает вид

$$f(\mathbf{v}) = \prod_{i=1}^K \varphi_i(v_i) = \prod_{i=1}^K (A/2\pi)^{1/2} \exp(-Av_i^2/2) = (A/2\pi)^{K/2} \exp(-A(\sum_{i=1}^K v_i^2)/2),$$

то есть

$$f(\mathbf{v}) = (A/2\pi)^{K/2} \exp(-Av^2/2). \quad (8)$$

Показатель экспоненты должен быть безразмерной величиной. Значит, константа  $A$  должна иметь размерность скорости в степени  $-2$ . Естественно трактовать ее как обратный квадрат какой-то характерной для данного распределения скорости, возможно – с добавкой постоянного множителя. Это может быть, в к примеру, средняя, или среднеквадратичная, или наиболее вероятная скорость, известные из курса молекулярной физики – все они отличаются именно постоянным множителем.

Выразим  $A$  через среднеквадратичную скорость  $\langle v^2 \rangle$ : во-первых, она прямо входит в известное выражение для температуры газа (и закон сохранения энергии), и во-вторых, она обладает удобным свойством

$$\langle v^2 \rangle = \sum_{i=1}^K \langle v_i^2 \rangle = K \langle v_i^2 \rangle.$$

По определению среднего

$$\langle v_i^2 \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} v_i^2 \varphi(v_i) dv_i = (A/2\pi)^{1/2} \int_{-\infty}^{+\infty} v_i^2 \exp(-Av_i^2/2) dv_i = (A/2\pi)^{1/2} \cdot (2\pi/A^3)^{1/2} = 1/A$$

(интеграл табличный). Тогда (введем заодно переобозначение  $\langle v^2 \rangle$  как  $v_0^2$ )

$$A = K / \langle v^2 \rangle \equiv K / v_0^2,$$

и (7) и (8) принимают вид

$$\varphi(v_i) = (K / 2\pi v_0^2)^{1/2} \exp(-K/2 \cdot (v_i/v_0)^2); \quad (7b)$$

$$f(v) = (K / 2\pi v_0^2)^{K/2} \exp(-K/2 \cdot (v/v_0)^2). \quad (8b)$$

Таким образом, вид стационарного распределения молекул по скоростям для пространства размерности  $K$  нами установлен с точностью до одного параметра  $v_0$ , имеющего смысл характерной скорости. Физически так и должно быть: ведь физическая суть задачи и состоит в том, чтобы определить, как именно распределится кинетическая энергия в  $K$ -мерном пространстве. Разумеется, единственными внешними параметрами такой задачи являются количество энергии (скорость частиц  $v_0$ ) и размерность пространства  $K$ , и решение должно зависеть только от них. Именно это у нас и получилось.

Физический смысл плотности вероятности (8) – доля среди всех частиц тех, скорости которых окажутся в *единичном объеме* пространства скоростей *вблизи точки*  $\mathbf{v} = \{v_i\}_{i=1, \dots, K}$ . Таким образом, это вовсе не функция распределения частиц по модулю скорости, хотя она и зависит только от этого модуля. Этот факт показывает лишь, что плотность вероятности количественно равна для всех точек фазового пространства с таким модулем скорости. Чтобы узнать, какая доля от всех частиц будет иметь такую скорость (дифференциально мало отличаться от нее), нужно просуммировать (проинтегрировать) частицы по всем точкам фактор-пространства с таким модулем скорости.

Все  $dN$  частиц, модуль скорости которых находится в диапазоне от  $v$  до  $v+dv$ , в  $K$ -мерном пространстве скоростей располагаются в сферическом слое с внутренним радиусом  $v$  и толщиной  $dv$ . Доля таких частиц в общем количестве  $N$  будет равна

$$dN / N = f(\mathbf{v}) \cdot dV = f(\mathbf{v}) \cdot S_K \cdot dv \equiv F(v) \cdot dv. \quad (9)$$

Здесь  $dV$  – объем сферического слоя в  $K$ -мерном пространстве скоростей, который можно вычислить как произведение его толщины  $dv$  на площадь  $K$ -мерной сферы  $S_K$ . Как известно из геометрии (*Sommerville*, 1958), площадь поверхности  $K$ -мерной сферы радиуса  $R$  выражается формулой

$$S_K = K C_K R^{K-1}, \quad (10)$$

$$C_K = \pi^{K/2} / \Gamma(1+K/2),$$

где  $\Gamma(x)$  – гамма-функция Эйлера. Для четных и нечетных размерностей пространства  $C_K$  проще записывается в виде, соответственно,

$$C_{2K} = \pi^K / K! \quad \text{или} \quad C_{2K+1} = 2^{K+1} \pi^K / (2K+1)!!$$

Подставив (10) и (8) в (9), получим общий вид для искомой функции  $F(v)$  распределения частиц газа по модулю скорости – плотности вероятности, что модуль скорости равен  $v$ :

$$F(v) = K C_K v^{K-1} (K / 2\pi v_0^2)^{K/2} \exp(-K/2 \cdot (v/v_0)^2). \quad (11)$$

Графики для  $\phi(v_i)$  и для  $F(v)$  при разных размерностях пространства и разных температурах (среднеквадратических скоростях  $v_0$ ) приведены на рис. 1.

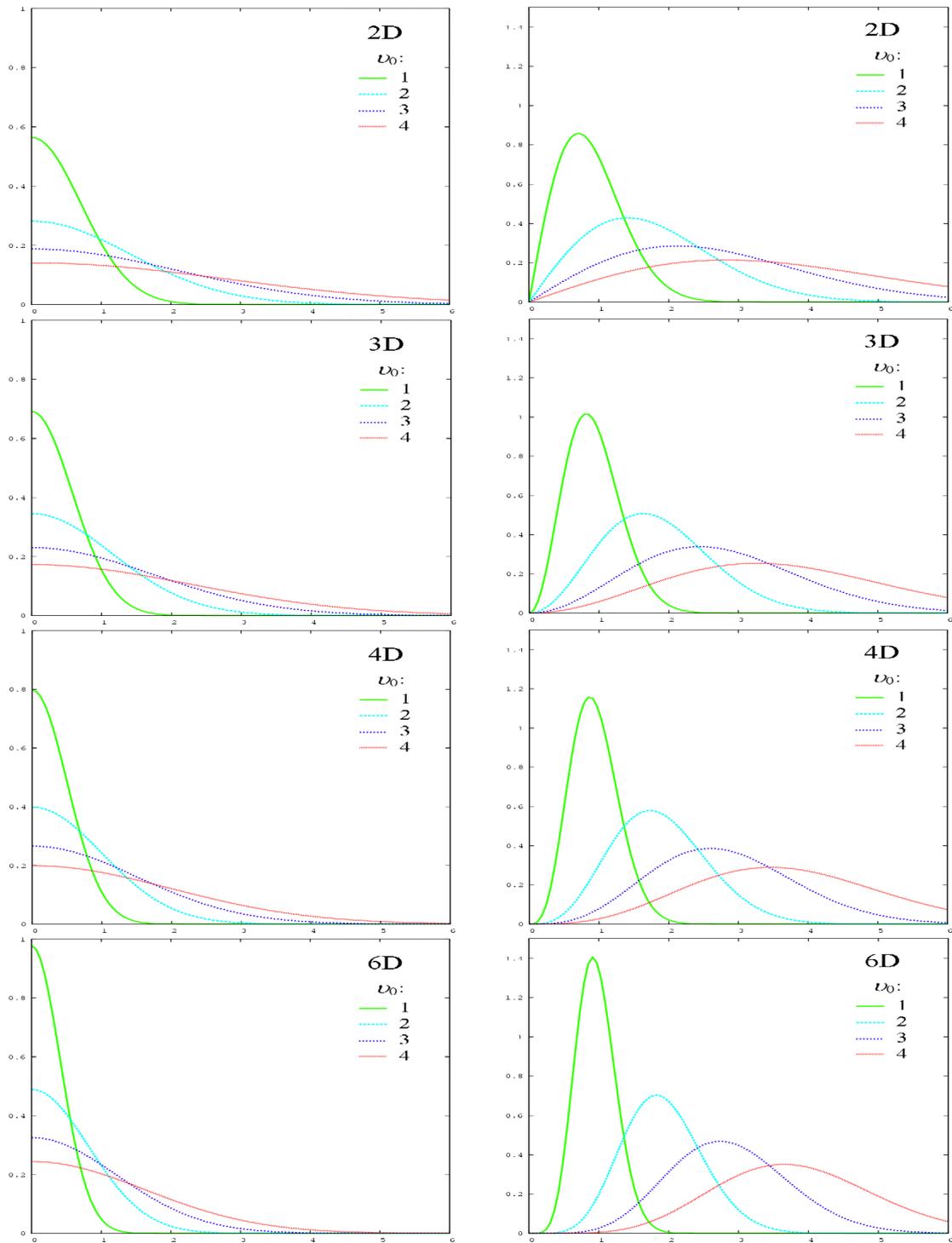


Рис. 1. Распределение частиц газа по одной из компонент (слева) и по модулю скорости (справа) для разных размерностей пространства и разных значений средней скорости

В табл. 1 записаны выражения (7b) и (11) в более простом виде для некоторых размерностей пространства.

Выражения для размерности  $K = 3$  можно легко преобразовать к привычным формулам распределения Максвелла, если выразить  $v_0$  через температуру газа по известной формуле (верной только для 3-мерного пространства!)

$$mv_0^2/2 = 3/2 \cdot kT$$

Таблица 1. Формулы распределений по компоненте скорости  $\varphi(v_i)$  и по модулю скорости  $F(v)$  для некоторых размерностей пространства

$K$	$\varphi(v_i)$	$F(v)$
2	$(1/\pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-(v_i/v_0)^2)$	$v \cdot 2/v_0^2 \cdot \exp(-(v/v_0)^2)$
3	$(3 / 2\pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-3/2 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^2 \cdot 6/v_0^3 \cdot (3/2\pi)^{1/2} \cdot \exp(-3/2 \cdot (v/v_0)^2)$
4	$(2 / \pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-2 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^3 \cdot 8/v_0^4 \cdot \exp(-2(v/v_0)^2)$
5	$(5 / 2\pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-5/2 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^4 \cdot 50/(3 v_0^5) \cdot (5/2\pi)^{1/2} \cdot \exp(-5/2 \cdot (v/v_0)^2)$
6	$(3 / \pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-3 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^5 \cdot 27/v_0^6 \cdot \exp(-3(v/v_0)^2)$

Изменения формы графиков распределений при изменении температуры достаточно хорошо известны и понятны. При повышении температуры газа увеличивается доля частиц с большими скоростями, т.е. графики растягиваются вдоль оси скорости, а по вертикали, соответственно, сжимаются, чтобы сохранить площадь под кривой (рис. 1). Так же естественно, что по мере увеличения размерности пространства (количества степеней свободы, по которым распределяется кинетическая энергия частиц) на каждую степень свободы приходится все меньше энергии (уменьшается среднее значение  $\langle |v_i| \rangle$  при той же  $v_0$ ), и график  $\varphi(v_i)$  прижимается к вертикальной оси:  $\langle |v_i| \rangle$  характеризует крутизну его спада. С другой стороны, с увеличением размерности пространства увеличивается скорость роста объема гиперсферы при увеличении радиуса (размерность входит в показатель степени при радиусе). Поэтому на графике  $F(v)$  увеличивается крутизна обоих "склонов" главного максимума: как скорость нарастания количества частиц при приближении к наиболее вероятной скорости снизу, так и скорость убывания после максимума. Все это хорошо видно на графиках.

Такие особенности распределения частиц по скоростям позволяют по ним определить размерность пространства, доступного частицам газа. К примеру, представим гипотетических "плоскатики" – обитателей 2-мерной плоскости в трехмерном пространстве, не догадывающихся о существовании 3 измерения. Они, тем не менее, должны быть способны как-то "видеть" движение всех существующих в пространстве частиц – например, в виде движения их проекций на плоскость их обитания. При невыполнении этого условия в их плоском "мире" будут нарушаться законы сохранения: частицы будут внезапно появляться в их плоскости или исчезать оттуда, или вдруг менять свой импульс и энергию в результате взаимодействия с невидимыми частицами "из параллельного мира". Таким образом, если законы сохранения в их мире работают, тогда, экспериментально измерив функцию распределения частиц газа по скоростям, "плоскатики" смогут по форме графика понять, что на самом деле их плоскость – лишь часть 3-мерного мира.

В нашем мире законы сохранения выполняются. Поэтому, взглянув на результаты опыта Штерна и аналогичных, мы можем уверенно сказать: наш 3-мерный мир не является

простым подпространством мира более высокой геометрической размерности. "Параллельных миров" не существует, как бы ни хотелось обратного любителям фантастики.

Более интересным является другое свойство полученных функций распределения. Если обратиться еще раз к их выводу, то легко заметить, что в нем нигде не задействованы какие-либо особенности именно скорости как величины, функция распределения которой ищется. Используются только свойства собственно пространства – его однородность и изотропность, а также его метрика – способ определения расстояния в нем (вычисления модуля вектора скорости). Таким образом, вид распределения является свойством не газа или его частиц, или распределенной величины – скорости или энергии, а только лишь самого пространства. Значит, такой же вид должны иметь стационарные распределения любых величин в любых других пространствах с аналогичной метрикой, в том числе и совершенно абстрактных. При таком подходе произвольная размерность рассмотренных нами пространств перестает быть экзотикой из области малонаучной фантастики, и у полученных формул распределений появляется перспектива реального применения.

### Литература

- Лагарьков Л.Н., Сергеев В.М.** Метод молекулярной динамики в статистической физике. *УФН*, т. 125, вып. 3, с. 409-448, 1978.
- Максвелл Д.К.** Статьи и речи. *М.: Наука*, 1958.
- Sommerville, D.M.Y.** An Introduction to the Geometry of n Dimensions. *New York: Dover*, p. 136, 1958.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКСВЕЛЛИЗАЦИИ АНСАМБЛЯ ЧАСТИЦ  
В ПРОСТРАНСТВАХ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ**

**Мартыненко О.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики)

**Abstract.** Описаны результаты компьютерного моделирования процесса установления стационарного распределения по скоростям в ансамбле частиц с помощью имитационной молекулярно-динамической модели. Рассмотрена зависимость протекания этого процесса от размерности пространства и количества частиц. Исследовано также установление теплового равновесия для смеси частиц разных масс.

Настоящая работа продолжает описание разработанной автором численной молекулярно-динамической модели ансамбля частиц в пространстве произвольной размерности (Мартыненко, 2010а). Для тестирования компьютерной реализации модели с ее помощью был воспроизведен процесс установления стационарного распределения частиц газа по скоростям для различных конфигураций модели и различных начальных условий. Результаты представлены в данной работе.

Релаксация к максвелловскому распределению и установление температурного равновесия являются классическими задачами молекулярно-динамического моделирования (Лагарьков, Сергеев, 1978). Еще в первых работах по этому методу исследовался процесс установления стационарного распределения по скоростям для систем твердых шаров или дисков (соответственно, в 3-мерном или 2-мерном пространстве). Было показано (Alder, Wainwright, 1958; Mayer, 1962; Rahman, 1964), что выход температуры на равновесие и максвеллизация в таких системах происходит за время порядка нескольких времен столкновений. В то же время нам неизвестны работы, где аналогичные исследования проводились бы для пространств более высокой размерности (вероятно, ввиду сложности нахождения практических приложений для такой задачи). Представляемая здесь модель, однако, предоставляет и такую возможность. Поэтому уже в ходе тестирования ее удалось "заглянуть за горизонт знаний" – помимо повторения перечисленных работ, были получены и новые научные результаты.

Теоретический вид распределения молекул газа по скоростям для декартовых пространств произвольной размерности получен в (Мартыненко, 2010b). Там же приведены следующие формулы для нескольких размерностей пространства, для которых проводилось численное моделирование в настоящей работе:

$K$	$\varphi(v_i)$	$F(v)$
2	$(1/\pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-(v_i/v_0)^2)$	$v \cdot 2/v_0^2 \cdot \exp(-(v/v_0)^2)$
3	$(3 / 2\pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-3/2 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^2 \cdot 6/v_0^3 \cdot (3/2\pi)^{1/2} \cdot \exp(-3/2 \cdot (v/v_0)^2)$
4	$(2 / \pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-2 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^3 \cdot 8/v_0^4 \cdot \exp(-2(v/v_0)^2)$
6	$(3 / \pi v_0^2)^{1/2} \cdot \exp(-3 \cdot (v_i/v_0)^2)$	$v^5 \cdot 27/v_0^6 \cdot \exp(-3(v/v_0)^2)$

Здесь  $\varphi(v_i)$  – функция распределения по пространственной компоненте скорости  $v_i$  (плотность вероятности того, что  $i$ -я компонента скорости частицы имеет значение  $v_i$ ),  $F(v)$  – функция распределения по модулю скорости (плотность вероятности того, что модуль скорости частицы имеет значение  $v$ ),  $v_0$  – среднеквадратичная скорость по ансамблю частиц

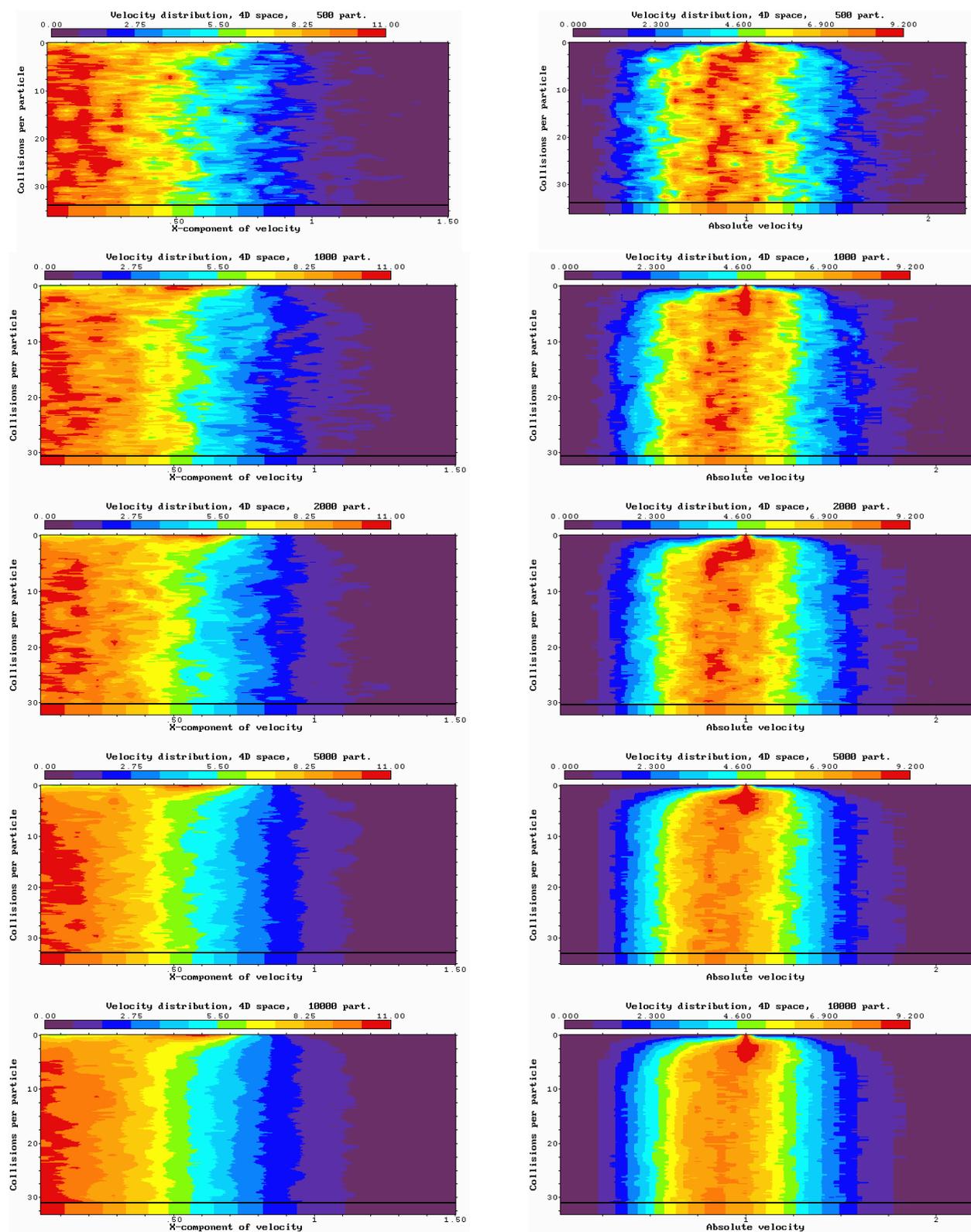


Рис. 1. Процесс установления стационарного распределения по скоростям для 4-мерного пространства (в правом столбце – по модулю скорости, в левом – по  $X$ -компоненте скорости). Диаграммы в каждом столбце отличаются количеством частиц в модельном расчете – сверху вниз: 500, 1000, 2000, 5000 и 10 000 частиц. В начальный момент скорости всех частиц были по модулю равны 1, но случайно направлены.

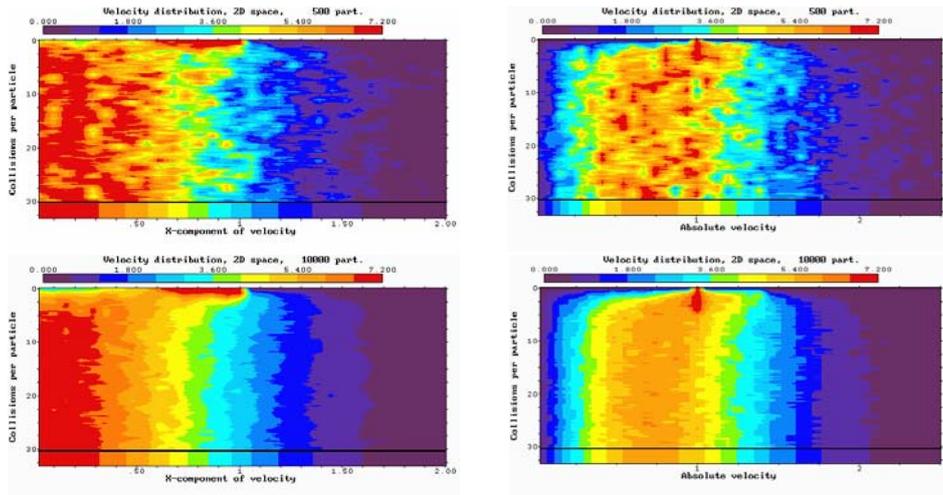


Рис. 2. Установление стационарного распределения по скоростям для 2D пространства. Вверху расчет для 500 частиц, внизу для 10 000

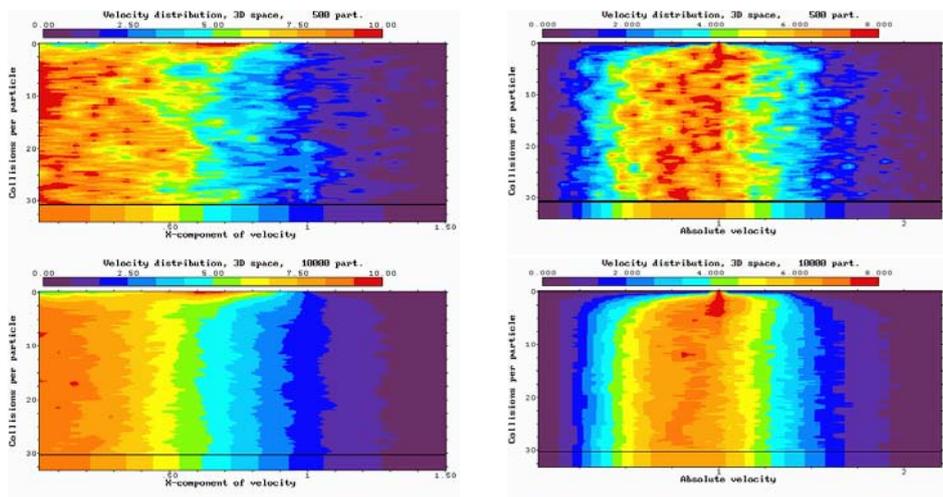


Рис. 3. Установление стационарного распределения по скоростям для 3D пространства. Вверху расчет для 500 частиц, внизу для 10 000

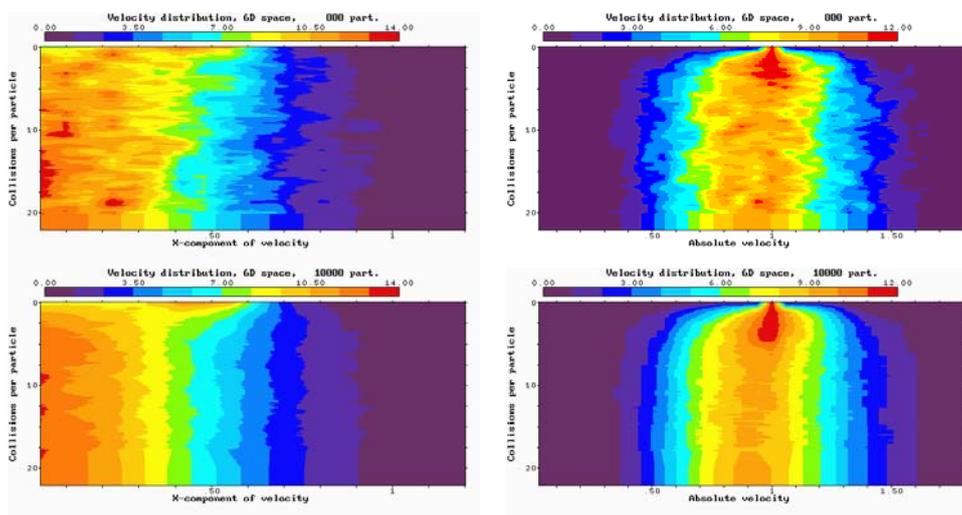


Рис. 4. Установление стационарного распределения по скоростям для 6D пространства. Вверху расчет для 800 частиц, внизу для 10 000

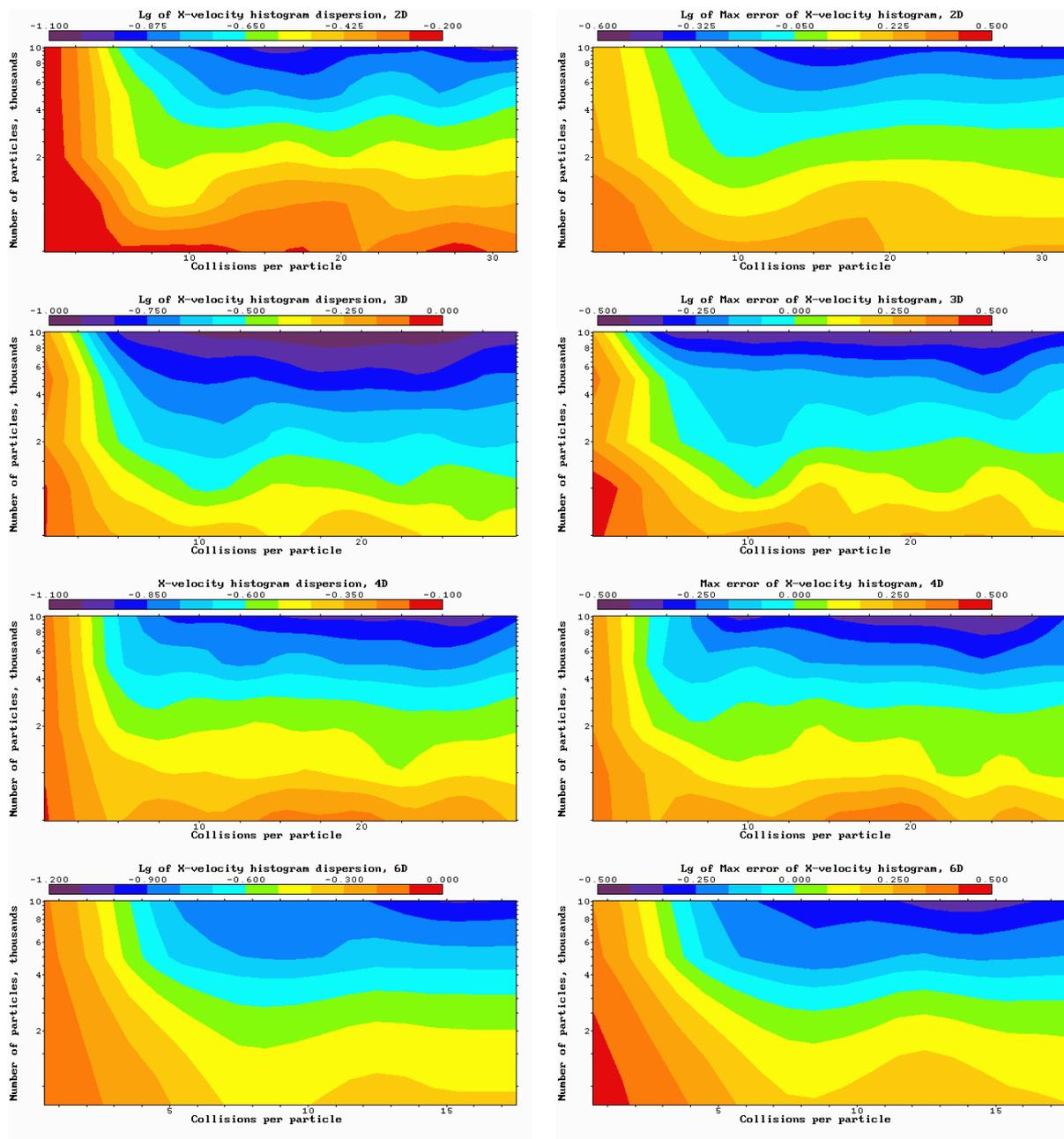


Рис. 5. Установление стационарного распределения по скоростям для  $X$ -компоненты скорости в виде изменения отклонения гистограммы от "идеальной" (в левом столбце – среднеквадратичное отклонение, в правом – максимальное). Диаграммы в каждом столбце отличаются размерностью пространства – сверху вниз: 2, 3, 4, 6

(постоянный параметр задачи, в соответствии с законом сохранения энергии),  $K$  – размерность пространства.

Задачей представляемой работы было проверить установление распределений такого вида от различных начальных состояний ансамбля частиц и изучить особенности протекания этого процесса в зависимости от количества частиц и размерности пространства.

Начальными условиями в проведенных модельных расчетах было случайное с равномерной плотностью вероятности (с помощью генератора случайных чисел)

$m_1 : m_2$

1 : 4

1 : 20

1 : 40

1 : 100

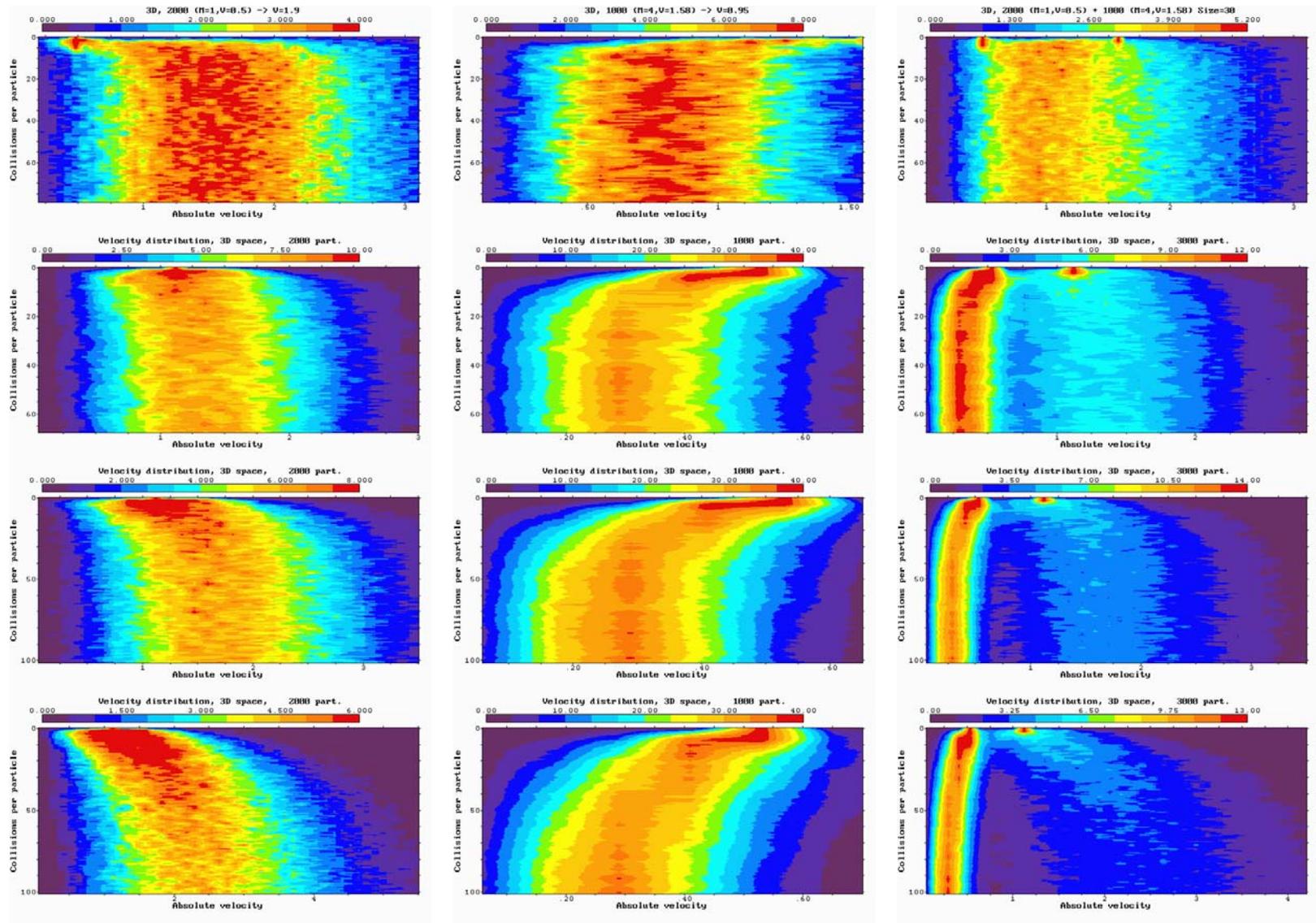


Рис. 6. Установление стационарного распределения по скоростям для смеси частиц разных масс. Слева – изменение гистограммы для легких частиц, в центре – для тяжелых, справа – для всей смеси.

распределение частиц по всей моделируемой пространственной области, имевшей форму многомерного гиперпараллелепипеда, одна из вершин которого совпадает с началом координат, а грани параллельны координатным плоскостям. Разумеется, ставилось условие, что частицы не занимают одно и то же место в пространстве (им запрещалось размещаться ближе некоторого минимального расстояния друг от друга).

Скорость у всех частиц каждого сорта задавалась одинаковой по модулю, но случайной по направлению (снова с равномерным распределением). Такой способ задания начальной скорости упрощал контроль за выполнением закона сохранения энергии: в начальный момент среднеквадратичная скорость равнялась заданной, а значит, и в ходе всего модельного расчета она должна была оставаться такой же.

В описываемых в данной работе экспериментах объем пространства выбирался таким, чтобы среднее расстояние между частицами составляло приблизительно 2-3 диаметра частиц. Физически это соответствует скорее условиям жидкости, чем газа. Но при отсутствии какого-либо взаимодействия между частицами, кроме как непосредственно в момент их столкновений, такой ансамбль частиц также должен стремиться к максвелловскому распределению по скоростям.

В качестве модельного выхода рассматривалось изменение гистограмм распределения частиц по скоростям (по одной из компонент и по модулю) в зависимости от среднего количества соударений, испытанных каждой частицей. Полученные в результате модельных расчетов графики представлены ниже.

На рис. 1-4 показаны результаты моделирования установления равновесного распределения в ансамблях, состоящих из различного количества частиц одного сорта для 2-, 3-, 4- и 6-мерного пространства. По вертикали отложено среднее количество столкновений на частицу от начального момента (аналог нормированного времени), по горизонтали – значение скорости, цветом обозначена доля частиц (в %), попадающих в столбик гистограммы определенной ширины с центром на данной скорости. В нижней части диаграмм (ниже черной линии) построено идеальное распределение, соответствующее формуле из таблицы, приведенной выше.

Можно видеть, что для установления формы распределения, близкой к максвелловской, во всех случаях оказывается достаточно, чтобы каждая частица испытала 5-10 столкновений. Это согласуется с результатами (*Alder, Wainwright, 1958; Rahman, 1964*). Дальше гистограмма испытывает флуктуационные отклонения, которые тем меньше, чем больше частиц учитывалось при расчете, что также вполне ожидаемо – это проявление хорошо известного закона больших чисел.

Процесс установления равновесного распределения можно отследить не только визуально, но и количественно по изменению количественной меры отличия формы распределения от теоретической, задаваемой формулами из вышеприведенной таблицы. В качестве такой меры использовались максимальное или среднеквадратичное отклонения соответствующих гистограмм. Изменение этих величин в зависимости от среднего числа столкновений на частицу, общего количества моделируемых частиц и от размерности пространства показано на рис. 5. В таком представлении хорошо видна отмеченная выше зависимость флуктуационных отклонений от количества частиц в расчете. В то же время не обнаруживается никакой зависимости характеристик процесса максвеллизации от размерности пространства (т. е. от количества степеней свободы, по которым перераспределяется энергия).

В следующей серии экспериментов моделировалось установление равновесного распределения по скоростям в смеси частиц двух разных сортов (с разными массами). Результаты моделирования представлены на рис. 6. Четко видна зависимость времени

установления равновесия от соотношения масс частиц: чем оно больше, тем медленнее идет процесс релаксации к равновесному распределению. В то же время, как можно видеть, перераспределение энергии внутри каждого сорта частиц происходит достаточно быстро (за то же самое время порядка 10 столкновений на каждую частицу, причем тут учитываются столкновения не только с частицами своего сорта, но и с другими тоже), так, что для них устанавливается близкое к максвелловскому распределение, т.е. возникает понятие "температура", но температура для каждого газа изначально своя (определяемая тем, какова была первоначальная средняя энергия частиц именно этого сорта), а процесс выравнивания температуры между частицами разных сортов занимает намного большее время.

Полученные результаты показывают, что представленная молекулярно-динамическая модель достаточно хорошо воспроизводит известные особенности процесса установления равновесного состояния в ансамбле частиц. Таким образом, она может быть использована для разработки виртуального лабораторного практикума по молекулярной физике и термодинамике.

### Литература

- Лагарьков Л.Н., Сергеев В.М.** Метод молекулярной динамики в статистической физике. *УФН*, т. 125, вып. 3, с. 409-448, 1978.
- Мартыненко О.В.** Имитационное моделирование большого ансамбля частиц в пространствах различной размерности. // Наука и образование – 2010: материалы межд. науч.-техн. конф. - Мурманск: МГТУ, 2010а
- Мартыненко О.В.** Распределение частиц газа по скоростям в пространствах различной размерности. // Наука и образование – 2010: материалы межд. науч.-техн. конф. - Мурманск: МГТУ, 2010б
- Alder B.J., Wainwright T.E.** – *In: Transport Processes in Statistical Mechanics / Ed. I. Prigogine.* – N.Y.: 1958.
- Mayer J.E.,** – *J. Phys. Chem.*, v. 66, p. 591, 1962.
- Rahman A.,** – *Phys. Rev., Ser. A*, v. 136, p. 405, 1964.

## ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ В ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

**Никонов О.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики, e-mail: [Oleg.Nikonov@rambler.ru](mailto:Oleg.Nikonov@rambler.ru))

**Шолохов В.С.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра физики и методики обучения физике, e-mail: [Sho-VLdislav@yandex.ru](mailto:Sho-VLdislav@yandex.ru))

Work is devoted to a technique of a statement of relativistic transformation electric and magnetic water in section «the Electricity and magnetism» in a rate of the general physics. The problem consists in, that mathematical means accessible to the first-year student to illustrate magnetism as relativistic effect.

Электричество и магнетизм — один из самых важных, а вместе с тем, и самых трудных для понимания студентами разделов курса общей физики в вузе. Важность материала этого раздела обусловлена не только тем, что теория электричества и магнетизма является основой современной техники, но и его мировоззренческим содержанием.

По данному вопросу написано огромное количество работ. В списке литературы, приведённом нами в конце статьи, указаны только некоторые из них, ставшие, в настоящее время хрестоматийными. Изложение материала по этим источникам требует слишком много времени. Трудность понимания и, соответственно, изложения материала связана с недостаточной математической подготовкой студентов-первокурсников.

В этой связи, мы поставили задачу — рассмотрение данного вопроса, на достаточно высоком научном уровне, используя доступный студентам математический аппарат.

Электромагнитное поле описывается уравнениями Максвелла, которые инвариантны относительно преобразований Лоренца. Распространение электромагнитного поля имеет волновой характер. Электромагнитные волны распространяются в пространстве со скоростью света. Это экспериментально установленный факт. Таким образом, магнитное поле является релятивистским объектом.

Поведение релятивистских объектов (объектов, движущихся со скоростями близкими к скорости света) описывается в специальной теории относительности (СТО), основу математического аппарата которой составляют преобразования Лоренца.

Рассмотрим длинный тонкий стержень неподвижный относительно инерциальной системы (ИСО)  $K'$  заряженный с линейной плотностью  $\tau_0$ . Напряжённость электрического поля в (ИСО)  $K'$  в вакууме

$$E' = \frac{\tau_0}{2 \pi \varepsilon_0 r}.$$

Для наблюдателя в ИСО  $K$  заряженный стержень движется со скоростью  $v$ . Так как электрический заряд — величина инвариантная относительно преобразований Лоренца, то плотность заряда в ИСО  $K$  будет равна

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Движение заряженного стержня эквивалентно току

$$I = \tau v,$$

Магнитная индукция, которого в точке  $A$  равна

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r}.$$

Таким образом:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r} = \frac{\mu_0 \varepsilon_0 v E'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Учитывая, что

$$\mu_0 \varepsilon_0 = \frac{1}{c^2}.$$

Из приведённых выше формул, выражающих преобразование полей  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  при переходе из одной ИСО в другую, видно, что значения полей взаимосвязаны и зависят от выбора системы отсчёта. В частности, если в штрихованной системе отсчёта магнитное поле равно нулю, то в нештрихованной системе отсчёта индукция магнитного поля  $\vec{B}$  связана с напряжённостью электрического поля  $\vec{E}'$  соотношением

$$\vec{B} = \frac{[\vec{v}, \vec{E}']}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Таким образом, в движущейся системе отсчёта появляется магнитное поле, вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  которого перпендикулярен как направлению вектора скорости  $\vec{v}$ , так и вектору напряжённости электрического поля  $\vec{E}'$ .

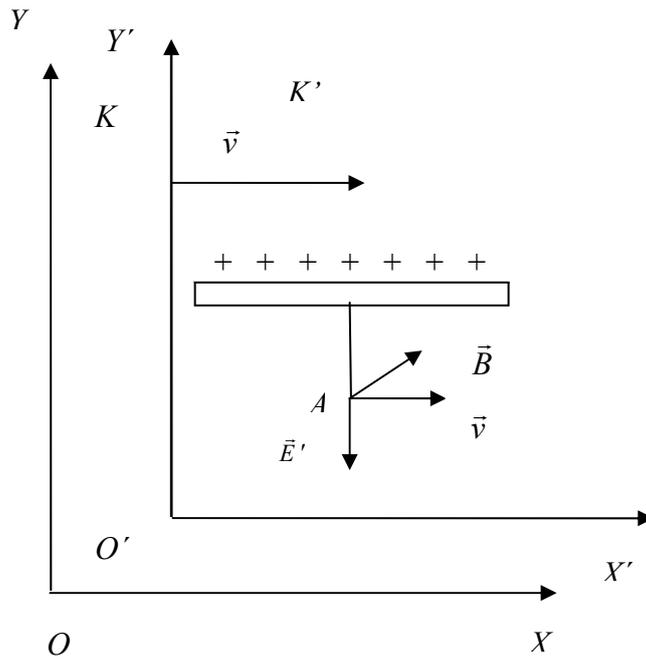
В частности, если  $\vec{E}'$  есть напряжённость электрического поля точечного заряда, определяемая выражением

$$E' = \frac{q \vec{r}'}{4 \pi \varepsilon_0 r'^3},$$

то при  $v \ll c$  то выражение для магнитной индукции  $\vec{B}$  имеет вид:

$$B = \frac{\mu_0 q [\vec{v}, \vec{r}']}{4 \pi r^3}.$$

$$dB = \frac{\mu_0 dq [\vec{v}, \vec{r}']}{4 \pi r^3},$$



С учётом того, что

$$dq = \rho dV, \quad \rho \vec{v} = \vec{j}$$

Это выражение приводится к виду:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{[\vec{j}, \vec{r}]}{r^3} dV.$$

Полученное выражение представляет собой закон Био – Савара – Лапласа.

Таким образом, появление магнитного поля в пространстве около движущегося заряда можно считать следствием релятивистского преобразования электрического поля при переходе из одной инерциальной системы в другую.

#### Список литературы:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., 1967. 460 с.
2. Мансуров А.Н. Физическая картина мира. М., 2008. 272 с.
3. Матвеев А.Н. Электродинамика и теория относительности. М., 1964. 424 с.
4. Офир Дж. Физика т. 1.. М. Мир 1981. 336 с.
5. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.. 1966 624 с.
6. Угаров В.А. Специальная теория относительности. Изд. 3-е. — М.: 2005 — 384 с.
7. Эйнштейн А. к электродинамике движущихся тел. Собр. научн. трудов, т. 1. М.: Наука 1965. 700 с.

## ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Власов А.Б. (г. Мурманск МГТУ, кафедра электрооборудования судов, [vlaovab@mstu.edu.ru](mailto:vlaovab@mstu.edu.ru))

Considered questions of preparing the scholastic allowance in high school in modern condition

Лабораторные практикумы по дисциплинам "Электротехника и электроника", "Судовая электроника и силовая преобразовательная техника", "Практическая схемотехника" предназначены для оказания помощи учащимся при выполнении значительного количества лабораторных работ, закреплении знаний, умений и навыков.

Наряду с объективными (сокращение числа аудиторных часов по дисциплинам, неадекватное соотношение требований типовой программы, единой для многих специальностей, и числа часов, выделяемых на дисциплину конкретной специальности) и субъективными (недостаточная профессиональная, техническая ориентированность, плохая адаптация студентов к требованиям вуза к третьему-четвертому семестру и т.п.) факторами, сложность обучения дополняется недостаточной материальной базой, ограниченным финансированием лабораторных практикумов, недостаточным количеством учебных мест для индивидуального обучения студентов в процессе выполнения работ.

Одним из выходов из противоречивой ситуации, по нашему мнению, является создание виртуальных лабораторных практикумов с использованием ЭВМ, позволяющих не только существенно расширить, но и разнообразить тематику изучаемого материала, выполнять лабораторные работы самостоятельно вне аудитории.

Нами разработан (табл. 1) лабораторный практикум, объединяющий совокупность лабораторных работ (на базе программы Electronic Workbench), включающих разноуровневые задания.

Таблица 1

1	"Анализ переходных процессов в $RL$ - и $RC$ -цепях"
2	"Анализ электронных схем с помощью программы $EWB$ "
3	"Синтез и анализ усилительных каскадов на транзисторах"
4	"Анализ элементов схемы авторулевого"
5	"Исследование стабилизаторов"
6	"Синтез и анализ аналоговых схем на основе операционного усилителя"
7	"Синтез и анализ и логических схем"
8	"Анализ логического элемента на основе триггера Шмитта"
9	"Исследование триггеров на логических интегральных микросхемах"
10	"Синтез и анализ импульсных схем на логических элементах"
11	"Синтез и анализ регистров"
12	"Синтез и анализ цифровых счетчиков"
13	"Синтез и анализ шифраторов, дешифраторов и элементов АЛУ"
14	"Анализ и синтез мультиплексоров и демультиплексоров"
15	"Синтез и анализ АЦП и ЦАП"

Задания практикума позволяют студенту выполнить определенный минимум работы, и в дальнейшем перейти на более высокий уровень обучения. Отдельным студентам предлагаются задания повышенной сложности для поиска индивидуального решения.

## **ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВОСПРИЯТИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Быковская Н. Е., Кацуба В. С.** (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, *patusax@mail.ru*)

В статье рассматриваются особенности восприятия учебной информации при изучении высшей математики с помощью элементов компьютерного обучения. Проводится анализ особенностей восприятия с точки зрения основных принципов обучения. В результате анализа сформулировано несколько предположений о проблемах, сопровождающих компьютерное обучение в математике.

### **Введение**

Компьютерное и дистанционное обучения (КО и ДО) - это новая и неотъемлемая часть учебного процесса в настоящее время. Применение элементов компьютерного обучения в рамках традиционного обучения уже является обычным делом. В связи с этим становится закономерным появление и существование различных учебных заведений, использующих только технологии ДО и КО либо предоставляющих изучение отдельных дисциплин с использованием ИКТ (информационно-коммуникационных технологий). Также не вызывает удивления появление "полярных" мнений по поводу эффективности ДО и КО. Но в этой статье не ставится вопрос о рациональности использования компьютера при обучении студентов, поскольку все то, что позволяет узнать тот или иной предмет глубже, расширить границы мировоззрения будущего специалиста, не может являться бесполезным в учебном процессе. Тем не менее, некоторые проблемы при использовании компьютерных технологий в обучении студентов имеются, и далее сформулируем одну из таких проблем, предварительно сузив границы имеющихся и предоставляемых к изучению дисциплин, - рассмотрим в качестве примера преподавание разделов высшей математики для специальностей нематематического профиля с использованием элементов компьютерного обучения.

### **Некоторые методологические принципы педагогики и реализация их в обучении математике**

Высшая математика - наука абстрактная, требующая от студента при ее изучении таких качеств как внимательность, сосредоточенность, дисциплинированность, а также определенный тип мышления – логическое мышление. В совокупности наличие этих качеств должно облегчить задачу преподавателя донести до определенной аудитории необходимые понятия, определения, свойства и теоремы при условии использования компьютерных технологий в обучении студентов, поскольку и ДО, и КО требуют от обучающихся аналогичных качеств. Поэтому использование технологий КО в обучении математике не противоречит методологическим принципам вообще, и математики в частности, при условии, что студент имеет необходимые знания и готов к такому обучению в целом.

Рассмотрим некоторые особенности восприятия учебного материала по математике при использовании компьютера, опираясь на классические принципы обучения и принципы методики преподавания математики. Даже если речь идет о ДО или КО, остается необходимость реализации этих принципов при построении практического учебного процесса.

Перечислим *принципы обучения* [1]:

1. Принцип наглядности.
2. Принцип сознательности, активности и самостоятельности.
3. Принцип доступности.
4. Принцип научности.
5. Принцип индивидуального подхода к обучающимся в условиях коллективной работы.
6. Принцип систематичности и последовательности в изложении.
7. Принцип прочности в овладении знаниями, умениями и навыками.
8. Принцип связи теории с практикой.

*Принципы методики преподавания математики [4]:*

1. Принцип универсальности математического образования.
2. Принцип единства фундаментального и прикладного математического образования.
3. Принцип единства теоретического и практического знания.
4. Принцип межпредметности математического образования.
5. Принцип единства математич. и профессионального мышления.
6. Принцип профессионально-прикладной направленности математического образования.

### **Особенности восприятия учебного материала по математике при компьютерном и дистанционном обучении**

Во многом успех донесения определенного типа информации определяется индивидуальными особенностями каждого. Например, имеется восприимчивость к информации, передаваемой посредством электромагнитных волн (зрительные образы), и есть восприимчивость к информации, передаваемой посредством механических колебаний (звуковые волны). Поскольку восприятие относительно, то определить степень воздействия того или иного стимула на испытуемого не всегда возможно. Однако известно, что восприятие однообразных явлений, предметов, образов снижает устойчивость внимания, что в дальнейшем неблагоприятно сказывается на процессе запоминания [2]. В противовес этому ИКТ предоставляют прекрасную возможность избежать повторяющихся образов, приводящих к искажению или прекращению восприятия на этапе различения. Таким образом, приходим к выводу, что грамотное использование элементов компьютерных технологий в процессе обучения способствует восприятию информации, то есть *более активно, чем при традиционном обучении, задействован принцип наглядности.*

Перечислим свойства, присущие математике как науке и способствующие ее изучению. Математика как наука имеет ряд отличительных свойств. Во-первых, присущий математике фундаментализм позволяет рассматривать ее как предмет, обладающий целостностью. Во-вторых, математика всеобъемлюща: зачастую выступает как универсальный метод познания, является средством построения теории других наук и находит применение во многих отраслях знаний теоретического и практического значения (принцип универсальности математического образования) [4]. Это является немаловажным при изучении учебного материала с использованием ИКТ, поскольку такие свойства восприятия, как целостность и структурность, позволяют в данном случае создать единый устойчивый образ. Но далее создания образа студенты в изучении математики не продвинулись: математика имеет строгую иерархическую структуру, опирающуюся на законы логики, однако понимание и запоминание математических законов и положений носит дискретный характер. Для подтверждения (или опровержения) гипотезы о том, что изучение математики с использованием только ДО и КО не является возможным или предпочтительным для самих студентов, было проведено анкетирование учащихся первого курса технических специальностей. Были получены следующие результаты по некоторым вопросам:

*Вопрос:* Нравится ли Вам обучение с использованием компьютерных технологий?

*Ответ:* Да - 100%.

*Вопрос:* Какое обучение Вы предпочли бы?

*Ответы:* 1. Традиционное обучение с преподавателем - 81,5%.

2. Самостоятельное обучение с использованием электронных материалов - 18,5%.

3. Выполнение тестовых заданий и лабораторных работ с использованием компьютера - 40,1%.

4. При помощи видеоконференций - 7,4%.

Заметно противоречие, выявленное в результате анкетирования: всем нравится обучение с использованием ИКТ, тем не менее, большинство анкетированных предпочитает традиционное обучение с преподавателем. Возможное объяснение такому результату анкетирования можно найти в следующем: при использовании ИКТ в обучении математике *не вполне реализован принцип доступности*. В работе Голуб Б. А. [1] приводятся правила принципа доступности, одно из которых звучит так: "Более прочному запоминанию способствует и запись обучающимися важнейшей информации, получаемой в процессе обучения." Принцип доступности частично реализуется на этапе проектирования и создания обучающих и контролирующих программных средств, однако при обучении с использованием тех же программных средств неизменно перед преподавателем встает вопрос - как обучить умению пользоваться инструментом (чем является математика) посредством инструмента (при помощи ПО и ИКТ)?

Вторая причина – *не полностью реализован принцип сознательности*, который является чрезвычайно важным при обучении с помощью компьютерных технологий, поскольку реализация данного принципа позволяет избежать «погружения в компьютерную реальность» и, как следствие, появления возможных ошибок при выполнении лабораторных и контрольных работ. Простота и легкость выполнения вычислений с помощью программ зачастую приводит к тому, что обучающийся начинает более полагаться на компьютер, нежели на себя, забывая о том, что некоторые ошибки возникают еще на этапе написания программного кода. Понятие компьютерной реальности (виртуальной реальности) абстрагировано от действительности, хотя и неразрывно связано с существующими объектами, предметами и событиями. И изучение абстрактной науки посредством компьютера предстает трудоемким процессом, требующим значительных усилий и умственного напряжения со стороны учащихся.

Третья причина - *на обработку зрительной информации затрачивается большая часть ресурсов головного мозга*. К примеру, исследования, проведенные Черчесом Т. Е. [3], свидетельствуют о том, что "влияние видеоряда на восприятие устного речевого сообщения выражается в нарушении полноты и целостности осмысления его содержания, потерей логики, неточностью и быстротой утраты в памяти".

Восприятие зрительной информации, поступающей от экрана монитора, отличается от восприятия информации, поступающей от лектора, поскольку изначально информация, передаваемая посредством компьютера, несет в себе лишнее - яркие образы, дополнительные надписи, ярлыки, всплывающие подсказки - и дает дополнительную нагрузку. Например, по результатам анкетирования лишь 18,5% учащихся получают полезную для себя информацию из телевизионных передач, остальные анкетированные не смотрят телевизор либо смотрят крайне редко.

## **Заключение**

Можно сделать следующие предположения:

1. Существуют психологическая и, возможно, физическая перегрузка обучающихся

при использовании электронных ресурсов обучения.

2. Математические дисциплины не могут полностью изучаться с помощью компьютерных технологий, как инструментом нельзя овладеть с помощью инструмента. Поэтому использование КО в математике необходимо дозировать.

3. Нужно исследовать меру дозирования и способы организации КО с учетом особенностей восприятия компьютерной информации.

**Список литературы:**

1. Голуб Б.А.. Основы общей дидактики. Учебное пособие для вузов. М.: Гуманитарный издательский центр "ВЛАДОС", 1999.

2. Адам Г. Восприятие, сознание, память. М.: Мир, 1983. С. 9-76

3. Черчес Т.Е. Психологические особенности восприятия содержания устноречевого сообщения при его совмещении с видеорядом в научно-познавательных фильмах. Институт психологии РАН –

[http://www.ipras.ru/cntnt/rus/dop\\_dokume/mezhdunaro/nauchnye\\_m/razdel\\_3\\_a/cherches\\_t.html](http://www.ipras.ru/cntnt/rus/dop_dokume/mezhdunaro/nauchnye_m/razdel_3_a/cherches_t.html)

4. Плотникова Е. Г.. Педагогика математики: предмет, содержание, принципы. Имидж №7. – [http://image.websib.ru/07/text\\_article\\_point.htm?262](http://image.websib.ru/07/text_article_point.htm?262)

## **ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В РАМКАХ ДИСЦИПЛИН ПО ВЫБОРУ**

**Кормилицына Т.В.** (*г. Саранск, МордГПИ им.М.Е.Евсевьева, кафедра информатики и вычислительной техники, kortv58@mail.ru*)

It is discussed searching for of the ways of the improvement to technologies of the teaching course at the option with the emphasis professional directivity of the education.

В настоящее время, в условиях перехода к многоуровневой системе образования, повышению эффективности профессиональной подготовки будущих учителей математики служит расширение тематики курсов по выбору. Отметим, что курсы по выбору математического плана позволяют познакомить студентов с некоторыми проблемами и задачами современной математики, приобщить их к самостоятельной исследовательской работе. Использование курсов по выбору позволяют педвузу более гибко реагировать на содержательные изменения, происходящие в средних общеобразовательных учреждениях, повышать качество подготовки специалистов, вводить новые специализации в связи с запросами регионов.

Чтобы совместить гибкость образовательного процесса и требования стандартов, вузы имеют систему обязательных курсов и курсов по выбору.

Естественно, особенности формирования рабочего учебного плана во многом определяются характеристиками вуза: количеством студентов, уровнем методического и ресурсного обеспечения

Заметим, что спецкурсы и спецсеминары позволяют преподавателям школ и вузов передавать своим ученикам не только уже известные, установившиеся в науке знания, но и подготовить их к более сложной работе - к творчеству. Спецкурсы и спецсеминары «дают возможность быстро подойти к современному знанию в сравнительно узкой области науки. Как правило, лектор выбирает специальный курс близко к своим научным интересам; он делится со слушателями постановками задач, которые его интересуют, знакомит с трудностями, которые он встретил при их решении и, таким образом, вводит учеников в современную проблематику науки

Основанием для проведения курсов по выбору является Федеральный закон «Об образовании» от 13 января 1996 года №12-ФЗ, Федеральный закон «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» от 22 августа 1996 года №125-ФЗ, «Типовое положение об образовательном учреждении (высшем учебном заведении)», утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2008 года №71,

Курсы по выбору студентов (элективные) вводятся в учебные планы специальностей (направлений подготовки) в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ГОС) для дополнения, расширения и углубления подготовки по дисциплинам, указанным в федеральном компоненте циклов.

Курсы по выбору имеют целью углубленное изучение узловых тем определенного систематического курса, усвоение которых определяет качество профессиональной подготовки, овладение методологией научного познания, организацию исследовательской деятельности по отдельным частным проблемам науки.

Аудиторные занятия могут проводиться в виде лекций, практических, семинарских или лабораторных занятий. Обязательные виды аудиторной или самостоятельной работы студентов по ним не устанавливаются. Рекомендуются проводить спецсеминары, связанные с тематикой курсовых и квалификационных работ, интегративные курсы по выбору. При определении тематики курсов по выбору по педагогическим специальностям следует учиты-

вать потребности школы. Курсы по выбору являются обязательными для каждого студента. Их общий объем должен соответствовать ГОС.

Курсы по выбору направлены на удовлетворение потребностей студентов и реализацию их познавательной деятельности. Для обеспечения выбора в перечень курсов, предлагаемых студенту по каждому циклу, следует включать не менее двух курсов по каждой дисциплине цикла.

Обязательным условием проведения курса по выбору является наличие утвержденной программы курса или учебно-методического комплекса. Программы курсов по выбору утверждаются на заседании кафедры. Содержание курсов по выбору должно отвечать необходимым требованиям: актуальность, научность, исследовательский характер, связь с практикой, учитывать профессиональную и национально-региональную специфику, а также научно-исследовательскую деятельность преподавателей.

Особенности реализуются через дисциплины по выбору. Основная задача управления процессом обучения – обеспечение оптимальной траектории движения обучаемого к цели.

Качество базового плана определяется степенью полноты, законченности и цельности структурной модели образования по специальности. Причем важна не только целостность, но и, главным образом, обязательное наличие взаимосвязей между предметами, что и позволяет создать целостную картину.

Основной задачей технологии обучения является творческое воздействие на образовательный процесс, создание научно обоснованных методов достижения определенных целей образования. Важно добиться понимания студентами значения полученных знаний для своей будущей профессиональной деятельности в качестве учителя математики средней школы.

Эту проблему с успехом решают курсы по выбору в педвузе, на базе которых в дальнейшем могут быть сконструированы факультативные занятия для учащихся средних школ.

Существует несколько подходов к созданию курсов по выбору.

Фундаментальный подход предполагает разработку содержания курса в логике перехода от фундаментальных законов и теорий к частным закономерностям, направленного на углубленное изучение предмета, ориентированного, в первую очередь, на одаренных детей в данной предметной области, и непосредственно связанного с профильными учебными предметами старшей школы.

Методологический подход основан на научном методе познания, особенности которого демонстрируются на историко-научном материале. Отсюда главная цель изучения курса по выбору, основанного на методологическом подходе: знакомство с методом научного познания, овладение некоторыми исследовательскими умениями. Этот подход предполагает использование проектной технологии обучения, организацию лабораторно-практических занятий, занятий практикумов и т.п.

Универсальный подход характеризуется группировкой содержания вокруг ряда важнейших понятий, имеющих универсальное значение для науки. Данный подход предпочтителен для межпредметных курсов, которые рассматривают одну проблему, явление, понятие с разных сторон в свете разных наук. Для него предпочтительными может стать использование технологий рефлексивного обучения, критического мышления, кейс-метода и т.д.

Прагматичный подход предполагает приобретение определенных знаний и умений, обеспечивающих базовый культурный уровень учащихся и широко используемых в дальнейшей жизни. Для него предпочтительными являются практические занятия, серии практикумов в конкретной профессиональной области.

Деятельностно-ценностный подход предполагает знакомство со способами деятельности, необходимыми для успешного освоения содержания того или иного профиля обучения. Существуют определенная взаимосвязь между рациональным отбором способов деятельно-

сти и форм организации учебного процесса с одной стороны и способностям и склонностями учащихся конкретного профиля с другой. Построение курса по выбору, основанного на таком подходе предполагает учет склонностей учащихся к соответствующим способам деятельности. Так, ученики естественного профиля проявляют склонность ко многим способам деятельности и к формам процесса обучения химии и биологии. Для гуманитарного профиля характерны такие виды деятельности, как составление конспектов, планов, тезисов, рефератов, а предпочтительными формами обучения являются экскурсии, демонстрации, дискуссии, ролевые игры. Для математики характерно составление схем, таблиц, нахождение закономерностей. Для информатики – изучение возможностей решения задач в программных средах.

Компетентностный подход имеет много сторонников сегодня, и, возможно, многие разработчики отдадут ему предпочтение при разработке курсов по выбору для основной школы.

## **ПЛАНИРОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВЫБОРУ «ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА**

**Кормилицына Т.В.** (*г. Саранск, МордГПИ им.М.Е.Евсевьева, кафедра информатики и вычислительной техники, kortv58@mail.ru*)

The program of discipline is Offered at the option for student physico-mathematical faculty of the pedagogical institute.

Геометрическое моделирование – раздел математического моделирования, представляет собой весьма широкое понятие и включает решение разнообразных геометрических задач в двумерном, трехмерном и, в общем случае, в многомерном пространстве.

Во многих приложениях машинной графики возникает потребность в представлении трехмерных тел (вычислительный эксперимент, автоматизация проектирования, роботизация, вычислительная томография, тренажеры, видеографика и т.д.).

Используются три основных типа 3D моделей:

- 1) каркасное представление, когда тело описывается набором ребер;
- 2) поверхностное, когда тело описывается набором ограничивающих его поверхностей;
- 3) модель сплошных тел, когда тело формируется из отдельных базовых геометрических и, возможно, конструктивно - технологических объемных элементов с помощью операций объединения, пересечения, вычитания и преобразований.

Важно отметить, что 3D системы существенно ориентируются на область приложений, так как многие характерные для них задачи, выполняемые программным путем, стоят очень дорого и сильно зависят от выбора возможных моделей. Типичными такими задачами, в частности, являются получение сечений и удаление невидимых частей изображения. Обычно имеется много вариантов реализации различных моделей, в большей или меньшей степени эффективных в зависимости от различных областей приложений и решаемых задач. Поэтому в 3D системах стремятся использовать многообразие моделей и поддерживать средства перехода от одной модели к другой.

Другим важным обстоятельством является то, что для современных систем характерно стремление моделировать логику работы, принятую пользователем. Это требует наличия средств перехода от модели, удобной для пользователя, к модели, удобной для визуализации (модели тел в виде граней).

В научных исследованиях, где изучаемые объекты сложны и трудно формализуемы, роль наглядных геометрических интерпретаций весьма значительна. Геометрическое моделирование можно весьма эффективно использовать при обучении студентов моделированию и программированию.

### *Цели и задачи дисциплины*

Формирование у студентов общих методологических основ и практических навыков в области разработки и применения в современных программных средствах геометрических моделей плоских и трехмерных объектов, проектирования, их визуализации и работы с моделью с помощью специализированных программных средств.

*Требования к уровню подготовки студента, завершившего изучение данной дисциплины:*

*Студенты после изучения данной дисциплины должны:*

*иметь представление:*

- 1) о основных возможностях систем символьной математики и других специализированных математических пакетов;

2) о методах и средствах разработки графических приложений в системах Matlab, Scilab и Maxima ;

3) о наиболее популярных современных графических системах и средствах геометрического моделирования.

*знать:*

1) основные понятия и определения дисциплины «Основы геометрического моделирования в программных средствах»;

2) роль и место геометрических моделей в процессе проектирования;

3) классификацию, основные свойства, способы создания и описания геометрических моделей;

4) основные компоненты, классы и стандарты графических систем;

*уметь:*

1) построить математическую модель для решения задач курса математики;

2) пользоваться методами создания геометрических моделей при выполнении работ;

3) правильно выбрать класс и степень сложности геометрической модели для проектируемого объекта;

4) пользоваться аппроксимирующими уравнениями пространственных кривых на базе методов Эрмита, Безье, В - сплайнов;

*иметь опыт*

1) разработки геометрических моделей средствами систем Matlab, Scilab и Maxima;

2) построения и редактирования моделей на основе базовых примитивов, кинематических методов, неаналитических поверхностей и кривых.

*Связь с дисциплинами (междисциплинарные связи)*

Перечень курсов, необходимых для изучения дисциплины: «Высшая математика», «Компьютерная графика», «Программное обеспечение ЭВМ».

#### Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	22	
Аудиторные занятия	22	
Лекции	22	
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)		Зачет

#### Содержание дисциплины

Наименование раздела	кол-во часов
1. Геометрическое моделирование. Общие сведения.	2
2. Способы создания простых геометрических элементов в системах Matlab, Scilab и Maxima .	2
3. Типы геометрических моделей.	2
4. Классификация современных методов геометрического моделирования в современных программных средствах.	2
5. Системы геометрического моделирования твердого тел в системах Matlab, Scilab и Maxima.	3

6. Поверхностное моделирование в системах Matlab, Scilab и Maxima.	4
7. Состав и структура графических систем современных программных средств.	2
8. Методы и средства разработки графических приложений в системах Matlab, Scilab и Maxima.	3
9. Примеры современных графических систем.	2
Всего	22

### Содержание разделов дисциплины

#### Геометрическое моделирование и общие сведения

Задачи курса и суть геометрического моделирования в современных программных средствах. Понятие модели, геометрической модели и геометрического объекта. Проблемы реализации систем геометрического моделирования в современных программных средствах. История развития систем геометрического моделирования. Возникновение систем плоского и объемного моделирования. Требования к процессу геометрического моделирования в современных программных средствах. Принципы работы, основные функции и подсистемы программ Matlab, Scilab и wxMaxima.

#### Способы создания простых геометрических элементов

Виды простейших геометрических элементов и основные способы их создания в системах Matlab, Scilab, Maxima. Построение поверхностей .

#### Типы геометрических моделей

Типы представления геометрических 3D – моделей: граничное представление, в виде дерева построений, кинематическое представление, гибридные типы. Способы представления поверхности модели. Геометрические модели хранения и визуализации. Способы описания геометрических моделей.

#### Классификация современных методов геометрического моделирования в современных программных средствах

Методы геометрического моделирования твердого тела. Понятие твердого тела на языке теории множеств. Методы геометрического моделирования скульптурных поверхностей. Классы динамических поверхностей.

#### Системы геометрического моделирования твердого тела

Структурная и граничная модели в системах моделирования твердого тела. Модель конструктивной геометрии трехмерного объекта – суть, математическое определение, преимущества и недостатки. Кусочно-аналитическая граничная модель. Алгоритмы преобразования модели конструктивной геометрии в кусочно-аналитическую модель. Методы задания локальной геометрии в системах моделирования твердого тела.

#### Поверхностное моделирование

Задачи аппроксимации, интерполяции и сглаживания при решении задач машинного представления скульптурных поверхностей. Задание кривых в графических системах современных программных средств. Методы аппроксимации и интерполяции кривых. Метод интерполяции Эрмита. Метод Кунса, аппроксимация рациональными кубическими функциями. Понятие сплайн-функции и аппроксимация B-сплайнами. Метод аппроксимации Безье. Метод аппроксимации Бернштейна. Операторная форма представления поверхностей. Линейчатые поверхности. Представление поверхностей с помощью B-сплайнов. Конструирование свободных поверхностей методом Безье.

#### Состав и структура графических систем современных

#### программных средств

Базовые и прикладные средства графических систем. Графические системы современных программных средств, ориентированные на чертеж. Графические системы современных программных средств, ориентированные на объект. Задачи графических систем современных программных средств. Связь подсистем современных программных средств с точки зрения обработки графической и геометрической информации. Функции графических систем современных программных средств. Компоненты графических систем современных программных средств. Технические средства интерактивной графической системы. Архитектура программных средств графических систем. Технические приемы организации графического взаимодействия.

#### Методы и средства разработки графических приложений

Роль и виды языков в графических системах. Графические языки пользователей современных программных средств: директивные и альтернативные. Структура линии вывода графической информации и уровни языков. Системы координат базовой графической системы. Понятие сегментации изображения. Программирование вывода графических изображений. Представление графических элементов на устройствах вывода. Координатные преобразования при программировании вывода изображения. Графические метафайлы как средство обмена графическими данными. Базовые графические системы для 3D-моделирования.

#### Примеры современных графических систем

Обзор современных высокопроизводительных графических станций, их сравнительные характеристики и структура.

#### Учебно-методическое обеспечение дисциплины

##### Рекомендуемая литература

1. Абрамов И.В. Введение в машинную графику - М.: МГИУ, 2001.
2. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. Scilab — теория и практика на русском языке / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова — 2007. — Режим доступа: <http://www.scilab.land.ru>
3. Андриевский Б., Фрадков А. Элементы математического моделирования в программных средах MatLab 5 и Scilab. — СПб.: Наука, 2001. — 286 с.
4. Вержбицкий В. М. Основы численных методов. М.: Высшая школа, 2002.
5. Говорухин В., Цибулин В. Компьютер в математическом исследовании: Maple, MATLAB, LaTeX / В. Говорухин, В. Цибулин – СПб.: Питер, 2001.
6. Голосков Д. П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple. \_ СПб.: Питер, 2004. \_ 539 с.
7. Павлова М.И. Руководство по работе с пакетом Scilab / М.И. Павлова. — Режим доступа: [http://www.csa.ru/~zebra/my\\_scilab/](http://www.csa.ru/~zebra/my_scilab/)
8. Сиденко Л. Компьютерная графика и геометрическое моделирование. – СПб. : Питер, 2008.
9. Стахин Н.А. Основы работы с системой аналитических (символьных) вычислений Maxima. (ПО для решения задач аналитических (символьных) вычислений): Учебное пособие. – Москва: 2008 [Электронный ресурс]/- Режим доступа. – <http://dpt39.mephi.ru/?download=maxima2.pdf>
10. Чичкарев Е.А. Компьютерная математика с Maxima: Руководство для школьников и студентов / Е.А.Чичкарев \_ М. : ALT Linux, 2009.

#### Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе с применением Matlab, Scilab, Maxima.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБРАЗОВАНИИ

**Андрианов В.Г., Степычева Н.В.** (*Ивановский государственный химико-технологический университет, деканат факультета органической химии и технологии E-mail: dekanat2@isuct.ru*)

Creating the conditions for the systematic study of disciplines is a prerequisite to improve the quality of education. Module-rating system of control knowledge is used to promote the systematic work of students. For the current, interim and final control applied test tasks.

Проблема результативности обучения студентов в вузе является одной из категорий качества образовательного процесса. Данные успеваемости студентов по факультету органической химии и технологии Ивановского государственного химико-технологического университета (ИГХТУ) в пятилетней динамике фиксируют пониженный уровень успешного усвоения естественно-научных и общепрофессиональных циклов дисциплин. К числу основных причин нестабильности и ухудшения результатов обучения относится снижение среднего уровня образованности и состояния здоровья поступающих абитуриентов, существенный рост психологической напряженности, пониженный уровень самоорганизации личности, снижение учебной мотивации от года к году. Все это является фактором риска профессионального образования. Реалии сегодняшнего времени обосновывают необходимость внедрения эффективных, личностно-ориентированных, здоровье-сберегающих методов обучения.

Одним из путей достижения качества в образовании является создание условий для ритмичного, систематического изучения дисциплин курсов в течение семестра. В 1993 году в ИГХТУ была введена модульно-рейтинговая система, которая предполагает реализацию таких условий. С 2003 года введена 100-балльная шкала оценок. Вклад текущей работы в итоговую оценку по каждой учебной дисциплине составляет не менее 50 % (50 баллов из 100 возможных). Он включает в себя итоги выполнения тестовых заданий, лабораторных практикумов, практических занятий. Также вклад в текущую оценку вносят отдельные виды самостоятельной работы. К ним относятся выполнение домашних заданий, написание курсовых работ, не входящих в рабочий учебный план, участие студента в научно-исследовательской работе вне расписания. Максимальная сумма баллов за самостоятельную работу определяется кафедрой. Весомость отдельных видов текущей работы устанавливается кафедрой с учетом специфики предмета. Каждая кафедра самостоятельно определяет максимальное количество баллов, которое студент может набрать за текущую работу за каждый контрольный период семестра. Модульно-рейтинговая система контроля знаний студентов предназначена для стимулирования систематической работы студентов по усвоению учебного материала, для активации и мотивации самостоятельной работы студентов, а также позволяет оперативно получать информацию о ходе обучения студента в университете. С 2008 года рейтинговая система полностью автоматизирована, внедрена система дистанционного доступа, которой могут пользоваться студенты и их родители. Данные по рейтингу студентов используются при назначении стипендии и надбавок к ней.

Для студентов первокурсников переход от школьной системы обучения к модульно-рейтинговой в университете создает ряд определенных трудностей. Студенту не всегда легко понять систему формирования оценок по дисциплинам, осознать необходимость систематической и ритмичной работы в семестре, своевременно оценить состояние своей работы. Анализ итогов текущей успеваемости студентов 1 курса свидетельствует о том, что определенное понимание модульно-рейтинговой системы первокурсники достигают лишь к

концу второго семестра, а на втором курсе уже осознанно используют рейтинговую систему для повышения своей успеваемости (рис.1).

Эффективно начинает работать рейтинговая система для студентов старшекурсников, которые начинают понимать связь между систематической и ритмичной работой в семестре и стимулирующими надбавками. На диаграмме (рис.2) приведены итоги зимней сессии 2009/10 учебного года. Низкая абсолютная успеваемость студентов 4 курса в этом году связана с эпидемией гриппа и большим количеством студентов, которые не вышли на сессию в связи болезнью.

Рис.1

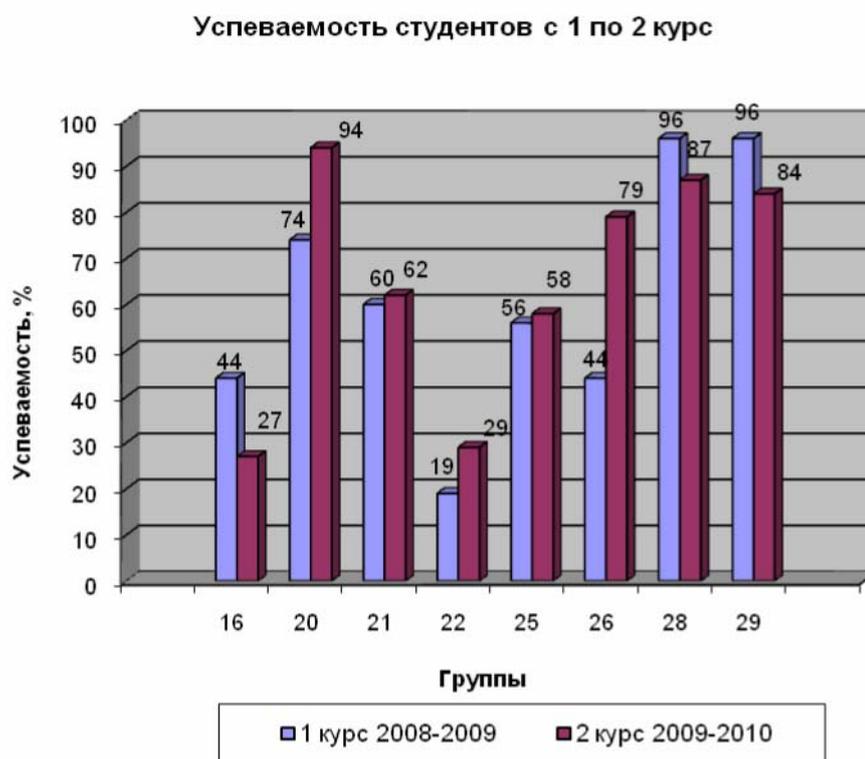
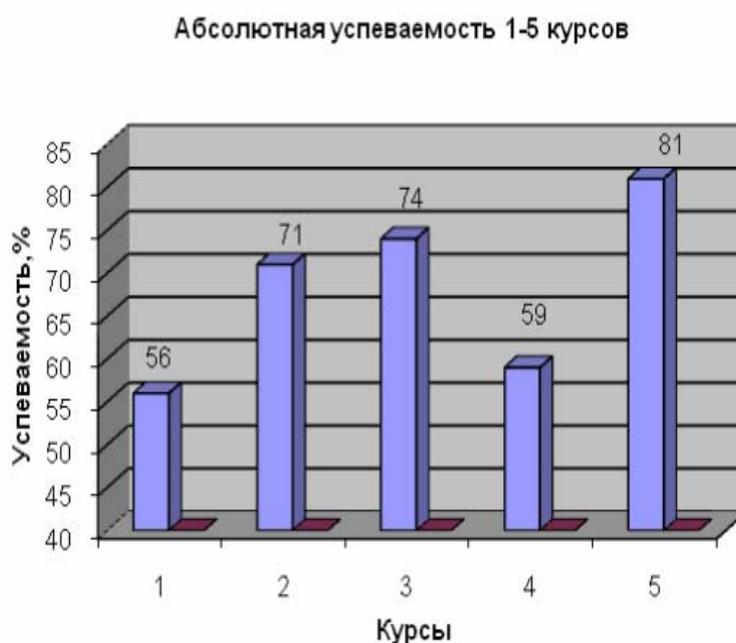


Рис.2



Большой вклад оценок за текущую работу в общую оценку студента по дисциплине определяет важность четкой организации и объективности текущего контроля. Из существующих способов контроля в ИГХТУ все более широкое применение получают тестовые технологии для текущего, промежуточного и итогового контроля учебных знаний студентов. Основное преимущество тестового контроля – быстрота, объективность и сопоставимость результатов тестирования. Высокая объективность результатов тестирования обеспечивается проведением контроля в одинаковых для всех условиях, использованием однотипных контрольно-измерительных материалов и строгими математико-статистическими методами обработки и интерпретации результатов тестирования. Тестовый контроль проводится как в дисплейных классах, так и в бланковом виде и позволяет быстро и объективно оценить знания студентов по всему материалу курса или его части. Кроме того, в условиях рейтинговой системы оценки знаний этот метод приобретает особую важность в связи с возможностью оперативно выставлять баллы по текущей контрольной точке каждому студенту. Разработанные контрольно-измерительные материалы со строгими математико-статистическими методами обработки и интерпретации результатов тестирования, позволяют достаточно объективно оценить уровень знаний студентов.

При итоговом контроле учебных знаний часто проводится двухступенчатый экзамен. Первая часть экзамена проходит в тестовой форме с использованием тестовых заданий и позволяет набрать максимум 32 балла из возможных (оценка "удовлетворительно"). Вторая часть экзамена – это традиционный письменный экзамен, на котором студент может набрать максимум 18 баллов. Таким образом, вклад текущей работы в итоговую оценку достаточно велик.

Накопленный отдельными кафедрами опыт оценки знаний студентов мог бы позволить преподавателям уже сегодня перейти от обычного экзамена к накопительному. Разбивка лекционного курса на модули, получение зачетных единиц по отдельным модулям по результатам тестирования в течение семестра позволила бы еще больше заинтересовать студентов в систематической учебе. При успешном выполнении всех видов учебных заданий в течение семестра зачет по дисциплине проставлялся бы автоматически, а лектор мог бы освободить от экзамена любого студента, с выставлением балла за экзамен, равного текущему баллу. Все это может повысить эффективность модульно-рейтинговой системы, установить более тесную связь между ритмичной работой в семестре и итоговой оценкой, снизить нагрузку на преподавателей и студентов в предсессионный период, способствовать улучшению психологического климата в вузе.

## **О НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ СТАТУСА КУРСА «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ» В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Голубева Н.В.** (г. Омск, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), кафедра прикладной математики и механики, *ptm@omgups.ru*)

In the conditions of active development and implantation of a new information technology, increase of informational potential of science and education mathematical modelling as the methodology of scientific knowledge gains strategic value for further successful development of our economy, science and education. Rise of the status of course of mathematical modelling in system of the higher technical education is necessary. The author imparts experience the organisations of teaching of discipline «Mathematical modelling of systems and processes» on chair of applied mathematics and mechanics of Omsk State University of Means of Communication

В условиях активного развития и внедрения новых информационных технологий, интенсификации процесса информатизации общества, возрастания информационного потенциала науки и образования математическое моделирование становится одним из главенствующих методов научного познания окружающих явлений и объектов. Решение научных и инженерно-технических задач, связанных с проектированием систем, оптимизацией их параметров или структуры, оптимальным управлением объектом или предсказанием его будущего поведения, изучением механизма явлений, прогнозом развития процессов во времени и со многими другими вопросами, базируется на математическом моделировании. При исследовании сложных динамических систем привлекаются технологии и инструментальные средства компьютерного моделирования (интегрированная графическая оболочка для численного моделирования гибридных или непрерывных систем Model Vision Studium, подсистема Simulink пакета Matlab для блочного имитационного и ситуационного визуально-ориентированного моделирования, визуальная среда для моделирования сложных физических систем Modelica, система имитационного моделирования AnyLogic, мультиинженерная программа Dymola и др. [1]), базовыми компонентами которого являются математические модели. Математические модели служат основой для формирования различных классов информационных моделей, реализуемых в экспертных системах и системах поддержки принятия решений. Математическое моделирование стимулирует развитие самых разнообразных направлений науки и способствует зарождению новых.

Реалии современного общества обуславливают актуальность интенсивного развития, технического, технологического и методологического «перевооружения» инженерного образования, подъема его на качественно новый уровень. Одним из шагов в указанном направлении является осознание того, что неотъемлемым атрибутом современного высококвалифицированного специалиста должно быть владение теоретической базой, методами и приемами математического моделирования, реализуемыми в различных программных средах. Это означает, что курс математического моделирования должен занять достойное место в системе высшего профессионального образования.

Математическое моделирование представляет собой универсальную научную дисциплину, интегрирующую в себе информационные ресурсы (накопленный опыт, законы, методы, технологии и т. д.) из различных областей знания. Поэтому эффективность, осознанность, глубина и полноценность освоения этой науки студентами в значительной степени зависит от правильности выбора момента ее включения в образовательный процесс. При формировании учебных планов следует учитывать, что изучению математического моделирова-

ния должно предшествовать освоению студентами основ математики, физики, информатики, теории цепей, электроники и др. Целесообразным представляется вводить данный курс не ранее 4-5 семестров.

На кафедре прикладной математики и механики ОмГУПС ведется дисциплина федерального компонента государственного образовательного стандарта ЕН.Ф.06 – «Математическое моделирование систем и процессов». Курс лекций знакомит студента с различными классами математических моделей (рассматриваются две классификации по форме представления и по характеру модели), с примерами формирования стационарных и нестационарных, линейных и нелинейных, детерминированных и стохастических моделей различных форм представления из области физики, электротехники, электроники, теплотехники, теории автоматического управления и др. Дается анализ способов получения математических моделей и примеры соответствующих задач. Уделяется внимание выбору формы математического описания объекта, наиболее целесообразной поставленной задаче. Изучаются способы преобразования модели одного класса в другой (дифференциальное уравнение → модель в пространстве состояний; дифференциальное уравнение → передаточная функция; передаточная функция → модель в пространстве состояний и др.). Рассматриваются методы решения моделей разных классов, а также модели решения некоторых классов задач, часто встречающихся в практике математического моделирования (аппроксимация, интерполяция, численное интегрирование, реализация типовых моделей случайных последовательностей и другие). Теоретической поддержкой курса является учебное пособие, разработанное автором данной статьи и получившее гриф УМО по образованию в области Прикладной математики и управления качеством [2].

Лабораторный практикум [3] проводится на базе интегрированной системы MathCAD с привлечением средств табличного процессора Excel и среды объектно-ориентированного программирования VBA. Цель лабораторного практикума – выработать у студента умение правильно (корректно) поставить задачу, сформировать модель, выбрать методы решения и программную среду для их реализации, дать сравнительный анализ методов, выбрать способ отображения результатов моделирования и грамотно интерпретировать их.

В процессе освоения дисциплины студенты проходят три этапа электронного тестирования с помощью универсальной тестовой программы Test Master 2007, разработанной сотрудниками кафедры. Кроме промежуточного и итогового контроля знаний студентов программа Test Master 2007 позволяет реализовать режим обучения.

Автором данной статьи разработан учебно-методический комплекс системы дистанционного обучения ОмГУПС по дисциплине «Математическое моделирование систем и процессов».

Объективная реальность показывает, что курсу математического моделирования в техническом вузе необходимо придать статус науки, которая «должна стать интеллектуальным ядром информационных технологий, всего процесса информатизации общества» [4].

#### **Список литературы:**

1. Сирота А. А. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / А. А. Сирота, Э. К. Алгаинов. М.: Диалог-МИФИ, 2009. 416 с.
2. Голубева Н. В. Основы математического моделирования систем и процессов: Учебное пособие / Н. В. Голубева; Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2006. 96 с.
3. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов. Методические указания: В 4 ч. / Н. В. Голубева; Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2007-2009.
4. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование <http://www.intuit.ru/department/calculate/intromathmodel>, 2007.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕПОДАВАНИЮ ХИМИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

**Ихласова Б.И., Гаджимурвдова Р.М., Мурсалова М.Г.** (г. Махачкала, Дагестанский государственный технический университет, кафедра химии, E-mail: bariyat1410@rambler.ru)

The modern approaches in teaching general chemistry at the Dagestan state technical university directed on increase of a qualitative level of chemical knowledge of the students of technical high school are described.

В связи с переходом российской системы образования, особенно высшей школы, на новые образовательные стандарты, внедрение современных образовательных технологий в учебный процесс приобретает особую значимость. В настоящее время активно ведется поиск новых подходов и методов обучения, направленных на повышение качества образования.

Курс химии является одним из основных при подготовке инженеров и предполагает изучении ряда химических дисциплин: неорганическую, аналитическую, органическую, физическую и коллоидную химии. Такой солидный по объему и содержанию химический курс должен иметь прочный фундамент – знание наиболее общих закономерностей протекания химических процессов и свойств различных элементов и их соединений. Этот фундамент закладывается при изучении курса общей химии. Это предъявляет высокий уровень требований к качеству знаний по общей химии, а потому и к содержанию курса, формам и методам обучения и контроля знаний.

Цель курса – способствовать творческому усвоению необходимого объема химических знаний, формированию специфического «инженерно-химического» мышления.

В условиях возрастающего объема потока информации, подлежащей усвоению, перегруженности учебных программ, качество образования зависит от правильной организации учебного процесса, от профессионализма и компетентности преподавателя. Каждый преподаватель ищет и разрабатывает свою технологию активного обучения, исходя из своего практического опыта, уровня профессиональной подготовки, личных пристрастий и технических возможностей, руководствуясь уровнем базовых знаний студентов и их психологией.

При всем многообразии концепций и учебных программ можно выделить общие положения, которые объединяют разные подходы к обучению химии в ДГТУ:

- отбор содержания информационного массива по химии происходит с учетом интересов и потребностей всех участников образовательного процесса, с учетом профильной составляющей. Таким образом, происходит объединение информационного и проблемного массивов обучения без увеличения объема курса;

- в результате изменения целевой направленности химического образования приоритетной становится развивающая функция обучения. Преподавание химии, направленное на развитие личности студента, формирование специфического «инженерно-химического мышления» и овладение им основами важнейших химических знаний и методами работы с веществами и химическим оборудованием, будет способствовать полноценному использованию ими возможностей химии в любой профессиональной сфере;

- основными общими методическими подходами к обучению химии являются усиление прикладной, практической и экологической направленности, усиление роли химического эксперимента, использование компьютерной техники.

Реализация этих общих подходов к обучению химии происходит через формирование дидактических комплексов информационно- проблемного обучения по каждой теме курса,

включающих фонд контрольных тестовых заданий, активизацию и индивидуализацию самостоятельной работы с использованием информационных и компьютерных технологий.

При изучении любой фундаментальной дисциплины лекционный курс является основным звеном обучения даже при обилии активных информационных технологий в виде различных программ интерактивного обучения. Живое слово лектора, его научная эрудиция, профессиональность и владение вниманием аудитории делают процесс обучения интересным и эмоциональным, что очень сказывается на усвоении материала. Кроме того, знание уровня подготовленности аудитории и жесткий отбор информационно-проблемного материала лекции делает обучение качественным и результативным.

Однако интеграция современных образовательных технологий в процесс обучения, включая и лекционный курс, на современном этапе совершенно необходима, так как позволяет путем использования возможностей информационных технологий для иллюстрации учебного материала сделать абстрактное – образным, конкретное – обобщенным и при этом сэкономить время лекции для дополнительного профильного материала.

Курс общей химии, читаемый на первых курсах всех технических специальностей, можно представить в виде следующих разделов: строение вещества, основные закономерности химических процессов, растворы и другие дисперсные системы, электрохимические процессы, химические элементы и их соединения, специальные вопросы химии.

Эти сведения в систематизированном и структурно-упорядоченном виде излагаются в лекционном курсе общей химии, построенном в соответствии с приоритетными принципами современного образовательного процесса: качество, фундаментальность, непрерывность и гуманизация.

При изложении любой темы преподаватели кафедры стремятся не столько передать студенту все знания и умения в готовом виде, но и формировать у студентов осмысленное восприятие материала, своеобразное «инженерно-химическое» мышление, развивать научный подход к изучаемым процессам для последующей реализации его в специальных курсах, с учетом требований квалификационной характеристики.

Сохранение непрерывности и фундаментальности российского образования можно реализовать через тот объем знаний, который регламентируется ГОС, а дополнительную учебную информацию для развития «инженерно-химического мышления» давать в рамках вариативной компоненты. Для каждой специальности она своя. Это позволит существенно улучшить качество химических знаний студентов технических специальностей.

Приведем пример использования вариативной компоненты при изучении темы «Окислительно - восстановительные реакции» студентами-технологами пищевых производств. При изложении лекционного материала по данной теме традиционно дается блок информации следующего содержания: определение окислительно-восстановительных процессов, повторяется понятие степени окисления, указываются важнейшие окислители и восстановители, разбирается алгоритм составления уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса и методом электронно-ионных уравнений, разбираются типы окислительно-восстановительных реакций, влияние среды на течение окислительно-восстановительных процессов, с помощью окислительно-восстановительных потенциалов определяют направление процесса. Это информация вынесена на базовый уровень. Все примеры окислительно-восстановительных реакций обычно берутся с неорганическими веществами. Однако, в дальнейшем, при изучении органической химии студенты сталкиваются с тем, что при составлении уравнений окислительно-восстановительных реакций с участием органических соединений, общепринятая процедура настолько громоздка, что вместо уравнений реакций преподаватели часто позволяют себе приводить упрощенные схемы, например:

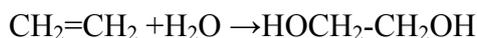


Степень окисления атомов в органических соединениях зачастую выражается дробным числом. Между тем при составлении уравнений таких реакций можно использовать особый прием, который можно назвать методом кислородного баланса. Рассмотрим его на двух примерах реакций с участием органических веществ.

Пример 1. Составим уравнение окисления этилена:



Записываем схему превращения этилена в этиленгликоль и уравниваем число всех атомов, кроме атомов кислорода:

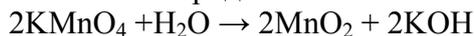


Подсчитываем число атомов кислорода в обеих частях схемы и в левую часть добавляем недостающий атом кислорода:



Это процесс окисления.

Записываем схему превращения перманганата калия и уравниваем число всех атомов, кроме атомов кислорода:

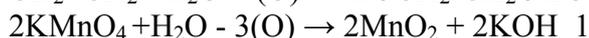
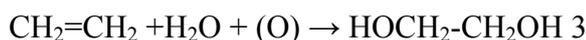


Подсчитываем число атомов кислорода и вычитаем из левой части схемы избыточные три атома кислорода:



Это процесс восстановления.

Записываем обе схемы одну под другой и справа за чертой ставим множители, уравнивающие число дописанных атомов кислорода (O). Затем суммируем схемы с учетом коэффициентов:



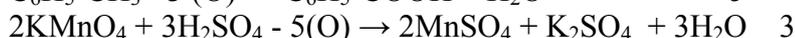
Таким образом, алгоритм составления уравнений окислительно-восстановительных реакций методом кислородного баланса таков:

1. Записать схемы превращения исходных веществ.
2. Уравнять число всех атомов, кроме атомов кислорода.
3. Добавить атомы кислорода в левую часть схемы или вычесть их.
4. Множителями уравнять число дописанных атомов кислорода.
5. Суммировать обе схемы с учетом коэффициентов.

Пример 2. Окисление толуола. Бензойная кислота из толуола может получиться только в кислой среде:



Действуем по тому же алгоритму:





Данный метод может быть использован и при составлении уравнений окислительно-восстановительных реакций неорганических веществ.

Как видно из приведенных примеров, предлагаемый метод кислородного баланса не требует определения степеней окисления атомов, составления электронно-ионных уравнений и позволяет легко определить характер процесса: если кислород добавляется к исходным веществам - это процесс окисления, если вычитается - процесс восстановления.

Метод достаточно прост и может быть легко освоен студентами. Эту информацию студенты-технологи пищевых производств получают в качестве вариативной компоненты в теме «Окислительно-восстановительные реакции».

Обязательной составной частью курса общей химии является лабораторный практикум, в котором наиболее эффективно используются такие принципы и приемы обучения, которые направлены на формирование научного мышления: постановка задачи, выбор метода решения, математическая обработка экспериментальных данных. Перед проведением лабораторной работы методом тестирования определяется уровень подготовки к работе. После проведения лабораторной работы проводится обработка полученных данных и формулируются выводы. Защита лабораторных работ и сдача коллоквиума по теме завершает работу студента по каждой теме.

Контрольная работа по проверке усвоения теоретического материала по каждому разделу курса проводится с помощью многовариантных индивидуальных заданий с использованием программы Test Chem. в компьютерном классе.

Опыт работы кафедры химии ДГТУ, показывает, что используемая технология активного обучения, основанная на реализации современных подходов к обучению химии через формирование дидактических комплексов информационно-проблемного обучения по каждой теме курса, включающих фонд контрольных тестовых заданий, активизацию и индивидуализацию самостоятельной работы с использованием информационных и компьютерных технологий, повышает эффективность преподавания и способствует повышению качественного уровня химической подготовки студентов.

### Список литературы:

1. О методах повышения эффективности преподавания общей химии в техническом вузе. М.Г. Мурсалова, Б.И. Ихласова, П.А. Рамазанова., Р.М.Гаджимурадова. Мат. XVII Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», 2006 г. Троицк
2. Некоторые особенности преподавания химии в техническом вузе. Л.П. Маленова, Сб. научных трудов ЯГУ им. М.К. Амосова, «Естествознание и гуманизм» (2005 год, Том 2, выпуск 4), под редакцией проф., д.б.н. Ильинских Н.Н.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В БГАРФ

**Корнева И.П., Быкова Н.Т.** (г. Калининград, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, кафедра физики, [zxc127@rambler.ru](mailto:zxc127@rambler.ru))

The results of application of tests for an estimation of knowledge on the physics in Baltic State Academy are presented.

Все государственные и негосударственные образовательные учреждения России каждые пять лет проходят комплексную оценку своей деятельности, включающую обязательную процедуру аттестации, аккредитации и лицензирования [1]. На основании такой оценки они получают право продолжать свою деятельность в течение следующих пяти лет. Одним из важных компонентов аттестации официальная проверка базовых знаний по всем аттестуемым образовательным программам. Эти проверки проходят в виде тестирования, которое должно охватывать не менее чем три дисциплины циклов ГСЭ и ЕН. Физика входит в состав естественнонаучных дисциплин. Поэтому важной задачей преподавателей кафедры физики является качественная подготовка студентов и курсантов к прохождению тестирования.

Можно по-разному относиться к тестированию как к методу проверки знаний, но в последнее время этот метод стал объективной реальностью. Поэтому для успешного прохождения централизованного тестирования необходимо готовить обучающихся в течение изучения всего курса физики. Плановое проведение тестового контроля позволяет своевременно выявить пробелы в знаниях и принять меры к устранению недостатков.

На кафедре физики Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота (БГАРФ) в последние годы проводится тестирование курсантов и студентов, приступивших к изучению курса общей физики (входной контроль знаний). Кроме того, используются тесты для прохождения промежуточного контроля знаний. Тестирование проводится как по тестам, разработанным преподавателями нашей кафедры, так и по тестам Гарвардского университета США.

Принципы построения тестов, разрабатываемых в нашей стране, хорошо известны. Остановимся подробнее на тестах Гарвардского университета. Эти тесты также содержат вопросы, к которым предлагается несколько вариантов ответов. В качестве примера рассмотрим вопросы из теста по механике.

**Задание.** Сани перемещаются по льду как показано на рисунке 1. Трение настолько мало, что им можно пренебречь. Некто, обутый в шипованные ботинки, стоит на льду и может применять силу к саням, перемещая их по льду. Выберите только одну силу (от **A** до **G**) которая заставляла бы сани двигаться так, как описано в каждом вопросе снизу.

Один и тот же ответ может подходить к разным вопросам. Для ответа на один вопрос Вам необходимо выбрать только один вариант. Если вы думаете, что правильного ответа нет, выберите **J**.

1. Какая сила заставляла бы сани двигаться вправо и увеличивать скорость?
2. Какая сила заставляла бы сани двигаться вправо с постоянной скоростью?
3. Сани движутся вправо. Какая сила заставила бы сани постепенно остановиться?
4. Какая сила заставляла бы сани двигаться влево и увеличивать скорость?
5. Сани из состояния покоя были разогнаны до постоянной скорости, направленной вправо. Какая сила поддерживала бы это движение?
6. Сани замедляются и движутся с постоянной скоростью, направленной вправо. Какая сила смогла бы поддерживать это движение?
7. Сани движутся налево. Какая сила замедлила бы сани до постоянной скорости?



Как видно, вопросы теста в большинстве случаев являются качественными и не требуют сложных математических вычислений. Это связано, по-видимому, с особенностями американской системы обучения физике. Наша система гораздо сложнее и требует хорошей математической подготовки.

Использование американских тестов и тестов, разработанных нашими преподавателями, выявляет низкий уровень базовой подготовки абитуриентов. Причем в последние годы ситуация значительно ухудшилась. Особенно плохие результаты входного контроля наблюдались в те годы, когда при поступлении в академию не требовалось сдавать ЕГЭ по физике.

Промежуточное тестирование показывает лучшие результаты. Это связано с тем, что тесты проводятся сразу после изучения темы. Те студенты и курсанты, которые имели хорошую базовую подготовку, справляются с заданиями значительно лучше. С остальными обучающимися преподаватели должны вновь проходить школьный курс физики, вместо вузовской программы.

Таким образом, по нашему мнению, тестирование можно применять на начальной ступени изучения физики в качестве входного контроля знаний и при проведении промежуточного контроля по мере изучения отдельных разделов физики. Однако, эти методы не могут полностью заменить такие традиционные формы проверки знаний как зачет и экзамен, которые используются как итоговый контроль знаний после изучения всего курса физики в целом. Чтобы подготовить квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентирующегося в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов необходимо постоянно проверять качество обучения, применяя различные формы контроля. Кроме того, итоговая оценка не всегда является объективной. Поэтому применение тестов несколько повышает объективность результатов обучения, усиливает их диагностический характер и мотивационную роль, по крайней мере, на промежуточном этапе обучения. Также к положительной стороне тестирования можно отнести формирование единых требований к уровню усвоения учебного материала. Ежегодное тестирование позволяет лучшим образом подготовиться к аттестации учебного заведения и тем самым повысить степень готовности студентов и курсантов к централизованному тестированию, проводимому в форме Интернет-экзамена.

Список литературы:

- [1] Калашников Н.П., Кожевников Н.М. Физика. Интернет-тестирование базовых знаний.- СПб.: Издательство «Лань», 2009.- 160 с.
- [2] Быкова Н.Т., Смургин В.М., Анциферова М.Е. Известия БГАРФ.- Вып.1(5).- Калининград: БГАРФ, 2008. – С.106-108.

## **РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

**Куценко С.С., Крукович И.П., Кошелева И.Б.** (*Калининград, Балтийская Государственная Академия Рыбопромыслового Флота, кафедра физики, kucenko\_svetlana@mail.ru*)

The article examines the significance and importance of some information project activities within the teaching of students at higher schools.

Одной из важных проблем педагогики является противоречие между типами приращения знаний в обществе и ограниченными возможностями их усвоения. Разрешить это противоречие возможно путем использования в учебном процессе вузов компьютерных и инновационных технологий, основанных на новейших достижениях науки и техники. Для этого необходимо формировать и развивать у человека способности, связанные с поиском, обработкой, восприятием и пониманием информации [1].

Информационные средства становятся своего рода информационными органами человека. Поэтому необходимо развивать информационную культуру индивида. Роль информационно-проектной деятельности студентов в этом процессе огромна.

Информационно-проектная деятельность студентов в процессе обучения естественнонаучным дисциплинам является стратегическим направлением в области образования. Формирование интеллектуального потенциала личности студентов необходимо осуществлять с учетом разрешения проблемы инженерии знаний (т.е. их приобретения, пополнения и передачи).

Роль проектной деятельности в стимулировании интереса учащихся к определенным проблемам, предлагающим владение определенной суммой знаний, и через проектную деятельность, предусматривающую решение одной из целого ряда проблем, показать практическое применение полученных знаний. В основе проектной деятельности лежит развитие познавательных навыков студентов, умений самостоятельно конструировать свои знания, умений ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического мышления. Проектная деятельность всегда предлагает решение какой-то проблемы, предусматривающей, с одной стороны, использование разнообразных методов, средств обучения, а с другой – интегрирование знаний, умений из различных областей науки, техники.

Наиболее эффективной формой организации информационно-проектной деятельности студентов может стать учебный телекоммуникационный проект.

Под учебным телекоммуникационным проектом мы понимаем совместную учебно-познавательную, творческую или игровую деятельность учащихся на основе компьютерной телекоммуникации, имеющую общие проблему, цель, согласованные методы, способы деятельности, направленные на достижение общего результата деятельности.

Примером организации информационно-проектной деятельности является также создание средств на базе тренажеров. Тренажерные комплексы дают богатые возможности для формирования у студентов цельной картины управляемой системы с использованием междисциплинарных связей и активизаций механизмов наглядно-образного мышления. Информационно-проектная деятельность формирует у студентов определённые качества личности:

- умение гибко адаптироваться в меняющихся жизненных ситуациях;
- умение самостоятельно приобретать необходимые ему знания, умело применять их на практике;

- грамотно работать с информацией (уметь собирать необходимые для решения определенной проблемы факты, анализировать их, выдвигать гипотезы решения проблемы, делать необходимые обобщения, сопоставления с аналогичными или альтернативными вариантами решения, устанавливать статистические закономерности, делать аргументированные выводы, применять полученные выводы для выявления и решения новых проблем;

- умение работать сообща в разных областях, различных ситуациях;

- быть коммуникабельным, контактным в различных социальных группах.

Для определения эффективности системы развития инженерной проектной деятельности используются диагностика и оценочный критерий, мониторинговые исследования, на основе которых создаются модели готовности студентов к проектной деятельности.

Таким образом, информационно-проектная деятельность – это наука и искусство создавать новые проекты с учетом социально-экономических требований общества, направленная на развитие у студентов логического анализа, синтеза, творческого мышления, личностных качеств, готовности к ее осуществлению. Также проектирование предполагает развитие у студентов наблюдательности, волевого и умственного напряжения, эмоционального подъема, воображения.

#### **Список литературы:**

1. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учебное пособие для студентов педагогических вузов и системы повышения квалификации педагогических кадров. /Е.С.Полат, М.Ю.Бухаркина, М.В.Моисеева, А.Е.Петров; Под ред. Е.С.Полат. – М.:Издательский центр «Академия», 1999 – 224с.
2. Савельев А.Я., Сёмушкина Л.Г., Кагерманьян В.С., Модель организации специалиста с высшим образованием на современном этапе. – М., 2005 – 72с.



---

# ХИМИЯ



## RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF EMULSIONS: EFFECT OF CONCENTRATION

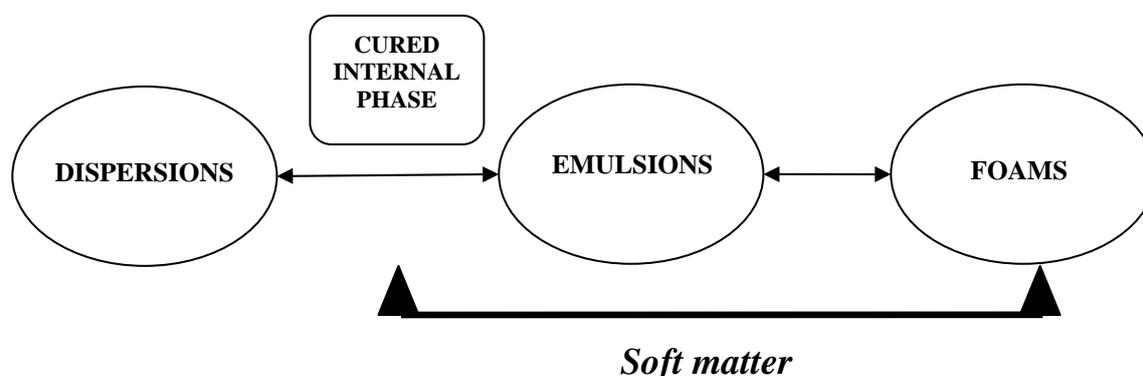
**S.R. Derkach, T.A. Dyakina, L.A. Petrova, A.N. Kukushkina** (*Murmansk, Murmansk State Technical University, Chemistry department, derkachsr@mstu.edu.ru*)

Rheological properties of emulsions with different concentration of the dispersed phase are considered. The review shows and gives analysis of the consecutive evolution of the rheology of emulsions connecting with increasing the concentration of internal phase. The wide range of emulsion systems is discussed beginning from dilute systems, in which there are individual liquid droplets in a continuous liquid phase, and completing by highly concentrated emulsions, in which droplets lose their spherical shape and become polyhedrons. The increase of the internal phase concentration leads to qualitative changes in rheological behavior of emulsions from a Newtonian via non-Newtonian behavior and up to solid-like behavior at low shear stresses, existing yield stress and non-Newtonian time-dependent properties that are characteristic features for a plastic medium. The special properties of the emulsions are due to the droplet concentration and also the droplet deformation, orientation in flow, break-up and interaction between droplets, between the interfacial layers and forming structure in highly concentrated emulsions.

### 1. Introduction

Emulsions are multi-component and multi-phase systems compounds formed by two immiscible liquids and, in the general case, these systems consist of droplets of one liquid dispersed inside another liquid (continuous phase). In the row of technological materials, emulsions occupy a position between suspensions and foams. It means that viscosity of dispersed phase may vary from zero (limiting gas bubbles in the case of foams) to infinity (solid particles of the dispersed phase in suspensions). An intermediate case is two-phase systems with continuous phase comprising slightly cured colloid-size micellar or polymeric compounds. They easily deform under the action of external stresses like liquid droplets.

These materials belong to the general class of “soft matters”, or “soft condensed matter” (term introduced possibly by de Gennes and became very popular in scientific literature). These materials demonstrate many interesting and sometimes unusual features, which cannot be directly predicted on the atomic or molecular base because soft matters are inclined to self-arrangement into mesoscopic structures of the nano- or even micro-scale level. This is the reason of the undiminishing interest of fundamental science to these objects. On the other hand, they are very interesting from the practical point of view because soft matters (and emulsions, in particular, Fig. 1) occupy a tremendous technological niche in the food industry and machinery, in cosmetics and pharmaceuticals, in medicine and so on.



**Fig. 1. The place of emulsions in the row of multi-component materials**

As usual talking about emulsions they consider two important characteristics of soft matter. One of them is their structure and the other is their mechanical properties, and the rheological properties occupy the dominating place among them. Actually, this is two sides of one object as there is the closest correlation between structure and properties of these matters.

The central parameter of emulsions is the concentration  $\varphi$  of the internal (dispersed) phase because it determines the whole complex of rheological properties (and thus technology and application of emulsions).

The following consequence of emulsions can be formulated:

- *dilute emulsions* ( $0 < \varphi < 0.001-0.03$ ) – the distortions of the flow lines in a continuous phase vicinity of a single droplet does not influence the situation around other droplets;
- *semi-dilute emulsions* ( $0.03 < \varphi < 0.3-0.4$ ) – there is a hydrodynamic interaction between flow fields around different droplets;
- *concentrated emulsions* ( $0.4 < \varphi < 0.7-0.75 = \varphi^*$ ) – different emulsions touch each other and the percolation takes place with the creation of a continuous network; the upper limit of this concentration range is the closest packing of spherical droplets; depending on the droplet size distribution, this limit,  $\varphi^*$ , roughly corresponds to app. 0.70-0.75;
- *highly concentrated emulsions* ( $\varphi^* = 0.70-0.75 < \varphi < 1$ ) – it is evident that solid (rigid) droplets cannot be introduced into a space beyond  $\varphi^*$ , so  $\varphi^*$  is a absolute concentration boundary for suspensions, but deformable droplets can be *compressed* and then fill much larger volume than  $\varphi^*$ .

The traveling along the concentrations axis leads to the great and in some cases crucial evolution in the rheology of emulsions. Surely, some other factors also are influential. That is the chemistry of both phases, the presence of a surfactant and its nature, the droplet size distribution and so on, but the concentrations of an internal phase is the principle determining factor. Then just the concentration will be used as the guide in organizing this review.

The historical perspective of the problem under discussion was reviewed in the previous publication [1]. That one also contains the long list of references on publications on the rheology of emulsions. So, this review is the short discussion on the critical points in the modern state of this field of investigations.

It is also necessary to draw attention of a reader to the reviews [2, 3] specially devoted to the role of liquid interface layers in the rheology of emulsions.

It is worth noting that the following discussion will touch multi-component materials with the characteristic size of the ingredients allowing us not to take into account the Brownian effects of molecular movements and interactions. So, we will limit the discussion inside the arguments of continuum hydrodynamics.

## 2. Highly concentrated emulsions

This is a rather special kind of soft matters, in which the concentration of a disperse phase exceeds the limit of the closest packing of spheres,  $\varphi > \varphi^*$  while a continuous phase exists in the form of thin streaks (layers) between liquid droplets. The concentration of the dispersed phase can reach 0.96. Such systems can exist only if liquid droplets loose their spherical shape and become “compressed”, droplets having a polyhedral shape, as shown in Fig. 2.

The stability of such highly concentrated emulsions is obliged to the presence of a surfactant.

This is the end of the evolution of the rheological properties of emulsions and these emulsions are quite different from the fluid emulsions with  $\varphi < \varphi^*$ . The most striking peculiarity of the rheology of such emulsions is their solid-like behavior. It looks rather amusing because a mixture

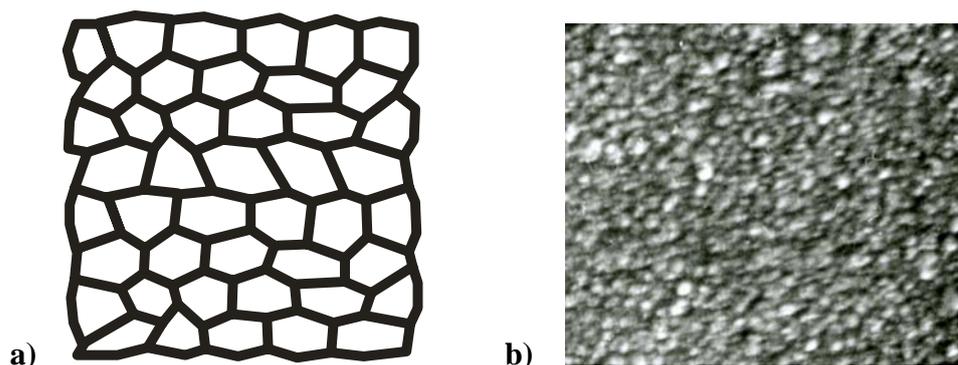


Fig. 2. a) The cross-section of highly concentrated emulsion. Thick lines are an inter-continuous medium (between droplets); b) Microphotograph of highly concentrated emulsion

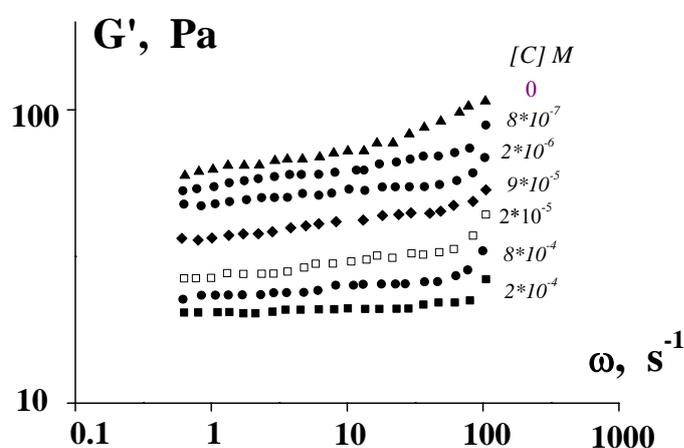


Fig. 3. Frequency dependencies of elastic modulus of an emulsion on the substitution of the organic surfactant by protein – its concentration is shown in the Figure (adopted from [20])

of two low-viscous liquids behaves as a solid. Indeed, the frequency dependence of elastic modulus for highly concentrated emulsions is practically absent. One of the known numerous examples of the  $G'(\omega)$  dependencies are presented in Fig. 3 (from [4]).

In conclusion, it is rather important to touch the physics of these systems that explains its behavior. The very popular and clear explanation of the highly concentrated emulsions behavior relates its properties to the “osmotic” model of compressed droplets [5]. According to this model, “compressed” (deformed) droplets in highly concentrated emulsions, like shown in Fig. 7, are created under the action of the osmotic pressure. The increase in the surface area and thus in the surface energy is the unique source of stored energy, which manifests itself in elasticity of emulsions. Here, as in several other cases discussed above, the behavior of emulsions is related to surface tension. This is the rather evident physical conception. However, during last years, new experimental facts were published, which do not lie in the frames of this model predictions. So, it appeared necessary to consider some additional sources of elasticity in highly concentrated emulsions. It was assumed that this source might be the inter-droplet interactions, regardless of their nature this interaction provides some additional forces in deformation of droplets [6].

### 3. Conclusions

It is rather instructive to compare the rheology of dispersions of two kinds, suspensions (solid internal phase) and soft matters – emulsions (liquid internal phase). Above, several arguments were discussed showing the analogy in the behavior of suspensions and emulsions. Meanwhile, there are several principle differences between these systems and they become evident in comparing the properties of these systems:

Properties	Suspensions	Emulsions
Internal phase	Solid particles	Liquid droplets
Characteristic features		
Concentration range $0 - \varphi_p$	Linear growth of viscosity	Linear growth of viscosity
$\varphi_p - \text{percolation}$	Yield stress, Non-Newtonian behavior	Non-Newtonian behavior
$\varphi_p - \varphi^*$	Visco-plastic behavior Sharp growth of viscosity, non-Newtonian effects	Sharp growth of viscosity with increasing concentration, Non-Newtonian behavior
$\varphi^* - \text{closest packing}$	Jamming	Yield stress
$\varphi^* - 1$	Impossible	Visco-plastic behavior, Strong non-Newtonian effects

So, one can see that there are some analogies in the evolution of the rheology of suspensions and emulsions and there are a principle difference between these objects. The similarity is rather evident in the comparison of the concentration dependencies of viscosity in dilute and semi-dilute concentration domains, while in approaching to the concentration of the closest packing of spheres the differences between suspensions and emulsions become principle. Indeed, in approaching to the threshold of the closest packing suspensions loose fluidity and the effect of jamming is observed, while emulsions transform to the plastic media, which are solid-like at low stresses but can flow at stresses beyond the limit of the yield stress.

The rheology of emulsions is determined by numerous. They include the rheological properties of both components of the systems (continuous and internal phases) which can be purely viscous or viscoelastic, the properties of the surface interface layers with inter-droplet interaction, and, mainly, the concentration of a dispersed phase.

This work is supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 10-03-00310-a).

### References:

1. S.R. Derkach, Rheology of emulsions, *Adv. Coll. Interface Sci.*, **151**, №1-2, 1-23 (2009)
2. P. Fischer, Ph. Erni, Emulsions droplets in external flow fields – The role of liquid interfaces, *Current Opinion in Coll. Interface Sci.*, **12**, № 4-5, 196-205 (2007)
3. J. Krägel, S.R. Derkach, R. Miller, Interfacial shear rheology of protein-surfactant layers, *Adv. Coll. Interface Sci.*, **144**, № 1, 38-53 (2008)

4. S.R. Derkach, S.M. Levachov, A.N. Kukushkina, N.V. Novosyolova, A.E. Kharlov, V.N. Matveenko, Rheological Properties of Concentrated Emulsions Stabilized by Globular Protein in the Presence of Nonionic Surfactant, *Colloid and Surfaces. A.: Physicochem. Eng. Aspects*, **298**, № 3, 225-234 (2007)
5. T.G. Mason, New fundamental concepts in emulsion rheology, *Current Opinion Coll. Interface Sci.*, **4**, № 3, 231-238 (1999)
6. R. Foudazi, I. Masalova, A.Ya. Malkin, The role of inter-droplet interaction in the physics of highly concentrated emulsions, *Colloid J.*, **72**, № 1 (2010)

## СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА N, N'-БИС(ТРИМЕТИЛСИЛИЛ)КАРБОДИИМИДА

**А.В. Гаврилова, М.Г. Шамина, О.А. Литова, А.Д. Кирилин** (г. Москва, МИТХТ им. М.В. Ломоносова, кафедра химии и технологии элементоорганических соединений им. К.А. Андрианова, e-mail: [aleksandra.gavrilova@rambler.ru](mailto:aleksandra.gavrilova@rambler.ru))

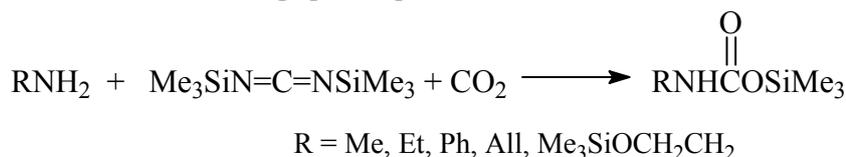
N,N'-Bis(trimethylsilyl)carbodiimide is synthesized by the interaction of hexamethyldisilazan with 1-cyanoguanidine. It was determined that it may act as the silylation agent.

Кремнийорганические карбодиимиды широко используются в синтезе различных полимеров, труднодоступных органических и элементоорганических соединений, а также в качестве вспомогательных материалов ряда технологических процессов [1].

Удобным исходным сырьем в синтезе таких соединений является N, N' – бис(триметилсилил)карбодиимид.

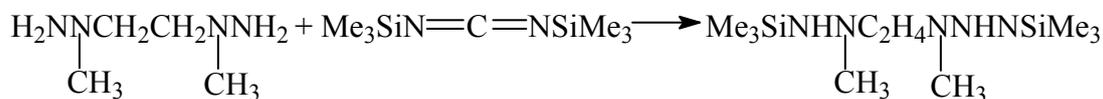
Для его синтеза был выбран процесс взаимодействия гексаметилдисилазана с дициандиамидом. Использование этой реакции связано с доступностью и дешевизной исходного сырья, а также с простотой ее осуществления на практике.

Установлено, что N, N' – бис(триметилсилил)карбодиимид в сочетании с диоксидом углерода можно использовать в качестве эффективного N-силоксикарбонилирующего реагента при получении силиловых эфиров карбаминовых кислот.



Рассматривая протекающие стадии процесса синтеза O-силилуретанов, было выдвинуто предположение о возможной силилирующей способности N,N'-бис(триметилсилил)карбодиимида.

Данная гипотеза была подтверждена на примере производных гидразина: N,N'-диметилэтилендигидразине и N,N'-диметилгидразине, то есть установлено, что N,N'-бис(триметилсилил)карбодиимид может выступать в роли силилирующего реагента.



N,N'-бис(триметилсилил)карбодиимид оказался достаточно реакционноспособным продуктом, вступающим в реакции пересилилирования и межмолекулярного десилилирования.

### Список литературы:

1. Козюков, В. П. и др. Кремнийсодержащие карбодиимиды и цианамиды / В.П. Козюков // Москва, НИИТЭХИМ. - 1975. – 38с.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОЛИСАХАРИДОВ ВОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ И ГЕЛЕЙ ЖЕЛАТИНЫ

**Воронько Н.Г., Деркач С.Р., Веденева Ю.В.** (г. Мурманск, ФГОУВПО «МГТУ», кафедра «Химии», voronkonikolay@mail.ru)

Установлено, что в растворах желатины добавки полисахаридов (альгинат натрия и каррагинан) значительно увеличивают размер частиц, а также сдвигают изоэлектрическую точку желатины в сторону больших значений pH. Реологические параметры гелей желатины при внесении добавок полисахаридов принимают экстремальные значения при определённом соотношении «желатина/полисахарид». Отмечено синергетическое влияние желатины и полисахаридов на реологические свойства многокомпонентных гелей.

It is discovered that in gelatin solutions polysaccharide additives (sodium alginate and carrageenan) powerfully enlarge the size of the particles, as well as shift isoelectric point of gelatin aside greater pH values. The rheological parameters of gelatin gels when contributing the polysaccharide additives take extreme values under determined correlation «gelatin/polysaccharide». The synergetic influence of gelatin and polysaccharides on rheological characteristics of multicomponent gels is noted.

### Состояние проблемы

Проблема структурообразования комплексообразующих смесей белков с модифицирующими добавками полисахаридов, весьма актуальна, её исследование имеет глубокое фундаментальное и прикладное значение. Добавки полисахаридов оказывают сильнейшее влияние на формирование структуры многокомпонентных систем на основе белков. В зависимости от особенностей структуры такие системы способны проявлять самый широкий спектр реологических и других коллоидно-химических свойств.

Системы общего состава «белок-полисахарид-вода» широко используются в пищевой промышленности как загустители, гелеобразователи, стабилизаторы и эмульгаторы. Пищевая продукция, изготовленная с применением таких композиций должна обладать определёнными технологическими характеристиками (сроки хранения, устойчивость при транспортировке, органолептические свойства и т.д.). Эти технологические характеристики во многом определяются коллоидно-химическими свойствами дисперсных систем, формирующих структуру указанной продукции. Таким образом, применение модифицирующих добавок полисахаридов является эффективным путём направленного изменения коллоидно-химических свойств белковых систем с целью разработки пищевых продуктов с заданными технологическими характеристиками.

Целью настоящей работы было исследование влияния добавок полисахаридов водного происхождения альгината натрия и каррагинана на коллоидно-химические свойства растворов и гелей желатины с перспективой применения полученных результатов в пищевых технологиях.

### Объекты исследования

Объектами исследования являлись растворы и гели желатины (концентрация  $C_{\text{ж}} = 0,5 - 1,0$  % (вес.)) с добавками полисахаридов водного происхождения: альгината натрия ( $C_{\text{ан}} = 1 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-1}$  % (вес.)) и каррагинана ( $C_{\text{к}} = 5 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$  % (вес.)). Используемые биополимеры широко применяют в пищевой технологии: желатину – как загуститель при концентрациях 1,5 – 2,5 % (вес.), альгинат натрия – как гелеобразователь и стабилизатор при

концентрациях  $4 \cdot 10^{-3}$  – 7 % (вес.), каррагинан – как гелеобразователь и загуститель при концентрациях  $1 \cdot 10^{-2}$  – 3 % (вес.) [1].

Использовали желатину с твёрдостью по Блуму 250 (Gelatin 250 Bloom, пр-во Biogel AG) и 225 (Gelatin 225 Bloom, пр-во Sigma-Aldrich). Свободных кислотных групп в макромолекуле желатины больше, чем свободных основных (на 1000 аминокислотных остатков 119,4 и 82,7 соответственно [2]), поэтому изоэлектрическая точка (ИЭТ) желатины сдвинута в кислую область. ИЭТ использованной желатины pH 4,9.

Использовали полисахариды: альгинат натрия пищевой (пр-во Архангельского опытного водорослёвого комбината) и каррагинан типа I (Carrageenan Type I, пр-во Sigma-Aldrich). Альгинат натрия является натриевой солью альгиновой кислоты, молекулы которой построены из остатков  $\beta$ -D-маннурановой и  $\alpha$ -L-гулурановой кислот (рис.1.а).

Использованный каррагинан типа I представляет собой главным образом к-каррагинан (рис.1.б) с незначительным присутствием  $\lambda$ -каррагинана (рис.1.в). Как известно, к-каррагинан образует твёрдые гели (подобно всем каррагинанам, содержащим 3,6-ангидрогалактозные единицы), тогда как большое количество сульфатных эфиров в молекулах  $\lambda$ -каррагинана препятствует образованию гелей.

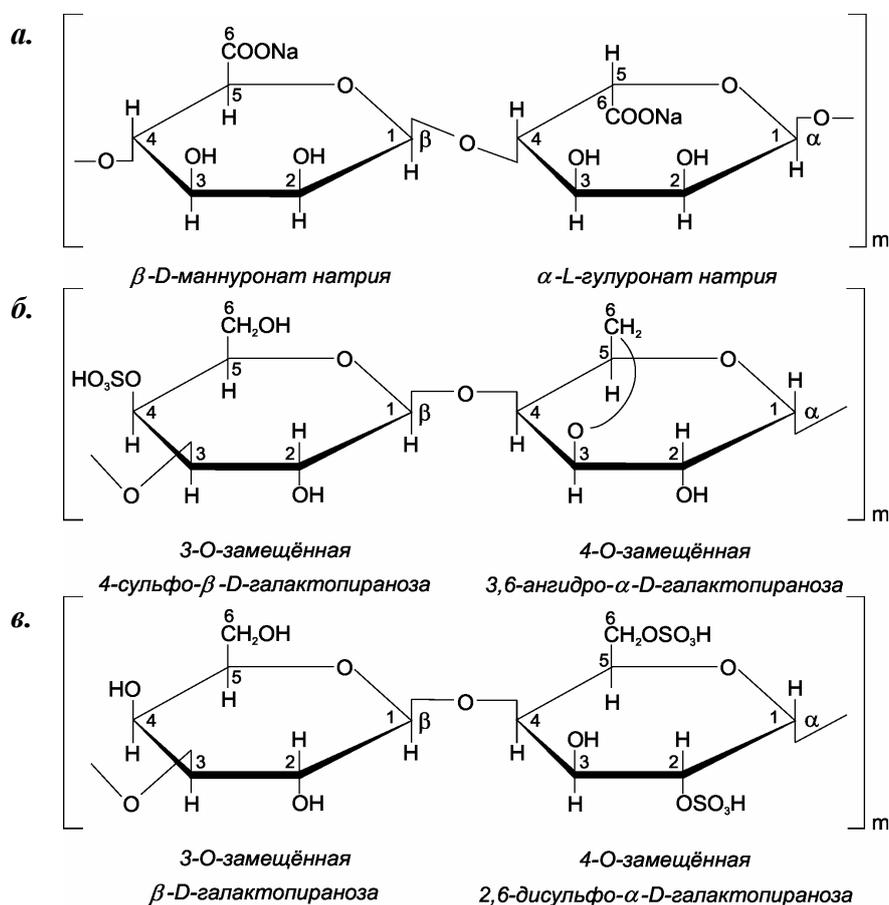


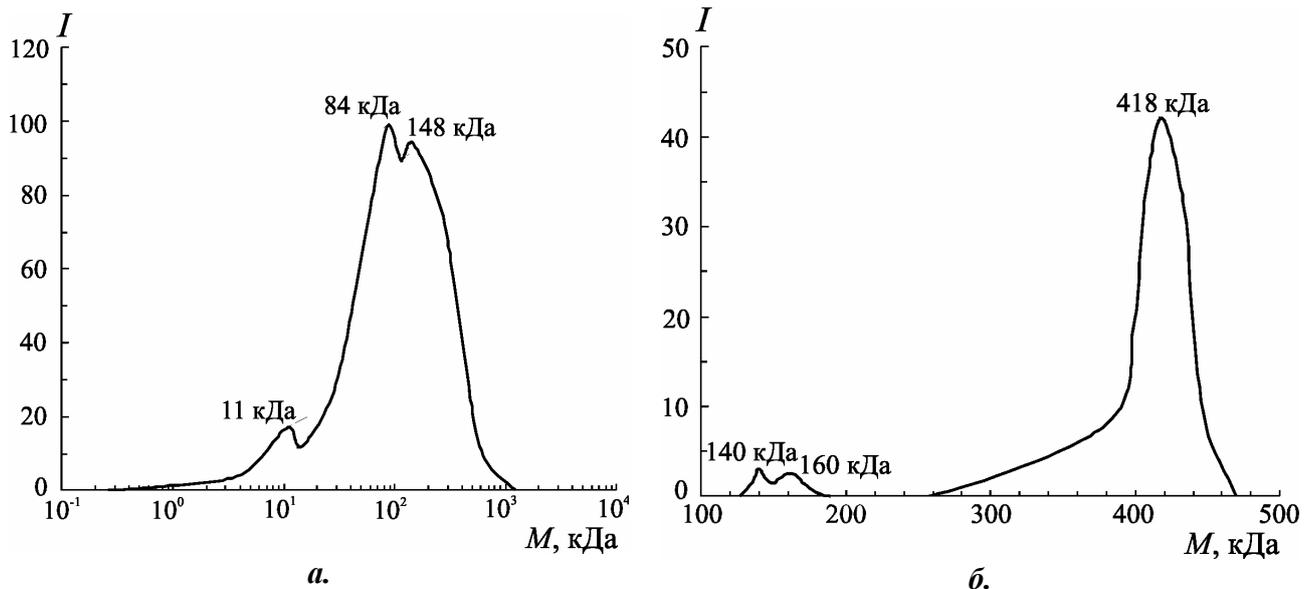
Рис.1. Структурные формулы использованных полисахаридов: альгината натрия (а), к-каррагинана (б),  $\lambda$ -каррагинана (в)

Молекулярно массовое распределение (ММР) желатины 250 Bloom и альгината натрия определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [4] на хроматографе 1090 М фирмы «Hewlett-Packard». На рис.2 представлено ММР биополимеров, в таблице 1 приведены значения их среднemasовой молекулярной массы  $\bar{M}_w$ . Средневязко-

стную молекулярную массу  $\overline{M}_v$  желатины 225 Bloom и каррагинана определяли с помощью капиллярных стеклянных вискозиметров ВПЖ и рассчитывали по уравнению Марка-Куна-Хаувинка  $[\eta] = K\overline{M}_v^\alpha$  [4]. Значения  $\overline{M}_v$  приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Среднемассовые  $\overline{M}_w$  и средневязкостные  $\overline{M}_v$  молекулярные массы биополимеров

$\overline{M}_w$ , кДа		$\overline{M}_v$ , кДа	
Желатина 250 Bloom	Альгинат натрия	Желатина 225 Bloom	Каррагинан
123	406	89	683



**Рис.2.** Молекулярно-массовое распределение желатины 250 Bloom (а) и альгината натрия (б)

### Результаты исследований

Эффективный радиус R частиц в растворах желатины с добавками полисахаридов определяли методом дисперсии светорассеяния [3] в диапазоне длин волн  $\lambda = (450 - 550)$  нм с использованием спектрофотометра «ЮНИКО-1200» при  $t = 20$  °С и времени формирования частиц 4 ч. Установлено, что R возрастает от 530 нм в растворе желатины (ж) без добавок до 920 нм в растворе с добавкой альгината натрия (ан) (соотношение компонентов  $N = 1,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Г ан}}{\text{Г ж}}$ ) и до 1210 нм в растворе с добавкой каррагинана (к) ( $N = 1 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Г к}}{\text{Г ж}}$ ). Это можно объяснить формированием в растворе полиядерных комплексов «белок-полисахарид», образованных благодаря электростатическим взаимодействиям [6]. В комплексах ядрами являются макроионы полисахарида, лигандами – макроионы белка (желатины). Также установлено, что добавки полисахаридов в растворах незначительно увеличивают ИЭТ желатины (альгинат натрия – до рН 5,6; каррагинан – до рН 5,3).

Реологию гелей желатины с добавками полисахаридов исследовали методом ротационной вискозиметрии, деформирование в режиме установившегося течения [5, 7]. Использовали реометр (вискозиметр) с контролируемой скоростью сдвига (CR-реометр) «Полимер РПЭ-1М.2», диапазон скоростей сдвига  $\dot{\gamma} = (0,7 - 710)$  с<sup>-1</sup>. На рис.3.а в качестве примера представлены кривые течения (зависимость напряжения сдвига  $\tau$  от скорости сдвига  $\dot{\gamma}$ ) гелей желатины с добавками альгината натрия. Реологическое поведение исследованных гелей в

области низких значений  $\dot{\gamma}$  ( $0,7 - 5,5 \text{ c}^{-1}$ ) с достаточной точностью можно описать моделью Кэссона (на рис.3.а сплошные линии):

$$\tau^{1/2} = \tau_k^{1/2} + (\eta_p \dot{\gamma})^{1/2}, \quad (1)$$

где  $\tau_k$  – предел текучести (Па),  $\eta_p$  – пластическая вязкость (Па·с).

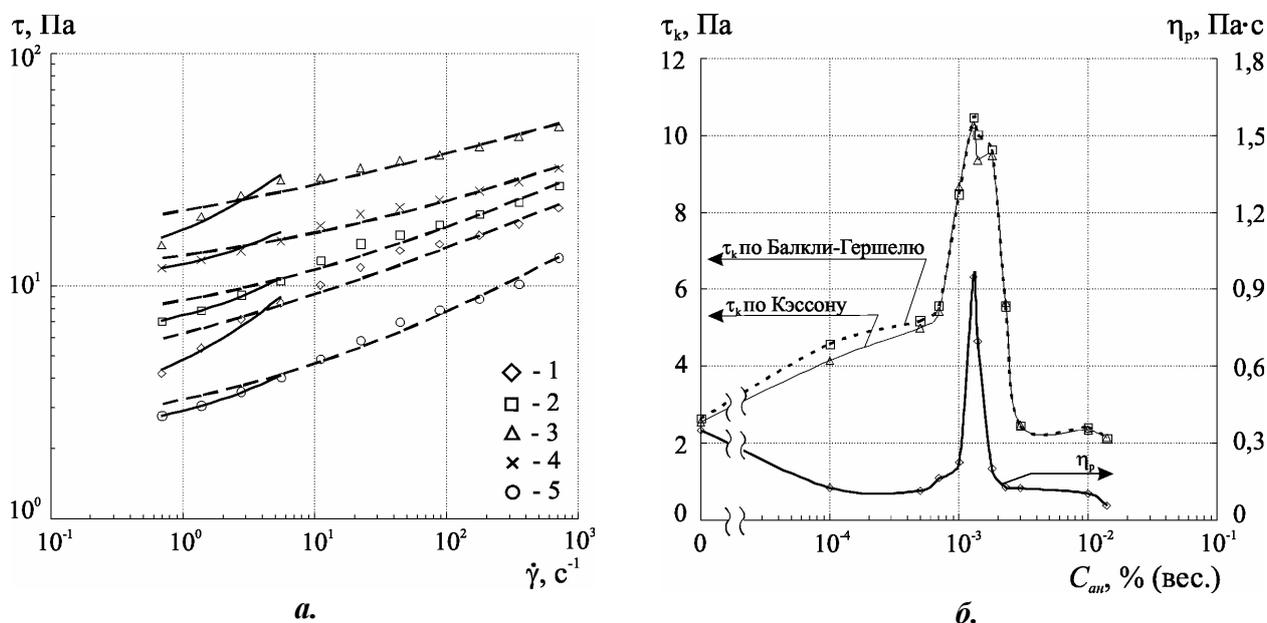
Реологическое поведение гелей во всей исследованной области  $\dot{\gamma}$  хорошо описывается моделью Балкли-Гершеля (на рис.3.а пунктирные линии):

$$\tau = \tau_k + K\dot{\gamma}^n, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент консистенции (для исследованных гелей  $1,1 - 10,7$ ),  $n$  – индекс течения ( $0,2 - 0,35$ ).

На рис.3.б представлены зависимости некоторых реологических параметров, полученных при анализе моделей Кэссона и Балкли-Гершеля, от концентрации альгината натрия. Все эти параметры имеют экстремальные значения в области формирования полиядерных комплексов ( $N = 1,3 \cdot 10^{-3} \frac{\Gamma_{ан}}{\Gamma_{ж}}$ ), что можно объяснить увеличением упругих (коллагеноподобные тройные спирали желатины) и вязко-пластичных (макроионы полисахарида) соединений в пространственной сетке геля. Дальнейшее ослабление упруго-вязко-пластичных свойств гелей при увеличении концентрации альгината натрия можно объяснить подавлением электростатических взаимодействий между одноимённо (отрицательно) заряженными макроионами желатины и полисахарида.

Проведённые исследования показали, что совместное использование двух гелеобразователей – белка (желатины) и полисахарида (альгинат натрия или каррагинан) обнаруживает синергетическое воздействие на коллоидно-химические (в частности – на реологические) свойства многокомпонентных гелей. Это может быть использовано для разработки рецептур комплексных структурообразователей «белок-полисахарид» с целью их применения в пищевой промышленности.



**Рис.3.** Кривые течения гелей желатины ( $C_{жс} = 1,0 \text{ \% (вес.)}$ ) с альгинатом натрия ( $C_{ан} (\text{\% (вес.)}) = 0$  (1);  $7 \cdot 10^{-4}$  (2);  $1,3 \cdot 10^{-3}$  (3);  $1,8 \cdot 10^{-3}$  (4);  $1,4 \cdot 10^{-2}$  (5)) (а).

Реологические параметры гелей желатины с альгинатом натрия (б).

$t = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH } 5,2 - 5,6$ ; время формирования гелей 4 ч.

**Список литературы:**

1. Богданов, В. Д. Структурообразователи и рыбные композиции / В. Д. Богданов, Т. М. Сафронова. – М. : ВНИРО, 1993. – 172 с.
2. Вейс, А. Макромолекулярная химия желатина / А. Вейс. – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 468 с.
3. Кленин, В. И. Термодинамика систем с гибкоцепными полимерами. – Саратов : Изд-во Саратовского университета, 1995. – 736 с.
4. Рабек, Я. Экспериментальные методы в химии полимеров / Я. Рабек. В 2 ч. Ч.1. – М. : Мир, 1983. – 384 с. : ил.
5. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник / Под ред. Ю. А. Мачихина. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с. : ил.
6. Толстогузов, В. Б. Новые формы белковой пищи / В. Б. Толстогузов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 304 с.
7. Шрамм, Г. Основы практической реологии и реометрии / Г. Шрамм. – М. : КолосС, 2003. – 312 с.

## РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЛИКОЗИДНЫХ СВЯЗЕЙ ХИТИНА В КИСЛОЙ СРЕДЕ

**Долгопятова Н.В.** (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет (МГТУ), кафедра химии)

Химический гидролиз хитинсодержащего сырья является основным промышленным способом получения природных полисахаридов - хитина и хитозана в больших объемах. Химический гидролиз хитина и хитозана заключается в расщеплении ацетамидных и гликозидных связей, что приводит к процессам деацетилирования и деполимеризации. В процессе кислотного гидролиза расщепляются как гликозидные, так и ацетамидные связи, при щелочном гидролизе главным образом происходит расщепление ацетамидных связей [1, 2]. Полный гидролиз в концентрированной соляной кислоте дает деацетилированный мономер – D-глюкозамин.

В данном сообщении приводятся результаты изучения процесса гидролиза гликозидных связей крабового хитина в кислой среде. Для устранения влияния различной исходной степени деацетилирования на молекулярную массу мономерного звена образцы хитинов ацетилировали. Процесс деполимеризации контролировался по изменению молекулярной массы и содержанию D-глюкозамина в процессе гидролиза.

### Экспериментальная часть

Хитин получали из панцирей камчатского краба по известной технологии [3].

Ацетилирование хитина осуществляли взаимодействием с ангидридом уксусной кислоты. Для этого 10 г хитина заливали 100 мл 20 % раствора уксусного ангидрида в этаноле и оставляли при 4 °С в течение 24 часов. По окончании реакции в раствор добавляли 200 мл воды, доводили раствора до pH 7 при помощи 1 н NaOH, фильтровали, несколько раз промывали дистиллированной водой и высушивали при 60 °С.

Кислотный гидролиз крабового хитина проводили при периодическом перемешивании в соляной кислоте с молярной концентрацией эквивалента  $C_{\text{H}}=1$  моль/дм<sup>3</sup> при температуре 50 °С. После гидролиза осадок отделяли, промывали водой и сушили на воздухе. Каждый образец затем деацетилировали в 50 % NaOH при 98 °С в течение 30 минут. Полученные образцы промывали и сушили при 60 °С.

Гидролиз хитина с целью получения D-глюкозамина проводили при постоянном перемешивании в концентрированной соляной кислоте при 98 °С в течение 2,5 часов. Соотношение хитина и кислоты составляло 1:20. Пробы объемом 2 мл отбирали каждые 15 минут, охлаждали, добавляли 38 мл дистиллированной воды и доводили до pH=4 водным раствором гидроксида натрия с концентрацией 1 моль/л. Добавляли активированный уголь массой 0,25г и оставляли при комнатной температуре в течение 24 часов. Далее пробы фильтровали и определяли содержание D-глюкозамина спектрофотометрическим методом в присутствии реактива Эрлиха (метод Эльсона-Моргана).

Среднюю молекулярную массу образцов после кислотного гидролиза определяли вискозиметрическим методом. Для этого готовили растворы образцов в 0.334 М CH<sub>3</sub>COOH и 0.3 М NaCl, при 21 °С. Средневязкостную молекулярную массу рассчитывали по уравнению Марка-Куна-Хаувинка:  $[\eta] = K \cdot MM^{\alpha}$ , где  $[\eta]$  – характеристическая вязкость хитозана в системе 0.334 М CH<sub>3</sub>COOH и 0.3 М NaCl, дл/г, коэффициенты K и  $\alpha$  соответственно равны  $3.41 \times 10^{-3}$  и 1.02.

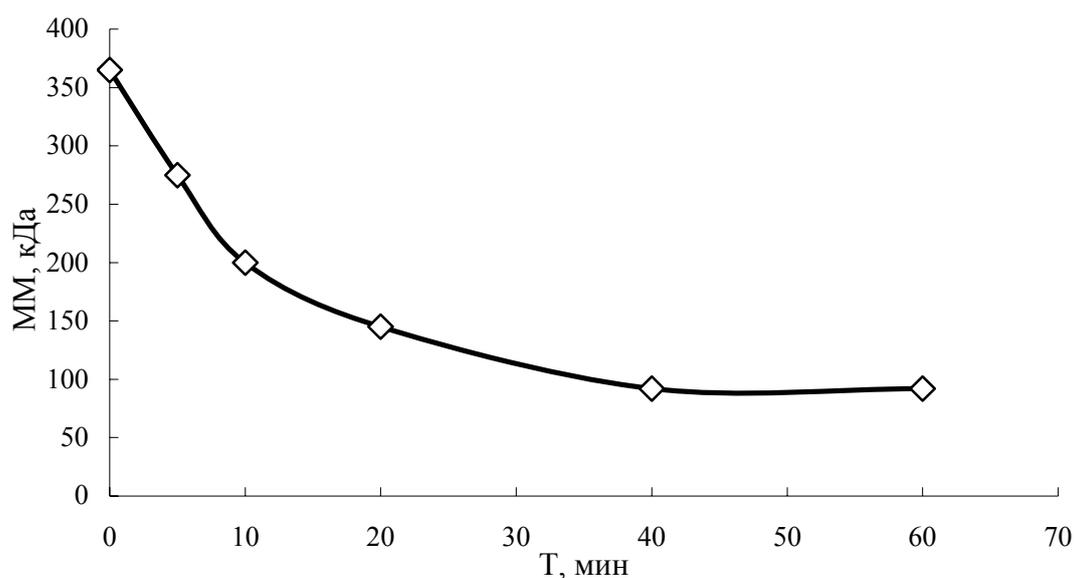


Рисунок 1 – Зависимость молекулярной массы хитина от времени гидролиза (Концентрация кислоты  $C_H=1$  моль/дм<sup>3</sup>, температура 50 °С).

### Обсуждение результатов

Результаты изучения деполимеризации хитина под действием соляной кислоты приведены на рисунке 1.

Минимальная и постоянная молекулярная масса образцов хитина в условиях эксперимента достигает постоянных значений за 40 минут. Исходя из предположений о различной скорости гидролиза гликозидных связей, находящихся рядом с ацелированными мономерными звеньями по сравнению со скоростью гидролиза гликозидных связей у деацелированных мономерных звеньев были рассчитаны константы скорости реакций гидролиза этих связей и константа скорости реакции деацелирования ацетамидных связей в присутствии HCl. Для оценки констант скоростей этих реакций ( $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$ ) был использован пакет «Optimization» программы Maple 12. При расчете констант учитывали, что степень деацелирования исходного хитина  $d_0 = 0,12$ . Полученные в результате оптимизации константы скоростей реакции гидролиза приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Константы скоростей реакций гидролиза хитина

$k_1$	0,07196
$k_2$	0,00061
$k_3$	0,01376
$k_1/k_2$	117,97

Из приведенных в таблице 1 данных следует, что скорость реакции разрыва гликозидных связей у ацелированных мономерных звеньев ( $k_1$ ) значительно выше, чем у деацелированных ( $k_2$ ). Одновременно с реакцией деструкции протекает реакция деацелирования ( $k_3$ ).

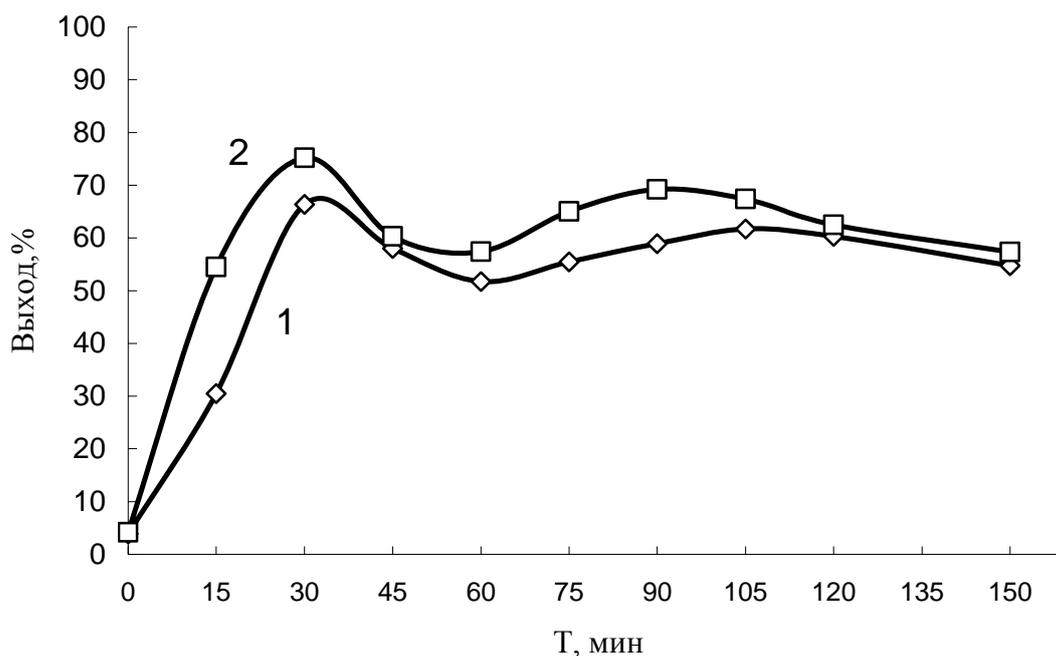


Рисунок 2 – Зависимость содержания D-глюкозамина в пробах от времени гидролиза хитина в концентрированной HCl (1 – исходный хитин, 2-ацелированный хитин).

На рисунке 2 представлена зависимость выхода D-глюкозамина от времени гидролиза хитина в концентрированной HCl.

Из рисунка следует, что выход глюкозамина достигает практически постоянных значений примерно через 40 мин, а максимальный выход глюкозамина - через 30 минут после начала гидролиза. В случае полностью ацелированного хитина выход глюкозамина примерно на 10% выше, чем при гидролизе исходного хитина.

### Выводы

Показано, что кислотный гидролиз приводит к быстрой деструкции хитина. Наибольшая скорость деструкции наблюдается в первые 5-20 минут гидролиза, максимальный выход глюкозамина – через 30 минут. Рассчитаны константы скорости реакции кислотного гидролиза гликозидных связей, находящихся рядом с ацелированными и деацелированными мономерными звеньями, и реакции гидролиза ацетамидных связей. При гидролизе ацелированного хитина наблюдается увеличение выхода D-глюкозамина на 10%.

### Список литературы:

1. Horowitz, S. T. Preparation of glucosamine oligosaccharides. 1. Separation / S. T. Horowitz, S. Roseman, H. J. Blumental // J. Am. Chem. Soc. – 1957. – V. 79, N 18. – P. 5046-5049.
2. Chitin Handbook / Eds R. A. A. Muzzarelli, M. G. Peter. – Grottamare, Italy: Atec Edizioni, ECS, 1997. – P. 195-198
3. Нудьга, Л. А. Получение хитозана и изучение его фракционного состава / Л. А. Нудьга, Е. А. Плиско, С. Н. Данилов // Журнал общей химии. – 1971. – Т. 41, N 11. – С. 2555-2559.

**ВЫДЕЛЕНИЕ ХОНДРОИТИНСУЛЬФАТА ИЗ КУКУМАРИИ**

**Порцель М.Н.** (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра химии, *snowtaxa@mail.ru*)

Хондроитинсульфат - сульфатированный гликозаминогликан, составленный из цепи чередующихся сахаров (N-ацетил-галактозамина и глюкуроновой кислоты). Дисахарид хондрозин, являющийся мономером хондроитинсульфата, состоит из остатков двух моносахаридов: D-глюкуроновой кислоты и D-галактозамина, связанных между собой  $\beta$ - (1-3)-гликозидной связью. В состав полисахаридов хондрозин входит в виде следующих производных: в остатке D-галактозамина аминогруппа в положении 2 ацетилирована, а гидроксильные группы при четвертом или шестом углеродных атомах этерифицированы серной кислотой.

Длинные цепочки хондроитина формируют основную субстанцию хрящевой ткани и помогают сделать хрящ более устойчивым к давлению, которое оказывает на него вес тела. Наряду с глюкозамином, хондроитинсульфат является широко используемой пищевой добавкой для лечения остеоартритов [1]. В связи с этим, возникает вопрос разработки технологии получения хондроитинсульфата из доступного сырья, изучение его физико-химических свойств, разработка и апробация методов количественного анализа.

Хондроитинсульфат был получен из кукумарии следующим образом.

Исходное сырьё (наружная стенка кукумарии) обезжиривали трехкратным промыванием ацетоном, затем высушивали. Далее для выделения полисахарида проводили щелочной гидролиз сырья в гидроксиде натрия с концентрацией 0,2 моль/л. при температуре 37 °С в течение трёх часов. Двухступенчатый ферментативный гидролиз проводили с использованием ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба при температуре 50 °С в течение 5 часов. Полученный гидролизат центрифугировали 30 минут при 8000 об/мин., а затем фильтровали через мембрану с размером пор 0,45 мкм. Затем гидролизат обрабатывали этанолом, что позволяет осадить получаемый полисахарид. Время осаждения составляло не менее 20 часов. Для отделения осадка взвесью центрифугировали при 8000 об/мин. в течение 30 минут. Осадок промывали этанолом и снова центрифугировали. Полученный препарат хондроитинсульфата высушивали.

Идентификацию полученного препарата проводили методом ИК-спектроскопии. Полученные спектры приведены на рисунке 1.

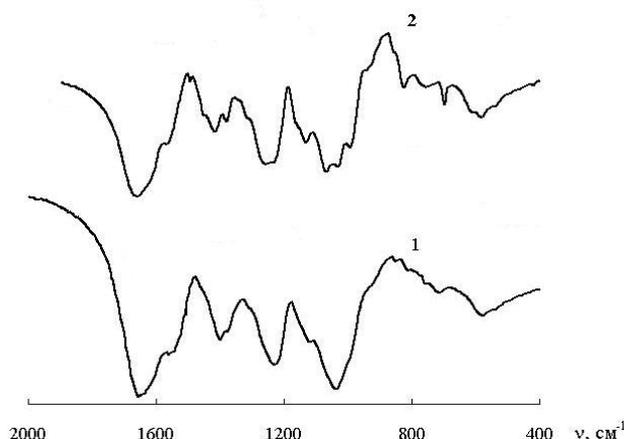


Рис. 1 – Инфракрасные спектры поглощения полученного препарата в таблетках KBr: 1 – спектр препарата, полученного из кукумарии; 2 – спектр хондроитинсульфата из [2].

Инфракрасные спектры поглощения препаратов в таблетках КВг содержат три характерных пика на частотах 1550, 1350-1300, 1160-1120  $\text{см}^{-1}$ , что свидетельствует о соответствии спектров полученных препаратов приведенным в литературе.

Для количественной оценки содержания ХС, выделенного из кукумарии, проводили его кислотный гидролиз в водном растворе соляной кислоты с концентрацией 12 моль/л при температуре 100<sup>0</sup>С. Соотношение кислоты и хондроитинсульфата составляло 100:1. Перед определением содержания сахаров в полученных гидролизатах их нейтрализовали водным раствором гидроксида натрия с концентрацией 1 моль/л.

Содержание N-ацетил-галактозамина определяли спектрофотометрически с ацетилацетоном (метод С. Cessi и Serafini-Cessi [3]).

На рис. 2 приведена кинетическая кривая кислотного гидролиза хондроитинсульфата.

Из рисунка следует, что максимальная концентрация мономера галактозамина в условиях эксперимента для концентрации HCl 12 моль/л достигается через 20-30 минут после начала гидролиза при температуре 100<sup>0</sup>С. Затем содержание галактозамина практически не меняется (максимальное время гидролиза 120 минут).

Для количественной оценки степени гидролиза на рис. 3 приведены сравнительные кривые относительного содержания общих сахаров в гидролизате по отношению к димеру хондроитинсульфата - хондрозину.

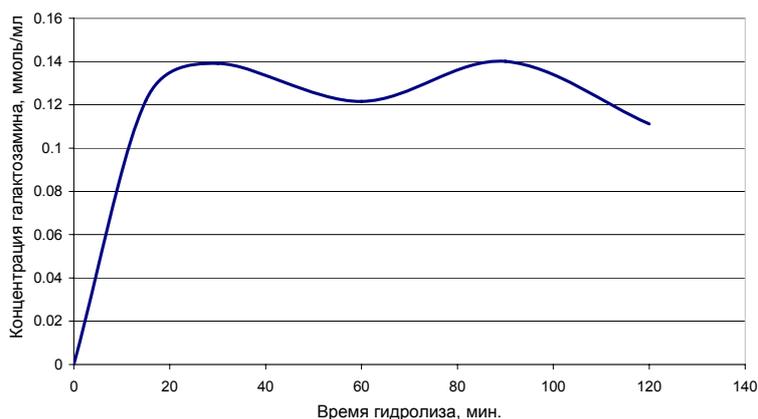


Рис. 2 – Кинетическая кривая кислотного гидролиза хондроитинсульфата из кукумарии.

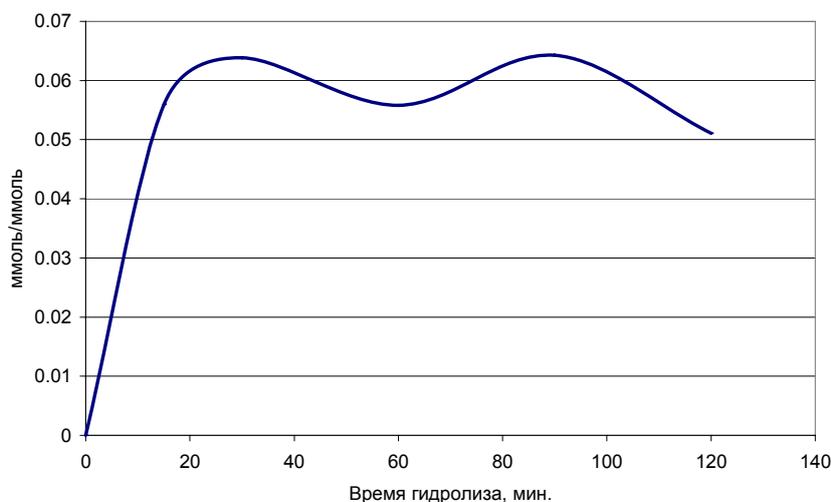


Рис. 3 – Зависимость отношения галактозамина, определенного в гидролизате, к начальной концентрации хондроитина (хондрозина) от времени гидролиза.

Вид полученных кинетических кривых аналогичен кривым, приведенным на рисунке 2. Из рисунка 3 следует, что в условиях эксперимента гидролиз исходного полисахарида до мономеров максимален при концентрации HCl 12 моль/л, температуры 100<sup>0</sup>С и времени гидролиза 20-30 минут и составляет около 7% по отношению к начальной концентрации хондроитина (хондрозина).

**Список литературы:**

1. AbdelFattah, W. Chondroitin sulfate and glucosamine: a review of their safety profile / W. AbdelFattah, T. Hammad T. // J. Am. Nutraceutical Assoc. – 2001. – No. 3. – P. 16-23.
2. Fourier transform infrared imaging of focal lesions in human osteoarthritic cartilage / E. David-Vaudey, A. Burghardt, K. Keshari, A. Brouchet, M. Ries, S. Majumdar // Eur. Cells and Mater. – 2005. – Vol. 10. – P. 51-60.
3. C. Cessi, A method for the determination of D-Galactosamine in the presence of D-Glucosamine / Cessi C., Serafini-Cessi F. // Biochem. J. – 1963. - № 88. – P. – 132-136.

## РАСЧЕТ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СОЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЭВТОНИЧЕСКОГО ТИПА

**Ю.А. Безымянова\***, **Г.С. Скиба\*\*** (\* г. Мурманск, ФГОУ ВПО «МГТУ», кафедра химии, e-mail: bezumjanovajua@mstu.edu.ru; \*\* г. Апатиты, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра Российской Академии Наук им. И.В. Тананаева, e-mail: skiba@chemy.kolasc.net.ru)

Studied solubility into the systems of eutonic type at the model system  $\text{NaCl} - \text{AlCl}_3 - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$ . Defined compound of eutonic solution: 0,26%  $\text{NaCl}$ , 8,79%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 1,66%  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 24,99%  $\text{HCl}$ , 64,28%  $\text{H}_2\text{O}$ . Implemented calculation of separation the mixture with sodium, aluminum, strontium chlorides from technological solutions received at eudialyt's processing.

Изучение растворимости в системе, содержащей хлориды стронция, натрия и алюминия вызвано необходимостью оптимизации солянокислотной технологии эвдиалита. В литературе отсутствуют данные по растворимости в соответствующей пятикомпонентной водно-солевой системе  $\text{NaCl} - \text{AlCl}_3 - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$ .

Система  $\text{NaCl} - \text{AlCl}_3 - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$  изучалась в разрезе, соответствующем 28%-ной  $\text{HCl}$  (мас.). Поэтому концентрационная фигура, в которой располагаются составы исходных смесей, имеет вид тетраэдра, а сама система становится четырехкомпонентной. При приведении состава любой системы к 1, она является единичным сечением в декартовой системе координат и в этом случае для описания равновесий в ней и проведения расчетов можно использовать уравнения аналитической геометрии.

Для получения коэффициентов уравнений, описывающих поверхности растворимости в четверной системе (1), достаточно знать составы девяти точек, принадлежащих поверхности растворимости. Причем в четверной системе необходимо дополнительно изучить один состав, находящийся на поверхности, и использовать данные, полученные в системах меньшей размерности.

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Exz + Fyz + Gx + Hy + Iz + I = 0 \quad (1)$$

Ранее была изучена растворимость в четырехкомпонентных водно-солевых системах  $\text{AlCl}_3 - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl} - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NaCl} - \text{AlCl}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$ , слагающих пятикомпонентную систему [1]. Все системы эвтонического типа. В предположении, что в пятикомпонентной системе сохранится тип взаимодействия и не появятся какие-либо новые соединения, проведено определение уравнений поверхности растворимости в пятикомпонентной системе и расчет состава эвтонического раствора. Для этого дополнительно определены составы равновесных жидких фаз, принадлежащих областям кристаллизации каждой соли (табл. 1).

Таблица 1.  $\text{NaCl} - \text{AlCl}_3 - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$  при 25°C. Разрез 28% (мас.)  $\text{HCl}$

Состав равновесных жидких фаз, мас.%					Состав твердой фазы
$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{NaCl}$	$\text{HCl}$	$\text{H}_2\text{O}$	
5,20	3,54	0,345	25,456	65,46	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
5,04	3,52	0,341	25,507	65,59	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
5,06	1,08	0,293	26,197	67,365	$\text{NaCl}$
5,92	2,22	0,377	25,615	65,867	$\text{NaCl}$
5,97	1,77	0,420	25,7155	66,1255	$\text{NaCl}$
11,60	1,89	0,309	24,138	62,069	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
12,36	0,28	0,096	24,435	62,833	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
4,58	2,52	0,273	25,934	66,687	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
5,28	2,72	0,346	25,661	65,985	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

С помощью программы, предназначенной для нахождения коэффициентов квадратичного уравнения для любого числа точек, были получены значения (табл. 2) коэффициентов уравнения (1).

Таблица 2. Коэффициенты квадратичных уравнений, аппроксимирующих поверхности растворимости в системе NaCl – AlCl<sub>3</sub> – SrCl<sub>2</sub> – HCl – H<sub>2</sub>O при 25°C

для поверхности NaCl:	для поверхности AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	для поверхности SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
A= 76706.1311	A= 73.0248	A= 1930.4634
B= -7.5790	B= 14718.0547	B= 1.9181
C= 3633.9584	C= -262.8362	C= 0.4174
D= 1150.5733	D= -1657.1667	D= 182.0283
E= -46972.1621	E= 416.1807	E= 1546.8586
F= -814.4547	F= 130.3952	F= 212.2003
G= -590.5216	G= -17.5183	G= -90.4317
H= -1.8396	H= 104.0956	H= -8.0228
I= 144.51703	I= -34.1156	I= -26.5476
где x – NaCl, y – AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O, z – SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	где x – AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O, y – NaCl, z – SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	где x – SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, y – NaCl, z – AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O

Используя найденные коэффициенты квадратичных уравнений, описывающих поверхности растворимости, рассчитан состав тройной эвтонической точки в пятикомпонентной водно-солевой системе NaCl – AlCl<sub>3</sub> – SrCl<sub>2</sub> – HCl – H<sub>2</sub>O при 25°C. Это осуществлялось путем решения системы уравнений, включающей три квадратичных уравнения с тремя неизвестными x, y и z (где x – NaCl, y – AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, z – SrCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O):

$$\begin{cases} 76706,1311x^2 - 7,5790y^2 + 3633,9584z^2 + 1150,5733xy - 46972,1621xz - 814,4547yz - \\ 590,5216x - 1,8396y + 144,5170z + 1 = 0 \\ 73,0248y^2 + 14718,0547x^2 - 262,8362z^2 - 1657,1667yx + 416,1807yz + 130,3952xz - 17,5183y + \\ 104,0956x - 34,1156z + 1 = 0 \\ 1930,4634z^2 + 1,9181x^2 + 0,4174y^2 + 182,0283zx + 1546,8586zy + 212,2003xy - 90,4317z - \\ 8,0228x - 26,5476y + 1 = 0 \end{cases}$$

Полученные расчетные данные проверены экспериментально: были приготовлены исходные составы, находящиеся в эвтонической области и определены аналитически методом атомно-абсорбционной спектроскопии составы жидких фаз. Экспериментальный и расчетный составы эвтонического раствора приведены ниже:

Таблица 3

	AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O, мас.%	NaCl, мас.%	SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, мас.%	HCl, мас.%	H <sub>2</sub> O, мас.%
расчетный состав	8,79	0,28	1,66	24,99	64,28
экспериментальный состав	8,62	0,29	1,87	24,98	64,24

Из приведенных данных (табл. 3) следует, что максимальное различие расчетного и экспериментального состава не превышает 12 отн.% для хлорида стронция и не более 4% для остальных компонентов, что говорит о высокой точности аппроксимации поверхностей растворимости и возможности использования теоретического расчета состава эвтонического раствора в многокомпонентной системе [2].

Полученные данные позволяют провести расчет кристаллизационного разделения солей применительно к солянокислотной технологии эвдиалита (рис.1, табл.4-5). Луч упарива-

ния исходного раствора, проходящий через точку  $M$ , отвечающую составу технологического раствора и имеющую координаты  $(0,1846; 0,5408; 0,2746; 0)$ , а также вершину, соответствующую чистому растворителю с координатами  $(0; 0; 0; 1)$ , попадает в область кристаллизации  $\text{NaCl}$  и пересекает плоскость  $E - e_2 - (\cdot)\text{NaCl}$  в точке  $K$ , где достигается максимальное извлечение в твердую фазу чистого хлорида натрия.

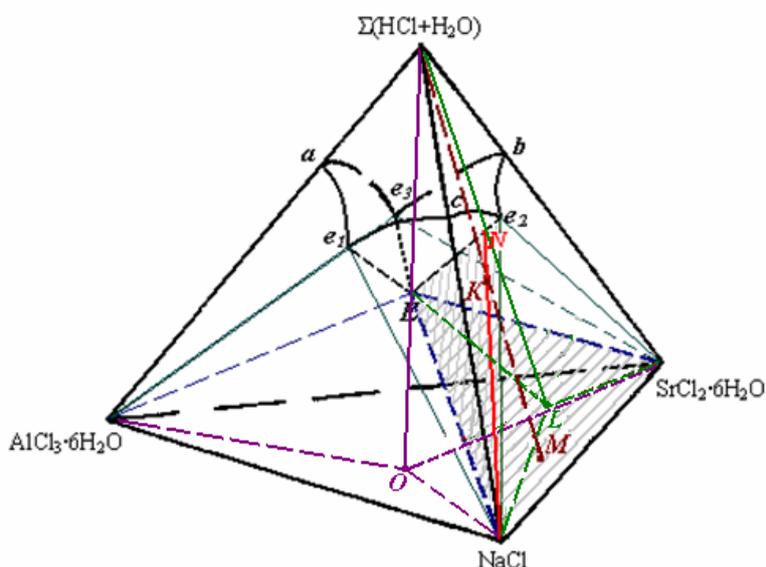


Рис. 1. Изотерма растворимости в системе  $\text{NaCl} - \text{AlCl}_3 - \text{SrCl}_2 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$ , разрез 28 мас.%  $\text{HCl}$

С помощью уравнений аналитической геометрии определено, что  $(\cdot)K$  имеет координаты  $(0,0140; 0,0411; 0,0209; 0,9240)$ , а количество самопроизвольно выделяющегося при упаривании исходного раствора до данной точки  $\text{NaCl}$  составляет

$$Q_{\text{NaCl}} = \frac{l_{KN}}{l_{N-\text{NaCl}}} \cdot 10^4 = \frac{l_{N-\text{NaCl}} - l_{K-\text{NaCl}}}{l_{N-\text{NaCl}}} \cdot 10^4 = \frac{1,3572 - 1,3521}{1,3572} \cdot 10^4 = 37,6\%$$

При дальнейшем упаривании раствора состав его достигает точки  $L$ , лежащей в плоскости треугольника  $E - (\cdot)\text{NaCl} - (\cdot)\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , где будет наблюдаться совместная кристаллизация хлоридов натрия и стронция. Массы равновесных фаз, выделяющихся из состава  $(\cdot)L$  пропорциональны площадям треугольников:  $\Delta_{L - (\cdot)\text{NaCl} - (\cdot)\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$  – масса  $\Sigma(\text{HCl} + \text{H}_2\text{O})$ ,

$\Delta_{L - (\cdot)\text{NaCl} - E}$  –  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta_{L - E - (\cdot)\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$  –  $\text{NaCl}$ . В соответствии с формулой

$S_{\Delta} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ , где  $p = \frac{a+b+c}{2}$  ( $a, b$  и  $c$  – длины сторон треугольника) для каждого треугольника были рассчитаны длины их сторон и определены площади (табл.4)

Таблица 4

	$\Delta_{L - (\cdot)\text{NaCl} - (\cdot)\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$	$\Delta_{L - (\cdot)\text{NaCl} - E}$	$\Delta_{L - E - (\cdot)\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$
a	1,3033	1,3033	1,2868
b	1,4142	0,0475	0,0475
c	1,2868	1,3409	1,3291
p	2,0022	1,3450	1,3317
$S_{\Delta}$	$S_1 = 0,7671$	$S_2 = 0,0191$	$S_3 = 0,0143$

Таким образом, количества  $\text{NaCl}$ ,  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и  $\Sigma(\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  составляют, мас. %:

$$\omega\%(NaCl) = \frac{S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100 = 1,79\%$$

$$\omega\%(SrCl_2 \cdot 6H_2O) = \frac{S_2}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100 = 2,40\%$$

$$\omega\%(\Sigma(HCl + H_2O + AlCl_3 \cdot 6H_2O)) = \frac{S_1}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100 = 95,81\%$$

Согласно расчетам в точке *L* масса раствора составляет 49,62, поэтому при равновесии выделится 0,887 г – хлорида натрия, 1,19 г – хлорида стронция. В жидкой фазе, масса которой 47,6 г и которой соответствует точка *E*, накапливается хлорид алюминия, а также остаточные количества хлоридов натрия и стронция. При дальнейшем упаривании раствора, его состав движется по лучу, проходящему через вершину растворителя и точку тройной эвтонике *E*, пересекает солевое основание в точке *O*, после чего его масса становится равной 5,13 г. По достижении точки *O* в твердую фазу совместно выделяются хлориды стронция, алюминия и натрия в количествах, соответствующих площадям треугольников, отсекаемых ею на солевом основании.

Таким образом, количества NaCl, SrCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O и Σ(HCl + H<sub>2</sub>O + AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) составляют, мас. %:

$$\omega\%(NaCl) = \frac{S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100 = 2,70\%$$

$$\omega\%(SrCl_2 \cdot 6H_2O) = \frac{S_1}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100 = 17,35\%$$

$$\omega\%(\Sigma(AlCl_3 \cdot 6H_2O)) = \frac{S_2}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100 = 79,95\%$$

Учитывая, что масса раствора составляет 5,13 г, получаем состав кристаллизующейся солевой смеси: 0,14 г NaCl, 4,10 г AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O и 0,89 г SrCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (табл.5).

Таблица 5

Расчет кристаллизационного разделения в системе NaCl – AlCl<sub>3</sub> – SrCl<sub>2</sub> – HCl – H<sub>2</sub>O

продукт	масса, г	концентрация, г / мас. %				извлечение, мас. %		
		NaCl	AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	HCl+H <sub>2</sub> O	NaCl	AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
I степень								
исх. сос-тав, (·)K	100	1,4	4,1	2,1	92,4			
		1,4	4,1	2,1	92,4			
ж. фаза, (·)N	99,5	0,9	4,1	2,1	92,4	62,4	100	100
		0,9	4,1	2,1	92,9			
тв. фаза	0,5	0,5	—	—	—	37,6	—	—
II степень								
исх. сос-тав, (·)L	49,6	0,9	4,1	2,1	42,5			
		1,8	8,3	4,2	85,7			
ж. фаза, (·)E	47,6	0,1	4,1	0,9	42,5	11,1	100	42,9
		0,3	8,6	1,9	89,2			
тв. фаза	2,0	0,8	—	1,2	—	88,9	—	57,1
		40,0		60,0				
III степень								
исх. сос-тав, (·)O	5,1	0,1	4,1	0,9	—			
		2,7	80,0	17,3	—			
тв. фаза	5,1	0,1	4,1	0,9	—	100	100	100

**Список литературы:**

1. Скиба, Г.С. Растворимость в системах  $\text{AlCl}_3\text{-SrCl}_2\text{-HCl-H}_2\text{O}$  и  $\text{NaCl -SrCl}_2\text{- HCl-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$  / Г.С. Скиба, Ю.А. Безымянова, Н.Б. Воскобойников // Журн. неорг. химии. – 2007. Т. 52. – Вып. 9. – С. 1562–1565.

2. Безымянова, Ю.А. Аналитическое описание разделения солей в системах эвтонического типа /Ю.А. Безымянова, Г.С. Скиба // Наука и образование – 2009: мат-лы международной науч.-технич. конф-ции [Электр. ресурс], 1 – 9 апреля 2009 г. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2009. – Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» №0320900170. – С. 282 – 285.

## КИНЕТИКА ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

Широнина А.Ю.<sup>1</sup>, Деркач С.Р.<sup>1</sup>, Новиков В.Ю.<sup>2</sup> (<sup>1</sup> Мурманский государственный технический университет; <sup>2</sup> Полярный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Мурманск)

### Введение

Изучение процесса гидролиза имеет как фундаментальное, так и прикладное значение, в том числе при разработке и совершенствовании технологий получения гидролизатов из отходов рыбной промышленности. Производство белковых гидролизатов важно с точки зрения развития безотходной переработки рыбного сырья и рационального использования водных биоресурсов. В то же время гидролизаты могут рассматриваться как источник белков, которые не уступают по аминокислотному составу, а часто и превосходят по количеству незаменимых аминокислот традиционные источники белкового питания [1, 3-5, 7].

Ферментативный гидролиз один из основных способов получения белковых гидролизатов. Изучение его механизма представляет особый интерес для современной биохимии. Ферменты, имеющие белковую природу, характеризуются высокой эффективностью действия по сравнению с неорганическими катализаторами. Применение ферментов дает возможность увеличивать скорость реакции в миллионы раз в относительно мягких условиях: при температуре 35-50°C, атмосферном давлении и значениях рН, близких к нейтральному [1, 2]. Механизм ферментативного гидролиза определяется многими факторами, такими как природа исходного сырья, концентрация фермента, продолжительность процесса, температура, рН среды и т.д.

Целью данной работы являлось изучение закономерностей гидролиза в зависимости от исходного состава белоксодержащих тканей гидробионтов. В работе использовали метод электрофореза для определения фракционного состава смеси белковых веществ, образованных в процессе гидролиза под действием ферментного препарата, полученного из гепатопанкреаса камчатского краба (*king krab Paralithodes camtschaticus*).

### Материалы и методы

В качестве белоксодержащего сырья в работе использовали отходы образующиеся в процессе переработки трески (*Gadus morhua morhua*), обитающей в Баренцевом море.

В качестве катализатора использовали ферментный препарат, выделенный из гепатопанкреаса камчатского краба. Препарат произведен в лаборатории «биохимии и технологии гидробионтов» Полярного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии им. М. Н. Книповича [1], характеристика ферментного препарата приведена в таблице 1.

Процесс ферментативного гидролиза проводили в течение 3 часов при атмосферном давлении, температуре 50°C и рН 6,5 ÷ 7. Концентрация ферментного препарата ( $C_{фп}$ ) составляла 6 г/кг<sub>сырья</sub> [6].

Для определения степени гидролиза (СГ) использовали расчетный метод, основанный на определении аминного ( $N_{ам}$ ) и общего ( $N_{общ}$ ) азота и вычислении соотношения:  $(N_{ам} / N_{общ}) \times 100\% = СГ$ . Массовую долю аминного азота определяли методом формольного титрования. Определение массовой доли общего азота проводилось на анализаторе «Къельтек».

Таблица 1

## Характеристика ферментного препарата, полученного из гепатопанкреаса камчатского краба [1]

Наименование показателя (характеристика)	Содержание
<b>Органолептические показатели</b>	
Внешний вид	Порошок пылеобразный, однородный, без плотных влажных комков
Цвет	Бежевый
<b>Химические показатели</b>	
Протеолитическая активность, ЕД, не менее:	0,5
Массовая доля воды, %, не более	10,0

Для изучения молекулярно-массового распределения смеси белковых веществ, полученных в процессе ферментативного гидролиза, в работе использовали метод горизонтального электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия [ДСН-ПААГ-электрофорез (SDS-PAGE)] [8]. Электрофорез осуществляли на установке «Multiphor II» при температуре 15°C, напряжении 600 В, силе тока 50 мА, мощности 30 Вт. Этот метод является одним из общепринятых способов изучения фракционного состава любого белкового комплекса. В процессе электрофореза высокомолекулярные вещества разделяются строго по размеру макромолекул, поэтому с его помощью можно получить информацию о фракционном составе любой смеси белковых веществ. Фракционирование белков возможно в широком диапазоне молекулярных масс, при этом используемый гель прозрачен, что облегчает непосредственную количественную оценку фракционного состава белковой смеси.

Для калибровки и получения возможности обработки данных на электрофореграмме использовали стандартный маркер Pharmacia Biotech, который представляет собой смесь белков с известной молекулярной массой от 14 до 94 кД.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлена зависимость степени гидролиза белоксодержащего сырья (ткани трески) от его продолжительности, полученная расчетным методом.

По мере увеличения продолжительности процесса гидролиза степень гидролитического расщепления (степень гидролиза) белковых соединений, входящих в состав трески увеличивается и к концу третьего часа достигает 39%. При этом скорость гидролиза постепенно убывает, что может быть связано с постепенным снижением активности ферментного препарата.

На рисунке 2 представлена электрофореграмма различных образцов. Образец 1 – стандартный маркер Pharmacia Biotech, используемый для калибровки и удобства обработки данных. Образец 2 – негидролизованное сырье (ткани трески). Образцы 4-8 представляют собой гидролизаты, полученные в результате гидролиза в течение разного времени  $t$ , мин: 4 – 15; 5 – 30; 6 – 45; 7 – 60; 8 – 75.

В процессе электрофореза произошло разделение компонентов смеси белковых веществ, содержащихся в образцах, по молекулярным массам. Из рисунка 2 видно, что в ферментном препарате, представляющем собой комплекс соединений белковой природы, обнаружены 3 фракции с молекулярными массами 19, 15 и 7 кД (позиция 2).

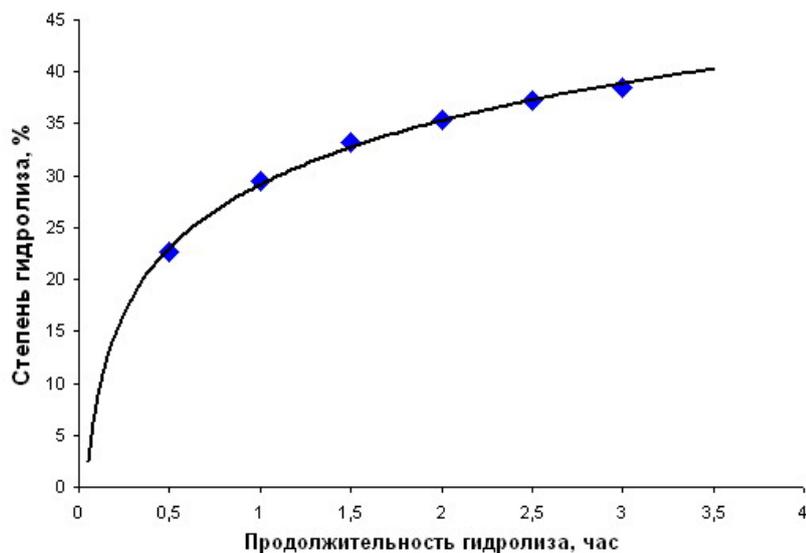


Рис. 1. Зависимость степени гидролиза от его продолжительности (Р = 756 мм рт.ст., Т = 50С°, рН 6,5 ÷ 7, С<sub>фп</sub> = 6 г/кг<sub>сырья</sub>)

В исходном образце (сырье, не подверженное гидролизу) были обнаружены высокомолекулярные белковые фракции, молекулярная масса которых лежит в интервале от 200 до 10 кД (позиция 3). Результаты проведенного эксперимента позволяют предположить, что электрофоретическое разделение негидролизованых белковых фракций, содержащихся в сырье, прошло не полностью. Часть фракций осталась в начале гелевой пластинки. Это возможно связано с их высокой молекулярной массой (больше 200 Кд).

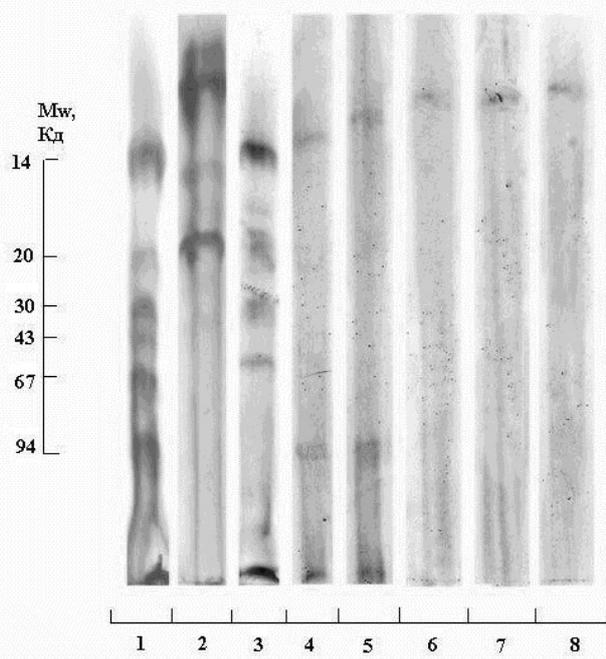


Рис. 2. Электрофореграмма белковых соединений.

- 1 – Стандартные маркеры (Pharmacia Biotech);
- 2 – ферментный препарат из гепатопанкреаса камчатского краба;
- 3 – негидролизованное сырье (ткани трески);
- 4–8 – гидролизат, полученный после гидролиза в течение t, мин:  
 4 - 15;  
 5 - 30;  
 6 - 45;  
 7 - 60;  
 8 - 75.

В зависимости от продолжительности ферментативного гидролиза меняется молекулярно-массовый состав гидролизатов. При низкой продолжительности гидролиза в образце присутствуют высокомолекулярные фракции. Их молекулярная масса лежит в интервале от 200 до 90кД (позиции 4 и 5). По мере увеличения продолжительности гидролиза молекулярная масса белковых фракций, содержащихся в гидролизате, постепенно

уменьшается. После 30 минут гидролиза в пробе еще наблюдается присутствие веществ с молекулярной массой больше 90 кД. Через 45 минут после начала гидролиза такие вещества уже не обнаруживаются. При высокой продолжительности гидролиза (больше часа) в гидролизате остаются фракции с молекулярной массой менее 14 кД. Результаты электрофореза образцов 6 - 8 показывают, что гидролизаты имеют в своем составе низкомолекулярные белковые соединения, что говорит об эффективности проведенного ферментативного гидролиза.

Таким образом, проведено исследование процесса ферментативного гидролиза белоксодержащего сырья, полученного из отходов переработки трески в течение 3 часов. Было показано, что при однократном добавлении в сырье ферментного препарата в концентрации 6 г/кг<sub>сырья</sub> максимальная степень гидролиза, которая может быть достигнута, составляет не более 40%. При этом полученный гидролизат имеет в своем составе фракции с молекулярными массами менее 14 кД. Это необходимо учитывать при разработке и совершенствовании технологий производства гидролизатов в различных сферах практического использования (медицина, пищевая промышленность, сельское хозяйство).

### Литература

1. Выделение, очистка и характеристика комплекса протеиназ из гепатопанкреаса камчатского краба *Paralithodes camtschatica* / Мухин В. А., Новиков В. Ю. // Тез. докл. 10-ой научн.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава МГТУ.- Мурманск: МГТУ, 1999.- С. 354-355.
2. Ленинджер А. Основы биохимии: в 3-х т. Т. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.– 367 с.
3. Неклюдов А.Д., Иванкин А. Н., Бердугина А. В. // Прикладная биохимия и микробиология 2000. № 4. С. 371-379
4. Няникова Г.Г., Куприна Е.Э., Водолажская С.В. // Прикладная биохимия и микробиология 2003. № 4. С. 489-492
5. Разумовская Р.Г., Бигдзи А.И. //Обработка рыбы и морепродуктов. ВНИЭРХ. – 2000. – вып. 4(1)., С. 11-15.
6. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов : получение, свойства и практическое использование / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2001. – 97 с.
7. Химический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей / Лебская Т. К. [ и др.]. - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1998.- 150 с.
8. Westermeier R. Electrophoresis in Practice. New York, 1993.

## ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ВОДЫ И ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

Путинцев Н.М., Путинцев Д.Н.

Мурманский государственный технический университет, putincevnm@mstu.edu.ru

Рассчитаны значения составляющих высокочастотной диэлектрической проницаемости воды вдоль линии насыщения  $\epsilon_\infty$ . Показано, что составляющая  $\Delta n_{\text{межм}}$  при  $T \rightarrow T_{\text{кр}}$  стремится к нулю, а составляющая  $\Delta n_{\text{яд}}$  в интервале  $T_{\text{пл}} - T_{\text{кр}}$  имеет максимум, располагающийся при температуре  $T_{\text{макс}} = 0.785 T_{\text{кр}}$ .

Значения высокочастотной диэлектрической проницаемости воды на линии насыщения приведены в [1,2], где разработан механизм деформационной поляризации молекулярных систем и установлены соотношения между внутренней энергией взаимодействия и характеристиками поляризации вещества

$$P_M = (\epsilon_S - 1)V_0 = \frac{N_A}{\epsilon_0} \left[ \frac{p^2}{kT} L(x_F) \right], \quad (1)$$

$$L(x_F) = \frac{2U_{\text{вз}}}{2U_{\text{вз}} + RT}, \quad (2)$$

$$N_A p F L(x_F) = 2U_{\text{вз}}, \quad (3)$$

$$N_A \alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}} F^2 = 2U_{\text{вз}}, \quad (4)$$

$$P_{\text{М деф}}^{\text{полн}} = (\epsilon_\infty - 1)V_0 = \frac{N_A}{\epsilon_0} \alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}}, \quad (5)$$

где  $p$  – дипольный момент молекулы в среде,  $\epsilon_S$  – статическая диэлектрическая проницаемость вещества,  $\alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}}$  – полная деформационная поляризуемость молекулы,  $F$  – напряженность локального электрического поля,  $N_A = 6.022 \times 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>,  $U_{\text{вз}}$  – внутренняя энергия взаимодействия вещества,  $L(x_F)$  – функция Ланжевена,  $V_0$  – объем одного моля вещества,  $R = 8.314$  Дж/моль К,  $k = 1.38066 \times 10^{-23}$  Дж/К.

В [1,2] внутримолекулярные составляющие поляризуемости и высокочастотной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_\infty$  воды связаны с деформационным дипольным моментом, а межмолекулярные – с постоянным дипольным моментом.

Расчет составляющих  $\epsilon_\infty$  воды, проведенный в настоящей работе, показывает, что внутримолекулярные вклады в  $\epsilon_\infty$  и  $\alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}}$  должны выражаться через постоянный, а межмолекулярные – через деформационный дипольные моменты. В этом случае

$$\alpha_{\text{деф}}^{\text{внутр}} = \frac{\mu}{F} \frac{L(x_F)}{F}, \quad (6)$$

$$\alpha_{\text{деф}}^{\mu} = \frac{p_{\text{деф}}^{\mu} L(x_F)}{F}, \quad (7)$$

$$(\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}} - 1) V_0 = \frac{N_A}{\epsilon_0} \alpha_{\text{деф}}^{\text{внутр}}, \quad (8)$$

$$\epsilon_{\infty}^{\text{межм}} V_0 = \frac{N_A}{\epsilon_0} \alpha_{\text{деф}}^{\text{межм}}, \quad (9)$$

$$\epsilon_{\infty} = \epsilon_{\infty}^{\text{внутр}} + \epsilon_{\infty}^{\text{межм}}. \quad (10)$$

где  $\mu$  – постоянный дипольный момент в вакууме,  $p_{\text{деф}}^{\mu}$  – деформационный дипольный момент в направлении постоянного диполя,  $\alpha_{\text{деф}}^{\text{внутр}}$ ,  $\alpha_{\text{деф}}^{\text{межм}}$  и  $\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}}$ ,  $\epsilon_{\infty}^{\text{межм}}$  – внутримолекулярные и межмолекулярные составляющие  $\alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}}$  и  $\epsilon_{\infty}$ , соответственно.

В [3] предполагается, что внутримолекулярный вклад в высокочастотную диэлектрическую проницаемость льда и воды обусловлен деформацией электронной и ядерной плотностей

$$(\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}})^{1/2} = n_v + \Delta n_{\text{яд}}, \quad (11)$$

а межмолекулярная составляющая  $\epsilon_{\infty}$  обусловлена трансляционными и либрационными колебаниями молекул. При этом величина  $(\epsilon_{\infty})^{1/2}$  в [3] подразделяется на вклады

$$(\epsilon_{\infty})^{1/2} = n_v + \Delta n_{\text{яд}} + \Delta n_{\text{межм}}, \quad (12)$$

где  $n_v$  – оптический (электронный) показатель преломления вещества,  $\Delta n_{\text{яд}}$  – вклад в  $(\epsilon_{\infty})^{1/2}$  от деформации ядерной плотности молекул,  $\Delta n_{\text{межм}}$  – вклад в  $(\epsilon_{\infty})^{1/2}$  от трансляционных и либрационных движений молекул.

### Внутри- и межмолекулярные вклады в микроволновой показатель преломления льда и воды

Состояние	$n_{\text{эл}} + \Delta n_{\text{яд}}$	$\Delta n_{\text{либ}}$	$\Delta n_{\text{транс}}$	$\epsilon_{\infty}$
Лед, 100 К	1.350=1.310+0.040	0.073	0.347	3.1
Лед, 100 К Настоящая работа	1.5068=1.310+0.1968	0.26858		3.1518
Вода, 298.15 К	1.383	0.156	0.596	4.55
Настоящая работа	1.575786=1.33287+0.242915	0.22202		3.2321

Из выражений (11) и (12) видно, что если известны значения  $\epsilon_{\infty}$ ,  $\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}}$  и  $n_v$ , то можно найти составляющие высокочастотной диэлектрической проницаемости

$$(\epsilon_{\infty})^{1/2} - (\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}})^{1/2} = \Delta n_{\text{межм}}, \quad (13)$$

$$\Delta n_{\text{яд}} = (\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}})^{1/2} - n_v. \quad (14)$$

Значения  $\epsilon_{\infty}$  и  $\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}}$  могут быть рассчитаны из выражений (1) – (9) по известным значениям  $\epsilon_S$  [4],  $U_{\text{вз}}$  [1,2] и  $V_0$  [5]. Для нахождения значений показателя преломления  $n_v$  используем эмпирическое соотношение Эйзенберга [6]

$$f(n) = \frac{n_v^2 - 1}{n_v^2 + 2} = A \rho^B \exp(-C \times 10^{-5} t), \quad (15)$$

где  $A=0.2064709$ ,  $B=0.88538$ ,  $C=6.2037$  – постоянные коэффициенты для длины волны  $589 \times 10^{-9}$  м,  $\rho$  – плотность воды в г/см<sup>3</sup>,  $t$  – температура воды в °С. Считается, что уравнение (15) корректно описывает зависимость показателя преломления воды от давления до 1100 бар.

Значения показателя преломления воды вдоль линии насыщения (до температуры  $\tau=(T/T_{кр})=0.99363$ ), а также результаты расчетов составляющих высокочастотной диэлектрической проницаемости приведены в табл. 1. Значения  $\rho$  взяты по данным [7].

Таблица 1. Характеристики деформационной поляризации воды на линии насыщения

$T, K$	$\epsilon_s$	$\epsilon_\infty$	$\epsilon_\infty^{\text{внутр}}$	$\epsilon_\infty^{\text{межм}}$	$n_v$	$\Delta n_{\text{межм}}$	$\Delta n_{v \text{яд}}$
273.15	87.71	3.2443	2.4718	0.7725	1.334318	0.22900	0.23787
293.15	80.27	3.2468	2.4853	0.7614	1.333373	0.22538	0.24312
313.15	73.22	3.2344	2.4908	0.7436	1.330943	0.22021	0.24727
333.15	66.73	3.2117	2.4907	0.7210	1.327547	0.21392	0.25063
353.15	60.81	3.1820	2.4864	0.6956	1.323360	0.20697	0.25348
373.15	55.41	3.1465	2.4788	0.6677	1.318564	0.19942	0.25585
393.15	50.50	3.1070	2.4684	0.6386	1.31322	0.19156	0.25790
413.15	46.03	3.0646	2.4558	0.6088	1.30734	0.18351	0.25974
433.15	41.95	3.0195	2.4410	0.5785	1.30098	0.17530	0.26139
453.15	38.20	2.9712	2.4238	0.5474	1.29408	0.16687	0.26276
473.15	34.74	2.9200	2.4042	0.5158	1.28662	0.15826	0.26391
493.15	31.53	2.8654	2.3818	0.4836	1.27852	0.14947	0.26476
503.15	30.01	2.8368	2.3695	0.4673	1.27421	0.14497	0.26510
513.15	28.53	2.8067	2.3562	0.4505	1.26969	0.14034	0.26527
523.15	27.08	2.7744	2.3415	0.4329	1.26496	0.13546	0.26523
533.15	25.68	2.7416	2.3261	0.4155	1.25999	0.13061	0.26517
553.15	22.94	2.6680	2.2902	0.3778	1.24914	0.12008	0.26421
573.15	20.26	2.5830	2.2465	0.3365	1.23680	0.10835	0.26202
593.15	17.56	2.4801	2.1909	0.2892	1.22232	0.09468	0.25784
613.15	14.72	2.3475	2.1151	0.2324	1.20432	0.07782	0.25002
633.15	11.36	2.1453	1.9919	0.1534	1.17851	0.05335	0.23283
643.15	8.70	1.9381	1.8558	0.0823	1.15335	0.02988	0.21160

В табл.2 приведены экспериментальные и расчетные значения абсолютного показателя преломления и значения молярной рефракции воды [1].

Таблица 2. Значения абсолютного показателя преломления и молярной рефракции воды

$T, K$	$n_{v \text{ расч}}^{\text{абс}}$ (16)	$n_{v \text{ экс}}^{\text{абс}}$ [1]	$n_{v \text{ расч}}^{\text{абс}}$ (15)	$R_M$	$\Delta n_v$
273.15	1.3343365	1.3343396	1.3343184	14.063	0.0000031
278.15	1.3342670	1.3342671	1.3342693	14.05685	0.0000001
283.15	1.3340452	1.3340669	1.3340573	14.0504	0.0000217
288.15	1.3337589	1.3337570	1.3337803	14.04365	- 0.0000019
293.15	1.3333500	1.3333511	1.3333737	14.0366	0.0000011
298.15	1.3328483	1.3328597	1.3328708	14.02925	0.0000114
303.15	1.3322836	1.3322914	1.3323047	14.0216	0.0000078
308.15	1.3316273	1.3316528	1.3316438	14.01365	0.0000255
313.15	1.3309379	1.3309494	1.3309534	14.0054	0.0000115
315.15	1.3306381	1.3306510	1.3306524	14.002016	0.0000129
323.15	1.3293473	–	1.3293583	13.988	–
333.15	1.3275457	–	1.3275581	13.9694	–
613.15	1.199568	–	1.204318	12.9614	–
643.15	1.148220	–	1.153354	12.7976	–
$\sum (\Delta n_v = n_{v \text{ экс}} - n_{v \text{ расч}})^2 = 16.25 \times 10^{-10}$					

Значения молярной рефракции воды находились из выражений

$$R_M = (n_v^2 - 1) V_0 = \frac{N_A}{\epsilon_0} \alpha_{\text{эл}}^{\text{среды}}, \quad (16)$$

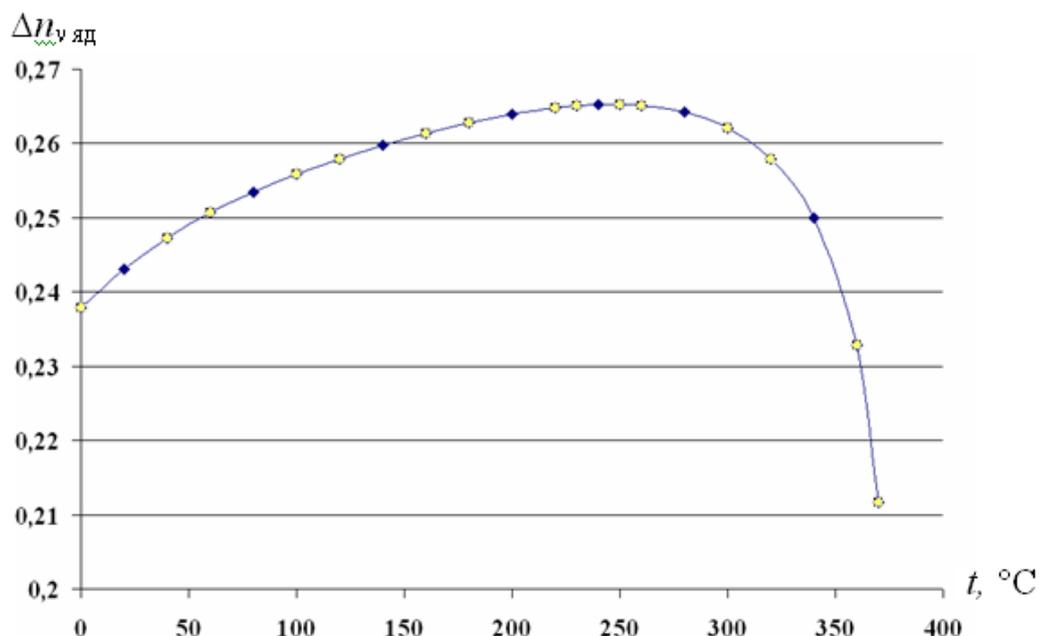
$$R_M (10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}) = 14.063 - 0.0012t - 6 \times 10^{-6} t^2 \quad (17)$$

по экспериментальным данным о величинах  $n_v$  (табл.2) и  $V_0$  [Рив].

*Обсуждение результатов.* Независимость постоянных  $A$ ,  $B$  и  $C$  от температуры и давления [1] позволяет предположить, что соотношение (15) будет применимо для воды вдоль линии насыщения в широком диапазоне температур, так как величина давления воды в критическом состоянии примерно равна 221 бар. В критическом состоянии вещество непрозрачно для световых лучей (критическая опалесценция). Величина  $n_{v \text{ расч}}^{\text{абс}} = 1.15335$  воды вблизи критической температуры ( $T=643.15\text{K}$ ) практически равна среднему из абсолютных значений показателя преломления воды (1.3343) и пара (1.0002527[1]) при нормальных условиях.

Из табл.1 следует, что при увеличении температуры воды от  $T_{\text{пл}}$  до 643.15K значения  $\epsilon_{\infty}$ ,  $\epsilon_{\infty}^{\text{внутр}}$ ,  $\epsilon_{\infty}^{\text{межм}}$ ,  $n_v$  и  $\Delta n_{\text{межм}}$  уменьшаются. Иначе ведет себя ядерная составляющая дефор-

мационной диэлектрической проницаемости воды: в интервале  $T_{пл} - 508.15\text{K}$  величина  $\Delta n_{\nu \text{ яд}}$  растет, а затем начинает уменьшаться. Температура максимума величины  $\Delta n_{\nu \text{ яд}}$  совпадает с температурой максимума произведения давления газа на объем вдоль линии насыщения [ ] и с температурой максимума коэффициента упаковки структуры воды [ ], которые практически находятся при  $T_{\text{макс}} = (\pi/4) \approx 0.785 T_{\text{кр}}$ .



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Путинцев Н. М., Путинцев Д.Н. Диэлектрическая проницаемость полярных диэлектриков // Журн. физ. химии. - 2007. - Т. 81, № 4. - С. 667–671.
2. Путинцев Н. М., Путинцев Д.Н. Деформационная поляризация вещества // Журн. физ. химии. - 2007. - Т. 81, № 4. - С. 660–666.
3. Свищев И. М. Диэлектрическая проницаемость полярной жидкости. Влияние межмолекулярных взаимодействий на дипольные ориентации // Журн. физ. химии. - 1992. - Т. 66, № 6. - С. 1537–1541.
4. Uematsu M., Franck E.U. Static Dielectric Constant of Water and Steam // J. Phys.Chem. Ref. Data - 1980. - Vol. 9, № 4. - P. 1291–1304.
5. Ривкин С. Л., Александров А. А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. - М. : Энергия, 1980. - 424 с.
6. Эйзенберг
7. Путинцев Н. М. Прогнозирование и коррекция  $PVT$ - данных различных веществ вдоль линии насыщения // Инж.-физ. журнал. - 1993. - Т. 64, № 4.- С. 433-439.
8. Путинцев Н.М., Путинцев Д.Н. Молекулярные жидкости. Точки подобия. // Доклады Академии Наук. - 2003.- Т. 390, №4. - С. 503-506.

## РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СПИРТОВ

**Зиновьева А.Б., Путинцев Д.Н., Степанова Н.В., Манюгин И.О., Путинцев Н.М.**

(г. Мурманск, Мурманский Государственный Технический Университет, кафедра химии, e-mail: putincevnm@mstu.edu.ru)

Молярную поляризацию и ее характеристики условно принято подразделять на ориентационную и деформационную. Естественное выделение из общей поляризации деформационной составляющей происходит при увеличении частоты внешнего электрического поля до некоторого "предельного" значения или при "замораживании" ориентационного процесса, происходящего при понижении температуры в переменных электрических полях. "Предельные" значения частоты, как и температуры "ориентационного плавления (замораживания)" у каждого вещества индивидуальны и зависят от строения молекул.

Экспериментальное определение величины деформационной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_{\text{деф}}$ , часто обозначаемое как  $\epsilon_{\infty}$ , осложняется рядом причин:

- невозможностью экспериментального измерения  $\epsilon_{\text{деф}}$ , так как в эксперименте измеряются только ее действительная ( $\epsilon'$ ) и мнимая ( $\epsilon''$ ) составляющие  $\epsilon'$  и  $\epsilon''$ ;
- выбором эмпирического выражения для построения графической зависимости  $\epsilon''$  от  $\epsilon'$ ;
- наличием нескольких областей дисперсии вещества.

Перечисленные причины приводят к тому, что часто значения  $\epsilon_{\infty}$  одного и того же вещества при одинаковых условиях существенно отличаются друг от друга. Так, например, для воды при 20°C приводятся значения  $\epsilon_{\infty}$ : 5.6, 4.32, 3.75, 3.17 [1] и 4.01, 4.16, 3.67, 3.34 [2].

В настоящем сообщении рассчитаны значения деформационной диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_{\infty}$ ) и предельной частоты дисперсии диэлектрической проницаемости ( $lgv^*$ ) нормальных спиртов от метанола до 1-додеканола. При нахождении величин  $lgv^*$  нормальных спиртов использовались экспериментальные значения  $\epsilon'$ , измеренных в сантиметровой области длин волн [1] и величина  $\epsilon_{\infty}$ .

Значения  $\epsilon_{\infty}$  и молярной деформационной поляризации  $P_{M, \text{деф}}^{20 \text{полн}}$  нормальных спиртов при 20°C рассчитывались по методу аддитивности и формуле [3,4]

$$P_{M, \text{деф}}^{20 \text{полн}} = (\epsilon_{\infty} - 1) V_0 = \frac{N_A}{\epsilon_0} \alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}} = \sum_i^n P_{M \infty i}^{20} \quad (1)$$

где  $P_{M \infty i}^{20}$  - молярная деформационная поляризация химических связей, имеющих место в молекуле,  $\alpha_{\text{деф}}^{\text{полн}}$  - полная деформационная поляризуемость молекулы [3,4].

Значения молярной деформационной поляризации межатомных связей, действующих в молекулах нормальных спиртов [(O<sub>sp</sub><sup>3</sup>-H), (C<sub>sp</sub><sup>3</sup>-H), (C<sub>sp</sub><sup>3</sup>-C<sub>sp</sub><sup>3</sup>) и (C<sub>sp</sub><sup>3</sup>-O<sub>sp</sub><sup>3</sup>)], находились из значений полной молярной деформационной поляризации воды, метанола, 1,4-диоксана и 2,3-диметилбутана:

$$P_{M, \text{деф}}^{20 \text{полн}} (\text{H}_2\text{O}) = 2 P_{m \infty}^{20} (\text{O}_{\text{sp}}^3 - \text{H}) = 40.549 \times 10^{-6} [3,4];$$

$$P_{M, \text{деф}}^{20 \text{полн}} (\text{CH}_3\text{OH}) = 3 P_{m \infty}^{20} (\text{C}_{\text{sp}}^3 - \text{H}) + P_{m \infty}^{20} (\text{C}_{\text{sp}}^3 - \text{O}_{\text{sp}}^3) + P_{m \infty}^{20} (\text{O}_{\text{sp}}^3 - \text{H}) = 43.782 \times 10^{-6} [3,4];$$

$$P_{M, \text{деф}}^{20 \text{полн}} (\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 8 P_{m \infty}^{20} (\text{C}_{\text{sp}}^3 - \text{H}) + P_{m \infty}^{20} (\text{C}_{\text{sp}}^3 - \text{O}_{\text{sp}}^3) + P_{m \infty}^{20} (\text{O}_{\text{sp}}^3 - \text{H}) = 103.789 \times 10^{-6};$$

$$P_{M, \text{деф}}^{20 \text{полн}} (\text{C}_6\text{H}_{14}) = 14 P_{m \infty}^{20} (\text{C}_{\text{sp}}^3 - \text{H}) + 5 P_{m \infty}^{20} (\text{C}_{\text{sp}}^3 - \text{C}_{\text{sp}}^3) = 124.829 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}.$$

Данные по воде и метанолу рассчитаны в [3,4], а значения  $P_{M.деф}^{20полн}$  ( $C_4H_8O_2$ ) и  $P_{M.деф}^{20полн}$  ( $C_6H_{14}$ ) находились из формулы (1) по экспериментальным данным о молярном объеме  $V_0^{20}$  [1] и диэлектрической проницаемости при условии, что  $\varepsilon_s^{20} = \varepsilon_\infty^{20}$  [1].

В табл.1 приведены экспериментальные данные  $\varepsilon'$  нормальных спиртов от 1-пропанола до 1-гептанола при разных частотах [1], а на рис.1 - зависимость действительной части диэлектрической проницаемости от частоты в виде  $lg v = f(\varepsilon')$ .

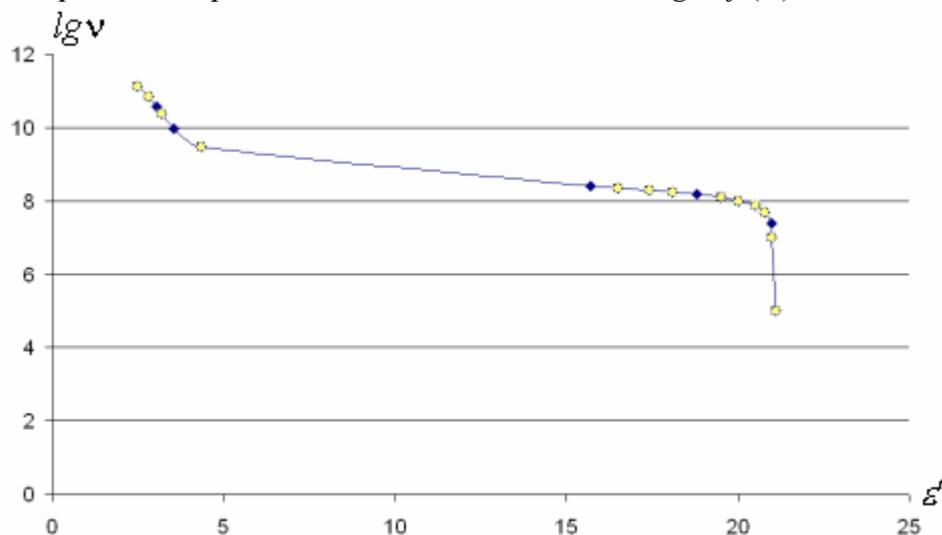


Рис. 1. Зависимость  $lg v = f(\varepsilon')$  1-пропанола

Таблица 1. Диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon'$  нормальных спиртов при 20°C

$Lg v$	$\varepsilon'$				
	1-пропанол	1-бутанол	1-пентанол	1-гексанол	1-гептanol
6	21.10	17.68	-	-	-
7	21.00	17.66	15.15	13.12	11.54
7.398	21.00	17.49	15.13	12.83	11.21
7.699	20.79	17.15	14.95	11.85	10.15
7.875	20.60	16.54	14.19	10.83	8.88
8	20.00	15.74	13.45	9.58	7.69
8.097	19.50	14.79	12.41	8.43	6.64
8.176	18.80	13.88	11.29	7.44	5.83
8.244	18.10	12.91	9.24	6.59	5.23
8.301	17.40	11.95	8.37	5.92	4.74
8.353	16.50	10.97	7.51	5.34	4.38
8.398	15.70	10.02	6.72	4.89	4.05
9.473	4.35	3.69	3.33	3.08	2.93
9.969	3.53	3.16	2.91	2.75	2.62
10.380	3.20	2.88	2.67	2.55	2.48
11.135	2.48	2.37	2.32	2.31	2.24

Считается, что нормальные спирты (от  $C_4$  до  $C_{12}$ ) в диапазоне длин волн от 30 ( $lg v=9$ ) до 0.22см ( $lg v=11.135$ ) имеют три области дисперсии, каждой из которых характерны

свои значения  $\varepsilon_{\infty i}$ ,  $lg v_i^*$ , зависящие от температуры и от длины углеродной цепочки [1]. Зависимость  $lg v^* = f(\varepsilon')$  (рис.1), полученная нами, наглядно подтверждает вышеприведенную интерпретацию дисперсии нормальных спиртов.

В табл.2 приведены значения характеристик высокочастотной поляризации нормальных спиртов.

**Таблица 2.** Характеристики поляризации нормальных спиртов [1]

Вещество	$P_{M\text{ деф}}^{20}$	$lg v^*$	$\varepsilon_{\infty}$ расч.	$\varepsilon_{\infty}$ сир [1]	$n_D^2$ [1]	$\varepsilon_{\infty}/n_D^2$
CH <sub>4</sub> O	43.782	12.243	2.082	4.5; 5.57	1.76465	1.180
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	65.400	11.933	2.120	1.85; 4.2; 4.5; 8.3	1.85349	1.143
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	87.018	11.574	2.164	$\varepsilon_{\infty 3}=2.24$	1.91978	1.127
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	108.636	11.469	2.186	3.38; $\varepsilon_{\infty 2}=2.13$	1.95901	1.116
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	130.254	11.431	2.203	$\varepsilon_{\infty 3}=2.20$	1.98810	1.108
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	151.872	11.458	2.217	$\varepsilon_{\infty 3}=2.19$	2.00846	1,104
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O	173.490	11.199	2.226	2.17; 2.28	2.03034	1.096
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	195.108	11.073	2.236	2.17; $\varepsilon_{\infty 3}=2.21$	2.04376	1.094
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O	216.726	10.844	2.243	$\varepsilon_{\infty 2}=2.16$	2.05435	1.092
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> O	238.344	10.889	2.249	$\varepsilon_{\infty 2}=2.5$	2.0655 [5]	1.089
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> O	259.962	-	2.252	$\varepsilon_{\infty}^{40} = 2.12$	2.07130	1.087
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O	281.580	-	-	$\varepsilon_{\infty}^{40} = 2.11$	-	-

**Примечание.** Величина  $lg v^*$  этилового спирта найдена из выражения (4).

Анализ данных табл.2 показывает, что значения молярной деформационной поляризации спиртов (от метанола до 1-додеканаола) подчиняются зависимости

$$P_{M\text{ деф}}^{20} = [43.782 + 2(N_C - 1) \times 4,185 + (N_C - 1) \times 13.248] \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}, \quad (2)$$

где  $43.782 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$  – молярная деформационная поляризация метанола,  $N_C$  – число атомов углерода в молекуле,  $4,185 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$  и  $13.248 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$  – молярные поляризации связей ( $C_{sp^3} - H$ ) и ( $C_{sp^3} - C_{sp^3}$ ), соответственно. Из данных табл.2. следует, что с ростом числа атомов углерода в молекуле значения  $\varepsilon_{\infty}$  и  $n_D^2$  увеличиваются, а значения  $lg v^*$  и  $(\varepsilon_{\infty}/n_D^2)$  – уменьшаются.

Из табл.2 видно, что экспериментальные значения  $\varepsilon_{\infty}$  нормальных спиртов в некоторых случаях существенно расходятся с найденными по аддитивной схеме. Причины указанных расхождений перечислены выше. Расхождение в случае низкомолекулярных спиртов (метанол, этанол), обусловлено отсутствием измерений в области очень коротких длин волн [ $v^*(CH_4O)=0.017$  и  $v^*(C_2H_6O)=0.036\text{см}$ ]. У метанола величина  $\varepsilon_{\infty 2}$ , приведенная для интервала температур (176.6 -204.6)К, уменьшается от 8.5 до 7.7 [1]. Экстраполяция значений  $\varepsilon_{\infty 2}$  к температуре 293.15К приводит к  $\varepsilon_{\infty 2} \approx 5.1$ , что существенно больше, чем рассчитанное нами значение. Большая величина расхождений теоретических и экспериментальных значений  $\varepsilon_{\infty}$ , в данном случае, говорит о не учтенной третьей области дисперсии.

Проведенный анализ дисперсии диэлектрической поляризации полезен для определения значений характеристик деформационной поляризации молекулярных систем и анализа структуры вещества, а совместное использование методов аддитивности и прогнозирования деформационной молярной поляризации [3,4] позволяет определять значения предельной частоты  $\nu^*$  высокочастотной области дисперсии вещества.

**Список литературы:**

1. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические параметры чистых жидкостей. М.: МАИ.1999. 854 с.
2. Любимов Ю.А. // Журн. физ. химии, 2006. Т.80.№12. С.2278.
3. Путинцев Н.М, Путинцев Д.Н. // Журн. физ. химии, 2007. Т.81.№4. С.660
4. Путинцев Д. Н., Путинцев Н. М. //Журн. физ. химии, 2008. Т.82. №8. С.1474.
5. Справочник химика. Л.: Изд-во «Химия».1971. Т.IV. 919 с.

## РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НИТРИЛОВ

**Манютин И.О., Зиновьева А.Б., Степанова Н.В., Коновалова И.Н., Путинцев Д.Н., Путинцев Н.М.** (г. Мурманск, Мурманский Государственный Технический Университет, кафедра химии, e-mail: putincevnm@mstu.edu.ru)

Нитрилы – органические соединения, содержащие одну или несколько цианогрупп. Проанализируем значения деформационной молярной поляризации и диэлектрической проницаемости нитрилов ряда  $\text{CH}_3\text{CN}(\text{CH}_2)_n$ , где  $n=0,1,2,\dots$ . Для этого произведем расчет характеристик поляризации пропионитрила ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$ ) при  $20^\circ\text{C}$  [1-3]:

$$P_M = (\varepsilon_S - 1)V_0 = \frac{N_A}{\varepsilon_0} \left[ \frac{p^2}{kT} L(x_F) \right], \quad (1)$$

$$L(x_F) \approx \frac{2U_{вз}}{2U_{вз} + RT} = \frac{2u_{вз}}{2u_{вз} + kT}, \quad (2)$$

$$N_A p F L(x_F) = 2U_{вз}. \quad (3)$$

$$N_A \alpha_{деф}^{полн} F^2 = 2U_{вз}, \quad (4)$$

$$P_{M.деф}^{полн} = (\varepsilon_\infty - 1)V_0 = \frac{N_A}{\varepsilon_0} \alpha_{деф}^{полн}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_S$  - статическая диэлектрическая проницаемость,  $\varepsilon_\infty$  - деформационная составляющая диэлектрической проницаемости,  $p$  - дипольный момент молекулы в среде,  $V_0$  – мольный объем,  $N_A = 6.022 \times 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>,  $L(x_F)$  - функция Ланжевена,  $F$  – величина напряженности локального электрического поля,  $U_{вз}$  - внутренняя энергия взаимодействия,  $P_{M.деф}^{полн}$  - полная деформационная молярная поляризация,  $\alpha_{деф}^{полн}$  - полная деформационная поляризуемость молекулы.

Расчет значений  $P_{M.деф}^{полн}$  и  $\varepsilon_\infty$  нитрилов произведем по данным пропионитрила, так как для этого вещества можно определить величину  $U_{вз}$  при  $20^\circ\text{C}$ , а данные по  $\varepsilon_S$  при  $20^\circ\text{C}$  различных авторов не сильно отличаются друг от друга (27.7 [4], 27 [5], 28.86 [6]). Примем, что  $\varepsilon_S^{20} = 27.7$ , так как это значение ближе к среднему из приведенных величин.

Величину энергии взаимодействия ( $U_{вз}^{20} = 34350$  Дж/моль) при  $20^\circ\text{C}$  находим линейной интерполяцией по значениям  $U_{вз}$  при  $25^\circ\text{C}$  (33930 Дж/моль) [7] и при температуре кипения  $\{U_{вз}(97.16^\circ\text{C}) \approx \Delta H_{пар} - RT_{кип} \approx 27880$  Дж/моль} [4]. Величина  $V_0$  при  $T = 293.15\text{K}$  равна  $70.450 \times 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль [6]. Подставляя эти данные в (1) - (5), получаем:  $L(x_F) = 0.96574$ ,  $p = 10.766 \times 10^{-30}$  Кл м = 3.228D,  $F = 1.10196 \times 10^{10}$  В/м,  $\varepsilon_\infty$  (1.915),  $\alpha_{деф}^{20 полн} = 947.573 \times 10^{-42}$  Кл м<sup>2</sup>/В,  $P_{M.деф}^{20 полн} = 64.447 \times 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль.

Величина постоянного дипольного момента молекулы ( $\mu$ ) пропионитрила в газе по данным [8] равна 3.7D, а по данным [4,5] - 4.0D. Расчетное значение дипольного момента молекулы в жидком состоянии при  $T = 293.15\text{K}$  (3.228D) меньше величины постоянного дипольного момента ( $\mu$ ) молекулы  $\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$ .

Представим величину молярной поляризации пропионитрила в виде суммы молярных поляризаций связей

$$P_{деф}^{20 полн} = 5 P_{M.деф}^{20 полн} (\text{C}_{sp}^3 - \text{H}) + P_{M.деф}^{20 полн} (\text{C}_{sp}^3 - \text{C}_{sp}^3) + P_{M.деф}^{20 полн} (\text{C}_{sp^3} - \text{C}_{sp} \equiv \text{N}_{sp}) = (\varepsilon_\infty - 1)V_0.$$

Значения  $P_{деф}^{20\text{полн}}$  связей  $(C_{sp^3}-H)$  и  $(C_{sp^3}-C_{sp^3})$  определим из значений полной молярной деформационной поляризации воды, метанола, 1,4-диоксана и 2,3-диметилбутана. Данные по воде и метанолу рассчитаны в [1-3], а значения  $P_{M.деф}^{20\text{полн}}$  ( $C_4H_8O_2$ ) и  $P_{M.деф}^{20\text{полн}}$  ( $C_6H_{14}$ ) находились из формулы (5) по экспериментальным данным о диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_\infty^{20}$  [6]) и  $V_0^{20}$  [6]. Значения  $P_{M.деф}^{20\text{полн}}$  связей  $(C_{sp^3}-H)$  и  $(C_{sp^3}-C_{sp^3})$ :  $4.185 \times 10^{-6}$  ( $C_{sp^3}-H$ ) и  $13.248 \times 10^{-6}$  ( $C_{sp^3}-C_{sp^3}$ ) м<sup>3</sup>/моль. Отсюда величина  $P_{M.деф}^{20\text{полн}}$  группы связей  $(C_{sp^3}-C_{sp^3} \equiv N_{sp})$  в нитрилах при 20°C равна:

$$P_{M.деф}^{20\text{полн}}(C_{sp^3}-C_{sp^3} \equiv N_{sp}) = 30.274 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}.$$

Молярная деформационная поляризация нитрилов ряда  $CH_3CN(CH_2)_n$  может быть записана в виде

$$P_{M.деф}^{20\text{полн}} = \{42.829 + (N_C - 2) \times 21.618\} \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}, \quad (6)$$

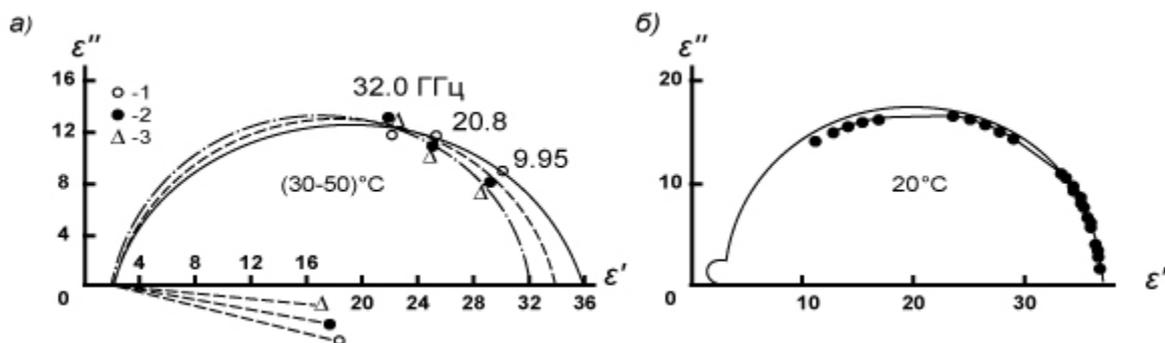
где  $P_{M.деф}^{20\text{полн}} = 42.829 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$  - деформационная молярная поляризация ацетонитрила, а  $N_C$  - число атомов углерода в молекуле.

*Ацетонитрил* ( $CH_3CN$ ). В предположении аддитивности деформационная молярная поляризация ацетонитрила  $P_{M.деф}^{полн}$  равна:

$$P_{M.деф}^{20\text{полн}} = 3 P_{M.деф}^{20\text{полн}}(C_{sp^3}-H) + P_{M.деф}^{20\text{полн}}(C_{sp^3}-C_{sp^3} \equiv N_{sp}) = (\epsilon_\infty - 1)V_0 = 42.829 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}.$$

Значения  $V_0$  и  $\epsilon_S$ :  $V_0^{20} = 52.246 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$  [6],  $\epsilon_S^{20} = 36.76$  [6,9]. Из выражения (6) при  $P_{M.деф}^{20\text{полн}} = 42.829 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$  и  $V_0^{20} = 52.246 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ , получаем:  $\epsilon_\infty^{20} = 1.820$ .

На рис. 1,а) представлена графическая зависимость  $\epsilon'' = f(\epsilon')$  ацетонитрила, из которой видно, что  $\epsilon_\infty^{20} \approx 2$ . Из аналогичных зависимостей пропионитрила и валеронитрила [6] также следует, что значения  $\epsilon_\infty^{20}$  этих веществ приближенно равны 2.



**Рис. 1.** а) - зависимость  $\epsilon'' = f(\epsilon')$  ацетонитрила при температурах 30, 40 и 50°C [6]; б) точки - эксперимент при 20°C; линия - расчет при 25°C [10]

Справочные данные  $\epsilon_\infty^{25}$  ацетонитрила, определенные экстраполяцией экспериментальной зависимости  $\epsilon'' = f(\epsilon')$ , равны:  $\epsilon_\infty^{25} = 3.51$  (0-89 ГГц) [11],  $\epsilon_{\infty 1}^{25} = 4.00$  (0.9-40 ГГц) и  $\epsilon_{\infty 2}^{25} = 2.26$  (0.9 -89 ГГц) [12]. В [9] экстраполяция экспериментальной зависимости  $\epsilon'' = f(\epsilon')$  для  $\epsilon_\infty^{20}$  дает: 2.18 (уравнение Дебая); 2.30 (уравнение Дэвидсона-Коула) и 2.20 (уравнение Дис-

садо-Хилла). Величина  $\varepsilon_{\infty}^{20}$ , найденная в [9] из соотношения Клаузиуса-Моссотти с использованием молярных рефракций химических связей по Левину, равна 1.82.

Величина  $\varepsilon_{\infty}^{20}$  ацетонитрила, рассчитанная в настоящей работе, меньше значения  $\varepsilon_{\infty 2}^{25}=2.26$  [12]. Этот факт может говорить о том, что у нитрилов имеется третья область дисперсии, которая, как и у метанола (рис.2)[12], представлена в виде малой полуокружности на левом краю зависимости  $\varepsilon''=f(\varepsilon')$ .

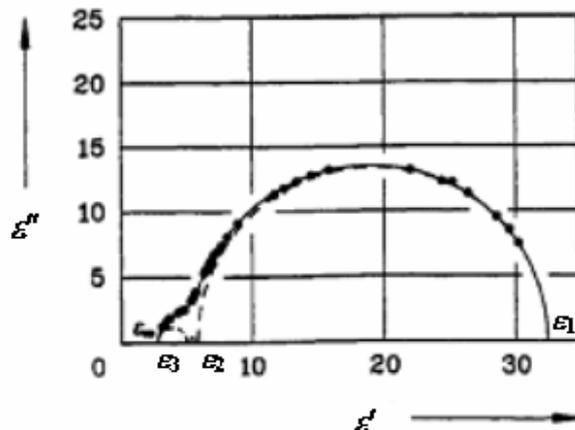


Рис. 2. Зависимость  $\varepsilon''=f(\varepsilon')$  метанола при 298.15К [12]

Это предположение подтверждается видом графической экстраполяции зависимости  $\varepsilon''=f(\varepsilon')$ , изображенной на рис.1,б, которая, по-видимому, как и в метаноле, представляет собой результат наложения трех областей дисперсии Дебая [12]. Из рис. 1, б) можно видеть, что значение  $\varepsilon_{\infty}^{20}$  ацетонитрила практически совпадает с величиной  $(n_D^{20})^2=1.80660$ (табл.).

Из выражения (6) найдем значения деформационной диэлектрической проницаемости нитрилов ряда  $\text{CH}_3\text{CN}(\text{CH}_2)_n$ :  $\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$  (бутиронитрил),  $\text{C}_4\text{H}_9\text{CN}$  (валеронитрил),  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{CN}$  (пентаннитрил),  $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{CN}$  (гесаннитрил) и  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CN}$  (стеаронитрил). Значения характеристик поляризации нитрилов сведем в таблицу. Из таблицы видно, что с ростом числа атомов углерода в молекулах нитрилов ряда  $\text{CH}_3\text{CN}(\text{CH}_2)_n$  значения  $\varepsilon_S^{20}$  уменьшаются, а  $\varepsilon_{\infty}^{20}$ ,  $(n_D^{20})^2$  и  $\varepsilon_{\infty}^{20}/(n_D^{20})^2$  - увеличиваются.

Таблица. Значения характеристик поляризации нитрилов ( $P_{M.деф}^{20полн}$  и  $V_0$ ,  $10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль)

Формула	$P_{M.деф}^{20полн}$	$V_0$ [6]	$\varepsilon_S^{20}$ [6]	$\varepsilon_{\infty}^{20}$ (расч.)	$(n_D^{20})^2$ [6]	$\varepsilon_{\infty}^{20}/(n_D^{20})^2$
$\text{CH}_3\text{CN}$	42.829	52.246	36.76	1.820	1.80660	1.0074
$\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$	64.447	70.450	27.7 [4]	1.915	1.86541	1.0266
$\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$	86.065	87.354	24.73	1.985	1.91490	1.0366
$\text{C}_4\text{H}_9\text{CN}$	107.683	104.570	20.14	2.030	1.95189	1.0400
$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{CN}$	129.301	120.666	17.70	2.072	1.97937	1.0468
$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{CN}$	172.537	153.919	-	2.121	2.01697	1.0516
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CN}$	388.717	-	-	-	-	-

Справочное значение  $\varepsilon_{\infty}$  валеронитрила (1.93) [6] при температурах 30, 40 и 50°C может рассматриваться в качестве приближенного значения  $\varepsilon_{\infty}^{20}$ , так как в данном случае не приводится зависимость  $\varepsilon_{\infty}$  от температуры (из-за невысокой "разрешающей способности"

метода определения  $\varepsilon_\infty$ ). Значение  $\varepsilon_\infty^{20}$  валеронитрила, найденное в настоящей работе (2.030), отличается от справочного на 5%, что в принципе находится в пределах погрешности "экспериментального" метода определения  $\varepsilon_\infty$ .

Хорошее согласие "экспериментального" и расчетного значений  $\varepsilon_\infty$  валеронитрила позволяет считать, что значения высокочастотной диэлектрической проницаемости нитрилов ряда  $\text{CH}_3\text{CN}(\text{CH}_2)_n$ , а также величина молярной деформационной поляризации  $P_{M.деф}^{20полн}$  ( $C_{sp3} - C_{sp} \equiv N_{sp}$ ) определены достаточно надежно.

#### Литература:

1. Путинцев Н.М., Путинцев Д.Н. // Журн. физ. химии. 2007. Т.81. №4. С.667-671.
2. Путинцев Н.М., Путинцев Д.Н. // Журн. физ. химии. 2007. Т.81. №4. С.660-667.
3. Путинцев Д.Н., Путинцев Н.М. // Журн. физ. химии. 2008. Т.82. №8. С. 1474-1478.
4. Справочник химика: Общие сведения. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника / 3-е изд., испр. Л.: Химия. Ленингр. отд-е. 1971.Т.1. 1070 с.
5. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М.: Мир. 1976. 541 с.
6. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические параметры чистых жидкостей. Справочник. М.: Изд-во МАИ, 1999. 856 с
7. Рудаков Е.С. Термодинамика межмолекулярного взаимодействия. Новосибирск: Изд-во НГУ. 1968. 387 с.
8. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия. 1982. 591 с.
9. Усачева Т.М., Лифанов Н.В., Журавлев В.И., Новоселов А.А., Матвеев В.К. // Журн. физ. химии. 2000. Т.74. №11. С. 1962-1970.
10. Лященко А.К., Новскова Т.А. // Журн. физ. химии. 2002. Т.76. №11. С. 1949-1955.
11. Castner E. W., and Maroncelli M. // J. Mol. Liquids. 1998. 77. PP. 1-36.
12. Barthel J. and Buchner R. // Pure Appl. Chem. 1991. Vol. 63. №10. PP. 1473-1482.

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ДИАЗОЛОВ В РЕАКЦИЯХ С ДИМЕТИЛХЛОРИДИМЕТИЛХЛОРИДИСИЛАНОМ

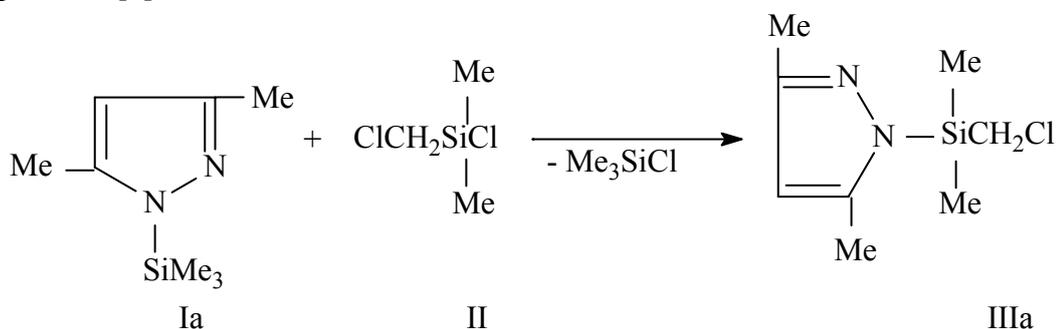
Белова Л.О., Панфилова В.М., Кирилин А.Д. (г. Москва, Московская государственная академия тонкой химической технологии имени М. В. Ломоносова, кафедра химии и технологии элементоорганических соединений им. К.А. Андрианова, [lya17@mail.ru](mailto:lya17@mail.ru)).

We have learned the behaviour of 3,5-dimethylpyrazole, 3(5)-methylpyrazole, imidazol and their trimethylsilyle derivatives in reactions with hexamethyldisilazane. It was determined, that this processes is accompanied with preparation of products resilation, which in conditions of synthesis are isomerise to products of Si-methylation.

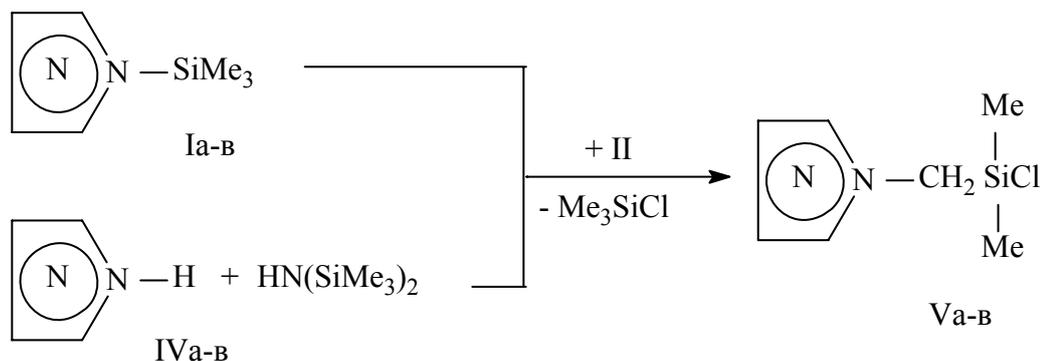
Ароматические гетероциклические соединения широко распространены в природе, они составляют основу многих природных биологически активных веществ и лекарственных препаратов. Среди них большое значение имеют имидазол и пиразол - пятичленные гетероциклы, содержащие в своем составе два атома азота.

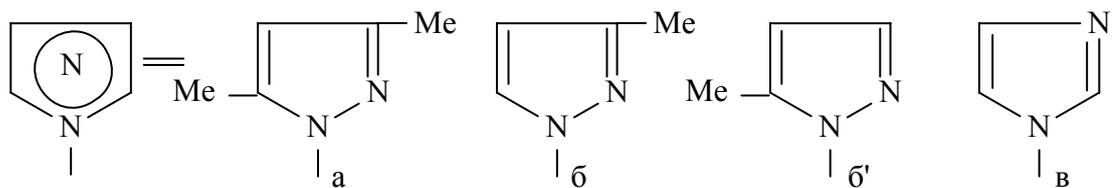
Однако кремнийорганические производные этих соединений изучены мало. С целью получения новых знаний в области кремнийорганических диазолов и расширения их прикладной направленности, нами было изучено поведение имидазола, 3(5)-метилпиразола и 3,5-диметилпиразола, а также их триметилсилильных продуктов в реакциях с диметилхлорметилхлорсиланом.

Ранее было показано, что взаимодействие 1-триметилсилил-3,5-диметилпиразола (Ia) с диметилхлорметилхлорсиланом (II) протекает исключительно как процесс пересилилирования [1].



Осуществленное нами детальное изучение этого процесса показало, что как сами диазолы (IV) в присутствии гексаметилдисилазана, так и их триметилсилильные аналоги (I), в реакциях с диметилхлорметилхлорсиланом (II) ведут себя одинаково - образуют исключительно продукты кремнийметилирования (V).





R = Me, Et

Факт получения в данных реакциях исключительно продуктов кремнийметилирования был доказан на основании данных спектров ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{13}\text{C}$  и элементного анализа, а также косвенным методом, - с помощью их химических превращений.

Литература:

1. Шелудяков В.Д., Викторов Н.А., Ткачев А.С., Миронов В.Ф. // ЖОХ. 1977. Т. 47. Вып. 1. С. 90.

## ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАНОХИМИИ

**Булычев Н.А., Кистерев Э.В.** (*г. Москва, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, E-mail: nbulychev@mail.ru*)

The application of ultrasonic techniques in nanochemistry was discussed. Ultrasonic treatment has been demonstrated to be a powerful method for synthesis of highly dispersed stable colloidal systems like emulsions and suspensions as well as polymer based composite materials, including controlled entrainment of nanoparticles into surface layers of thermo-responsive polymers.

Стремительное развитие нанотехнологий в последние годы обусловлено требованиями времени. Сегодня наиболее перспективными являются направления и задачи, возникающие на стыке различных областей знания, требующие новых подходов, использования современных высокотехнологичных и наукоемких методов для их решения. Одним из примеров такого взаимодействия различных направлений в нанохимии является применение физико-механических методов воздействия на химические системы. При этом ультразвуковое воздействие как один из таких методов заслуживает внимательного изучения.

В течение ряда лет в нашей лаборатории проводятся исследования влияния ультразвукового воздействия на различные процессы на субмикронном и наноуровне. В частности, показана возможность контролируемого синтеза стабильных высокодисперсных коллоидных систем неорганических и органических материалов в различных средах, модификации поверхности в гетерофазных системах, направленного синтеза наноматериалов и создания на их основе наноструктурных покрытий и т.д.

Действие ультразвука на жидкофазные и коллоидные системы основано на явлении кавитации, которое возникает в жидкости в результате местного понижения давления при прохождении акустической волны большой интенсивности. Образовавшиеся кавитационные пузырьки, перемещаясь в область с более высоким давлением, захлопываются, излучая при этом вторичные ударные волны. При этом значения локального давления и температуры повышаются в сотни раз.

Одним из основных направлений применения ультразвука в нанотехнологиях является исследование адсорбции высокомолекулярных соединений (полимеров) на поверхности частиц в дисперсных системах, в том числе под влиянием интенсивного механического, в частности, ультразвукового воздействия, с целью модификации поверхности частиц и придания ей новых свойств. Ультразвуковая обработка гетерофазных систем приводит не только к эффективному диспергированию дисперсной фазы в дисперсной среде, но и к разрушению частиц фазы с созданием на свежееобразованной поверхности дефектных областей с нескомпенсированными связями, что во много раз ускоряет процессы адсорбции ПАВ и ВМС, способствует образованию плотных поверхностных слоев контролируемой структуры, которые придают поверхности дисперсной фазы и системе в целом новые свойства.

Дисперсные системы на основе неорганических пигментов и полимеров в этом случае могут быть использованы как модельные системы для выявления фундаментальных закономерностей взаимодействия полимеров с твердой поверхностью. В то же время гидрофильные и гидрофобные полимеры представляют интерес в качестве стабилизаторов дисперсных систем в водных средах. Существенно, что полимерные стабилизаторы выполняют и другую важную функцию, являясь пленкообразующими компонентами лакокрасочных материалов и покрытий, повышающими уровень их свойств и качество конечной продукции.

При этом основную роль в формировании комплекса свойств дисперсной системы играют наноструктурные процессы, происходящие в зоне контакта макромолекул с поверхностью частиц, которые определяют параметры, наноструктуру и нанорельеф поверхностного слоя, ориентацию макромолекул, конформационные превращения молекул при адсорбции.

Данные по изучению адсорбции высокомолекулярных соединений на межфазной поверхности при механоактивации в ультразвуковом поле подтверждают взаимосвязь двух факторов агрегативной и фазовой устойчивости дисперсных систем – электростатическом и адсорбционно-сольватном барьерах. С помощью метода электрокинетической звуковой амплитуды оценены значения  $\zeta$ -потенциала, являющегося характеристикой электрических свойств границы раздела. Развивая представления об адсорбционных и диффузных слоях в структуре коллоидных частиц, с помощью этого метода проведен расчет и дано обоснование модели строения адсорбционного слоя.

Ранее с использованием ИК-спектроскопии показано, что механообработка приводит к увеличению количества адсорбированного полимера на поверхности пигментов  $TiO_2$  и  $Fe_2O_3$ . При помощи метода электрокинетической звуковой амплитуды для водных дисперсных систем  $TiO_2$  и  $Fe_2O_3$  были установлены концентрации, при которых наблюдается насыщение адсорбционного слоя полимером, показано практически полное осаждение полимера на поверхности пигментов. На основании полученных данных были вычислены значения толщины адсорбционных слоев полимера, доказано протекание активированной адсорбции полимеров, сопровождающейся ростом толщины адсорбционного слоя и образованием более стабильной и высокодисперсной системы.

Специально синтезированные для этих исследований новые амфифильные блочные и блочно-градиентные сополимеры позволили получить принципиально важную фундаментальную информацию о влиянии различий в наноструктуре макромолекул сополимеров на их поведение на границе раздела фаз (твердая фаза-жидкость и жидкость-жидкость), об их поверхностной активности, нано- и микродоменной морфологии в конденсированном состоянии. Эти результаты помимо их фундаментально-научного значения открывают перспективы для практического применения подобных полимеров как коллоидных стабилизаторов, модификаторов наполнителей и пигментов, материалов для газоразделительных и других сепарирующих мембран.

Для ряда сходных по составу блочных и блочно-градиентных сополимеров акриловой кислоты и изоборнилакрилата показано определяющее влияние архитектуры сополимеров на их поведение на границе раздела фаз. Установлено, что блочные и блочно-градиентные сополимеры образуют поверхностные слои с различной наноструктурой. Предложены и подтверждены молекулярные модели взаимодействия блочных и блочно-градиентных сополимеров с межфазной поверхностью различной природы.

Другим направлением применения ультразвуковых технологий в нанотехнологиях является синтез наноматериалов в поле интенсивных ультразвуковых колебаний методом плазменного разряда. Было установлено, что интенсивные ультразвуковые колебания выше порога кавитации изменяют параметры плазменного разряда в жидкости и в кавитационной области существует новая форма плазменного разряда - объемный аномальный тлеющий разряд. Эта новая форма плазменного разряда в поле ультразвука получила название соноплазменного разряда. Такой разряд инициирует синтез наноматериалов – наночастиц металлов, оксидов металлов и неметаллов, в том числе высокоэффективных наносцинтилляторов, наноглеродных структур и др. с особыми свойствами, которые можно направленно регулировать. В результате удается синтезировать наночастицы заданных форм и размеров, а также наночастицы контролируемого химического состава, формы и распределения по размерам.

## ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОЛИТНЫХ РАСТВОРОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ОТ ПРИМЕСЕЙ ЖЕЛЕЗА

**Васёха М.В., Мотов Д.Л.** <sup>г. Мурманск, МГТУ, кафедра химии, E-mail: Vasyoha@rambler.ru;</sup> <sup>г. Анапты, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН, E-mail: motov@chemy.kolasc.net.ru)</sup>

Разработан усовершенствованный вариант очистки электролита от железа, по которому вначале выделяется медь цементацией никелем, а затем при введении карбоната никеля и окислении кислородом воздуха осаждается гидроксид железа, подвергающийся конверсии в феррисульфит, с термогидролизом суспензии, фильтрацией и промывкой гидролизата, термообработкой и получением пигментного оксида железа(III).

При проведении исследований по переработке первичного железистого кека в соответствии с предложенной нами ранее сульфитной технологией, описанной в работах [1, 2], установлено, что находящаяся в продукте примесная медь полностью из него не выделяется. Около 30% содержащейся в кеке меди проходит через технологическую схему сульфитной конверсии и попадает в железооксидный пигмент. Это связано с тем, что в процессе сульфитизации ионы Cu(II) переходят в Cu(I) и соосаждаются с сульфитом железа в виде сульфита меди  $\text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , либо в виде соли Шевреля  $\text{Cu}_3(\text{SO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [3].

Поэтому при использовании сульфита натрия в качестве восстановителя Fe(III) и одновременно осадителя железа(II) целесообразно в электролите провести предварительную цементацию меди.

Проведенные исследования показали, что при контакте электролита, не прошедшего стадию железоочистки, с металлическим никелем в режиме активного перемешивания при 25°C за 6 часов происходит практически полное выделение из раствора меди. Нагревание раствора до 50°C позволяет сократить продолжительность этого процесса до 1 - 1.5 часа. Это говорит о том, что цементация меди может проводиться в присутствии ионов железа(II).

Для физико-химического обоснования сульфитной железоочистки проведено физико-химическое исследование системы  $\text{FeCl}_2\text{--Na}_2\text{SO}_3\text{--H}_2\text{O}$  при комнатной температуре.

Установлено, что в зависимости от величины pH раствора и мольного соотношения реагентов происходит образование феррисульфитов натрия различного состава –  $\text{NaFe}_5\text{O}_{0,5}(\text{SO}_3)_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHFe}_5(\text{SO}_3)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHFe}_2(\text{SO}_3)_3$  и  $\text{Na}_2\text{Fe}_5(\text{SO}_3)_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Исследование данного класса соединений проведено впервые.

Установлены мольные отношения, при которых образуются указанные вещества.

Кристаллооптические исследования показали, что феррисульфиты натрия представляют собой высокопреломляющие зерна оранжево-желтого цвета.  $\text{Na}_2\text{Fe}_5(\text{SO}_3)_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  обладает слабой анизотропией, остальные оптически изотропны. Для данных веществ установлены показатели преломления.

Рентгенограммы свидетельствуют, что феррисульфиты натрия рентгеноаморфны. Это, вероятно, связано с тем, что в условиях синтеза имеет место быстрое взаимодействие компонентов с образованием многих центров кристаллизации, отсутствуют условия роста кристаллов и последние остаются в рентгеноаморфном состоянии. Отсутствие структурированных твердых фаз при введении в никелевый анолит сульфита натрия в тех же молярных отношениях, которые использовались при изучении системы  $\text{FeCl}_2\text{--Na}_2\text{SO}_3\text{--H}_2\text{O}$ , связано также с проявлением конкурирующей реакции комплексообразования между сульфитом и никелем. Устранить ее влияние при высокой концентрации никеля в электролите не представляется возможным, а это диктует необходимость первичного

осаждения железа(III) в виде гидроксида с его последующей сульфитизацией с помощью сульфита натрия.

На основании анализа ИК спектров феррисульфитов натрия предложены предполагаемые структурные схемы их молекул.

Термогравиметрический анализ привел к заключению, что феррисульфиты натрия разлагаются с удалением воды и  $\text{H}_2\text{SO}_3$  за счет внутреннего гидролиза.

Наибольший интерес для технологии представляет гидроксоферрисульфит натрия  $\text{NaHFe}_2(\text{SO}_3)_3$ , образующийся при эквимольном отношении железа к сульфиту натрия.

Предложено проводить цементацию меди до стадии железоочистки. При отсутствии меди осаждение железа(III) в виде гидроксида протекает по несколько иному механизму, приводящему к образованию железистого кека с иной текстурой. При его сульфитизации получается твердая фаза, отличающаяся от ранее изученных. Она представляет собой среднюю соль имеющую формулу  $\text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_3)_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

С целью установления возможности использования  $\text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_3)_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  в качестве прекурсора для получения железооксидного пигмента проведен его термогравиметрический анализ с отсечками при 180, 500 и 950 °С со снятием их ИК-спектров и рентгенограммы.

Поведение феррисульфита при нагревании показывает, что в прокаленном продукте остается сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , а это делает невозможным его непосредственное использование в качестве прекурсора пигмента. Поэтому необходимым представляется проведение термолиза феррисульфита натрия  $\text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_3)_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , что позволит регенерировать сульфит натрия, извлечь ценные компоненты и отделить осадок от сульфата натрия, наличие которого не позволит получить качественный пигмент.

Полученный при термолизе и отмытый гидратированный оксид железа(II), после последующей термообработки переходит в пигментный оксид железа(III).

На основании проведенных исследований предложена усовершенствованная схема очистки электролита от железа, которая была проверена на электролите, предварительно очищенном от меди путем цементации.

Предложенный вариант железоочистки дает более высокие результаты по снижению потери ценных компонентов. Извлечение по никелю повышено до 96%, по кобальту до 85%, а по меди до 100% в связи с ее отсутствием в первичном железистом кеке.

Пигментный материал представляет собой тонкодисперсный порошок со следующими пигментными свойствами: рН водной вытяжки 5.66, водорастворимые соли 1.30%, маслосмолность 34.5 г/100г, укрывистость 15.3 г/м<sup>3</sup>, потери при прокаливании 0.4%, диспергируемость по «клину» 40 мкм.

По пигментным характеристикам он сравним с железооксидными пигментами, выпускаемым в РФ по ТУ 2322-166-05-01-1907-98, и коричневым марки R663 (Китай).

### Список литературы:

1. *Мотов Д.Л., Васёха М.В.* К вопросу гидрометаллургии железистого кека // *Металлы.* 2005. №1. С.42-47.
2. *Мотов Д.Л., Васёха М.В.* О гидрометаллургической переработке железистого кека с доизвлечением цветных металлов и получением пигмента // *Металлы.* 2007. №3. С.8-13.
3. *Шибанов В.Н., Хадыкина Е.А., Соловьев Е.М.* Состав и устойчивость полиядерного сульфитного комплекса меди // *Журн. прикл. химии.* 2002. Т.75. Вып. 11. с. 1776-1779.

## САМОРАЗВИВАЮЩАЯСЯ И САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ СИСТЕМА В САПРОПЕЛЕОБРАЗОВАНИИ

**Введенская И.В.** (г.Тула, ТГПУ им. Л.Н.Толстого, кафедра «Общеобразовательных дисциплин»),

**Шавырина О.А.** (г.Тула, ТГУ, кафедра «Химии»  
e-mail: [ivv28@mail.ru](mailto:ivv28@mail.ru))

Modelling researches of sapropel-forming processes allow to represent a rather complex way of transformations of a died off vegetative material into sapropel and further into coal as a self-developing system, the changes in which are connected with the distribution of substance and energy.

Формирование сапропелей – часть многообразных биосферных микробиологических и физико-химических процессов, сопровождающихся как экзоэнергетическим (гидратация, комплексообразование, сорбция, гомогенизация, окисление), так и эндоэнергетическим (дегидратация, диспергирование, разложение и разделение сложных природных соединений, восстановление, десорбция) характером протекания. Благодаря первым - система получает энергию для осуществления вторых, наряду с другими природными источниками.

В публикациях [1-3] описаны данные многолетних сезонных исследований природного водоема (динамика изменения pH, ЭДС, соотношения  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ , химического состава воды, гелеобразного природного слоя и глубинных слоев ила), а также лабораторного моделирования процессов, протекающих на начальных этапах сапропелеобразования.

Этот факт дает основание рассматривать сапропелеобразование как саморегулируемую и саморазвивающуюся систему.

Ранее [2,3], протекающие в природном водоеме коллоидно-химические взаимодействия рассматривались нами параллельно с процессами, протекающими в лабораторных модельных экспериментах. Особое внимание уделялось системам на основе гуминовых и кремниевых кислот, гидроксидов железа, глины как индивидуально, так и в различных сочетаниях. Установлено влияние на состав седимента ионной силы раствора, pH, состава коллоидной системы, показано стабилизирующее влияние битуминозных компонентов.

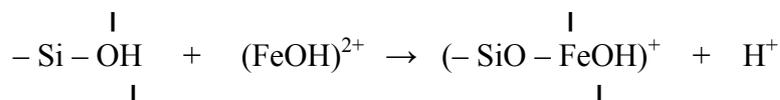
Особый интерес представляет возможность изменения знака заряда мицеллы и различия в значениях pH дисперсионной среды в осадке и над ним. Эти наблюдения в модельных лабораторных экспериментах согласуются с резким скачком как pH, так и ЭДС на границе придонный слой/ил в природном водоеме.

Наиболее резкие изменения химического состава, сопровождающиеся переходом вещества в донные отложения и скачками ЭДС, наблюдается в придонном слое.

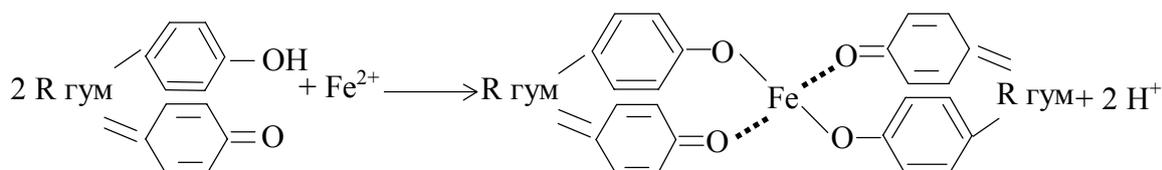
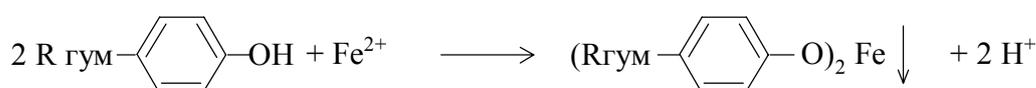
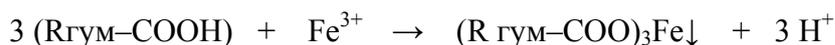
По степени извлечения органической составляющей самыми устойчивыми по сравнению с системой гуминовые кислоты –  $(SiO_2 \cdot nH_2O)$  являются осадки, получающиеся соосаждением гуминовых кислот (ГК) с глинами. Так, кипячением с 0,1 N NaOH (2 часа) выделялось 21,4 и 62,7 % ГК, при комнатной температуре – 8,9 и 27,5 % ГК, соответственно. Это объясняется одинаковым отрицательным зарядом частиц ГК и золь кремниевых кислот в щелочной среде и противоположным – частиц ГК и алюмосиликатов глины. В последнем случае создаются более благоприятные условия для сближения и связывания частиц не только водородными (как в кислой среде), но и более прочными ковалентными связями.

В системе полимерного геля, резко возрастает активность неорганических молекул, не говоря уже об органических. Аномальной реакционной способностью обладает тончайший слой воды (порядка 40-60 нм), расположенной на глинистой поверхности.

Полученные данные позволяют объяснить скачки ЭДС на границе придонный слой – осадок. Первый тип скачков ЭДС связан с изменением кислотности среды при соосаждении гелей с внедрением ионов типа:



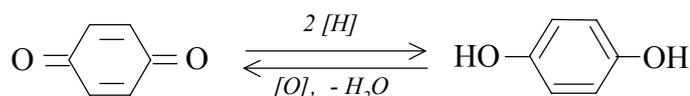
Гуминовые кислоты способны непосредственно улавливать ионы металлов из сред с образованием нерастворимого гумина (гуматы Fe, Al, Ca и пр.) при участии активных функциональных групп, таких как карбоксильные, фенольные, хиноидные:



В свою очередь, изменение кислотности среды и ионной силы воды водоема приводит к дестабилизации коллоидной системы придонного слоя с последующей агрегацией мицелл и их седиментацией, которые и пополняют донный осадок. Отмечено, что наиболее резкие скачки ЭДС непосредственно предшествовали седиментации. Изучение осадков позволило зафиксировать их обогащение на этом этапе ионами железа и марганца. Безусловно, существует и обратная миграция – из ила в придонный слой, но она протекает с участием низкомолекулярных фрагментов.

Второй тип скачков ЭДС связан с изменениями Red/Ox-потенциала, что обусловлено протеканием в системе окислительно-восстановительных процессов. Доказательства этого получены из сопоставления химического состава донных отложений и воды водоема:

- изменение концентрации растворенного кислорода;
- каталитическое выделение водорода;
- быстрое сокращение содержания альдегидных групп вследствие их окисления;
- динамическое равновесие между фенольными и хиноидными группами, смещающееся в ту или иную сторону на разных стадиях процесса:



По всей вероятности, именно скачки ЭДС второго типа наиболее актуальны для процессов углеобразования, учитывая рост степени восстановленности в ряду: растительный материал → сапрпель (торф) → уголь.

Тем не менее, изменение кислотности среды весьма актуально для протекания процессов гидролиза сложных биополимеров растительного материала (полисахариды, белки, жиры).

Таким образом, модельные исследования позволяют представить весьма сложный путь превращений отмершего растительного материала в сапрпель и далее в уголь как саморазвивающуюся систему, изменение в которой связаны с распределениями вещества и энергии.

### **Список литературы:**

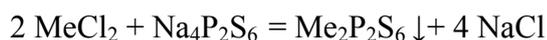
1. Шавырина О.А., Введенская И.В. Новый взгляд на начальную стадию сапрпелеобразования // «Естественные и технические науки». - 2006. - № 1.- С.79-80.
2. Шавырина О.А., Введенская И.В. Моделирование начальной стадии углеобразования // Глубокая переработка твердого ископаемого топлива – стратегия России в 21 веке.: Материалы Российской научной конференции. - Звенигород, 21-24 ноября 2007 г.,- 2007.- стр.89-90.
3. Шавырина О.А., Введенская И.В. Новый взгляд на начальную стадию углеобразования. // «Актуальные проблемы современной науки».- 2008.- № 3.- С. 221-222.

## ПОЛУЧЕНИЕ ГИПОТИОФОСФАТОВ ЛИТИЯ И НАТРИЯ В СПИРТОВОМ РАСТВОРЕ

Медведева Е.С., Лупейко Т.Г., Свирская С.Н., Пахомов А.С. (*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, химический факультет, katerina325a@rambler.ru, swirskaya\_49@mail.ru*)

Alkali metals hypthiophosphates synthesis method in ethanol solution was suggested. It was shown that synthesis of the bivalent metal hypthiophosphate -  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  in the alcohol solution by the exchange is possible.

Материалы на основе гипотиофосфатных фаз систем  $\text{Me} - \text{P} - \text{S}$ , в частности, на основе гипотиофосфата олова -  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  и его аналогов, обладают рядом ценных свойств [1-5], что определяет высокий интерес к синтезу и изучению характеристик этих фаз. К тому же гипотиофосфаты щелочных металлов -  $\text{Me}_4\text{P}_2\text{S}_6$  ( $\text{Me} - \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$ ) представляют особый интерес в технологическом отношении. Они могут быть использованы для получения тиофосфатов двухвалентных металлов обменным взаимодействием [6] в растворах с солями этих металлов по схематической реакции:



Известные в настоящее время способы получения тиофосфатных фаз (в том числе и тиофосфатов щелочных металлов), не лишены серьезных недостатков. На практике наиболее часто применяется синтез этих фаз из простых веществ тройных систем  $\text{Me} - \text{P} - \text{S}$ , бинарных соединений, образующихся в двойных системах  $\text{Me} - \text{P}$ ,  $\text{Me} - \text{S}$  и  $\text{P} - \text{S}$ , а также из различных сочетаний этих простых веществ и бинарных соединений [7]. Для предотвращения химического взаимодействия с парами воды и кислородом воздуха процесс ведут в запаянных ампулах. При этом синтезы осуществляются при температурах от 350 °С ( $\text{As}_2\text{P}_2\text{S}_7$ ) [8] до 950 °С ( $\text{GdPS}_4$ ) [9], а длительность процессов составляет от двух суток ( $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ ) [10] до трех месяцев ( $\text{Co}_2\text{P}_2\text{S}_6$ ,  $\text{Ni}_2\text{P}_2\text{S}_6$ ,  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{S}_2$ ) [11]. Однако использование низкоплавких и легколетучих компонентов (сера, фосфор, сульфиды фосфора) в замкнутом объеме вследствие увеличения давления в ампуле зачастую приводит к их разрыву. Во избежание этого применяют чрезвычайно медленное повышение температуры и создание по длине ампулы градиента температур (политемпературный синтез), что, тем не менее, не устраняет полностью взрывоопасность этого способа.

В источнике [12] указывается на возможность синтеза солей р- и d- элементов на воздухе, исходя из сульфидов металла, серы и фосфора. Однако при использовании этого способа сохраняется опасность загрязнения целевых продуктов кислородсодержащими соединениями, а также отсутствует информация о получении гипотиофосфатов s-элементов.

В работе [13] предложен способ получения гипотиофосфатов щелочных металлов в водных растворах, исходя из сульфидов щелочных металлов и хлоридов фосфора. Однако сложность получения исходных прекурсоров, в частности, хлорида фосфора [14] и загрязнение получаемых тиофосфатов щелочных металлов продуктами окисления и гидролиза являются недостатком и серьезным препятствием широкого применения этого способа.

Синтез гипотиофосфатов щелочных металлов в органических растворителях с использованием в качестве исходных компонентов сульфидов щелочных металлов и фосфора позволили избежать целого ряда технологических проблем.

### Экспериментальная часть

В настоящей работе приводится способ получения гипотиофосфатов натрия и лития в спиртовом растворе и последующего их использования для синтеза гипотиофосфата олова (II) по реакциям обменного взаимодействия.

Прекурсорами служили сульфиды фосфора и щелочных металлов.

В качестве исходного сульфида фосфора использовали фазу с условной формулой « $P_4S_8$ ». Судя по диаграмме состояния системы «сера – фосфор» [15], фаза « $P_4S_8$ » представляет собой смесь сульфидов фосфора формульного состава  $P_4S_9$  и  $P_4S_7$ . Синтез этой фазы проводили в процессе нагревания со скоростью 350-400°C в час в токе сухого углекислого газа предварительно гомогенизированной смеси серы и красного фосфора в мольном соотношении 2:4. После завершения энергичного взаимодействия сплав охлаждали и измельчали.

Сульфид натрия получали обезвоживанием ацетоном его кристаллогидрата  $Na_2S \cdot 9H_2O$ , а сульфид лития [14] - из сульфата лития путем его восстановления углеродом при температуре 800°C.

Сами гипотиофосфаты лития и натрия получали в процессе взаимодействия насыщенного спиртового раствора сульфида щелочного металла и сульфида фосфора. Процесс проводили, добавляя к насыщенным растворам сульфидов металла порционно при постоянном интенсивном перемешивании тонкодисперсный порошок « $P_4S_8$ » до стехиометрического соотношения. Синтез протекал с интенсивным выделением тепла. После охлаждения из растворов выпадали осадки:  $Na_4P_2S_6$  - серо-зеленого и  $Li_4P_2S_6$  – кремового цвета.

Полученные осадки, судя по данным рентгенофазового анализа (РФА) (анализ выполнялся на дифрактометре ДРОН – 2 с медным излучением), были рентгеноаморфны. Перекристаллизацию осуществляли растворением осадков в этиловом спирте при нагревании до 40°C и выдержки при этой температуре в течении 2 часов. Затем систему медленно охлаждали, и выпавшие осадки выдерживали в маточном растворе для «созревания» не менее суток. При этом формировались кристаллики длиной 2-5 мм игольчатой формы (рис. 1).

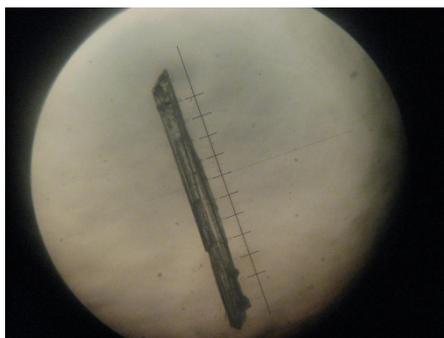


Рис. 1. Микрофотография кристаллика гипотиофосфата натрия, выращенного в спиртовом растворе. (Цена деления: 1 единица равна 0,25 мм).

РФА полученных кристаллических фаз свидетельствует об образовании целевых продуктов со следовыми примесями сульфатов щелочных металлов (табл. 1).

Данные химического анализа кристаллических фаз подтвердили образование целевых продуктов.

Таблица 1 Сопоставление литературных и экспериментальных данных РФА

<b>Li<sub>4</sub>P<sub>2</sub>S<sub>6</sub></b>			
<b>ICSD №033506</b>		<b>эксперимент</b>	
<b>2θ</b>	<b>Int-f</b>	<b>2θ</b>	<b>Int-f</b>
16,86	446	15,5	127,8
		23,3	929,3
		25	964,2
27,1	477	27	499,5
		28	708,6
		28,6	551,8
29,4	9	29	290,4
32,1	100	32,1	348,5
32,4	999	32,4	824,8
34,1	21	34,1	418,2
40,4	107	36,3	999
44,1	10	44,2	15
45,6	49	45,7	54
47,8	5	47,8	174,2

Анализ гипотиофосфатов натрия и лития на содержание серы и фосфора осуществляли гравиметрическим методом. Гипотиофосфат щелочного металла растворяли в кипящей концентрированной азотной кислоте. Растворение сопровождалось окислением фосфора до P(V), серы до SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Фосфор определяли в виде Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, серу – BaSO<sub>4</sub>.

Как показал химический анализ, для всех продуктов соотношение молей P : S составляет примерно 2 : 6 (в случае Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>S<sub>6</sub> соотношение P : S ~ 1.97 : 5.95, в случае Li<sub>4</sub>P<sub>2</sub>S<sub>6</sub> - P : S ~ 1.94 : 5.93).

Синтезированные тиофосфаты щелочных металлов были использованы в качестве исходных веществ для получения гипотиофосфата олова (II). Для этой цели к 0,1М раствору SnCl<sub>2</sub> в спирте при нагревании добавляли насыщенный спиртовой раствор гипотиофосфата щелочного металла (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>S<sub>6</sub>). Последующее охлаждение системы сопровождалось выпадением коричнево-красного осадка, который, судя по данным РФА, представляет собой гипотиофосфат олова с небольшой примесью сульфида олова (рис. 2,3).

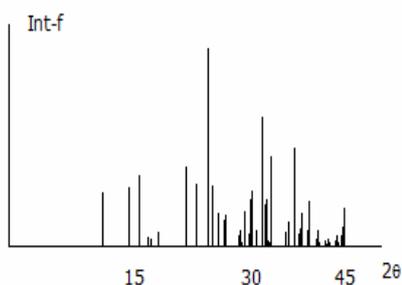


Рис. 2. Данные РФА для синтезированного гипотиофосфата олова.

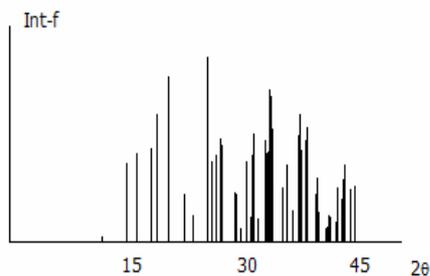


Рис. 3. Данные РФА предоставленные ICSD (№ 025357).

## Выводы

1. Показана принципиальная возможность синтеза гипотиофосфатов щелочных металлов.
2. Из спиртового раствора выращены игольчатые кристаллы длиной 2 – 5 мм.
3. Подтвержден синтез целевых фаз результатами рентгенофазового и химического анализов.
4. Получены гипотиофосфаты двухвалентных металлов обменным взаимодействием в спиртовом растворе с использованием синтезированных целевых продуктов.

Работа поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», госконтракт П-401.

## Список литературы:

1. Берча Д.М., Ворошилов Ю.В., Сливка В.Ю., Туряница И.Д. Сложные халькогениды и халькогалогениды (получение и свойства). Киев.: Вища школа, 1983. с. 180.
2. Герзанич В.М., Фридкин Сегнетоэлектрики типа  $A^V B^{VI} C^{VII}$ . М. : Наука, 1982. с. 357.
3. Беляев Л.М., Греков А.А., Закс П.Л., Татаренко Л.Н. Пьезоэлектрический материал на основе сульфойодида сурьмы для электроакустических преобразователей // Акустический журнал. 1977. Т. 23. № 5. с. 810 - 812.
4. Мерц В.И., Нитше Р. Сегнетоэлектричество в  $SbSI$  и других соединениях элементов V – VI – VII групп // Изв. АН СССР. Сер. Физ. 1964. Т. 28, № 4. с. 681- 682.
5. Высочанский Ю.М., Сливка В.Ю. Статистические и динамические свойства сегнетоэлектриков системы  $Sn(Pb)_2P_2S(Se)_6$  // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1987. Т. 51. № 12. с. 2156 - 2161.
6. Jandali M.Z., Eulenberger G., Hahn H. Synthese und Kristallstruktur von  $TiP_2S_6$  // Z. anorg. allgem. Chem. 1980. B. 470. № 11. S. 39 -41.
7. Рыбина И. Н. Синтез и свойства ряда серосодержащих пьезоэлектрических материалов : дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук Ростов – на – Дону. : 1997. – 145 с.
8. Wibbelmann C., W.Brockner Untersuchungen zum strukturaufbau von  $As_2P_2S_7$  und  $(As_2P_2S_7)_n$  // Z. Naturforsch. A. 1981. B.36. №8. S.836-841.
9. Le Rolland, P.Molinie, P.Cdombet B. Synthese et caracterisation physique de  $GdPS_4$  // C.r. Acad. Sci. Ser 2 1990. V.310. №9. P.1201-1206.
10. Carpentier C.D., Nitsche R. Vapour growth and crystal data of the thio(seleno)hypodiphosphates  $Sn_2P_2S_6$ ,  $Sn_2P_2Se_6$ ,  $Pb_2P_2S_6$ ,  $Pb_2P_2Se_6$  and their mixed crystals // Mater. Res. Bull. 1974. V.9. №4. P.401-410.
11. Klingen W., R.Ott, H.Hahn Uber die Darstellung und Eigenschaften von Hexathio- und Hexaselenohypodiphosphaten // Z. anorg. allgem. Chem. 1973. B.396. №3. S.271-278.
12. Лупейко Т.Г. Рыбина И.Н., Свирская С.Н. Способ получения гипотиофосфата олова  $Sn_2P_2S_6$ . Патент РФ №: 2090508 (20.09.1997)
13. Falius H. Hexathiohypophosphate, salze tiner neuen saure des Phosphors // Z. anorg. Allgem. Chem. 1968. B. 356. № 3 - 4. S. 189 - 194.
14. Спицын В.И. Практикум по неорганической химии – М. : Издательство Московского университета, 1976. с. 296.
15. Vincent H. Diagramme de phases phosphore-soufre // Bull. Soc. Chim. France. 1972. V. 6. № 12. P. 4517 – 4521.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУЛЬФИДОВ ИНДИЯ (III) И ФОСФОРА (V) В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Лупейко Т.Г., Рыбина И.Н., Свирская С.Н. (*г.Ростов-на-Дону, Южный Федеральный Университет, химический факультет, irina\_rybina08@mail.ru, swirskaya\_49@mail.ru*)

This article describes results of DTA- and X-ray study of high temperature interaction of indium (III) sulphide with phosphorus (V) sulphide. It was detected, that reaction between sulphides begins after melting of phosphorus sulphide and leads to formation of indium (III) orthothiophosphate, containing pyrothiophosphate and sulphide as impurities. Influence of different technological parameters on syntheses of indium orthothiophosphate was studied.

Высокие пьезоэлектрические характеристики полупроводника ортотиофосфата (V) индия (III) -  $\text{InPS}_4$  [1-4], сочетающиеся с возможностью получения на его основе тонких текстурированных пленок [5], представляют практический интерес для акусто- и оптоэлектроники. Однако более детальное изучение электрофизических свойств ортотиофосфата индия и пленок на его основе сдерживается несовершенством синтеза соединений этого класса [6] и является серьезным препятствием для их применения.

В настоящее время  $\text{InPS}_4$  получают из стехиометрической смеси простых веществ с использованием йода в качестве транспортирующего агента [6]. Синтез и последующий рост монокристаллов из газовой фазы проводятся в вакуумированных кварцевых ампулах длиной до 15 см и диаметром 1,8-2,0 см с содержанием йода 2-4 мг/см<sup>3</sup> свободного объема ампулы. Синтез осуществляется в горизонтальной градиентной печи в условиях обратного градиента ( $\Delta t \sim 40\text{-}50^\circ\text{C}$ ). Он включает нагревание со скоростью до  $700^\circ\text{C}$  (горячая зона-зона испарения) с промежуточными остановками при  $397$  и  $447\text{-}457^\circ\text{C}$ , выдержку при максимальной температуре в течение часов (при этом зоне конденсации - холодной зоне, отвечает температура  $550^\circ\text{C}$ ), последующее медленное охлаждение и гомогенизирующий отжиг в течение 10-12 суток при  $\sim 500^\circ\text{C}$ .

К недостаткам данного способа синтеза следует отнести необходимость его проведения в вакуумированных ампулах, сложный и длительный температурный режим и особенно взрывоопасность, так как использование низкоплавких, легколетучих компонентов в замкнутом объеме нередко приводит к разрыву ампул вследствие неуправляемого повышения давления в системе.

С целью разработки альтернативных способов получения ортотиофосфата индия методами дифференциально-термического (ДТА) и рентгено-фазового анализов (РФА) было изучено взаимодействие сульфидов индия (III) и фосфора (V) в квазизамкнутых объемах при атмосферном давлении в условиях исключаяющих его повышение.

Для исследования готовились образцы содержащие 66,7 (стехиометрическое соотношение - серия 1) и 57,2 мол.% (избыток сульфида фосфора - серия 2) сульфида индия и проводился их термический анализ в квазизамкнутых объемах при атмосферном давлении. На термограммах обеих серий прослеживаются один экзотермический при  $290\text{-}450^\circ\text{C}$  и два эндотермических эффекта при  $250\text{-}290^\circ\text{C}$  и  $620\text{-}660^\circ\text{C}$ . Низкотемпературный эндотермический эффект явно связан с плавлением сульфида фосфора, а следующий за ним экзотермический эффект – очевидно отвечает взаимодействию сульфидов фосфора и индия, которое протекает на границе раздела жидкой (сульфид фосфора) и твердой (сульфид индия) фаз в широком интервале температур. Высокотемпературный эндотермический эффект при

650-670°C очевидно связан с началом разложения, образовавшегося ранее, ортотиофосфата индия.

Эти данные хорошо согласуются с результатами рентгенофазного анализа конечных продуктов термического анализа. Судя по данным РФА (табл 1), взаимодействие сульфидов завершается образованием хорошо рентгенографируемых тиофосфатов индия, состав которых зависит от исходного соотношения компонентов. Кривые повторного нагревания в обеих сериях свидетельствуют о завершении взаимодействия между исходными сульфидами в процессе первичного нагревания и подтверждают термическую нестабильность ортотиофосфата индия в условиях эксперимента. По данным РФА продукты нагревания образцов обеих серий неоднородны и содержат как тиоортофосфат индия, так и тиопирофосфат и сульфид индия. В случае образцов серии 1 продукт взаимодействия содержит практически только тиоортофосфат индия, загрязненный примесями  $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$  и  $\text{In}_2\text{S}_3$ , содержание которых увеличивается после повторного нагревания. В случае образцов серии 2 продукт синтеза содержит практически только тиопирофосфат, загрязненный примесями  $\text{InPS}_4$  и  $\text{In}_2\text{S}_3$ . Повторное нагревание серии 2 приводит к полному разложению примеси ортотиофосфата  $\text{InPS}_4$ , но продукт остается двухфазным ( $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$  и  $\text{In}_2\text{S}_3$ ).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что при взаимодействии сульфидов индия и фосфора при нагревании в режиме эксперимента получение тиоортофосфата индия в принципе возможно, но только при определенных условиях.

С целью оптимизации этих условий было проведено более детальное изучение влияние состава исходной шихты, температуры синтеза и времени взаимодействия на продукты реакции сульфидов. При этом температура синтеза варьировалась от 350 до 700°C с шагом 50°, а время взаимодействия составляло от 30 до 90 минут. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние условий синтеза на состав продуктов взаимодействия сульфидов индия и фосфора

Состав исходной шихты	Температура синтеза, °C	Время синтеза, мин.	Состав продуктов синтеза по данным РФА
2 $\text{In}_2\text{S}_3$ + $\text{P}_4\text{S}_{10}$ (серия 1)	350-450	30	$\text{In}_2\text{S}_3$ , следы $\text{InPS}_4$ и $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$
	350-450	60-90	$\text{InPS}_4$ , $\text{In}_2\text{S}_3$ , следы $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$
	500-600	30-90	$\text{InPS}_4$ , следы $\text{In}_2\text{S}_3$ и $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$
	650-700	30-90	$\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$ , $\text{In}_2\text{S}_3$ , следы $\text{InPS}_4$
4 $\text{In}_2\text{S}_3$ + 3 $\text{P}_4\text{S}_{10}$ (серия 2)	350-450	30	$\text{In}_2\text{S}_3$ , следы $\text{InPS}_4$ и $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$
	350-450	60-90	$\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$ , $\text{In}_2\text{S}_3$ , следы $\text{InPS}_4$
	500-700	30	$\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$ , следы $\text{InPS}_4$ и $\text{In}_2\text{S}_3$
	500-700	60-90	$\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$ , $\text{In}_2\text{S}_3$

Как видно из данных таблицы, получить чистый тиоортофосфат индия без примесей не удалось. В образцах серии 1, начиная с 350°C, образуются одновременно  $\text{InPS}_4$  и  $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$ , причем ни повышение температуры, ни увеличение времени взаимодействия не приводит к снижению содержания тиопирофосфата  $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$ . Увеличение содержания сульфида фосфора  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  в системе (серия 2) приводит к преимущественному образованию  $\text{In}_4(\text{P}_2\text{S}_7)_3$  с примесью тиоортофосфата. Причем, увеличение температуры и времени

взаимодействия способствует разложению  $\text{InPS}_4$  с образованием сульфида индия (III). Наилучшие результаты были получены для образцов серии 1 при температурах 500-600°C и времени обжига 30-60 минут. В этом случае были получены наиболее «чистые» образцы  $\text{InPS}_4$ , загрязненные лишь следовыми примесями сульфида и тиопирофосфата индия.

Таким образом, хотя в отличие от синтеза в вакуумированных ампулах [6], тиоортофосфат индия в чистом виде в квазизамкнутом объеме при атмосферном давлении получить из сульфидов  $\text{In}_2\text{S}_3$  и  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  не удалось, тем не менее, фаза на его основе, получаемая в оптимальных условиях (табл.1), может представить интерес в качестве шихты для получения тонких пьезоэлектрических пленок тиоортофосфата индия [5].

Работа выполнена при поддержке гранта НК-46Р-30 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

#### Список литературы:

1. Bubenzer A., Nitsche R., Raufer A./ Vapour growth and piezoelectric effect of indium thiophosphate,  $\text{InPS}_4$ . // J. Cryst. Growth. 1975. V.29. №3. P.237-240.
2. Переш Е.Ю., Цигика В.В., Стасюк Н.П., Галаговец И.В., Гапак А.В./ О получении монокристаллов  $(\text{Ga}, \text{In})\text{PS}_4$ . // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1978. Т.21. №7. С.1070-1071.
3. Галаговец И.В., Переш Е.Ю., Лазарев В.Б., Дьордяй В.С./ Фазовые равновесия и некоторые свойства соединений в системах  $\text{In}_2(\text{Ga}_2)\text{S}_3\text{-P}_2\text{S}_5$ . // Неорган. матер. 1995. Т.31. №2. С.202-205.
4. Jantz W., Koidl P., Wettling W. / Elastic, optical and nonlinear optical properties of  $\text{InPS}_4$ . // Appl. Phys. 1983. A.30. №2. P.109-115.
5. Микуланинец С.В., Фирцак Ю.Ю., Галаговец И.В., Переш Е.Ю. / Изучение процесса испарения ортотиофосфата индия масс-спектрометрическим методом и получение его пленок. // Изв. АН СССР. Неорган. матер. 1984. Т.29. №2. С.278-281.
6. Берча Д.М., Ворошилов Ю.В., Сливка В.Ю., Туряница И.Д. Сложные халькогениды и халькогалогениды (получение и свойства). - Львов: Изд-во «Вища школа», 1983. - 184с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГЕРМАНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АТРАНОВОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ХЛОРПРОИЗВОДНЫХ ЭТИЛЕНА

**Чернышев Е.А., Комаленкова Н.Г., Яковлева Г.Н., Быковченко В.Г., Лахтин В.Г.,  
Зуева Е.А., Овчаров Ю.Ю.** (г. Москва, Московская государственная академия тонкой  
химической технологии им. М.В. Ломоносова (МИТХТ),  
кафедра Химии и технологии элементоорганических соединений им. К.А. Андрианова  
(ХТЭОС) e-mail: ya5galina@gmail.com)

It was shown that organochlorogermanes for atrane organogermanium biologically active compounds may be produced (yield by 30 %) by means of gas-phase interaction at 500 - 550 °C of dichlorogermynes with dichloroethene, vinyltrichlorosilane, and  $\beta$ -chlorovinyltrichlorosilane.

Известно, что герматраны, обладая той же или более высокой биологической активностью (нейротропной, анальгезирующей, противовирусной), являются менее токсичными, чем их кремневые аналоги. Так, 1-фенилсилатран чрезвычайно ядовит для теплокровных животных ( $LD_{50} = 0,33$  мг/кг), а токсичность 1-фенилгерматрана в 100 раз ниже.[1] Токсичность атрановых соединений существенно зависит от типа органического радикала у атомов Si, Ge. Один из путей создания биологически активных германийорганических соединений синтез гермааналогов известных соединений кремния на основе органохлоргерманов (ОХГ).

Для синтеза ароматических элементоорганических соединений широко применяется метод высокотемпературной газовой конденсации. Ранее установлено, что при термоллизе в газовой фазе при температуре 500-600 °C в присутствии дихлорсилана  $GeCl_4$  склонен образовывать дихлоргермилен  $:GeCl_2$ . Полученные таким образом  $:GeCl_2$  и  $:SiCl_2$  легко вступают по связи C-Cl хлорбензола с образованием  $PhGeCl_3$  и  $PhSiCl_3$  [2,3].

Исходными для синтеза биологически активных соединений германия атрановой структуры являются высокофункциональные ОХГ, в частности, содержащие этиленовые фрагменты.

В данной работе методом газофазных термических реакций при взаимодействии дихлорэтилена, винилтрихлорсилана и  $\beta$ -хлорвинилтрихлорсилана с дихлоргермиленом с выходом до 30% получены винилтрихлоргерман,  $\beta$ -хлорвинилтрихлоргерман, этилтрихлоргерман, 1,2-бис(трихлоргермил)этилен и 1-трихлорсилил-2-трихлоргермилэтилен. Для повышения выхода германийорганических соединений предложен способ генерирования дихлоргермилена без участия гексахлордисилана.

### Список литературы:

1. М.Г. Воронков, Г.И. Зелчан, В.Ф. Миронов Атраны. XIV. 1-органил-герматраны. // Химия гетероцикл. соединений. – 1968. – N 2. – С. 227-229.
2. Е.А. Чернышев, Н.Г. Комаленкова, Г.Н. Яковлева // Докл. РАН. – 1994, Т. 336, N 1. – С. 69-70.
3. Е.А. Чернышев, Н.Г. Комаленкова, Г.Н. Яковлева, В.Г. Быковченко Новый газофазный метод синтеза органохлоргерманов. // Вестник МИТХТ, 2008. – Т. 3, N 1, С.19-26.

---

# ЭКОЛОГИЯ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



## ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ ДАГЕСТАНА

**Абдулаева А.С.** (г. Махачкала, Учреждение Российской академии наук Прикаспийский институт биологических ресурсов, лаборатория биогеохимии, salichov72@mail.ru)

Variation of the exposure dose for the republic is from 4 to 40 mR / hr. The average value of radiation in Dagestan on g rays, except for those portions granite outcrops and shale to the surface, can be regarded as equal to 12-18 mR / h, and therefore it is a parameter normalnoradioaktivnym. The radiation background inside the premises statistically significantly higher than background in open terrain.

Измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения осуществляли радиометром СРП 68-11 на расстоянии 1 м от почвенно-растительного покрова на открытой местности и на расстояние 0,5 м от внутренних стен в помещении. Радиометр СРП 68-11 градуирован в мкР/час. Для перехода в поглощенной дозе нужно пользоваться переходным коэффициентом: 1 мкГр=114 мкР.

Радиоактивный фон любой части Земли формируется за счет трех составляющих: космического излучения, излучения естественных (природных) радионуклидов (ЕРН) и излучения искусственных (техногенных) радионуклидов (ИРН).

Наиболее значимым, показателем радиационного качества среды обитания человека, является мощность экспозиционной дозы (МЭД), обусловленная суммарным содержанием  $\gamma$ -излучающих ЕРН и ИРН в верхних слоях литосферы. Из природных радиоактивных элементов, формирующих  $\gamma$ -излучение данной местности, основными являются изотопы  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{226}\text{Ra}$ . Так, например, специальными опытами было установлено, что почвенный покров, на высоте 1 м от которого МЭД равна 12 мкР/ч, содержит 1.8 г/т урана, 6.9 г/т тория и 1.5% калия.

На основе эмпирических данных по уровню  $\gamma$ -активности выделяются [1] следующие наиболее часто встречающиеся группы геологических объектов: слабордиоактивные (5–10 мкР/час); нормальнордиоактивные (11–20 мкР/час); высокордиоактивные (21–100 мкР/час и выше). Известно, что почвы наследуют радиогеохимические особенности почвообразующих пород, и уровень их  $\gamma$ -излучения обычно не превышает мощности дозы, создаваемой материнскими породами.

В Дагестане же хорошо развит почвенный покров, поэтому радиационный фон на открытой местности в основном определяется почвенным  $\gamma$ -излучением ЕРН, а на высокогорьях – обнажениями горных пород. Однако физико-географические особенности Дагестана (сильно расчлененный рельеф, быстрый сброс выпадающих осадков и тонкодисперсного материала), практически вся площадь, которого является элювиальной системой, делает недостоверным, а в ряде случаев и некорректным, использование классической методологии ландшафтно-геохимического профилирования местности. Поэтому в работе использовался также метод «малых водосборов» (бассейновый принцип) мониторинга ландшафтной геохимии [2], основу которого составляет контроль выносимого твердым и жидким речными стоками материала водосборных площадей – донных отложений, в которых в результате седиментации глинистых минералов и органических веществ накапливаются химические элементы, в том числе, и радиоактивные.

Весьма пестро изменяется  $\gamma$ -фон Северо-западной Прикаспийской низменности. У уреза морской воды (Тарумовский район) он составляет 8–12 мкР/час, в зоне воздействия нагонной воды – 12–13 мкР/час, а в удаленных от моря на незатапливаемых территориях – 15–17 мкР/час. Характерной особенностью Прикаспийской низменности является изменение ак-

тивности с глубиной. Радиоактивность затапливаемых территорий с глубиной увеличивается и на глубине 50–70 см достигает 18–20 мкР/час, а незатапливаемых, наоборот, уменьшается и на глубине 100–150 см составляет 11–14 мкР/час. Такое различие МЭД обусловлено профильным различием содержания илистой фракции в затапливаемых и незатапливаемых почвах.

Мощность экспозиционной дозы донных отложений дагестанского участка реки Терек, реки Аликазган, Нижнетерских озер, коллекторов (Дзержинский, Юзбаш-Сулакский), устьевой зоны Аграханского залива и прилегающих к ним территорий составляет 10–15 мкР/час [3].

Радиационный фон территории бассейна реки Сулак изменяется в пределах от 4 до 22 мкР/час. Территория бассейна можно разделить на три участка: сланцевый с  $\gamma$ -фоном 17–22 мкР/час, известняковый с  $\gamma$ -фоном 8–12 мкР/час и глинистый с  $\gamma$ -фоном 12–17 мкР/час. Четкая закономерность вертикальной зональности гамма-фона бассейна не проявляется, но довольно достоверно его значение можно установить по цветности почв и донных отложений – с усилением интенсивности черноты  $\gamma$ -фон увеличивается. Так, в долине Андийского Койсу на высоте 490 м над уровнем моря вдольбереговые черные грунты имеют  $\gamma$ -фон 9–21 мкР/час, темные – 8–12 мкР/час, светлые – 4–7 мкР/час, богарные земли, расположенные на высоте 640 м – 14–17 мкР/час, кукурузное поле на высоте 650 м – 10–15 мкР/час, богарные земли на высоте 690 м – 9–12 мкР/час, открытая скальная порода на высоте 930 м – 9–11 мкР/час. Населенные пункты Гумбетовского района, расположенные на высотах 1060, 1400 и 1680 м, имеют  $\gamma$ -фон 9–12, 17–19 и 12–14 мкР/час. Самые низкие значения  $\gamma$ -фона соответствуют селевым известняковым потокам, наиболее высокие – сланцевым; в местах их смыкания МЭД на расстоянии 0.5–1 м изменяется 4–5 раз [3].

Концентрация естественных радионуклидов в почвах Западного Прикаспия, вызванная содержанием в них изотопов различных химических элементов, невысокая и не превышает 7–8 мкР/ч. при естественном радиоактивном фоне 20 мкР/ч. Гамма-фон на высоте 1 м. в 1986–90 г.г. составил – 7,6–18,0 мкР/ч, в 2000–2002 гг. соответственно, 9,0–15,0 мкР/ч. Такой уровень гамма-фона свидетельствует об отсутствии каких-либо значительных выпадений радиоактивной пыли на территории Западного Прикаспия. Однако в мае 1986 г. после Чернобыльской катастрофы имело место повышение гамма-фона на Западной окраине Махачкалы до 25 мкР/ч., против обычного 7,0–15,0 мкР/ч., и держалась на этом уровне в течение недели, после чего гамма-фон начал снижаться [4].

Обнаружена высокая гамма-активность в районе озера Ажинаур Сулейман-Стальского района (92–100 мкР/час). С глубиной и с удалением от озера на расстояние 100 – 200 м гамма-активность уменьшается до 10 мкР/час. В юго-западной части озера на поверхности почвы (шурф) гамма активности составляет 100 мкР/час, на глубине 0,65 м – 60 мкР/час, а на глубине 1 м она падает до 7 – 10 мкР/час. Повышенная активность участка, очевидно, связана с наличием в озерных суглинках солей радия, выпавших из-под озера. Тем более, что суглинки богаты корнями отмерших растений, которые являются хорошими адсорбентами радиоактивных элементов [5].

Можем сказать, на Восточном Кавказе уровень гамма-активности на горе Шалбуздаг, хребтах Нукатль и Андийский изменяется в пределах от 10 до 24 мкР/ч, на горах Баба-Даг и Шаг-Даг – от 8 до 17 мкР/ч, а на отдельных участках Богосского хребта достигает 40 мкР/ч (табл. 1).

Отметим также, что  $\gamma$ -активность материнских пород достоверно ниже  $\gamma$ -активности развитых на них почв; для гранитов, глинистых сланцев, песчаников, известняков, гнейсов она составляет соответственно 12–23, 14–22, 10–13, 6–10, 12–16 мкР/ч.

Таблица 1. Гамма-фон почвенно-растительного покрова (мкР/ч) и среднее содержание урана и тория ( $X \cdot 10^{-4} \%$ ) в почвах и породах высокогорья Дагестана

№ п/п	Район, профиль	γ-фон	Почва $^{238}\text{U}$ $^{232}\text{Th}$	Порода $^{238}\text{U}$ $^{232}\text{Th}$
1	Г.Баба-Даг, I	8-11	0.82 5.80	1.52 6.96
2	Г.Шаг-Даг, I	15-17	1.13 6.08	1.75 7.50
3	Г.Шалбуздаг, I	18-20	1.22 6.77	2.40 9.11
4	хребет Нукатль, III	18-22	1.17 7.32	2.21 10.2
5	хребет Богосский, III	15-40	1.74 6.60	2.74 9.64

Таким образом, природная радиоактивность почвенно-растительного покрова большей части высокогорья Дагестана находится на уровне 8–20 мкР/ч [6]. Такое сложное вертикальное распределение  $\gamma$ -активности можно связать с контрастностью физико-химических параметров почвенного покрова в пределах склона, в первую очередь, по количеству глинистых частиц, а также по содержанию и составу органического вещества. В процессе переноса почвенных частиц потоками воды происходит постепенное их разрушение и огрубление отложений по мере удаления от вершины – вниз по склону содержание физической глины вначале увеличивается, затем уменьшается, а состав органического вещества изменяется с гуматного на фульватный. По этой же причине закономерности концентрирования воднорастворимых и нерастворимых форм ЕРН в дернине и в гумусовом горизонте на разных участках склона различаются. Противозэрозийная стабильность почвы зависит не только от внешних факторов (осадки, рельеф, растительность), но и от свойств самой почвы (содержание гумуса, гранулометрический состав, водопроницаемость, содержания водопрочных агрегатов, щебнистость, каменистость). В целом же  $\gamma$ -фон почвенного покрова коррелирует с содержанием в нем элементов, входящих в почвенный поглощающий комплекс, точнее, с отношением  $(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}+\text{Na})/\text{Al}$ .

Очевидно также, что заметную роль в пространственном переотложении ЕРН здесь играет и ветровая эрозия. Примечательно и то, что в овечьих кошарах отмечается дополнительная (надфоновая) дозовая нагрузка, равная 2–4 мкР/час.

Значительно более важным радиэкологическим параметром является гамма-фон внутри жилых и общественных зданий, поскольку человек большую часть времени проводит внутри помещений. Сравнение мощности дозы на открытой местности и внутри помещения, различаются, но это проявляется по-разному; мощность дозы внутри помещений может быть большей, равной или меньшей мощности дозы на открытой местности.

Такой феномен объясняется двумя противоположными по действию факторами – дополнительным вкладом внутри помещений излучения естественных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах, с одной стороны, и экранирующим влиянием построек по отношению к внешнему гамма-фону, с другой. В целом для Дагестана можно сказать, что гамма-фон внутри помещений превышает примерно на 10–15% над гамма-фоном на открытой местности. Радиационный фон на открытой местности г. Махачкалы составляет 10–15 мкР/ч, но имеются жилые дома, где внутри помещений  $\gamma$ -фон достигает 20 мкР/ч. Эти параметры для Москвы, например, составляют 8–12 и 15–20 мкР/ч.

Природный  $\gamma$ -фон на поверхности Земли в различных районах варьирует в диапазоне от 5 до 1000 мкР/ч. Средняя мощность дозы на территории бывшего СССР, по расчетам [7], равна 10 мкР/ч, а районы с мощностью дозы  $\gamma$ -излучения, превышающими 15–20 мкР/ч, крайне незначительны.

Основной же вывод можно сформировать таким образом: вариация мощности экспозиционной дозы по республике составляет от 4 до 40 мкР/час. Однако для территории Дагестана характерно абсолютное преобладание по площади распространения осадочных пород (песчаники, известняки, алевролиты, мергели, доломиты, пески, глины, суглинки) с варьированием  $\gamma$ -фона от 4 до 20 мкР/час. Остальное пространство (около 15%) занимают метаморфические (кристаллические сланцы, гнейсы, мраморы) и магматические (граниты, базальты) породы с варьированием уровня  $\gamma$ -фона от 8 до 40 мкР/час. Среднее значение радиационного фона Дагестана по  $\gamma$ -излучению, исключая участки выходов гранитов и сланцев на дневную поверхность, можно считать равным 12–18 мкР/час, и по этому параметру он является нормальнорadioактивным. Радиационный фон внутри помещений статистически достоверно превышает фон на открытой местности.

### Список литературы:

1. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1992.
2. Бутаев А.М., Мирошниченко Т.А., Абдулаева А.С. Бассейновый принцип радионуклидного мониторинга почвенного покрова Дагестана
3. Бутаев А.М., Абдулаева А.С. Территориальная мощность экспозиционной дозы Дагестана // Вестник ДНЦ РАН, г. Махачкала, №22. С. 62-68.
4. Гасанов Г.Н., Абасов М.М., Мусаев М.Р., Абдурахманов Г.М., Аджиев Ас.М., Магомедов Н.Р., Гамидов И.Р. Научные основы повышения плодородия почв Западного Прикаспия. – Махачкала, 2005.– С.34-36.
5. Бабаев А.А. Радиоактивность минеральных вод Дагестана. – Махачкала, 1972.– 104 с.
6. Асварова Т.А. Экологические закономерности распределения и миграции урана и тория в почвенно-растительном покрове Большого Кавказа. Махачкала // Автореферат на соискание ученой степени канд. биол. наук. – Махачкала. 2006.– 24 с.
7. Гусев Н.Г. О предельно допустимых уровнях ионизирующих излучений.– М.: Медгиз, 1961.– 137 с

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭКТОМИКОРИЗНЫХ КОРНЕЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Артемкина Н.А., Исаева Л.Г. (г. Анапты, ИППЭС КНЦ РАН, [artemkina@inep.ksc.ru](mailto:artemkina@inep.ksc.ru), [isaeva@inep.ksc.ru](mailto:isaeva@inep.ksc.ru))

The chemical composition of ectomycorrhizal roots of *Pinus sylvestris* L. is researched in various ecological conditions. Influence of atmospheric emissions of heavy metals renders negative influence on root system of plants, causing its qualitative and quantitative changes.

Значительным антропогенным фактором, влияющим на условия произрастания растений, в том числе и *Pinus sylvestris* L., в центральной части Мурманской области, является воздушное промышленное загрязнение, связанное с деятельностью горно-металлургического комбината «Североникель» (г. Мончегорск). Промышленные выбросы служат одной из главных причин повреждения лесов.

Основным путем поступления токсичных компонентов среды, в том числе тяжелых металлов, является их транспорт посредством корневой системы, именно она и побеги являются основными местами депонирования металлов, в то время как в коре и ассимилирующих органах металлы аккумулируются в меньшей степени (Кулагин, 1974). Поэтому, в условиях изменяющейся окружающей среды, для оценки состояния и устойчивости растений исследования их подземных частей столь же необходимы, как и надземных.

Микоризой называют систему, состоящую из функционирующих частей коневой системы растения и гриба, обеспечивающую непосредственную связь между почвой и корнями, поэтому она играет огромную роль в изучении воздействия тяжелых металлов на растения. Сделано предположение, что способность деревьев и долгоживущих растений противостоять загрязнению связана с микоризной колонизацией корней (Wilkinson, Dickinson, 1995). Согласно мнению этих авторов, выживание деревьев в условиях высокого загрязнения почвы металлами, происходит из-за их фенотипической пластичности, которая является следствием генетических изменений в микоризных сообществах грибов, с более коротким жизненным циклом. Ряд исследователей (Wilkins, 1991; Dixon, Buschena, 1988) полагают, что наличие микоризы снижает концентрацию металлов в тканях растений. Хотя некоторые виды грибов влияют только на рост побегов или поступление металлов, таких как Zn, Ni, Cu, Cd и Pb, за исключением случаев, когда содержание этих элементов в почве было столь высоко, что приводило к гибели микоризы. Также известно, что способность микоризных окончаний, образованных разными видами грибов, к транспорту металлов к корням и росткам растения-хозяина неодинакова (Leyval et al., 1997). Многочисленными исследованиями установлено, что для защиты растений от тяжелых металлов эктомикоризообразующие грибы развили два различных механизма, один из которых работает при низких внешних концентрациях металлов и является выборочным, а другой активизируется при высоких концентрациях и не является селективным (Ross, 1993). Толерантность грибов по отношению к высоким концентрациям металлов обеспечивается либо уменьшением проницательной способности или повышением оттока металлов из организма, либо с помощью формирования комплексных соединений за пределами клеток и высвобождения органических кислот (Leyval et al., 1997).

Целью нашей работы - изучение особенностей химического состава эктомикоризных корней *Pinus sylvestris* L., произрастающей в условиях техногенного загрязнения лесных экосистем Мурманской области. Данное исследование призвано обеспечить более полное

понимание механизмов адаптации живых организмов к экстремальным условиям окружающей среды. Анализ содержания широкого ряда элементов в микоризных корнях сосны и почве проводили методами атомно-эмиссионной спектрофотометрии и атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Исследования проводили на мониторинговых площадках, соответствующих разным стадиям техногенной сукцессии сосновых биогеоценозов: сосняк кустарничково-лишайниковый - фон (38 км на ЮЗ от медно-никелевого комбината «Североникель»), сосняк кустарничковый - дефолирующий (31 км на Ю), сосняк кустарничковый – техногенное редколесье (10 км на Ю). Образцы микоризных тонких корней диаметром менее 3 мм отбирали с подроста высотой до 0.6 м в пятикратной повторности.

Влияние микоризы на питание растения проявляется в большей части для элементов с узкой зоной распространения вокруг корней растения (Lambert et al., 1979), поэтому для характеристики почвенных условий произрастания мы определили химический состав органогенного горизонта почв в ризоплане растений (Рис.1.).

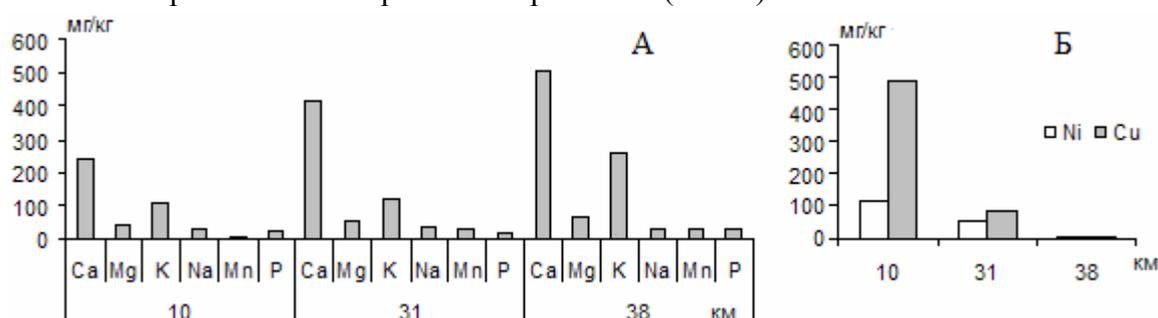


Рис.1. Содержание доступных элементов питания (А) и доступных Ni и Cu (Б) в ризоплане сосны в органогенном горизонте почв при приближении к комбинату "Североникель".

В условиях аэротехногенного загрязнения медно-никелевым производством наблюдаются существенные изменения в концентрации всех определявшихся элементов. Элементы, входящие в состав выбросов, отличаются по интенсивности их накопления корневой системой растений. Для оценки интенсивности поглощения различных элементов использовали коэффициент биологического поглощения (КБП - отношение концентрации в органах растений и концентрации элементов в органогенных горизонтах).

Максимальными значениями КБП характеризуются алюминий, железо, фосфор, калий и магний. Низкая степень аккумуляции свойственна кальцию и марганцу. Корни сосны отличаются высоким уровнем накопления алюминия. Алюминий довольно часто демонстрирует высокое содержание в растениях при воздушном загрязнении медно-никелевым производством (Манаков, Никонов, 1981), что можно объяснить повышенной подвижностью соединений данного элемента в почвах при подкислении. В условиях загрязнения КБП для всех элементов питания увеличивается, а для никеля, меди и серы уменьшается.

При приближении к источнику загрязнения боковые микоризные окончания и корни характеризуются значительным увеличением концентраций никеля, меди, что еще раз указывает на барьерные функции корневой системы на пути распространения токсичных компонентов из почвы в репродуктивные органы растения (табл.1). Также при техногенном загрязнении выражены тенденции возрастания концентраций кальция и калия. Ионам кальция принадлежит важная роль в регулировании поглощения ионов клетками растений. Избыточное содержание многих токсичных для растения катионов (Al, Fe и др.) может быть

нейтрализовано за счет связывания с клеточной стенкой и вытеснения из неё ионов кальция в раствор. Этот элемент усиливает стенки клеток, связываясь с элементами клеточной стенки, в частности с пектиновыми веществами (Медведев, 2004). Клеточная стенка является барьером, который защищает корневую систему от проникновения токсичных соединений металлов. Входящие в состав клеточной стенки гриба хитин и пигменты, подобные мелатонину, обладают способностью связывать тяжелые металлы (Galli et al., 1994; Turnau et al., 1996).

Концентрации магния, марганца и цинка снижаются в боковых микоризных окончаниях и корнях в условиях загрязнения выбросами медно-никелевого производства, что связано с вытеснением их катионов из почвенного поглощающего комплекса протонами и ионами алюминия и тяжелых металлов и выносом из корнеобитаемой зоны.

В сосудистых растениях часто отмечается увеличение концентраций подвижных элементов – азота, калия и фосфора при снижении доступных соединений этих элементов в органогенных горизонтах почв, что наблюдается и в наших исследованиях.

В боковых микоризных окончаниях установлены максимальные концентрации магния, калия, цинка, а также никеля и меди по сравнению с корнями.

Более крупные ( $\varnothing=1-3\text{мм}$ ) корни сосны характеризуются пониженными концентрациями алюминия, железа и повышенными концентрациями кальция по сравнению с тонкими корнями ( $\varnothing<1\text{мм}$ ).

Таблица 1.

Содержание химических элементов (n=5) в микоризе *P. sylvestris*, мг/кг\*

Расстояние от источника загрязнения, км	Ca	Mg	K	Al	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	P	S
боковые микоризные окончания											
38	263	1257	2262	7634	5933	139	62	49	42	1262	261
31	306	864	2179	5958	5060	128	83	161	69	969	719
10	406	1192	2278	7087	6959	105	75	250	202	1323	779
корни $\varnothing<1\text{мм}$											
38	139	647	1848	8318	3073	171	32	37	23	1281	863
31	202	645	1805	5651	2551	258	22	70	40	1096	752
10	452	561	2247	6378	2539	81	22	171	115	1138	917
корни $\varnothing=1-3\text{мм}$											
38	291	736	1643	3778	1893	206	29	24	16	901	790
31	408	717	1832	2691	1490	151	22	43	21	813	608
10	442	547	2286	3735	1706	120	25	165	117	937	567

Примечание: \*- указано среднее значение.

В результате проведенного исследования выявлено, что в ризоплане сосны в органогенном горизонте почв по мере приближения к комбинату «Североникель» происходит увеличение содержания доступных для сосны элементов соединений Ni и Cu, а концентрации доступных соединений кальция, калия, алюминия и магния снижаются.

Анализ концентраций элементов в тонких корнях и боковых микоризных окончаниях корней подростка сосны, произрастающего на условно фоновой территории, показал, что такие элементы как Mg, K, Fe, Al, Cu, Ni, Zn максимально накапливаются в микоризных окончаниях, и чем толще корень, тем ниже их содержание. Наоборот, корни соснового

подроста диаметром от 1 до 3 мм в этих же условиях больше содержат Mn, чем тонкие корни ( $\varnothing < 1$  мм) и микоризные окончания.

В условиях загрязнения по некоторым элементам (Al, Fe, Ni, Cu – 31 км; Mg, Al, Fe, Ni, Cu, P – 10 км) также отмечено максимальное их содержание в микоризных окончаниях корней. Концентрации кальция в корнях и микоризных окончаниях корней соснового подроста увеличиваются как по мере приближения к источнику загрязнения, так и с толщиной корней.

#### Список литературы:

1. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 180с.
2. Манаков К.Н., Никонов В.В. Биологический круговорот минеральных элементов и почвообразование в ельниках Крайнего Севера. Л.: Наука, 1981. 196с.
3. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 336с.
4. Leyval C., Turnau K., Haselwandter K. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects // Mycorrhiza. 1997. Vol. 7. P. 139–153.
5. Lambert D.H., Baker D.E., Cole H. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper and other elements // Soil Sci Soc Am J. 1979. Vol. 43. P. 976–980.
6. Wilkins D.A. The influence of sheathing (ecto-)mycorrhizas of trees on the uptake and toxicity of metals // Agric Ecosyst Environ. 1991. Vol. 35. P. 245–260.
7. Dixon R.K., Buschena C.A. Response of ectomycorrhizal *Pinus banksiana* and *Picea glaucata* heavy metals in soil // Plant Soil. 1988. Vol. 105. P. 265–271.
8. Wilkinson D.M., Dickinson N.M. Metal resistance in trees: the role of mycorrhizae // Oikos. 1995. Vol. 72. P. 298–300.
9. Ross I.S. Membrane transport processes and response to exposure to heavy metals. In: Jennings D.H. (ed) Stress tolerance of fungi. Dekker, New York, 1993. pp 97–125.
10. Galli U., Schuepp H., Brunold C. Heavy metal binding by mycorrhizal fungi // Physiol. Plant. 1994. Vol. 92. P. 364–368.
11. Turnau K., Kottke I., Dexheimer J. Toxic element filtering in *Rhizopogon roseolus*/*Pinus sylvestris* mycorrhizas collected from calamine dumps // Mycol. Res. 1996. Vol. 100. P. 16–22.

## ХРОМ, НИКЕЛЬ, СВИНЕЦ В КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВАХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ДАГЕСТАНА

**Баширов Р.Р., Салихов Ш.К., Магомедалиев А.З.** (*Махачкала, Прикаспийский институт биологических ресурсов РАН, лаборатория биогеохимии, salichov72@mail.ru*)

**Abstract.** Studied the background content of chromium, nickel and lead in soils of the brown foothills of Dagestan. Studies have shown that the content of the studied heavy metals in general does not exceed the MPC, with rare exceptions. This is associated with low anthropogenic load on the territory. Thus, revealed that this territory is better off on the content of chromium, nickel and lead.

Тип коричневые почвы образуются при непромывном водном режиме под ксерофитными лесокустарниками луго-степей на карбонатных и бикарбонатных породах. Распространены в предгорной зоне на площади 225 тыс. га. Характеризуется плавным уменьшением гумуса с глубиной, насыщенностью поглощенными основаниями, нейтральной или слабощелочной реакцией почвенного раствора. Мощность горизонта А+В составляет 50-80см. Содержание гумуса в горизонте А доходит до 7 %.

Размещение внутритиповых подразделений подчиняется закону вертикальной поясности, где смена отдельных подтипов и их чередование согласуются с различиями в количестве атмосферных осадков, а также с ориентацией склонов [1].

Подтип коричневые карбонатные почвы распространены в нижней части ареала почв коричневого типа. Приурочены к центральным и юго-восточным предгорьям, характеризующимся сравнительно высокой аридностью. Содержание гумуса 2,5-3,0 %. Реакция почвенного раствора щелочная. Содержание карбонатов колеблется в широком диапазоне: максимальная величина их 5-8 % отмечается в толще 70-100 см. Подтип коричневые типичные почвы занимают промежуточное положение, верхняя граница их соприкасается с выщелоченными, нижняя – с карбонатными. Отличаются относительно укороченным гумусовым профилем и заметным содержанием карбонатов в горизонте В. Содержание гумуса 4-5% , с глубиной постепенно уменьшается. Реакция почвы слабощелочная, в породе – щелочная. Подтип коричневые выщелоченные почвы приурочены к южной и юго-западной возвышенной части полосы распространения рассматриваемых почв, в пределах высотных отметок 400-600 м. Формируются под ксерофитными лесами, кустарниками и кустарниковой луго-степью. В юго-восточных предгорьях уменьшается мощность гумусовых горизонтов (А+В=50-70 см), повышается глубина вскипания до 40-60 см и видимых отложений карбонатов до 70- 80 см при заметном ослаблении интенсивности коричневой окраски.

Геохимический фон элемента или соединения в общем случае представляет собой оценку среднего содержания и показателей варьирования этого элемента, рассчитанную для участков, находящихся за пределами пространства природной или техногенной концентрации элемента.

Актуальность изучения содержания ТМ в почвах, в общем, и изучаемых нами хрома, никеля и свинца, в частности, обусловлено их экологическим влиянием на биотическую составляющую и здоровье человека [2-6].

Биологическая роль никеля заключается в участии в структурной организации и функционировании основных клеточных компонентов – ДНК, РНК и белка. По своим биохимическим свойствам никель весьма схож с железом и кобальтом. Токсичность никеля для растений проявляется в подавлении процессов фотосинтеза и транспирации, появлении признаков хлороза листьев. Для животных организмов токсический эффект элемента сопровождается снижением активности ряда металлоферментов, нарушением синтеза белка, РНК и

ДНК, развитием выраженных повреждений во многих органах и тканях. Избыток свинца в растениях, связанный с высокой его концентрацией в почве, ингибирует дыхание и подавляет процесс фотосинтеза, иногда приводит к увеличению содержания кадмия и снижению поступления цинка, кальция, фосфора, серы. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции. Проблема хрома в биосфере имеет два важных аспекта: 1) биологический – при нормальном содержании и дефиците  $Cr^{+3}$ ; 2) экотоксикологический – при повышенных концентрациях  $Cr^{+6}$  техногенного происхождения. В организме человека и животных общетоксикологическое, нефротоксическое и гепатотоксическое действие оказывает  $Cr^{+6}$ . Токсичность хрома выражается в изменении иммунологической реакции организма, снижении репаративных процессов в клетках, ингибировании ферментов, поражении печени, нарушении процессов биологического окисления, в частности цикла трикарбоновых кислот.

### Объекты и методы

Были исследованы три подтипа коричневых почв предгорной зоны Дагестана, на предмет содержания валовых форм никеля, хрома и свинца.

Исследования концентрации тяжелых металлов проводились по профилям почв, с учетом площади почвенных контуров. На каждом подтипе были заложены разрезы с отбором образцов по генетическим горизонтам.

Определение хрома, никеля, свинца произведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии на ААС Hitachi 170-70 в лаборатории биогеохимии ПИБР ДНЦ РАН. Результаты исследований были обработаны в программе Microsoft Office Excel 2003.

### Обсуждение результатов

Обнаружен широкий диапазон колебания показателей концентрации исследуемых тяжелых металлов (табл. 1).

Таблица 1. Среднее содержание валовых форм хрома, никеля, свинца в почвенной толще коричневых почв предгорной зоны Дагестана, мг/кг.

Почва	Гумус, %, 0-25 см	рН	Хром		Никель		Свинец	
			Lim	Мср.	Lim	Мср.	Lim	Мср.
Коричневая карбонатная	4,8	7,3	22-256	141,1	33-171	63,9	5-42	17,7
Коричневая типичная	4,26	7,2	36-243	113,9	39-140	65,2	5-26,5	15,0
Коричневая выщелоченная	2,8	7,1	72-267	148,0	49-609	194,7	5-57	20,12
Кларк по Виноградову			210		40		10	
Допустимое по Ковде			200		50		100	
ПДК [7]			90		85		32	

Обобщение и анализ полученных данных показывает, что общий уровень содержания хрома, никеля и свинца в коричневых почвах предгорной зоны Дагестана находится в пределах нормы кроме никеля, среднее содержание которого в коричневых выщелоченных почвах превышает ПДК более чем в 2 раза и частично хрома, содержание которого в коричневых выщелоченных почвах превышает ПДК в 1,5 раза.

Коэффициент корреляции исследуемых элементов с гумусом (глубина 0-25 см) составил по коричневым типичным почвам: для хрома – (- 0,29), никеля – (- 0,54), свинца – (0,22); по коричневым карбонатным: – (- 0,08), (- 0,20), (0,64); по коричневым выщелочным: (- 0,17), (- 0,22), (0,22), соответственно.

Таким образом, коэффициент корреляции никеля и хрома с гумусом отрицательный, низкой и средней степени, а по свинцу положительный.

Для прогноза оценки последующего загрязнения почв ТМ необходимо знать точку от счета, т.е. фоновое содержание.

Фоновыми показателями никеля для коричневых типичных и коричневых карбонатных почв предгорной зоны по нашим данным можно считать 60-70 мг/кг, для коричневых выщелоченных 150-200 мг/кг. Фоновое содержание хрома для всех подтипов коричневого типа 120-140 мг/кг. Фоновые показатели свинца 15-20 мг/кг (табл. 1).

Распределение валовых форм хрома, никеля и свинца по горизонтам обследованных почв происходит в основном равномерно (табл. 2), а в горизонте А коричневых выщелоченных почв содержание хрома и свинца выше чем в других горизонтах, что свидетельствует о вероятном влиянии человеческого фактора, в связи с повышенной сельскохозяйственной нагрузкой на данный подтип коричневых почв.

Таблица 2. Среднее содержание гумуса, хрома, никеля, свинца в коричневых почвах предгорной зоны Дагестана по генетическим горизонтам, мг/кг

Почва	Хром			Никель			Свинец		
	А	В	С	А	В	С	А	В	С
Коричневая карбонатная	138,8	132,3	167,9	76	75,4	67,9	15,4	17,0	21,06
Коричневая типичная	104,5	135,6	115	55,5	66,4	66,3	17,4	13,5	15,1
Коричневая выщелоченная	146	142	141,7	107,2	153,8	215,8	29,4	21,4	20,9

В среднем в коричневых почвах предгорья Дагестана изменение концентрации хрома происходит от 104,5 мг/кг (горизонт А) до 167,9 мг/кг (горизонт С). Для никеля от 76 мг/кг (горизонт А) до 215,8 мг/кг (горизонт С). По свинцу данные составили – от 15,4 мг/кг (горизонт А) до 21,6 мг/кг (горизонт С).

Из приведенных данных видно что, в общем, в коричневых почвах не наблюдается биогенного накопления изучаемых тяжелых металлов, так как максимум концентрации их приходится на почвообразующую породу.

## Выводы

Содержание тяжелых металлов в почвах предгорной зоны определяется, в основном, типом и составом почвообразующих пород и физико-географическими условиями формирования почвенного профиля. На основании проведенных исследований видно, что наиболее загрязненным исследуемыми нами тяжелыми металлами (Cr, Ni, Pb), при наименьшем содержании гумуса, является коричневый выщелоченный подтип почв. При этом в последние десятилетия сильного антропогенного воздействия здесь не наблюдается.

Содержание этих же тяжелых металлов в типичных и карбонатных подтипах коричневой почвы находится в пределах нормы, выше кларка по Виноградову, но не превышает ПДК, кроме хрома, концентрация которого составляет 1,3-1,5 ПДК.

Полученные результаты показали, что по уровню концентрации валовых форм хрома, никеля и свинца естественные почвы исследуемой территории не имеют значительного антропогенного загрязнения.

**Список литературы:**

1. Классификация и диагностика почв Дагестана под ред. С.В. Зонна. Махачкала: Даг. филиал АН СССР, 1982.– 84 с.
2. Хром в почвах и растениях Забайкалья. В.А.Кашин, Г.М. Иванов// Материалы IV Российской биогеохимической школы 3-6 сент. 2003 г. Москва «Наука» 2003.
3. Распространенность элементов в Земной коре. – М., 1982
4. Маин А. У. Природные ресурсы // Химия окружающей среды.– М., 1982.– 75 с.
5. Ellis R.J., Neish B.,Trett M.W., Best J.G., Weightman A.J., Morgan P. and Fry J.C. 2001.Comparison of microbial and meiofaunal community analysis for determining impact of heavy metal contamination. J. Microbiol. Methods V.45. N.2 P.171-185.
6. Angelone M. Bini C. 1992. Trace elements concentrations in soil and plants of western Europe. In Adriano DC, ed. Biogeochemistry of trace metals. Boca Raton, Lewis Publishers, P. 19-60.
7. Башкин В.Н. Биогеохимия.– М.: научный мир, 2004.– 584 с.

## **ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ.**

**Баюрова Ю.Л.** (АФ МГТУ, ГЭ-551, БФ)

**Королева И.М.** (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

Кольский залив занимает особое место среди фьордов юга - западной части Баренцева моря в первую очередь по степени вовлечения в хозяйственно-промышленную деятельность (Кольский залив, 1997). Главная опасность заключается в разрушении биологических ресурсов Кольского залива и разрушении природных условий воспроизводства под влиянием загрязнения и деградации экосистемы. В связи с этим актуальнее становятся вопросы контроля за состоянием экосистемы залива.

Целью данной работы является оценка динамики гидрохимических и гидробиологических показателей в Кольском заливе.

Для решения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Дать характеристику океанографического и гидрометеорологического режима Кольского залива.
2. Выявить источники и уровень техногенной нагрузки на экосистему Кольского залива.
3. Определить последствия антропогенного загрязнения на состояние гидробионтов Кольского залива.

Существует пять путей поступления загрязняющих веществ в морскую среду: выпадения из атмосферы на водную поверхность, поступление с речным стоком, сбросы коммунально-бытовых и промышленных стоков от прибрежных источников, сбросы загрязненных вод и твердых отходов с морских судов и стационарных сооружений в море, поступление загрязнений из недр морского дна и донных осадков. Наиболее угрожающим источником антропогенного воздействия на экосистему залива является поступление загрязненных бытовых и промышленных сточных вод. В Кольский залив сбрасывают сточные воды десятки предприятий и плавучих баз, принадлежащих различным ведомствам и расположенных по берегам и на акватории залива. Основной вклад в загрязнение вносят: ГОУП «Мурманскводоканал», МУП «Североморскводоканал, СРЗ, ОАО «Мурманский морской рыбный порт», ФГУП «Атом-флот». За последние пять лет объем сбросов уменьшился. При этом 80% сточных вод сбрасываются без очистки. В залив поступают значительные количества взвешенные и органические вещества, нефтепродукты, жиры, тяжелые металлы, соединения азота и фосфора и другие. Помимо организованного сброса, идет постоянное загрязнение залива от большого количества судов и различных плавсредств. Дополнительным источником загрязнения стали затонувшие или выброшенные на берег суда.

Кольский залив загрязнен нефтепродуктами как в растворенном виде, на уровне нескольких ПДК, так и видимой пленкой, постоянно присутствующей на поверхности воды, особенно в южной и средней части его.

Уровни накопления металлов в донных отложениях по сравнению с водной средой мало изменчивы и отражают экологические тенденции относительно продолжительного периода. В целом отмечается тенденция увеличения содержания нефтепродуктов в воде от северного колена залива к южному (Доклад ..., 2004, 2005, 2006, 2007, 2008). Повышенное содержание постоянно наблюдается в южной части залива. По уровню аккумуляции нефтепродуктов донные отложения залива классифицируются как сильно загрязненные.

Наиболее высокие концентрации нефтяных углеводородов в донных осадках отмечены в районе г. Мурманска, Североморска, Полярного (Ильин и др., 1997).

Концентрации тяжелых металлов в морских водах варьируют в весьма широких диапазонах.

При смешении на акватории залива пресноводного стока с морской водой концентрация металлов, кроме меди и железа (превышает ПДК в 1-9 раза), уменьшается до величин значительно ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов (Перечень..., 1995).

Для большей части этих металлов характерны временная и пространственная неравномерность уровня их содержания в водной среде Кольского залива. Экстремально высокими уровнями накопления практически всех металлов выделяется акватория, прилегающая к Мурманскому порту. Второй локальный участок с повышенным накоплением металлов в осадке расположен в среднем колене, в районе Североморского портового узла и в северном колене - в порту г. Полярный.

В каждом из этих районов основное влияние имеют два управляющих фактора, действующих постоянно: материковый сток и сбросы техногенных отходов (Биотестирование..., 2003).

По индексу загрязненности вод, южное колено залива характеризуется III классом качества вод - воды умеренно загрязненные; среднее и северное колено - II класс качества вод - воды чистые.

Бентоядные рыбы в большей степени склонны накапливать токсичные микроэлементы - ртуть, свинец, мышьяк. Камчатский краб накапливает относительно высокие концентрации цинка. Практически все тяжелые металлы, кроме кадмия, накапливаются в мышцах краба в значительно большем количестве, чем в других промысловых гидробионтах, в том числе в креветках. Характерно повышенное накопление ртути (концентрации выше величин ПДК) и свинца.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРОДСКОГО ПОЛИГОНА БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ АПАТИТСКО-КИРОВСКОГО РАЙОНА НА НАЗЕМНЫЕ И ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Вишневская О.А.<sup>1</sup>, Маслобоев В.А.<sup>1,2</sup>, Мельник Н.А.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Мурманский государственный технический университет, [8geo-ecolog@mail.ru](mailto:8geo-ecolog@mail.ru)

<sup>2</sup> Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

<sup>3</sup> Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН

Сложившаяся ситуация в области обращения с бытовыми и промышленными отходами в Российской Федерации представляет реальную угрозу здоровью современных и будущих поколений страны, приводит к нерациональному использованию природных ресурсов, значительному экономическому ущербу и ведет к опасному загрязнению окружающей среды.

Под полигоны (свалки) твердых бытовых отходов ежегодно отчуждается около 10 тыс. га пригодных для использования земель, не считая площади земель, загрязняемых многочисленными несанкционированными свалками. Особую тревогу вызывает накопление в отвалах и свалках токсичных, в том числе канцерогенных веществ. Ареной проявления широко распространенных экологических процессов являются региональные пространства с определенным природным и социально-экономическим потенциалом, где фиксируется разрушение природных геосистем и связей в них вследствие усиленного воздействия техногенной нагрузки. В связи с этим важным аспектом охраны окружающей среды является площадное обследование и дальнейший мониторинг почв, грунтов и водной среды на территориях, расположенных непосредственно в населенных пунктах.

Полигон хранения твердых бытовых отходов (ТБО) г. Апатиты расположен на расстоянии 8 км от города с населением 62900 чел., в низовьях реки Белой, впадающей в озеро Имандра, являющееся источником питьевого водоснабжения.

Данные о реальном составе загрязнений, поступающих в окружающую среду с полигона ТБО Апатитско-Кировского района, их токсичности и потенциальной опасности для биоты отсутствуют. Поэтому одной из задач, стоящих при выполнении данной работы, была оценка влияния городского полигона бытовых и промышленных отходов Апатитско-Кировского района на наземные экосистемы (водные и почвенные объекты). В соответствии с федеральными законами и нормативными документами [1-4] были проведены исследования экологического состояния реки Жемчужной (объект 1), озера рядом с полигоном ТБО и ТПО (объекты 2, 4), стока из отстойника (объект 3) и оз. Белое (объект 5). Кроме источников поллютантов от самой свалки, возможны поступления от других антропогенных источников, в том числе: радиоактивных, техногенных и природных – наличие этих факторов обуславливает необходимость определения их в зоне влияния ТБО. Радиоактивное загрязнение возможно за счет несанкционированных выбросов и техногенного воздействия, т.к. г. Апатиты входит в 30 км зону действия Кольской АЭС.

### Методы исследований:

Объектом исследования являлся ареал городского полигона ТБО г. Апатиты. Отбор представительных проб почвы и поверхностных вод из открытых водоемов на 5 объектах осуществлялся в соответствии с ГОСТами 17.4.3.01-83, 17.1.504-81, 17.1.3.07-82, 17.1.5.05-85. Химический анализ почвы и воды проводился в ИППЭС КНЦ РАН с использованием потенциометрического, хроматографического и атомно-абсорбционного методов. Радиоэкологическое обследование выполнялось в аккредитованной лаборатории

радиационного контроля ИХТРЭМС КНЦ РАН по аттестованным методикам с использованием радиометрических и гамма-спектрометрических методов анализа [5].

### Результаты и обсуждение:

Изучение радиогеоэкологического состояния в зоне влияния полигона ТБО г. Апатиты показало, что на обследованных территориях локальные радиационные аномалии отсутствуют, средние значения гамма-излучения не превышают 16 мкР/ч, соответствуют уровню гамма-фона местности, а МЭД не превышает 20 мкР/ч, что соответствует нормативным значениям для населения. Объемная активность радона находилась в пределах 23-80 Бк/м<sup>3</sup> и не превышала нормы (100 Бк/м<sup>3</sup>).

Средние значения эффективной удельной активности ( $A_{эфф}$ ) почвы находятся в пределах 75-165 Бк/кг с учетом неопределенности измерений, радиоактивное загрязнение почвы отсутствует. Незначительное увеличение концентрации Cs-137 на данном исследуемом объекте может быть обусловлено вторичным загрязнением и результатом деятельности Кольской АЭС, т.к. идет нарастание удельной радиоактивности по розе ветров в сторону севера, но эти значения близки к следовым количествам.

Суммарная удельная альфа-активность поверхностных вод открытых водоемов на всех объектах близка к нормативным, а суммарная удельная бета-активность ( $\Sigma B$ ) в р. Жемчужной и в озере, у полигона ТБО, в 1.2 -1.4 раз превышает предельно допустимый уровень. Наибольший вклад в  $\Sigma B$  вносят К-40 и Th-232 (в 1.2-1.3 раз превышения), содержание которых связано с природными факторами: от слагающих пород, из почвы они могут поступать в водоемы с подземными водами. Сухой остаток проб воды – в пределах от 0.26- 0.38 г/л. Максимальные значения были обнаружены на объектах № 1, 2 и 5, которые близко расположены к полигону, т.е. чем дальше от него, тем меньше солевой состав. Содержание Ra-226 в поверхностной воде в 1.7-6 раз >  $УВ_{рас.вод}$  на всех исследуемых объектах, кроме р. Жемчужная. Концентрация Cs-137 не превышает уровня вмешательства. Из исследуемых объектов наиболее загрязнены озера, расположенные около полигона ТБО.

Озера по радиационному фактору не должны относиться к хозяйственно-питьевым, но хозяйственная деятельность населения на этой территории по радиационному фактору не ограничивается.

По результатам маршрутного эколого-геохимического обследования выделены основные элементы-загрязнители поверхностных вод (ГОСТ 17.1.5.05-85):  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $N_{общ}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $P_{общ}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ .

Установлено, что все исследованные образцы поверхностных вод имеют значения рН в пределах 7.0–7.8 – слабощелочная реакция.

Наивысшая электропроводность наблюдалась на объекте 2 – район полигона ТБО, обусловлена ионами  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , которые составляют минеральную часть воды.

Химические анализы поверхностных вод открытых водоемов, расположенных на исследуемой территории, показали, что наибольшие превышения ПДК наблюдались на первых 2-х объектах, причем: по  $SO_4$  – 19.8 ПДК,  $Cl$  – 5.3 ПДК,  $N_{общ}$  – 4 ПДК,  $Cr$  – 1.7 ПДК,  $Cu$  – 7 ПДК,  $Mn$  – 8.6 ПДК на полигоне ТБО. Также наивысшие превышения ПДК по  $P_{общ}$  – 3.2.ПДК,  $NO_3^-$  – 1.2 ПДК,  $Zn$  – 1.3 ПДК,  $Al^{3+}$  – 5.3 ПДК – на р. Жемчужная и  $Fe^{3+}$  – 1.7 ПДК на оз. Белое. В результате химических анализов было выявлено содержание  $Fe^{3+}$  в поверхностных водах, где наименьшее значение – 0.025 мг/л в озерной воде района полигона ТБО, максимальное – 0.170 мг/л (1.7 ПДК) – оз. Белое. Содержание  $Fe^{3+}$  - 0.025 мг/л соответствует среднему по региону содержанию железа в поверхностных водах.

В районе полигона ТБО наблюдается 1.4 ПДК Ni в воде, а в почве близко к предельному значению. Это объясняется более интенсивным поступлением загрязнений комбината «Североникель».

Подтверждается, что гидрохимические показатели исследуемых водных объектов определяются поступлением отходов апатито-нефелиновых фабрик и сточных вод г. Кировска и г. Апатиты и характеризуются повышенными концентрациями щелочных и щелочноземельных элементов, алюминия, фосфатов.

При сравнении результатов химического анализа исследуемых почвенных объектов с ПДК было обнаружено превышение по Ni и Cu, особенно на 4 и 5-м объектах, что говорит о юго-западном распространении от полигона ТБО. Согласно ГН 2.1.7.2041-06, на всех почвенных объектах исследуемой территории, кроме района полигона ТБО, наблюдается повышенное содержание Cu в 1-2.5 ПДК. Превышение ПДК может объясняться поступлением Cu: пылевой фактор, атмосферные осадки (могут быть загрязнены от Мончегорского комбината «Североникель» в виде кислотных дождей).

При сравнении результатов исследований поверхностных вод открытых водоемов с ПДК было обнаружено превышение по гидрохимическим и радиационно-гигиеническим параметрам, особенно на р. Жемчужная и полигоне ТБО, что говорит о северо-восточном и юго-восточном распространении их от полигона. Поэтому основными источниками поступления поллютантов являются аэротехногенное загрязнение территории, вынос элементов от массивов отвальных пород хвостохранилища подземным и поверхностным стоком, влияние самого полигона ТБО. В результате этих процессов происходит интенсивное загрязнение окружающей среды химическими элементами, представляющими потенциальную опасность для биологических систем. Некоторые элементы не входят в списки контролируемых, не изучено их поведение в природных средах, не определена их токсичность, отсутствуют ПДК, например, общий углерод, который может поступать из зоны полигона в результате разложения органических веществ.

Из полученных результатов следует, что влияние полигона ТБО и ТПО, наряду с другими антропогенными факторами: хозяйственно-бытовые стоки и отходы апатито-нефелинового производства - значительно, особенно на водные объекты. Общий уровень загрязнения умеренный.

Факторный анализ данных почвы показал, что наиболее высокие нагрузки на окружающую среду связаны с pH,  $Zn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ , Cs-137, Ra-226 и  $A_{эфф}$  (1-й фактор), Th-232,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  (2-й фактор),  $Mn^{2+}$ , K-40 (3-й фактор).

В результате факторного анализа данных воды установлено, что наиболее высокие нагрузки на окружающую среду связаны с электропроводностью,  $Ca^{2+}$ ,  $C_{общ}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $N_{общ}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ , K-40 и  $\Sigma B$ -активностью (1-й фактор),  $\Sigma A$ , Ra-226 и Be-7 (2-й фактор), U-238, Th-232 и Cs-137 (3-й фактор).

Так как влияние полигона ТБО и антропогенных факторов значительно, особенно на водные объекты, поэтому необходимо дальнейшее их изучение, включая проведение микробиологического и бактериологического анализа. В перспективе данный участок нельзя использовать для строительства.

Результаты анализов показывают существование весьма острой проблемы качества природных вод в Кировско-Апатитском районе. Проведенные исследования, совершенно очевидно, являются только первым шагом и должны быть продолжены. Тем более что расширяющиеся аналитические возможности обоих институтов: Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН (ИХТРЭМС КНЦ РАН), и Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (ИППЭС КНЦ РАН) - открывают новые перспективы для этих исследований.

При рассмотрении инженерно-геологического строения участков грунты основания котлована полигона имеют значительно большее значение коэффициентов фильтрации 0.2-30 м/сутки, чем требуется, согласно п.1.15 «Инструкции...» для котлованов без защитных экранов ( $K_f = 0.0086$  м/сутки). Таким образом, устройство защитного экрана необходимо во всех случаях.

Для оценки влияния полигона на окружающую среду необходимо контролировать и анализировать (по сравнению с уровнем ПДК) следующие показатели: грунтовые и поверхностные воды, атмосферный воздух, почву и фильтрат, вытекающий из полигона.

### **Выводы:**

→ Из полученных результатов следует, что влияние полигона ТБО и ТПО, наряду с другими антропогенными факторами: хозяйственно-бытовые стоки г. Кировска и г. Апатиты, отходы апатито-нефелинового производства - значительно, особенно на водные объекты. В перспективе данный участок нельзя будет использовать для строительства.

→ Загрязнения водных объектов в районе полигона ТБО и ТПО ведет к ухудшению качества питьевой воды за счет поступления стоков в оз. Имандра.

→ Грунты основания котлована полигона имеют высокие значения коэффициентов фильтрации по результатам инженерно-геологического строения участков, т.е. требуют применения защитного экрана. В настоящее время полигон ТБО Кировско-Апатитского района не оборудован.

→ Полученные результаты работы могут использоваться государственными органами, научными, природоохранными и производственными организациями для оценки экологического состояния северного района, в том числе при проведении охранных мероприятий, использовании водных объектов для питьевого водоснабжения, рыбозаповедения и рекреации, а также для проведения технико-экономического обоснования и разработки проектов ОВОС, последующего контроля администрацией г. Апатиты соблюдения природоохранного законодательства.

### **Список литературы:**

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», ФЗ № 89 от 24.06.98 г.
2. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», ФЗ № 52 от 30.03.1999
3. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: СП 2.6.1.1292-03 – М.: Минздрав России, 2003. – 16 с.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): СП 2.6.1.758-99 – М.: Минздрав России, 1999. – 116 с.
5. Практика использования радиологического комплекса «Прогресс-АБГ» для анализа природных объектов / Мельник Н.А. // АНРИ. – 2006. – № 1. – С. 42-44.
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: Справ. изд. / Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989. – 365 с.
7. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 345 с.

## **ВЛИЯНИЕ КАНДАЛАКШСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА НА НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

**Волкова Е.В.** (АФ МГТУ, Гэ-371, БФ)

**Королёва И.М.** (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

Мурманская область является одним из наиболее промышленно освоенных районов Крайнего Севера. На базе открытых в конце 20-х – начале 30-х годов текущего столетия уникальных месторождений полезных ископаемых за короткий срок создана мощная многоотраслевая экономика, основу которой составляют отрасли сырьевой направленности: горнодобывающая, горнохимическая, металлургическая.

Изучение воздействия Кандалакшского алюминиевого завода на окружающую среду является актуальным, потому что приводит к деградации наземных экосистем, снижению биоразнообразия.

Основной целью является показать влияние алюминиевого завода на наземные экосистемы.

Для окружающей среды города характерно сочетание химического и радиоактивного загрязнений. Химические вещества поступают в окружающую среду с выбросами Кандалакшского алюминиевого завода.

Приоритетными загрязнителями в зоне воздействия алюминиевого завода являются F (HF),  $Al_2O_3$ , бенз (а) пирен, смолистые вещества, нафталин.

При оценке качества окружающей среды особое внимание уделяли содержанию наиболее токсичных веществ, представляющих наибольшую опасность для природы живых организмов. К ним относятся, в первую очередь, тяжелые металлы — свинец, ртуть, кадмий и никель, стойкие органические загрязнители (СОЗ) — ДДТ, диоксины, полихлорированные бифенилы (ПХБ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и другие вещества, обладающие канцерогенными свойствами.

Выбросы Кандалакшского алюминиевого завода приводят к избыточному накоплению в хвое сосны тяжелых металлов, S, Al, F и др. поллютантов. Промышленное загрязнение влияет на содержание в хвое основных элементов питания. Вблизи Кандалакшского алюминиевого завода в хвое возрастает содержание Al, Mn и Mg;

Впервые для Мурманской области выявлены особенности накопления радионуклидов природного (радионуклиды рядов 238U и 232Th, 40K, 7Be) и техногенного (137Cs, 90Sr) происхождения в хвое сосны в меридиональном разрезе города Кандалакша. Выявлен ряд потенциальных источников поступления этих радионуклидов в хвою. Максимальные величины исследуемых радиационно-гигиенических характеристик не выходили за пределы природного радиационного фона [Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)].

Почва - один из основных компонентов экосистем. Выполняемые почвой функции уникальны и незаменимы. Поэтому утрата или необратимая деградация почвы могут рассматриваться как гибель данной экосистемы.

Почвенные грибы являются основными деструкторами органических веществ природного происхождения, выполняют важные средорегулирующие функции, являются биосорбентами загрязняющих веществ и осуществляют их биогенную миграцию в окружающей среде. В почве фоновой зоны алюминиевого завода выявлено 35 видов грибов. В сильнозагрязненной зоне число видов уменьшилось до 29, а в почве максимально загрязненного участка - до 26.

Сапротрофные личинки двукрылых – эффективные разрушители лесной подстилки в природных и антропогенных местообитаниях.

Увеличение численности сапрофагов по мере приближения к алюминиевому заводу сопровождалось повышением их доли в составе мезофауны. Абсолютная и относительная численность фито- и зоофагов снижались. На удалении 20 км от КАЗ преобладали деструкторы. В 2 км от предприятия их доля сократилась, и возросла относительная масса хищников.

Любое промышленное производство, особенно металлургия, сопряжено с экологическими рисками. Ее использование приводит к выделению значительного количества вредных газов с примесями.

Заключение из всего вышесказанного следует необходимость разработки и выполнения мероприятий, приводящих к:

- снижению выбросов вредных веществ в атмосферный воздух за счёт внедрения более совершенной технологии, очистных сооружений выполнение других организационно-технических мероприятий;

- уменьшить нарушения природного равновесия и естественных экологических систем,
- сдерживать деградацию флоры и фауны, объявляемые зонами экологического бедствия;

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННО-АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ**

**Губкина Т.Г. Зосин А.П., Приймак Т.И, Кошкина Л.Б.** (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра Геоэкологии, *ElmairaGTG@mail.ru*)

Perfection of existing system of protection of water area of Kola bay from oil products can be carried out by application of sorbtionno-active materials for gathering of it passages on hard and a water surface, sewage treatment, and also for neutralisation petropolluted ground.

On Kola peninsula vermiculite - layered aluminium silicate, being raw materials the largest deposit is developed for a number of sorbents of oil products, the researches directed on revealings of efficiency of their application in the conditions of Subarctic region have been executed.

Актуальность темы обусловлена возросшими рисками нефтяных разливов в морской среде при разведке, добыче и транспортировке, на суше при транспортировке и использовании.

Одним из перспективных направлений в разработке новых технологий по предотвращению нефтяных загрязнений акваторий является создание новых адсорбционно-активных материалов, имеющих высокую нефтеёмкость, плавучесть, водостойкость и экологическую чистоту (Зосин, 2000)

Принимая во внимание, что на Кольском полуострове разрабатывается крупнейшее месторождение вермикулита - слоистого алюмосиликата, являющегося сырьём для производства ряда сорбентов нефтепродуктов, были выполнены исследования, направленные на выявления эффективности их применения в условиях Субарктики.

Были изучены впитывающая способность вермикулитовых сорбентов, способы регенерации отработанных сорбентов, включая биodeградацию. Получены также результаты по извлечению нефтепродуктов вермикулитовыми сорбентами из технологических стоков, включая льяльные воды и в процессах рекультивации нефтезагрязнённых почв.

Обозначены перспективные направления в разработке технологии получения и применения биосорбента на основе вермикулита и карбонатитов.

Объектом исследования являются сорбционно-активные материалы на основе сырья Кольского полуострова и штаммы нефтеокисляющих бактерий. Предмет исследования - процессы деградации нефти на сорбционно-активных материалах в присутствии микробной компоненты.

Новизна исследования - гидрофобизация поверхности минеральных субстратов и её влияние на условие деградации нефти в природных условиях.

Теоретической основой исследования является, то что карбонатные породы отличаются повышенной пористостью и представляют естественные вместилища – коллекторы, резервуары жидких и газообразных углеводородов. Процесс образования на их поверхности нефтеокисляющих бактерий является естественным в природной среде.

Применение биосорбента особенно эффективным может быть для очистки от нефти зоны побережья, где затруднена очистка механическими средствами и опасно применение диспергентов. В связи с тем, что прибрежная зона Кольского полуострова, как пограничная область трех сред: воды, суши, атмосферы, на всем своем протяжении является зоной концентрации и разнообразия жизни.

А так же отпадает необходимость создания полигонов - отстойников для обезвреживания нефтезагрязнённых грунтов и затраты на их транспортировку. Так как

процесс деградации нефти будет происходить на месте разлива нефти и в любое время года, в связи с тем, что бактерии на сорбенте будут защищены от низких перепадов температуры.

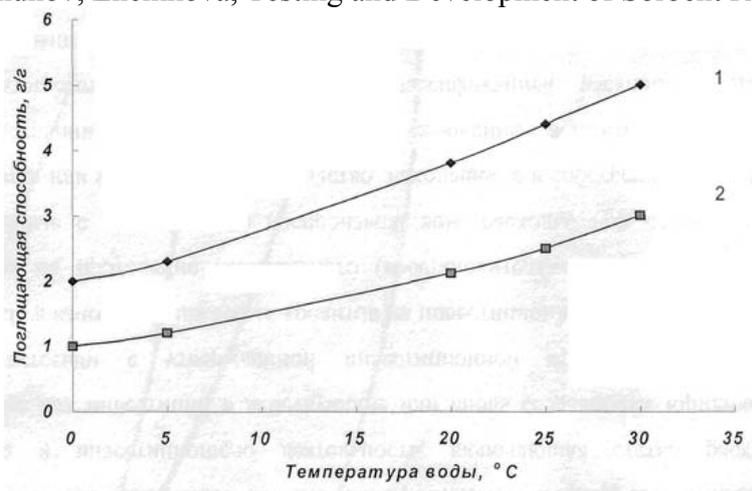
### Изучение впитывающей способности вермикулитовых сорбентов

Карбоминеральный адсорбент (С-верад) синтезируется путем специальной обработки вермикулита легирующими компонентами с последующим окислительным пиролизом. Для разработки практических рекомендаций по использованию С-верада были изучены его поглощающая способность по нефтепродуктам с твердых и водных поверхностей, влияние на эти процессы гранулометрического состава адсорбента, концентрации нефтепродуктов в воде и температуры.

#### **Влияние гранулометрического состава С-верада на его удерживающую способность**

Размер зерна, мм	Удерживающая способность, г/г				Плавучесть, сутки
	мазут	масло техн.	дизельное топливо	толуол	
-8+5	1.9	1.1	1.0	1.0	8-14
-5+2.5	2.4	2.9	2.2	2.2	4-6
-2.5+1.25	4.3	3.7	2.9	2.9	1-3
*-1.25+0.63	6.1	3.9	4.1	3.9	0.5-1

\*-Удерживающая способность определялась по методике: Viilt VTT Tiedonato 31. Thun, Asplund, Korshunov, Zhemkova, Testing and Development of Sorbent Reserch Methods.



**Рис. 1.** Влияние температуры окружающей среды и гранулометрии на поглощающую способность нефтепродуктов С-верадом: гранулометрия С-верада:

1 - (-1.25+0.63) мм, 2 - (-5+2.5) мм.

Удерживающая способность С-верада зависит как от характеристики поглощаемого вещества, так и от размера зерна адсорбента.

Что позволяет предложить следующие практические рекомендации по применению С-верада для сбора нефтепродуктов. При удалении нефтепродуктов с поверхности акваторий С-верадом выбор гранулометрического состава адсорбента производится, исходя из конкретных погодных условий. В тех случаях, когда погодные условия позволяют проводить количественный сбор нефтяного разлива, применяется С-верад с размером зерна -5+2.5; -2.5+1.25 мм. С-верад экспонируется на поверхности пятна 1-3 ч., после чего собирается специальным судном - мусоросборщиком. Отработанный С-верад отправляется на мусоросжигательную печь, где происходит выгорание сорбированных нефтепродуктов.

После этой операции С-верад может быть снова использован для сбора нефтепродуктов. С-верад допускает 4-6 циклов регенерации (Зосин, 2000).

#### Доочистка льяльных вод

Источником поступления нефтепродуктов в морские акватории являются не только их аварийные разливы, но и промышленные стоки, льяльные воды судов и ливнеотоки. С целью определения возможности очистки вод от нефтепродуктов с помощью С-верада были изучены его сорбционные характеристики в динамических условиях при фильтрации очищаемого раствора через неподвижный слой адсорбента. Испытания проводили в колонках с неподвижным фильтрующим слоем. Для определения динамической сорбционной ёмкости готовили модельный раствор нефтепродуктов по ГОСТ 3 51871-2002 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы её определения».



*Рис.2. Колонка с сорбентом С-верад для доочистки льяльных вод.*

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности применения С-верада в системе очистки ливнеотоков: концентрация нефтепродуктов в очищаемой воде соответствует установленным нормативам для рыбохозяйственных водоёмов.

Таким образом, применение С-верада позволяет эффективно решать ряд экологических задач, связанных с удалением нефтепродуктов как в аварийных ситуациях, так и при эксплуатации морских и речных судов, а также при очистке ливнеотоков.

#### Рекультивация нефтезагрязнённых почв

Для выявления влияния применения С-верада при биорекультивации нефтезагрязнённых грунтов были проведены следующие опыты. В почвенный субстрат, состоящий из торфа (20 %) и подзолистой земли (80 %), добавляли дизельное топливо (10%), после чего нефтезагрязнённый грунт делили на две порции. В одну из порций добавляли 10% С-верада. Приготовленные смеси помещали в поддон и засевали травяной смесью для газонов. Параллельно с нефтезагрязнёнными образцами устанавливали поддон с чистым грунтом без добавления дизельного топлива и С-верада, куда также высевалась смесь трав для газона. Периодически грунт в поддонах увлажнялся. Опыт показал, что всхожесть семян в нефтезагрязнённом грунте с добавлением С-верада и в исходном (чистом)

одинаковая и составляла 94%. В грунте нефтезагрязнённом без добавления С-верад всхожесть составила 15% (рис. 3). Полученные результаты показали эффективность применения С-верад для ремедиации нефтезагрязнённых почв.



**Рис.3.** Биоремедиация нефтезагрязнённых грунтов: 1-незагрязнённый образец; 2-загрязнённый образец дизельным топливом с С-верадом; 3-загрязнённый дизельным топливом образец.

На основании выполненных опытов предложена технология хранения и обезвреживания нефтесодержащих шламов.

**Выводы:** Изучены свойства и предложены перспективные направления в разработке и применении новых сорбционно-активных материалов на основе минерального сырья Кольского полуострова:

Сорбент (С-верад) на основе вермикулита, в результате проведённых исследований, показал *высокую эффективность* в системе очистки ливнестоков: концентрация нефтепродуктов в очищаемой воде соответствует установленным нормативам для рыбохозяйственных водоёмов. Применение С-верад позволяет эффективно решать ряд экологических задач, связанных с удалением нефтепродуктов как в аварийных ситуациях, так и при эксплуатации морских и речных судов, а также при очистке ливнестоков.

Предложена технология обезвреживания нефтешламов с использованием биоадсорбента С-верад. Применение биоадсорбента С-верад позволяет в течение четырех месяцев довести уровень загрязнений до экологически безопасного состояния за счёт биодеструкции и перевода нефтепродуктов в нерастворимое в воде состояние.

Полученные результаты показали эффективность применения С-верад для ремедиации нефтезагрязнённых почв.

#### **Список литературы:**

1. Зосин А.П., Приймак Т.И. и др. Биоадсорбенты на основе углеродминеральных материалов для биохимической очистки сточных вод // Технология и свойства силикатных материалов из сырья Кольского полуострова. Апатиты, - 2000. - С.142-149.
2. Коновалова Н.Г., Шатаева Л.К., Зосин А.П. Сорбционные свойства композиционного сорбента на основе алюмосиликатной матрицы, ЖПХ. - 1986. - №12. - С.2741-2744.
3. Способы кондиционирования промышленных выбросов и организация локальных техногенезов для защиты от деградации природных экосистем. Отчёт о научно-исследовательской работе. Том2. –Апатиты: РАН КНЦ ИППЭС, 1999. - 345 с.

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ РЕКИ ПАСВИК

Даувальтер В.А.<sup>1,2</sup>, Кашулин Н.А.<sup>2</sup>, Сандимиров С.С.<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Апатиты, Апатитский филиал МГТУ, кафедра геоэкологии; <sup>2</sup>Апатиты, Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, vladimir@inep.ksc.ru)

Sediment cores from the River Pasvik system, polluted by the sewage waters and air emissions of the "Pechenganickel" Mining Metallurgical Company, have been collected in seven lakes for studying of heavy metals (Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, Hg, As) and an estimation of intensity of pollution of reservoirs taking in account a background concentration of elements, vertical and spatial distribution of their contents in cores and the superficial layer of sediments.

Самую большую в северной части Фенноскандии водную систему образуют оз. Инари и р. Пасвик. Ее водосбор расположен на приграничной территории России, Норвегии и Финляндии. Антропогенное влияние на наземные и водные экосистемы вызвано главным образом выбросами тяжелых металлов (ТМ), сернистого газа, щелочных и щелочноземельных металлов, пыли плавильными цехами комбината "Печенганикель", а также хозяйственно-бытовыми сточными водами населенных пунктов, расположенных на водосборе этой системы. На р. Пасвик расположены семь электростанций – Кайтокоски, Янискоски, Раякоски, Хевоскоски, Борисоглебская, Скогфосс и Мелькефосс. Первые пять принадлежат России, последние две – Норвегии. Все водоемы зарегулированы.

Две главные экологические проблемы, связанные с регулированием стока реки и влиянием деятельности комбината «Печенганикель», характерны для озерно-речной системы р. Пасвик – загрязнение ТМ и эвтрофирование. Первая проблема связана с выбросами и стоками комбината «Печенганикель» и трансграничным воздушным переносом, главным образом из индустриально развитых регионов страны и Европы. Вторая проблема вызвана регулированием стока оз. Инари и р. Пасвик, а также поступлением хозяйственно-бытовых стоков населенных пунктов, расположенных на водосборе реки Пасвик.

Цель исследований – изучение химического состава донных отложений (ДО) водной системы р. Пасвик и оценка загрязнения ТМ с учетом их фоновых концентраций, вертикального распределения ТМ в колонках и поверхностных слоях ДО.

Содержание и поведение ТМ в ДО системы р. Пасвик исследовалось в рамках проекта Интеррег IIIА Коларктик «Развитие и реализация мониторинга окружающей среды и программа оценки в приграничном районе между Финляндией, Норвегией и Россией». Колонки ДО отбирались в период 2002-2004 гг. на двух станциях оз. Инари глубиной 15 и 42 м, на пяти водоемах р. Пасвик: Хестефосс (глубина 10.5 м), Рускебукта (15 м), Ваггатем (19 м), Бьерневатн (23 м) Скруккебукта (37 м) и на четырех станциях оз. Куэтсъярви: Ку-1 – Гольфстрим (23 м), Ку-2 – Колосйоки (12 м), Ку-3 – Салмиярви (10 м), Ку-4 – Белый Камень (32 м).

Пробы ДО отбирали гравитационным отборником О. Скогхейма [1] и вертикально разделяли для анализа на 1-см слои. В них определяли концентрации Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, Hg, As, извлекаемых концентрированной азотной кислотой методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Подробно метод пробоподготовки и химического анализа описан в [2].

Антропогенное влияние на экосистемы озер определяли с помощью коэффициента загрязнения  $C_f$  каждого тяжелого металла (Ni, Cu, Co, Zn, Pb, Cd, Hg, As). Значения  $C_f$  находили путем деления концентраций тяжелых металлов в поверхностном 1-см слое на фоновое его содержание в самом глубоком слое (метод Л. Хокансона [3]). Степень загрязнения  $C_d$  определяли суммированием всех значений  $C_f$  для восьми ТМ для данного озера.

Таблица. Концентрации ТМ (мкг/г, сух. веса) в ДО, величины коэффициента загрязнения ( $C_f$ ) и степени загрязнения ( $C_d$ ) системы р. Пасвик

№	Озеро, станция, глубина, м	Слой, см	Cu	Ni	Zn	Co	Cd	Pb	As	Hg	$C_d$
1	Инари-1 Станция 1	0-1	35	48	124	22	0.62	26.1	8.0	0.084	
		22-23	46	48	117	22	0.11	4.6	1.8	0.030	
	15 м	$C_f$	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>5.8</b>	<b>5.7</b>	<b>4.5</b>	<b>2.8</b>	<b>22.6</b>
2	Инари-2 Станция 2	0-1	38	53	84	23	0.31	21.2	14.7	0.097	
		3-4	48	61	91	22	0.15	4.9	1.6	0.042	
	42 м	$C_f$	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>2.1</b>	<b>4.3</b>	<b>9.1</b>	<b>2.3</b>	<b>21.4</b>
3	Хестефосс	0-1	32	37	81	19	0.18	8.8	4.4	0.143	
		3-4	36	46	100	21	0.05	6.8	3.9	0.021	
	10.5 м	$C_f$	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>3.9</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>	<b>6.8</b>	<b>16.5</b>
4	Рускебукта	0-1	67	70	95	21	0.15	17.2	8.5	0.161	
		14-15	62	63	112	26	0.09	12.4	4.4	0.038	
	15 м	$C_f$	<b>1.1</b>	<b>1.1</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>1.7</b>	<b>1.4</b>	<b>2.0</b>	<b>4.2</b>	<b>13.1</b>
5	Ваггатем	0-1	75	87	122	28	0.11	15.6	7.6	0.042	
		14-15	55	58	126	30	0.08	9.2	6.0	0.015	
	19 м	$C_f$	<b>1.4</b>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.5</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>2.9</b>	<b>12.1</b>
6	Куэтсъярви-1 Гольфстрим	0-1	981	2075	249	109	2.49	34.3	25.0	0.033	
		15-16	47	39	106	21	0.16	8.4	8.0	0.035	
	23 м	$C_f$	<b>20.8</b>	<b>52.9</b>	<b>2.3</b>	<b>5.2</b>	<b>15.8</b>	<b>4.1</b>	<b>3.1</b>	<b>0.9</b>	<b>105.3</b>
7	Куэтсъярви-2 Колосйоки	0-1	1496	2435	229	129.3	1.80	45.7	39.2	0.142	
		12-13	373	1087	99	42.8	0.35	4.5	11.1	0.017	
	12 м	$C_f$	<b>4.0</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>3.0</b>	<b>5.2</b>	<b>10.1</b>	<b>3.5</b>	<b>8.1</b>	<b>38.5</b>
8	Куэтсъярви-3 Салмиярви	0-1	1039	2814	297	150.4	2.44	38.6	86.7	0.031	
		20-21	52	66	127	30.7	0.18	9.2	11.9	0.007	
	10 м	$C_f$	<b>20.0</b>	<b>42.8</b>	<b>2.3</b>	<b>4.9</b>	<b>13.2</b>	<b>4.2</b>	<b>7.3</b>	<b>4.7</b>	<b>99.5</b>
9	Куэтсъярви-4 Белый Камень	0-1	1343	4032	240	184.1	3.14	36.1	43.1	0.417	
		22-23	40	32	80	15.9	0.10	6.6	2.62	0.049	
	32 м	$C_f$	<b>33.5</b>	<b>125.7</b>	<b>3.0</b>	<b>11.6</b>	<b>32.1</b>	<b>5.5</b>	<b>16.4</b>	<b>8.5</b>	<b>236.2</b>
10	Бьерневатн	0-1	234	397	256	54	0.35	10.3	17.3	0.039	
		15-16	42	58	100	27	0.11	11.2	3.4	0.003	
	23 м	$C_f$	<b>5.6</b>	<b>6.9</b>	<b>2.6</b>	<b>2.0</b>	<b>3.1</b>	<b>0.9</b>	<b>5.2</b>	<b>12.2</b>	<b>38.3</b>
11	Скруккебукта	0-1	169	280	127	39	0.27	26.8	6.9	0.017	
		9-10	58	64	123	25	0.09	14.0	3.95	0.021	
	37 м	$C_f$	<b>2.9</b>	<b>4.3</b>	<b>1.0</b>	<b>1.6</b>	<b>3.0</b>	<b>1.9</b>	<b>1.7</b>	<b>0.8</b>	<b>17.4</b>

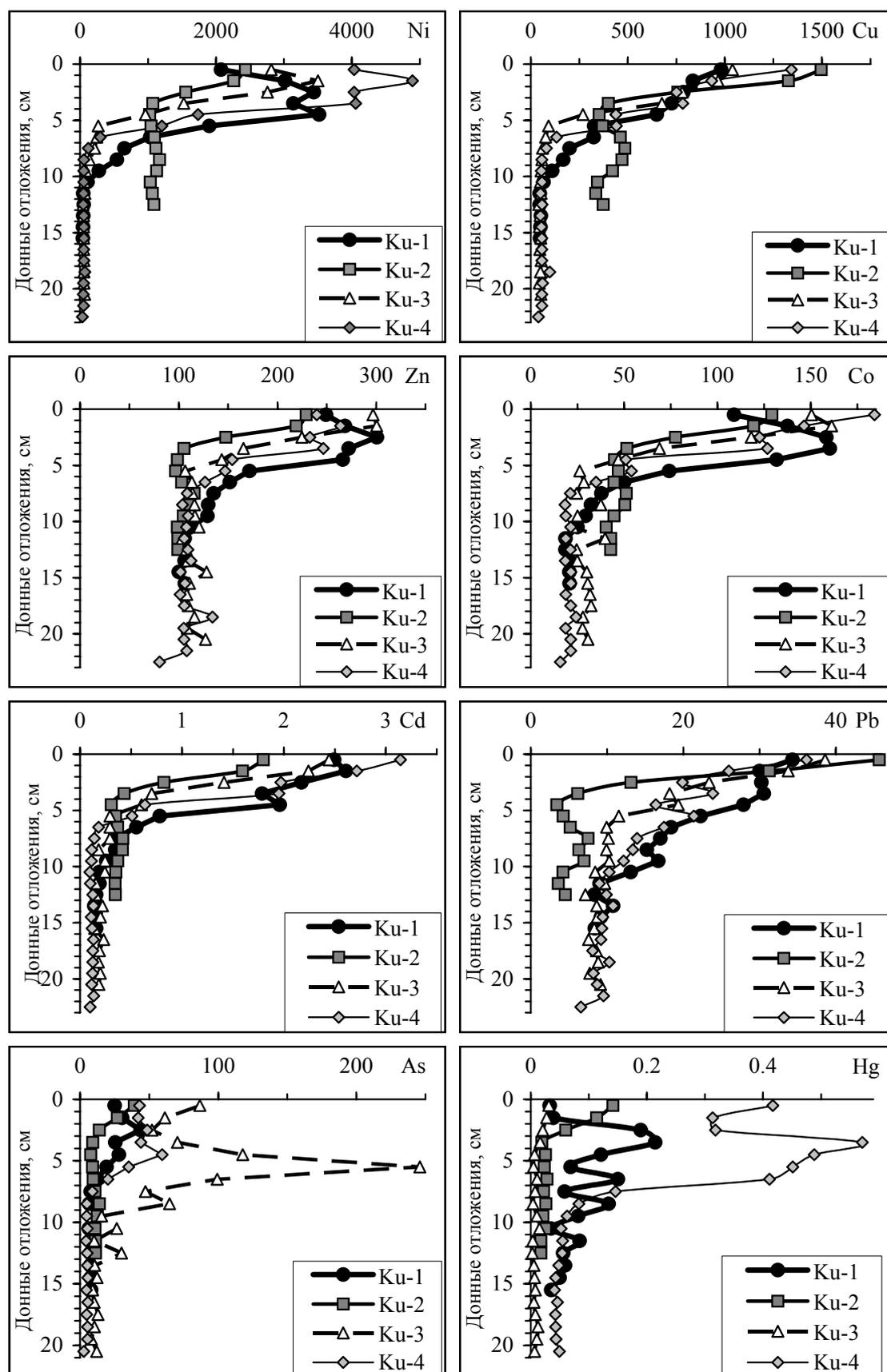


Рис. Вертикальное распределение концентраций ТМ (мкг/г сух. веса) в ДО оз. Куэтсъярви.

Пробы ДО, отобранные из самых глубоких слоев колонки (обычно между 20 и 30 см), позволяют определить фоновые концентрации ТМ при исследовании загрязнения озер. Возраст этих слоев несколько сотен лет, так как скорость осадконакопления в водоемах Севера Фенноскандии, как правило, менее 1 мм/год [4], т.е. они образованы до индустриального развития северной части Фенноскандии. Эти слои отражают природные геохимические особенности водосбора и позволяют оценить степень загрязнения водных объектов. Наибольшие фоновые концентрации большей части ТМ (Ni, Zn, Co, Cd, Hg, As) в ДО отмечены в южной части оз. Куэтсьярви (Ку-3, табл., рис.), что обусловлено геохимическими и морфометрическими особенностями территории водосбора и самого озера, в южной и восточной части водосбора которого находятся медно-никелевые сульфидные залежи. Наибольшие фоновые концентрации Cu и Pb в ДО отмечены соответственно в озерах Рускебукта и Скруккебукта.

Атмосферные выбросы и сточные воды комбината "Печенганикель" обуславливают максимальные концентрации всех исследованных ТМ в поверхностных слоях ДО оз. Куэтсьярви (табл., рис.). Коэффициенты загрязнения  $C_f$  в оз. Куэтсьярви также достигают максимальных величин – 126 для Ni, 34 для Cu, 12 для Co, 32 для Cd, 10 для Pb, 16 для As. Основная часть исследуемых ТМ (Ni, Co, Zn, Hg и As) характеризуется максимальными концентрациями на глубине 2-6 см ДО практически всех станций озера. Уменьшение концентраций этих элементов в верхних 1-2 см ДО оз. Куэтсьярви может быть объяснено главным образом уменьшением сбросов ТМ комбинатом "Печенганикель". Другие элементы (Cu, Cd, Pb) имеют поверхностные максимумы в ДО всех станций оз. Куэтсьярви, что может быть связано с постоянством сброса этих элементов (для Cu – 0.1-0.2 т/год за последнее десятилетие).

Вниз по течению р. Пасвик от места поступления сточных вод в озерах Бьерневатн и Скруккебукта наблюдается снижение содержания ТМ в поверхностных слоях ДО, хотя загрязнение остается высоким для оз. Бьерневатн и значительным для оз. Скруккебукта. Главными загрязняющими элементами в этих озерах являются ТМ, сбрасываемые в больших количествах в составе сточных вод комбинатом «Печенганикель» – Ni, Cu, Co, Zn, хотя халькофильные элементы (Hg, As, Cd) также в высоких концентрациях встречены в поверхностных ДО оз. Бьерневатн.

В исследуемых озерах, загрязняемых воздушным путем и поступлением коммунально-бытовых сточных вод населенных пунктов, расположенных на водосборе озер, в поверхностных слоях ДО не отмечено увеличения содержания ТМ, выбрасываемых в атмосферу в значительных количествах комбинатом «Печенганикель» (Ni, Cu, Co, Zn). Однако, в этих озерах, особенно в самом большом и наиболее удаленном от комбината «Печенганикель» оз. Инари, обнаружено значительное увеличение (до 5-10 раз) концентраций халькофильных элементов (Pb, Cd, Hg и As) в поверхностных слоях ДО по сравнению с фоновыми содержаниями. Это подтверждает вывод многих экологов о глобальном загрязнении окружающей среды арктической и субарктической зон Северного полушария халькофильными элементами.

Средняя скорость осадконакопления по нашим косвенным определениям оказалась немного больше для всех исследованных озер (1-3 мм/год), чем в среднем для озер северной Фенноскандии [4], что связано с поступлением сточных вод с большим содержанием взвешенных частиц (Куэтсьярви) и регулированием стока, переходом озер в состояние водохранилищ, замедлением скорости течения, что способствует осаждению взвешенных частиц, содержащих загрязняющие вещества, и увеличению скорости осадконакопления.

Таким образом, в результате проведенных исследований химического состава ДО системы р. Пасвик, было установлено, что в первом десятилетии нового тысячелетия для этих водоемов, расположенных на приграничной территории трех государств (России, Норвегии и Финляндии), остается главная экологическая проблема, связанная с влиянием деятельности комбината «Печенганикель» и глобальным загрязнением атмосферы, – загрязнение ТМ. Устра-

нение этой проблемы и связанных с ней негативных последствий (исчезновением чувствительных к загрязнению видов гидробионтов, уменьшением продуктивности водоемов, непригодность воды и рыбы для потребления) невозможно без тесного сотрудничества и совместных усилий местного населения, политиков, ученых и бизнесменов трех сопредельных стран.

**Список литературы:**

- 1) Skogheim O.K. Rapport fra Arungenprosjektet. Oslo: As- NLH, Nr. 2, 1979. 7 p.
- 2) Даувальтер, В.А. Закономерности осадконакопления в водных объектах Европейской Субарктики (природоохранные аспекты проблемы) : дис. ... докт. геогр. наук. Апатиты, 2000. 398 с.
- 3) Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Res. 1980. V. 14. P. 975-1001.
- 4) Norton S.A., Henriksen A., Appleby P.G., Ludwig L.L., Vereault D.V., Traaen T.S. Trace metal pollution in eastern Finnmark, Norway, as evidenced by studies of lake sediments. Oslo: SFT-report 487/92, 1992. 42 p.

## ЗАПОВЕДНИКИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Дашкевич А.Г. (МГТУ, ГЭ-371, БФ)

Королева И.М. (МГТУ, кафедра геоэкологии)

Заповедники - образцы нетронутой, дикой природы - по праву называют природными лабораториями. Они особенно нужны нам сейчас, когда мы должны понять направления изменений природной среды под влиянием деятельности человека и отыскать пути наиболее бережного и разумного использования ее богатств.

Исключительная роль заповедников в сохранении и восстановлении редчайших животных, растений, неповторимых ландшафтов.

Благодаря деятельности заповедников некоторые редкие животные стали промысловыми, они дают нам сейчас пушнину, лекарственное сырье и другую ценную продукцию.

Для составления научного прогноза изменений природной среды в дальнейшем, оценки влияния различных форм человеческой деятельности на природные комплексы и отыскания методов наиболее рациональной эксплуатации природных ресурсов исключительное значение приобретают заповедные территории. И как эталоны природных экосистем они требуют комплексного исследования. Очевидна необходимость иметь эталоны всех основных экосистем и, следовательно, совершенствовать и расширять заповедную сеть.

На территории Кольского полуострова расположены три государственных заповедника, которые являются природоохранными, научно-исследовательскими и эколого-просветительскими учреждениями. Это:

- Лапландский биосферный заповедник был создан в январе 1930 года для сохранения популяции дикого северного оленя, встречающейся в то время только на его территории. В последующие годы не менее важной стала задача сохранения природы северной тайги и тундр Кольского полуострова.

В составе государственных заповедников выделяются биосферные заповедники, официально признанные ЮНЕСКО в качестве составных частей международной сети наблюдательных станций для слежения за изменениями состояния окружающей природной среды под влиянием человеческой деятельности.

Решением Бюро международного координационного совета по программе «Человек и биосфера» Лапландскому заповеднику был выдан сертификат ЮНЕСКО на право быть включенным в международную сеть биосферных заповедников. Сертификат подписан 15 февраля 1985 года генеральным директором ЮНЕСКО Амаду М' Боу.

В 2001 году в Лапландском заповеднике открыт визит-центр «Родина Деда Мороза».

Заповеднику 17 января 2010 года исполнилось 80 лет.

- Кандалакшский заповедник организован в 1932 году. Наибольшее внимание в заповеднике уделяют сохранению морских и прибрежных экосистем, а также изучению морских птиц, особенно гаги, поскольку первоначальной задачей заповедника и было спасти этот вид от исчезновения.

- Заповедник «Пасвик» был организован в результате сотрудничества в области охраны природы России и Норвегии в 1992 и 1993 годах на пограничной реке Паз. Основная задача заповедника – сохранение участка реки Паз, охрана и изучение сосновых коренных лесов на северной границе лесной зоны, сохранение водно-болотных угодий и изучение птиц, особенно водоплавающих, а также популяции лося на северном пределе ареала.

В настоящее время в задачи заповедников входят: охрана территории с ее природными богатствами и соблюдение заповедного режима, проведение научно-исследовательских работ, экологическое просвещение населения. Непрерывно на протяжении многих лет в заповедниках ведутся систематические наблюдения за природными процессами, в частности, в Кандалакшском с 1940 года, Лапландском с 1958 года. Результаты наблюдений заносятся в «Летописи природы». Заповедники проводят научно-исследовательскую работу по планам, утвержденным научными советами, осуществляется экологическая пропаганда, сотрудники участвуют в международных проектах по изучению окружающей среды.

С 1994 года заповедники осуществляют общий проект "Летопись природы Кольского Севера", в котором так же участвуют Полярно-альпийский ботанический сад институт КНЦ РАН, Мурманскгоскомэкология и норвежский экологический центр "Сванховд". Кроме этого, все три природоохранных научных учреждения активно участвовали в проекте "Красная книга Мурманской области".

Лапландский заповедник издает Ежегодник «Лапландский заповедник» — это содержательный хорошо иллюстрированный ежегодный журнал о биосферном резервате «Лапландский заповедник», природе Кольского полуострова.

В настоящее время заповедники находятся в крайне тяжелом материально-техническом и финансовом положении.

## ОЦЕНКА РОСТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ *FUCUS VESICULOSUS* В УСЛОВИЯХ ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

Дорощенко А.В. (г. Мурманск, Мурманский филиал ООО «Газфлот», av@epage.ru)

В связи с перспективой развития нефтегазовой отрасли в регионе, а также, необходимостью выработки адекватных мер предотвращения возможных негативных эффектов воздействия производных нефтепродуктов на экосистему Кольского залива наиболее актуальной становится задача внедрения компенсационных мер, одной из которых может выступать санитарная марикультура.

Для решения задачи внедрения санитарной марикультуры должны быть учтены не только “поглощающие” способности вида, но и его природная численность, особенности роста и развития.

Изучение фукусовых водорослей Мурманского побережья Баренцева моря имеет почти вековую историю, начиная с работ А.А.Еленкина (1906). За этот период хорошо изучены: их видовой состав (Еленкин, 1906; Зинова, 1912, 1914, 1933; Тиховская, 1948; Зинова А.Д., 1953; Виноградова, 1963; Петров, 1965, 1971, 1974, 1977; Блинова, 1966; Шошина, Аверенцева, 1994), распределение и запасы (Гурьянова и др., 1928, 1929, 1930; Тиховская, 1948; Виноградова, 1964; Блинова, 1964, 1965, 1969, 1985; Перестенко, 1965; Барашков, 1965; Джус, 1986) и продукционные процессы (Тиховская, 1948, 1955; Гринвальд, 1965; Блинова, 1969; Толстикова, 1974, 1980; Петров, 1974; Сорокин, Пельтихина, 1991), а также возрастной состав популяций (Кузнецов, 1956; Петров, 1974, 1976, 1977; Толстикова, 1979, 1980; Шошина, 1998).

Фукусовые водоросли относятся к наиболее сложноорганизованным низшим растениям. Для них характерен апикальный рост, который происходит за счет деления апикальной меристемы (Clayton, Shankly, 1987; Yoshida et al., 1983). Формирование слоевища у *Fucales* происходит на протяжении всей жизни растений.

Изучение сезонного роста у *F.vesiculosus* с побережья южной Швеции в районе Барсебак показало, что наибольшая скорость роста наблюдается в период с мая по декабрь и составляет 0,54 см в неделю. Причем, этот показатель в течение июня и августа увеличивается до 0,7-0,8 см/неделя (Carlson, 1991).

Характеризуя сезонную динамику роста водорослей в условиях Мурманска в целом, можно выделить период быстрого линейного роста, когда ростовые процессы являются доминирующими (март-август) и период замедленного роста, когда скорость и интенсивность роста снижаются до нулевых значений и процессы деструкции преобладают над процессами роста (осень-зима). Период активного роста можно подразделить на две фазы. Первая - это фаза интенсивного формирования фотосинтетической поверхности (март-июнь), когда интенсивность роста у большинства видов достигает своих максимальных значений. Вторая - это фаза накопления массы и завершения вегетативного развития (июль-август), когда интенсивность роста снижается, но значения скорости роста длины и массы растений могут быть еще высокими (Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В., 2003).

При изучении ростовых параметров водорослей в природных условиях литорали Кольского залива проводилась оценка динамики, скорости и интенсивности роста в течение исследуемого периода (март – июль). Оценка проводилась по изменению массы таллома, размеров слоевища в поселениях вида с экспозицией в 14 дней. Динамика этих параметров является совокупным итогом как собственно ростовых процессов, так и избирательной элиминации и деструкционных процессов, которые имеют свою сезонную и возрастную динамику.

В исследовании использовались только что собранные, примерно одинаковые по размерам целые растения разных возрастов. Возраст растений определялся по количеству дихотомических ветвлений.

Рисунок №1. Интенсивность роста таллома *Fucus vesiculosus* (1 и 2 дихотомии) на литорали Кольского залива в период с 20 марта по 07 июля 2007 г.

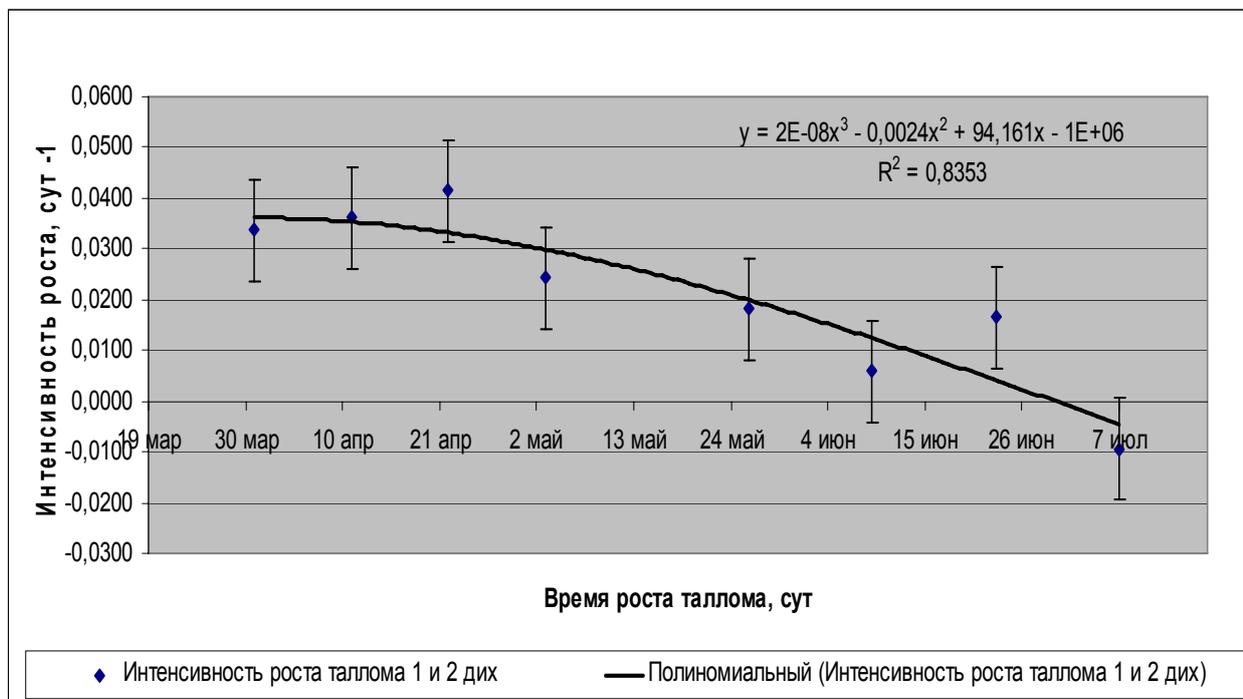


Рисунок № 2 Интенсивность роста таллома *Fucus vesiculosus* (4 дихотомии) на литорали Кольского залива в период с 20 марта по 07 июля 2007 г.

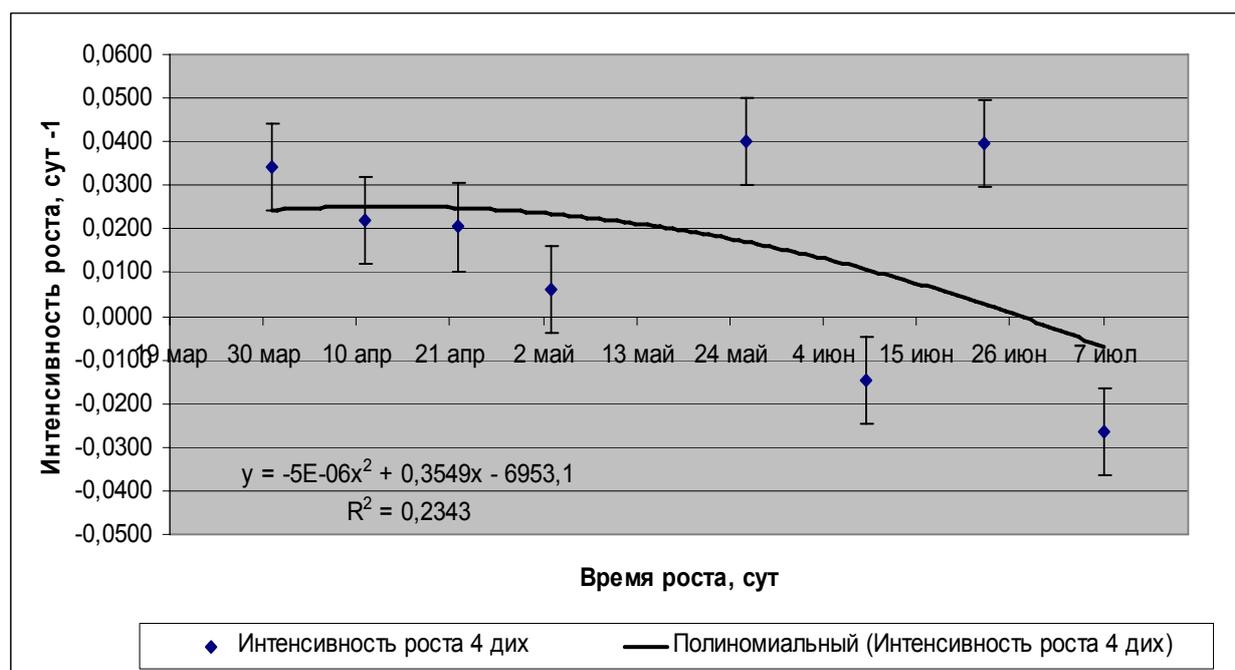
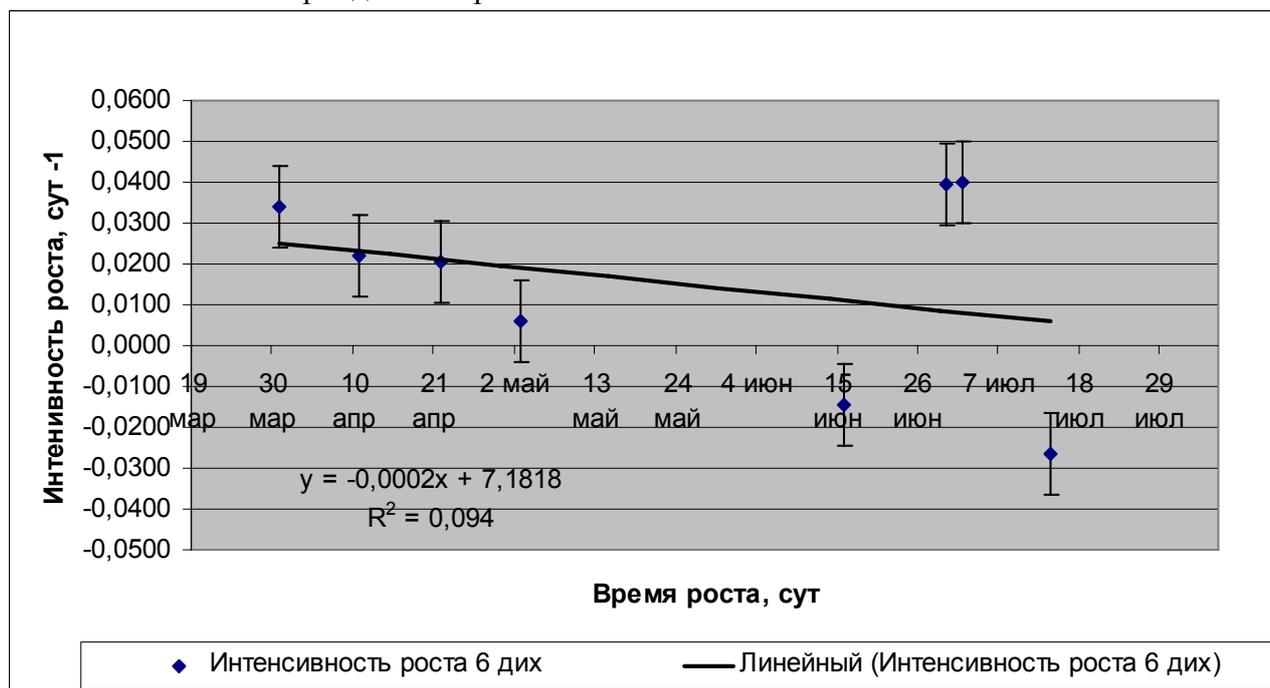


Рисунок № 3 Интенсивность роста таллома *Fucus vesiculosus* (6 дихотомии) на литорали Кольского залива в период с 20 марта по 07 июля 2007 г.



Результаты всех экспериментов, проведенных в естественных условиях Баренцева моря в течение исследуемого периода, показали отчетливо выраженный у всех исследуемых видов годовой ритм ростовых процессов. Наблюдается закономерное снижение интенсивности роста площади поверхности от весны к осени во всех возрастных группах *F. vesiculosus* (рисунки 1-3).

В экспериментах в природных условиях интенсивность роста площади была максимальной в начале марта. В это время световой день продолжает увеличиваться, существенно возрастает интенсивность освещения, температура воды переходит через 0 °С и приобретает устойчивые положительные значения. В конце полярного дня (в июле), когда температура увеличивается до максимальных для района значений 8-9 °С при высоких уровнях освещенности, интенсивность роста у водорослей снижается.

Сезонные наблюдения в природе (Шошина, 1991, 1998а-г; Макаров, Шошина, 1996; Schoschina et al., 1996; Schoschina, 1996), эксперименты в природе и лаборатории (Makarov et al., 1999) дают основание считать, что сезонный рост водорослей-макрофитов на побережье Мурмана независимо от таксономической принадлежности и уровня организации слоевища управляется эндогенным циркагодовым ритмом, относительно синхронизированным с ритмом основных геофизических факторов, таких как фотопериод и режим солнечной радиации, свойственных данной географической широте и климатическим условиям региона. Адаптивная роль такой эндогенной регуляции очевидна: она позволяет организму заблаговременно подготовиться к закономерным сезонным изменениям среды, ярко выраженным в северной части высокобореальной подзоны.

Снижение интенсивности роста в середине лета при наступлении в целом более благоприятных условий - для вегетации (повышение температуры воды, длинный световой день, высокие уровни солнечной радиации) связано с заблаговременными эндогенными перестройками метаболизма, предвещающими наступление осенних условий.

**Список литературы:**

1. Блинова Е.И. Основные типы зарослей водорослей литорали Мурмана //Океанология. 1966, вып. 1.С. 151-158.
2. Виноградова К.Л. Запасы литоральных водорослей Мурмана //Тр.ММБИ,вып.5(9)Д964. С. 37-40.
3. Гринталь А.Р. Состав и распределение сообществ водорослей на литорали губ Ярнышной и Подпахты (Восточный Мурман) /Яр.ММБИ,1965,вып.8(12). С. 23-41.
4. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. I. Описание основных площадок литорали //Тр.Ленинград.общества естествоиспытателей,1928,т.58,Ш. С. 89-143.
5. Гурьянова Е.Ф., Ушаков П.В. Литораль Восточного Мурмана //Исследование морей СССР. Л.: Изд-во ГОИНР,1929,вып.Ю. С. 5-40.
6. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива //Труды Ленинградского общества естествоиспытателей, 1930,т.60,N2.С.17-107.
7. Еленкин А.А. Распределение и список морских водорослей в окрестностях Мурманской биологической станции //Тр. Императ.СПб общества естествоиспытателей, 1906,т.37,вып.4. С. 167-174.
8. Зинова Е.С. Водоросли Мурмана //Тр.СПб общества естествоиспытателей, 1912,т.43,вып.3. С. 170-343.
9. Зинова Е.С. Водоросли Мурмана. Ч.П. Бурые водоросли //Труды Петроград.общества естествоиспытателей,1914,т.44,вып.3,К4. С. 212-326.
10. Зинова Е.С. Водоросли Мурмана в окрестностях острова Кильдина и их использование //Исследование морей СССР. Л.: Изд-во ГОИНР,1933,вып.18. С. 49-72.
11. Кузнецов В.В. Рост прибрежных морских макрофитов и потребление ими питательных веществ в Баренцевом и Белом морях//Ботанический ж., 1956,т.41,N4. С. 510-521.
12. Петров Ю.Е. *Fucus distichus* Lemend Powell и *F.evanescens* C.Ag //Новости систематики низших растений. Л.:Наука,1965,т.3. С. 64-69.
13. Петров Ю.Е. Phaeophyta - бурые водоросли //Промысловые водоросли СССР. М.:Пищевая промышленность, 1971. С. 12-30.
14. Петров Ю.Е. Обзорный ключ порядков Laminariales и Fucales морей СССР //Новости систематики низших растений. Л.:Наука,1974,т.2. С. 153-169.
15. Петров Ю.Е. Принципы выделения жизненных форм у морских водорослей //Новости систематики низших растений. Л.:Наука,1974,т.П. С. 19-28.
16. Петров Ю.Е. Отдел бурые водоросли (Phaeophyta) //Жизнь растений. М.:Просвещение,1977,т.3. С. 144-191.
17. Тиховская З.П. Первичная продуктивность фукоидов в губах Восточного Мурмана //Тр.МБС, 1948,т. 1. С. 164-189.
18. Толстикова Н.Е. Биология и продукция промысловых фукоидов Баренцева моря //Отчет по теме N7. Промысловые ресурсы беспозвоночных и водорослей Мирового океана. 1974.М.,ВЗКО.
19. Толстикова Н.Е. Наблюдения за развитием *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) в течение года на литорали Восточного Мурмана //Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука,1980. С. 81-83.
20. Шошина Е.В., Аверинцева С.Г. Распределение водорослей в губе Ярнышной Баренцева моря//Гидробиол.иссл-ния в заливах и бухтах северных морей России. Апатиты, 1994. С. 38-61
21. Шошина Е.В. Фукусовые водоросли //Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты:Изд. КНЦ РАН, 1998. С. 174-187.

## ГИДРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТОВ КАВИТАЦИИ

**Евстигнеев В.В.** (*г. Красноярск, Сибирский федеральный университет, кафедра ТТугД, wacko@rambler.ru*)

This work is cavitating water purification devices have also been designed, in which the extreme conditions of cavitation can break down pollutants and organic molecules

В данной работе представлена проблема обеспечения населения и промышленности питьевой и технической водой. Применение технологии гидротермодинамической обработки природных и сточных вод с использованием эффектов кавитации.

В условиях неизбежного роста городов все актуальнее возникает необходимость разработки и внедрения в производство новых более совершенных теплофизических процессов обработки природных и сточных вод. В последние десятилетия воздействие на речные экосистемы особенно возросло в связи с антропогенными факторами. Так, во многих речных системах, в том числе, в системе рек города Красноярска, отмечена тенденция увеличения концентрации ионов натрия, калия, магния, хлора, сульфитов-ионов, нитрат-ионов, фосфат-ионов и др., а также содержания тяжелых металлов, радионуклидов. Результаты исследования воды поверхностных и подземных водоисточников Красноярского края, используемых для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, по административным территориям представленные в таблице 1, свидетельствуют о стабильном несоответствии источников централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям. Аналогичная динамика ухудшения качества воды наблюдается и в открытых источниках водоснабжения таблица 2. Несоответствие качества воды гигиеническим нормативам в пунктах водоиспользования населения на открытых водоемах Красноярского края определяется повышенными показателями органического загрязнения (БПК<sub>5</sub>, ХПК, перманганатная окисляемость), низкими органолептическими показателями, рН, высокими концентрациями нефтепродуктов, взвешенных веществ. Качество подземных источников водоснабжения остается неудовлетворительным, по-прежнему ведущими остается химическое загрязнение воды при сравнительно невысоком уровне микробного загрязнения. Причиной загрязнения водных объектов являются промышленные и хозяйственные стоки. Нарушение же естественного режима крупных рек, а и именно Енисея, безусловно, связано со строительством гидроэлектростанций. Интенсивная промышленно-хозяйственная деятельность, связанная с разработкой и добычей полезных ископаемых (нефть, газ, золото, ртуть, угли, полиметаллы и др.), со строительством горно-обогатительных комбинатов, металлургических заводов, лесозаготовительных комплексов, деревообрабатывающих комбинатов повлекла интенсивное загрязнение системы рек взвесями, нефтепродуктами, фенолами, фтором, медью, СПАВ, марганцем, железом. В условиях близкого расположения города на речную экосистему воздействует помимо промышленного еще и пресс инфраструктуры города. В настоящее время следствием антропогенного воздействия является нарушение в гидроэкосистемах процесса трансформации энергии, вещества и информации, ведущее к сбою функционирования внутриэкосистемных структур и связей и накоплению вещества и энергии в виде загрязнителя.

Поэтому одной из приоритетных задач в области водоснабжения и водоотведения является обеспечения качественной питьевой водой население, снижение поступления токсичных веществ со сточными водами промышленных предприятий, очистка бытовых сточных вод.

Таблица 1

**Результаты исследований воды поверхностных и подземных водоисточников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Красноярского края**

Показатели	Доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, по годам, %		
	2006	2007	2008
Санитарно-химические	26,8	33,8	34,8
Бактериологические	5,8	8,5	8,9

Таблица 2

**Результаты исследований воды открытых водоемов в створах хозяйственно-питьевого водопользования населения Красноярского края**

Показатели	Доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, по годам, %		
	2006	2007	2008
Санитарно-химические	12,1	17,1	18,1
Бактериологические	7,1	10,9	10,4

При обеспечении качества питьевой воды специалисты сталкиваются с особой проблемой – это микробиологическая безопасность воды, ведь даже вода из подземных источников может содержать единичные клетки патогенных микроорганизмов, но основную угрозу представляет вода, вторично загрязняемая микробами при нарушении герметичности водопроводной сети.

В воде источников водоснабжения обнаруживаются несколько тысяч органических веществ разных химических классов и групп. Органические соединения природного происхождения, а именно жизнедеятельности фитопланктона, – гуминовые вещества, различные амины, др., которые способны изменять органолептические свойства воды, оказывать пагубное влияние на здоровье человека.

Анализ применяемых методов очистки показывает, что наиболее распространённым методом очистки бытовых сточных вод в России является биологический (биохимический). Основная нагрузка приходится именно на сооружения биологической очистки, удаляющие до 90% всех загрязнений из стоков. Очистка сточных вод на большинстве промышленных предприятий осуществляется с использованием традиционных технологий и подходов путем обработки коагулянтами и флокулянтами с последующим осветлением стоков отстаиванием или флотацией. Лишь в единичных случаях частично очищенные воды направляют на глубокую доочистку. Каждый из указанных методов наряду с положительными сторонами отличается специфическими недостатками, что обуславливает необходимость дальнейшего поиска экономически рациональных и ресурсосберегающих методов и технологий очистки сточных вод.

В связи с этим важнейшей задачей является разработка мероприятий и конструктивных решений, более полно учитывающих экологические последствия обработки сточных вод, с учетом их эффективности и экономической целесообразности. Особый интерес вызывает возможность использования для решения этой задачи энергии, высвобождаемой в объеме жидкости в результате термодинамических эффектов кавитации.

Кавитационная обработка воды является одним из АОР(Advanced Oxidation Process) процессов. Кавитацией называется образование в капельной жидкости разрывов сплошности с появлением полостей, заполненных газом, паром или их смесью, в результате местного понижения давления. Кавитация – хорошо известное явление, как правило, сопровождающееся

физическими и химическими эффектами. Природа кавитации может быть акустической, возникающей при распространении ультразвуковых волн в жидкости и гидродинамической, возникающей в турбулентных потоках в моменты разрыва сплошности жидкой среды. Полости, образующиеся в результате разрыва жидкости во время полупериодов сжатия, заполнены в основном насыщенным паром данной жидкости.

Процессы, основанные на использовании свободных радикалов в качестве окислителей, получили название усовершенствованных окислительных процессов (Advanced Oxidation Process, AOP). AOP процессы успешно применяются для окисления соединений обуславливающих привкусы и запахи воды, гумусовых соединений, тригалогенметанов, ароматических углеводородов, низкомолекулярных карбоновых кислот, алифатических альдегидов и кетонов, являющихся промежуточными продуктами озонлиза многих органических загрязнений.

В зависимости от внешних условий, схлопывания пузырька может происходить по-разному. Наиболее достоверной является схема несимметричного схлопывания кавитационного пузырька с образованием микроструи жидкости. Микроструи, образующиеся при схлопывании пузырьков, обладают высокой скоростью, а значит и ударной силой. В водных растворах кавитация сопровождается ростом давления и температуры на границе микрополостей и жидкости при схлопывании.

Современное состояние техники базируется на трех технологиях, характеризующихся процессами катализа и перемешивания; диспергации (механической, химической, биохимической); воздействия полей повышенных давления и температур. Кавитационное воздействие на обрабатываемые среды включает все перечисленные технологии в комплексе, что позволяет выделить его в четвертый способ качественного изменения объекта – кавитационную технологию. Кавитационная обработка воды изменяет ее физико-химические свойства, увеличивает рН воды, способствует ее активации. В результате кавитационного воздействия вода временно становится активным растворителем труднорастворимых веществ без введения химических реагентов.

В результате опытов на влияние кавитационной обработки на объекты живой природы, не вдаваясь в детали процесса разрушения клеток, достаточно хорошо описанных в литературе, например[4], можно констатировать обеззараживающее действие кавитации на питьевую воду. Одновременно наблюдается гомогенизация по размерам дисперсной и гетерогенной фазы. В качестве объекта изучения использовались две линии клеточных культур: перевиваемая L-41 и первично-трипсинизированная культура клеток фибробластов эмбрионов человека. Полученные данные хорошо согласуются с результатом экспериментов с клетками стрептококка и дрожжевой клетки *Kluyveromyces fragilis*, а также с клетками кишечной палочки и золотистого стафилококка. Интенсивное воздействие ударных волн на бактерии типа Сальмонеллы или E-coli могут уменьшить их численность в тысячи раз. С учетом того, что для большинства микроорганизмов предел прочности клеточных оболочек составляет величины  $10^5$ - $10^{11}$  Па, уровень кавитационного воздействия ( $P \sim 10000$  атм;  $T \sim 10^{11}$  К/с;  $T \sim 2000$  К;  $P_m \sim 10^8$  Па) по расчетным данным можно считать достаточным для разрушения микроорганизмов.

Кавитационные реакторы в процессе очистки заменяют используемые в традиционной схеме громоздкие и энергоемкие устройства флотации и сорбции для отделения от стоков ядовитого хрома, взвешенных частиц органического и неорганического происхождения. Одновременно проводится реагентная обработка стоков, с практически мгновенным прохождением химических реакций в режиме протока. Расход реагента для очистки стоков уточняется при эксплуатации очистных сооружений.

Нет необходимости строить громоздкие флотаторы и протяженные отстойники, отнимающие значительные земельные ресурсы и огромные капиталовложения, как на постройку, так и на эксплуатацию. Использование на ступени доочистки стоков гальвано-коагуляторов, фильтров и некоторого другого оборудования позволяет снизить водопотребление за счет оборотного водоснабжения.

Можно и дальше приводить примеры эффективности кавитационного воздействия на обрабатываемые жидкости. Области применения кавитации в различных технологических процессах очень широки. Все это становится возможным за счет концентрации энергии в пространстве и во времени, как это происходит при коллапсе кавитационного пузыря.

**Список литературы:**

1. Дубровская О.Г. Технология гидротермодинамической обработки природных и сточных вод с использованием эффектов кавитации Красноярск 2007г, 134 с.
2. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. Кавитационная технология / Под ред. Акад. Г.В. Логвиновича. Красноярск: Изд-во КГУ, 1990. 200с.
3. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 год. Красноярск 2008г, 266с.
4. Кулагин В.А., Вильченко А.П., Кулагина Т.А. Краевая задача обтекания решетки профилей в пузырьковом потоке жидкости // Компрессорная техника и пневматика. 1999. № 3-4 (22-23). С. 57-81.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА НАНО- И МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Егоркина Р.Ю.** (г.Москва, г Зеленоград МИЭТ (ту), кафедра «Промышленной экологии», e-mail: regina.egorkina@bk.ru)

The analysis of waste management system in monocity have been carried out. Assumed damage in case of waste and nature management standards violation have been appreciated. Presented assessment warrants that the current waste management system for nano-and microsystem technology production waste on territory of monocity is necessary to be upgraded.

Сфера высоких технологий с точки зрения воздействия на окружающую природную среду открывает широкие перспективы для научных исследований. В условиях развития инновационных технологий возрождаются такие моногорода как Зеленоград, основа экономики которого - производство изделий nano- и микросистемной техники. Специфика отрасли заключается в том, что в технологических процессах для получения микроструктур в большом количестве используются жидкие химические реактивы: кислоты, щелочи, растворители. После проведения технологических операций отработанные химические реактивы переходят в состояние отход, здесь следует отличать неорганические и органические стоки. В настоящее время в городе налажена система сбора, транспортировки и нейтрализации кислотно-щелочного слива, что нельзя однозначно утверждать, анализируя систему оборота органических стоков.

Для принятия оперативного решения по разработке оптимальной системы обращения с отходами необходимо оценить эколого-экономические затраты, произвести оценку ущерба наносимого nano- и микроэлектроникой компонентам экосистемы.

Алгоритм оценки воздействия отходов на компоненты окружающей среды заключается в расчете экономического ущерба водным объектам и/или почвам.

Расчет размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения городских почв жидкими органическими отходами nano- и микроэлектроники в случае разлива на грунт, производится по формуле (1):

$$U_{загр} = Z_0 + S_{загр} * h_{загр} * H_{загр} * K_{ц} * K_{ин} * \sum_{i=1}^n ((C_{\Phi i} - C_{П i}) / C_{П i}) \quad (1)$$

где

$U_{загр}$  - размер вреда и убытков, руб.;

$Z_0$  - затраты на проведение оценки вреда (фактические затраты), руб.

$S_{загр}$  - площадь загрязненного контура ( $m^2$ );

$h_{загр}$  - глубина загрязнения с превышением нормативных значений загрязняющих химических веществ (м);

$H_{загр}$  - такса для исчисления размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения городских почв (руб./ $m^3$ ). При глубине загрязнения от 1 см до 19,9 см такса установлена в размере 3 444 руб./ $m^3$ . При загрязнении почвенного покрова токсичными химическими веществами, к которым относят рассматриваемые отработанные материалы, размер таксы увеличивается вдвое.

$K_{ин}$  - коэффициент индексации на соответствующий год в сравнении с базисному периоду установления такс;

$C_{fi}$  - фактическое содержание  $i$ -го химического загрязняющего вещества в почве, мг/кг;

$C_{pi}$  - предельно допустимая (или ориентировочно допустимая) концентрация  $i$ -го загрязняющего химического вещества (мг/кг);

$K_{ч}$  - коэффициент средоохранной ценности почвенного покрова для городской среды, устанавливается равным 4;

Предположив розлив  $1 \text{ м}^3$  отработанных химических реактивов содержащих хром (6+) выполнен расчет предполагаемого ущерба, который может быть нанесен Московским почвам. В описанном случае ущерб составит 32 000,28 рублей.

Очевидно, что подобное нарушение законодательства, землепользования и обращения с отходами повлечет деградацию почвенного покрова и существенные материальные затраты для природопользователя и города.

Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод и/или дренажных вод также наносит вред окружающей среде. Исчисление размера вреда, причиненного водному объекту, производится по формуле (2):

$$Y = K_{вг} \times K_{в} \times K_{ин} \times \sum_{i=1}^n H_i \times M_i \times K_{из} \quad (2)$$

где:  $Y$  - размер вреда, тыс. руб.;

$K_{вг}$  - коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года;

$K_{в}$  - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов);

$K_{ин}$  - коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

$H_i$  - таксы для исчисления размера вреда от сброса  $i$ -го загрязняющего вещества в водные объекты, тыс. руб./т. Такса для исчисления размера вреда от сброса загрязняющих веществ в водные объекты определяется в зависимости от интервала ПДК вещества.

$M_i$  - масса сброшенного  $i$ -го загрязняющего вещества, т;

$K_{из}$  - коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект и устанавливается в зависимости от кратности превышения фактической концентрации загрязняющего вещества при сбросе над его фоновой концентрацией в воде водного объекта.

В таблице 1 приведены данные для расчета предполагаемого размера вреда, причиненного водному объекту сбросом отработанных органических реактивов в составе сточных вод.

Таблица 1. Исходные данные для расчета размера вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод и/или дренажных вод.

Сток материала	$K_{вг}$	$K_{в}$	$K_{ин}$	$H_i$ тыс. руб./г	$M_i$ т/год	$K_{из}$
I	1,25	1,41	1,17	4 350	5,720	1
II				510	299,496	
III				280	98,997	
IV				10	11,000	

Годовой ущерб, причиненный водному объекту сбросом отработанной органики производств, в составе сточных вод и/или дренажных вод составит 423 235,49 тыс. рублей. Даже если предположить аварийный сброс объема отходов накопленных за смену, то ущерб водному объекту составит 699,74 тыс. рублей.

Рациональное природопользование предполагает оптимальное соотношение экологических и экономических факторов. Проведенная оценка ущерба, наносимого нано- и микроэлектроникой компонентам экосистемы может служить основой для принятия оперативного решения по разработке системы обращения с жидкими органическими отходами на территории моногорода. Проблема переработки жидких органических отходов производства изделий нано- и микросистемной техники решается в настоящее время силами сторонних организаций, что приводит к перераспределению денежных потоков не в пользу предприятий – природопользователей и города в целом. Наличие объекта переработки исследуемых отходов на территории моногорода снизит экологические платежи предприятий на 70%. Расчетные и экспериментальные данные, изложенные в статье Р.Ю. Егоркиной «Способ переработки отходов, основанный на газификации в сверхадиабатическом режиме» обосновывают возможность внедрения технологии переработки отработанных жидких органических отходов нано- и микроэлектроники с получением энергии для собственных нужд производства.

### Список литературы:

1. Комисаров Ю.А. и др. «Экологический мониторинг окружающей среды» в 2т. Т.2. Учебное пособие для вузов/Ю.А.Комисаров, Л.С.Гордеев, Ю.Д. Эдельштейн, Д.П.Вент. Под ред. П.Д. Саркисова – М.: Химия, 2005-403с
2. Постановление Правительства Москвы №589-ПП от 22 июля 2008 «Об утверждении Методики оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв.
3. Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

**Ермолаева М.Ю., Федорова О.А.**

*(г. Мурманск, МГТУ, кафедра экологии и ЗОС, MarinaKudryashova28@yandex.ru)*

This article introduces the results of the research of the properties of waste water sludges from food industries and small settlements. In the course of the research principal differences in composition and content of some components in waste water sludges generated after biological treatment from different industries were revealed.

В связи с ростом образования отходов производства увеличивается потребность в их обработке и утилизации, которые в свою очередь должны отвечать современным экологическим и экономическим стандартам (1, 2). С октября 2007 г. в ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», на кафедре экологии и защиты окружающей среды проводятся научные исследования по разработке эффективной технологии обработки осадков сточных вод пищевых производств и малых населенных пунктов. В зависимости от происхождения сточных вод и процессов их очистки характеристики осадков сильно различаются, что в дальнейшем влияет на выбор оптимальной технологии их обработки (4, 5, 6). Эти обстоятельства предопределяют необходимость изучения качественного состава осадков сточных вод.

Целью данного этапа научно-исследовательской работы являлось исследование осадков сточных вод пищевых производств и малых населенных пунктов после биологической очистки.

Объектом исследования являлся осадок сточных вод, полученный в результате биологической очистки – избыточный активный ил. Сооружения, включающие блок биологической очистки, эксплуатируются в г. Мурманске в ООО «Завод Протеин» и ООО «Мурманский комбинат хлебопродуктов»; в п.г.т. Мурмаши – в ГОУП «Мурманскводоканал».

Выбор веществ, определяемых в осадках сточных вод, производился исходя из требований ГОСТ 17.4.3.05-86, СанПиН 2.1.7.1322-03, СанПиН 2.1.7.573-96. Качественные характеристики избыточного активного ила определялись по стандартным методикам:

- органическое вещество – по ГОСТ 26213-91;
- ионы аммония – по ПНД Ф 14.1.1-95;
- нитрит-ионы – по ПНД Ф 14.1:2.3-95;
- нитрат-ионы – по ПНД Ф 14.1:2.4-95;
- растворенный кислород – по ПНД Ф 14.1:2.101-97;
- взвешенные вещества – по ПНД Ф 14.1:2.110-97;
- сухой остаток – по ПНД Ф 14.1:2.114-97;
- биохимическая потребность в кислороде – по ПНД Ф 14.1:2.3:4.123-97.

Фосфаты, сульфаты, хлориды, доза ила, иловый индекс, влажность, гигроскопическая влажность, зольность по методикам технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации (3).

Результаты исследований свойств осадков сточных вод представлены в таблицах 1, 2, 3, 4.

Таблица 1 – Свойства осадка сточных вод ООО «Завод Протеин»

Показатели	Значения	
	Ноябрь 2008	Май 2009
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	0,29 ± 0,004	0,84 ± 0,005
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	следы	12,90 ± 1,46
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	36,31 ± 6,07	201,17 ± 10,67
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	86,97 ± 3,67	99,37 ± 2,04
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	175 ± 17,18	163 ± 12,73
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	6380 ± 64	5740 ± 87
БПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	–	–
Влажность, %	98 ± 2	98 ± 2
Зольность, %	41,30 ± 3,24	–
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	10860 ± 117	10047 ± 43
Доза ила, г/дм <sup>3</sup>	4,04 ± 0,33	3,02 ± 0,03
Иловый индекс, мл/г	35,16 ± 1,45	53,32 ± 0,74

Таблица 2 – Свойства осадка сточных вод ООО «Мурманский комбинат хлебопродуктов»

Показатели	Значения (ноябрь 2009)
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	7,66 ± 0,26
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	120,34 ± 18,06
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	0,34 ± 0,056
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	1,78 ± 0,034
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	202,01 ± 20,85
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	320 ± 2
БПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,21 ± 0,36
Влажность, %	98 ± 2
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	1507,2 ± 24,95
Доза ила, г/дм <sup>3</sup>	1,94 ± 0,15

Таблица 3 – Свойства осадка сточных вод ГОУП «Мурманскводоканал» пос. Мурмаши

Показатели	Значения			
	Декабрь 2008	Январь 2009	Март 2009	Март 2010
Нитриты, мг/ дм <sup>3</sup>	3,12 ± 0,25	7,34 ± 0,09	0,51 ± 0,03	0,15 ± 0,02
Нитраты, мг/ дм <sup>3</sup>	27,05 ± 3,47	38,76 ± 4,72	1,97 ± 0,18	2,06 ± 0,07
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	4,44 ± 0,39	1,99 ± 0,20	11,09 ± 0,26	11,91 ± 0,47
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	14,16 ± 2,17	20,79 ± 3,90	7,84 ± 0,24	28,21 ± 0,59
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	15,97 ± 3,48	15,43 ± 1,38	14,29 ± 2,63	188,54 ± 4,16
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	30,66 ± 1,32	28,78 ± 0,71	33,04 ± 0,34	16,90 ± 0,46
БПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	31,30 ± 3,23	24,20 ± 3,64	21,40 ± 2,95	–
Влажность, %	98 ± 2	98 ± 2	98 ± 2	98 ± 2
Зольность, %	–	77,55 ± 4,11	82,86 ± 4,67	–
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	140 ± 20	400 ± 62	296 ± 38	–
Доза ила, г/дм <sup>3</sup>	–	4,34 ± 0,13	1,12 ± 0,19	9,13 ± 1,76
Иловый индекс, мл/г	–	13,66 ± 0,23	22,28 ± 2,76	18,34 ± 1,62

Таблица 4 – Сравнительная характеристика свойств осадков сточных вод

Показатели	Свойства осадков сточных вод			Данные из литературных источников	
	ООО «Завод Протеин»	ООО «Мурманский комбинат хлебопродуктов»	ГОУП «Мурманск-водоканал», пос. Мурмаши	Сточные воды сахарных заводов 3ей категории (7)	Городские кан. очистные сооружения (3)
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	0,565 ± 0,54	7,66 ± 0,26	2,78 ± 2,15	Нет, следы	1-8
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	6,45 ± 12,54	120,34 ± 18,06	17,46 ± 16,27	Нет, следы	40-110
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	118,74 ± 8,37	0,34 ± 0,056	7,36 ± 4,80	(3,5-22,4) /10,9	4-20
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	93,17 ± 12,15	1,78 ± 0,034	17,75 ± 8,58	(3,2-16) /5,7	5-10
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	169 ± 11,76	202,01 ± 20,85	58,56 ± 33,97	(9,8-131) /67,8	80-160
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	6060 ± 627	320 ± 2	27,35 ± 7,03	(17-198) /84	180-300
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	–*	4,21 ± 0,36	25,63 ± 5,77	(3,25-7,64) /5,39	25-350
Влажность, %	98 ± 2	98 ± 2	98 ± 2	–	96-99
Зольность, %	41,30 ± 3,24	–	80,20 ± 5,20	–	40-70
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	10453,5 ± 796	1507,2 ± 24,95	278,67 ± 148	(3,76-10,13) /5,34	180-220
Доза ила, г/дм <sup>3</sup>	3,53 ± 0,99	1,94 ± 0,15	4,86 ± 4,56	–	1-6
Иловый индекс, мл/г	44,24 ± 17,80	–	18,09 ± 4,88	–	20-90
Примечание. – нет данных					

В исследуемых активных илах существенно различаются содержания фосфатов, сульфатов, хлоридов и сухого остатка. Самые большие значения этих показателей у активного ила аэротенков ООО «Завод Протеин», что можно связать со спецификой производства данного предприятия – работой с рыбными продуктами. Наименьшие значения сульфатов, хлоридов и сухого остатка у активного ила аэротенков ГОУП «Мурманскводоканал» пос. Мурмаши, т.к. сточные воды, направляемые на очистные сооружения в пос. Мурмаши, имеют хозяйственно-бытовое происхождение. Применение поваренной соли в производстве на предприятиях пищевой промышленности объясняет высокие значения хлоридов (более 6 г/дм<sup>3</sup>).

Полученные характерные показатели качества осадков сточных вод не противоречат ранее проведенным исследованиям (таблица 4). Однако следует отметить, что приведенные в таблице 4 значения для каждого вида осадка не являются постоянными величинами и имеют

значительный диапазон колебаний. Конкретные величины зависят от ряда факторов, таких как время года, режим эксплуатации очистных сооружений, залповые сбросы и т.д. Поэтому необходимо продолжать исследования в данном направлении для выхода на среднегодовые значения интересующих нас показателей.

**Список литературы:**

- 1) Беляева, С.Д. Управление осадками сточных вод – важнейшая экологическая проблема / С.Д. Беляева, Л.И. Гюнтер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. - №1. – С. 5-9.;
- 2) Гюнтер, Л.И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод / Л.И. Гюнтер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 11. – с.3-7; № 12. – С.5-9;
- 3) Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации / О.Т. Болотина [ и др. ]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1977. – 299 с.;
- 4) Обработка и удаление осадков сточных вод. Том 2. Утилизация и удаление осадков / Пер. с англ. А.А. Винницкой, З.Н. Макаренко. – М. : Стройиздат, 1985. – 248 с.;
- 5) Терещук, А.И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А.И. Терещук. – Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1988. – 148 с.;
- 6) Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 257 с.;
- 7) Цыганков, С.П. Биологическая очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / С.П. Цыганков. – М.: Агропромиздат, 1988. – 165 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МАРКИРОВКА КАК ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЕ СВОЙСТВО ТОВАРА

**Жаренова А.В.** (АФ МГТУ, Гэ-371, БФ)

**Королёва И.М.** (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

Обычно мы не придаем большого значения картинкам и знакам на этикетках и упаковке потребительских товаров. Чаще всего просто не понимаем смысла, который в них заложен. А ведь подобные изображения нередко скрывают полезную для потребителей информацию.

Самым доступным источником информации о товаре является сам товар. Понятно, что на упаковке всего не напишешь, и поэтому производители придумали различные символы, которые передают определенную информацию о продукте. За всю историю производства люди научились не только давать имя товарам, но и представлять информацию на этикетке о том, что он собой представляет.

Все символы, которые встречаются на упаковках товаров и на самих товарах, можно объединить в несколько групп:

1. Символы, указывающие на экологическую безопасность товара («Голубой ангел», «Зеленая точка», «Цветок»);
2. Символы, подтверждающие соответствие стандартам качества и безопасности («РСТ»);
3. Символы, рассказывающие о составе продукта (индекс «Е»);
4. Символы, информирующие о правилах пользования товаром (размер, условия хранения);
5. Символы опасности («Огнеопасно»)

Кроме того, на продуктах питания, лекарствах, парфюмерно-косметических товарах должен быть указан срок годности, а так же состав и показания к применению.

Выбирая продукт с экомаркировкой, потребитель делает преднамеренный и обоснованный выбор продукции или услуги, которая нанесет меньше вреда окружающей среде, чем аналогичный продукт или услуга без этой марки. Однако, это не подразумевает, что продукт вовсе не оказывает вредного воздействия на окружающую среду. Поэтому экологическая маркировка - нечто иное, чем просто подтверждение соответствия продукции минимальным стандартам или регламентам.

Системы экомаркировки можно встретить по всему миру. С 1990 года количество символов, так называемых «эко-ярлыков» возросло.

Экологическая маркировка товаров - это добровольная система присуждения эмблемы для продукта, который является менее вредным для окружающей среды, чем другие подобные продукты. Экологическая марка сообщает потребителям об определенном товаре/услуге, в то время как сертификационные программы говорят об организации (или о ее части), которая произвела товар/услугу.

В рамках ВТО вопрос о возможных международных правилах, связанных с экологической маркировкой, обсуждается в рамках Комитета по торговле и экологии ВТО. Однако из-за сильных разногласий между участниками этого обсуждения каких-либо общих рекомендаций по этому вопросу в рамках ВТО не выработано. Использование экологической маркировки в настоящее время – это добровольное действие отдельных производителей.

Основные принципы добровольной экологической сертификации по этой схеме заложены в международных стандартах серии ISO 14020 и ISO 14040.

Большинство программ экомаркировки объединены в GEN (Глобальную сеть экомаркировки), ассоциацию, созданную для продвижения идей экологического маркирования в мире на межправительственном уровне.

С 2007 года в мировую сеть GEN вступила и Россия. Это имеет огромное значение для российского производителя благодаря расширению международного партнерства и торговли.

"Эко-ярлык" - это ярлык, который показывает общее экологическое преимущество товара или услуги в рамках определенной категории товаров/услуг, принимая во внимание их жизненный цикл. В отличие от "зеленых" эмблем, созданных производителями и поставщиками услуг, эко-ярлыки присуждаются беспристрастной третьей стороной тем товарам и услугам, которые являются лидерами в отношении соблюдения экологических критериев.

Основные требования, на соответствие которым проверяются товары-претенденты на получение экомаркировки:

- концентрация экологических загрязнителей в объектах сертификации;
- уровень загрязнения окружающей среды;
- уровень безопасности для здоровья человека;
- вторичное использование компонентов;
- рациональное использование природных ресурсов в процессе производства;
- использование возобновляемых ресурсов;
- использование возобновляемых источников энергии;
- уровни сбросов и выбросов;
- экологические показатели транспортировки;
- экологические показатели утилизации отходов;
- использование наилучших доступных технологий.

В наши дни актуальным является знание потребителя об экологической маркировке, в первую очередь для сохранения своего здоровья и здоровья потомков.

## К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЕВЕРНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

**Иванёха Е.В., Лукина Т.М.** (пос. Рыбное Московской области, Астраханский государственный технологический университет, Дмитровский филиал, кафедра экологии, e-mail: elena\_ivaneha@mail.ru)

**Abstract.** Water quality parameters of 5 springs and 10 wells in the Northern Moscow Area have been estimated. Increased levels of nitrates were detected in water from 2 springs and 2 wells, increased level of ammonium was determined in water from 1 spring, too. Iron concentrations in water of 1 spring and in water from water-tower amounted to 12,3 MPC and 12,1 MPC, respectively.

Подземные воды представляют собой важнейший природный ресурс. В сельской местности на их долю приходится 80-85% общего водопотребления.

Подземные воды, особенно артезианские, являются конечным резервуаром накопления загрязнителей разного происхождения. При этом для них характерна малая способность к самоочищению. Источники загрязнения подземных вод разнообразны и в значительной степени обязаны своим существованием антропогенным причинам (Лыков, Шестакова, 2005).

В Московской области в условиях растущей техногенной нагрузки на окружающую среду подземные воды могут подвергаться интенсивному загрязнению. И если состояние источников, используемых для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, постоянно контролируется, то нецентрализованные водоисточники проверяются нерегулярно или вообще не проверяются. В связи с этим была проведена оценка качества воды нескольких подземных источников, расположенных в двух районах на севере Подмосквья и используемых населением для хозяйственно-питьевых целей. Объектами исследования были подземные водоисточники как естественного, так и искусственного происхождения. Естественные источники: в Дмитровском районе – родник около пос. Рыбное; родник в пос. Икша, родник в с. Внуково; ключ около д. Скриплево; в Сергиев-Посадском районе – родник около дачного поселка «Озон». искусственные источники: в Дмитровском районе – колодцы в д. Скриплево и Прудцы, водокачка в с/т «Вишенка» около д. Кузнецово, 6 колодцев в с. Внуково; в Сергиев-Посадском районе – колодец в дачном поселке «Озон». Эти водоисточники различаются по глубине залегания, по степени естественной защищенности от загрязнения и по уровню оказываемого на них антропогенного воздействия.

Качество родниковой и колодезной воды оценивалось по следующим показателям: содержание нитритов, нитратов, аммонийного азота, фосфатов, перманганатная окисляемость, жесткость, водородный показатель (рН), содержание тяжелых металлов. Для определения водородного показателя воды использовали портативный рН-метр. Содержание аммония в воде определяли с реактивом Несслера, содержание нитритов – с реактивом Грисса. Определение содержания нитратов и фосфатов проводилось с помощью тест-систем «Нитраты» и «Фосфаты». Перманганатную окисляемость воды определяли по Кубелю, общую жесткость – титриметрическим методом. Содержание тяжелых металлов и железа в воде определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии на ААС «КВАНТ-2А». Полученные значения сравнивали с гигиеническими нормативами для каждого показателя (Предельно-допустимые концентрации..., 2003).

Результаты анализа родниковой и колодезной воды показали, что содержание нитритов и фосфатов соответствовало гигиеническим нормативам, тогда как содержание аммонийного азота превышало ПДК в воде из родника в с. Внуково, в содержание нитратов дос-

тигало уровня ПДК в двух колодцах и роднике с. Внуково и превышало ПДК в роднике около дачного поселка «Озон» (табл. 1). Подземные водоносные горизонты в большей степени подвержены нитратному загрязнению, чем поверхностные водоемы, что обусловлено отсутствием потребителей нитратов. Нитраты отличаются высокой растворимостью и отсутствием гидрохимических барьеров. В связи с этим в сельскохозяйственных районах они являются самым масштабным загрязнителем подземных вод (Лыков, Шестакова, 2005).

Таблица 1. Содержание соединений азота и фосфора в родниковой и колодезной воде

Место и время отбора проб	Аммоний-ион, мгN/дм <sup>3</sup>	Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	Фосфаты, мгPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /дм <sup>3</sup>
Родник (Рыбное), март 2008	0,08	0,003	-	-
июль 2008	0,2	0,007	-	-
сентябрь 2008	0,04	0,003	-	-
январь 2009	0,04	0,003	-	-
апрель 2009	0,08	0,003	1	0,2
Родник (Икша), апрель 2009	0,04	0,003	20	-
февраль 2010	0,08	0,003	20	н/о
Родник (Внуково), март 2010	<b>2,0</b>	0,066	<b>45</b>	н/о
Родник ("Озон"), октябрь 2008	0,04	0,099	-	-
август 2009	0,08	0,003	<b>60</b>	1,0
Колодец («Озон»), октябрь 2008	0,04	0,013	-	-
август 2009	0,08	0,066	30	3,5
Колодец (Прудцы), апрель 2009	0,08	0,013	30	1,0
Колодцы (Внуково), март 2010:				
у церкви	0,4	0,013	5	н/о
Общий	0,2	0,003	20	н/о
Центральный	0,2	0,007	20	н/о
д. 23	0,2	0,066	<b>45</b>	н/о
д. 24	0,2	0,003	<b>45</b>	н/о
д. 102	0,2	0,007	20	н/о
<b>ПДК</b>	<b>1,5</b>	<b>3,3</b>	<b>45</b>	<b>3,5</b>

Перманганатная окисляемость воды из всех обследованных источников не превышала нормативное значение для питьевой воды (табл. 2). Водородный показатель не выходил за пределы нормативного диапазона (табл.2); в соответствии с полученными значениями pH родниковая и колодезная вода была или нейтральной, или слабощелочной. Судя по результатам определения общей жесткости, воду из всех родников и колодцев, кроме одного, можно считать мягкой или средней жесткости (табл. 2). Исключением является родник в с. Внуково, воду из которого можно уже считать жесткой. Этот родник расположен в самом населенном пункте, в овраге, поэтому вполне вероятно, что на его состояние влияют антропогенные факторы. Однако не исключена возможность, что качество его воды зависит от естественных процессов.

Таблица 2. Показатели свойств родниковой и колодезной воды.

Место и время отбора проб	рН	Окисляемость перманганатная, мгО/дм <sup>3</sup>	Общая жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>
Родник (Рыбное), март 2008	7,5	2,1	-
июль 2008	6,7	2,4	-
сентябрь 2008	6,7	2,5	-
январь 2009	7,5	1,2	-
апрель 2009	7,7	0,9	3,7
Родник (Икша), апрель 2009	7,0	1,1	6,8
февраль 2010	7,1	0,4	6,8
Родник (Внуково), март 2010	7,0	2,9	<b>8,1</b>
Родник ("Озон"), октябрь 2008	-	1,3	-
август 2009	7,4	2,4	5,3
Колодец («Озон»), октябрь 2008	-	4,9	-
август 2009	6,7	2,7	1,8
Колодец (Прудцы), апрель 2009	6,7	3,95	3,3
Колодцы (Внуково), март 2010:			5,3
у церкви	7,3	0,9	
Общий	7,6	1,5	4,2
Центральный	6,8	1,3	5,0
д. 23	7,3	1,5	5,2
д. 24	6,8	0,95	4,1
д. 102	6,5	4,3	4,1
<b>Нормативные значения</b>	<b>6,5-8,5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

Определение содержания тяжелых металлов и железа проводилось в воде восьми из пятнадцати исследованных подземных водоисточников (рис. 1 и 2). Содержание во всех этих водоисточниках цинка, меди, свинца, никеля, хрома, серебра, марганца не превышало ПДК этих металлов для воды объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Серебро в родниковой воде присутствовало в следовых количествах, порядка десятых долей мкг/л (наибольшая измеренная концентрация – 1,4 мкг/л), вопреки расхожему мнению о высоком содержании этого элемента в родниках. Содержание кадмия достигало уровня ПДК в колодце д. Скриплево и в воде, поступающей из водокачки в водопровод с/т «Вишенка» около д. Кузнецово (рис. 1). Содержание железа значительно превышало ПДК этого металла опять же в воде из водокачки в с/т «Вишенка» (12,1 ПДК), и в ключевой воде (д. Скриплево), в которой, несмотря на отсутствие видимой взвеси, оно достигало 12,3 ПДК (рис. 2). Высокое содержание железа в воде из водокачки могло быть обусловлено как природными, так и антропогенными процессами, тогда как в ключевой воде оно, вероятно, обусловлено естественными причинами, поскольку явных техногенных источников загрязнения рядом с ключом пока нет. В воде шести других источников содержание железа соответствовало гигиеническому нормативу ПДК.

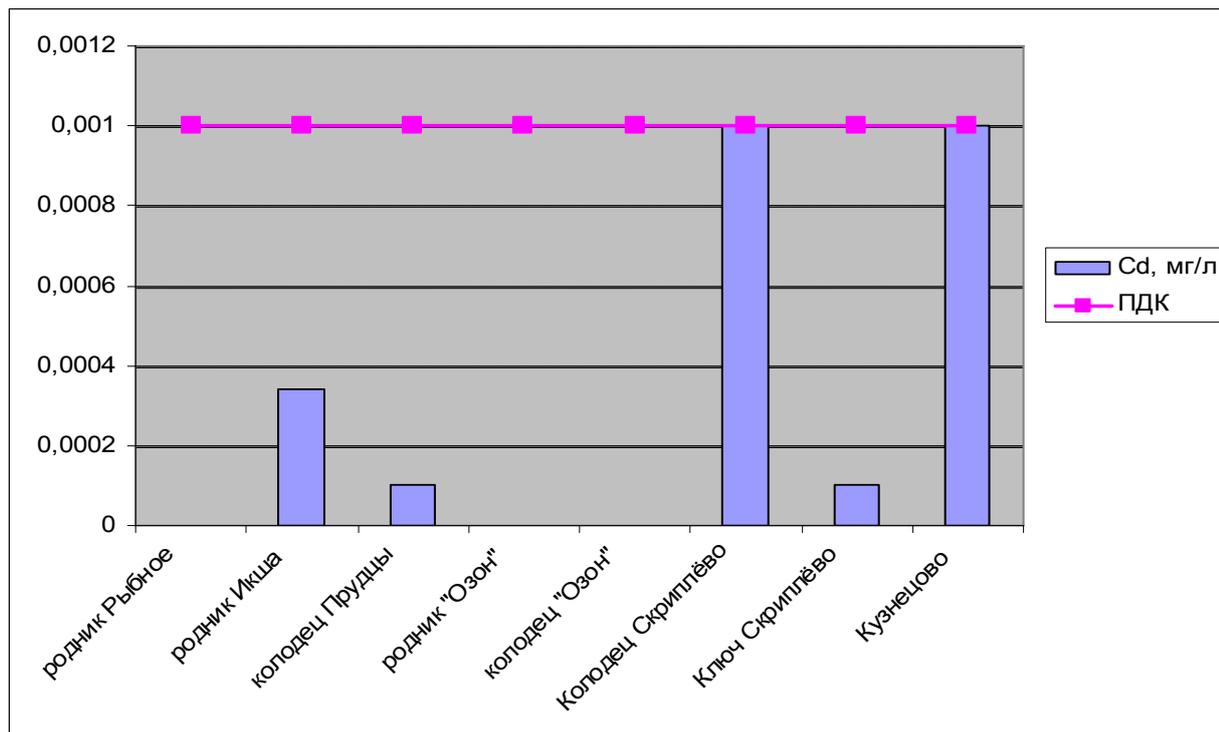


Рис. 1. Содержание кадмия в воде подземных источников.

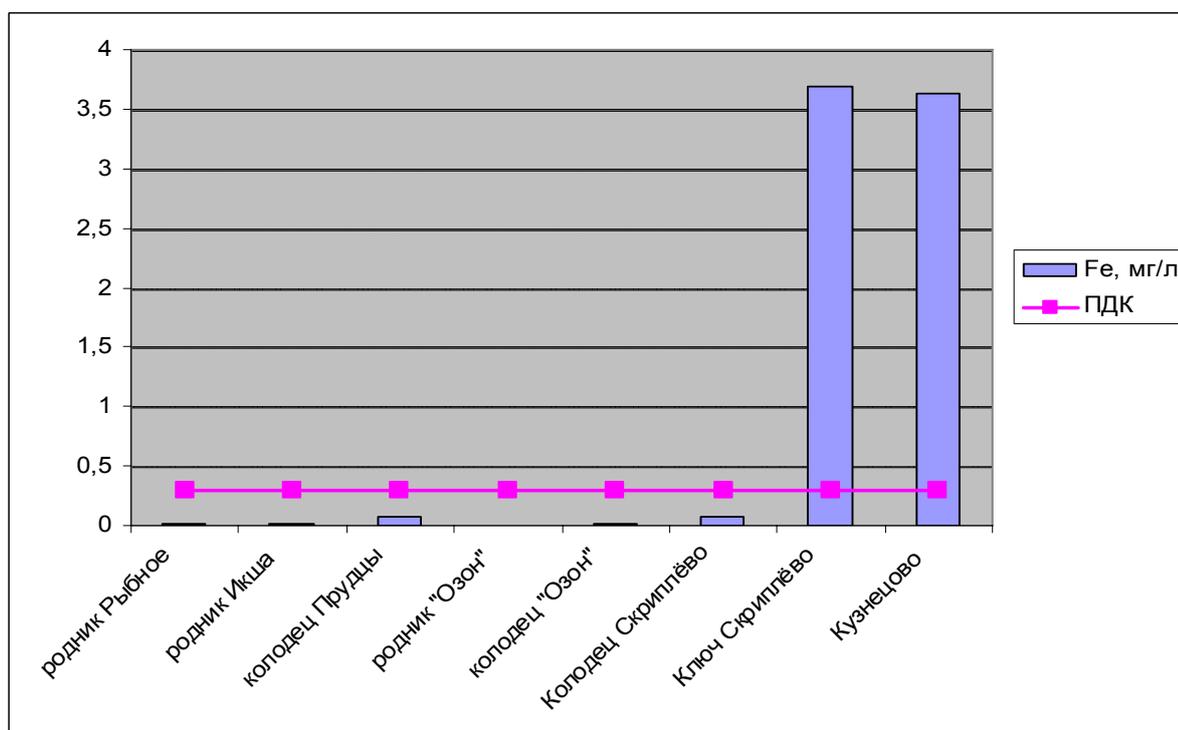


Рис. 2. Содержание железа в воде подземных источников.

Оценка состояния пятнадцати подземных водоисточников Северного Подмосквья выявила соответствие воды девяти этих источников гигиеническим требованиям по всем исследованным показателям качества. В воде двух из остальных шести источников обнаружено повышенное содержание железа, превышающее гигиенический норматив. Железо относится к умеренно опасным веществам; его содержание в воде можно снизить путем фильтрования через кварцевый песок или бытовой фильтр. В двух родниках и двух колодцах содержание нитратов достигало ПДК или превышало ее. Более того, вода одного из этих родников, расположенного в с. Внуково, не соответствует гигиеническим нормативам также по содержанию аммонийного азота и по общей жесткости. Таким образом, родниковая вода, которая издавна считается чистой и целебной, по отдельным гидрохимическим показателям может быть хуже, чем питьевая вода из централизованных систем водоснабжения.

**Список литературы:**

- 1) Лыков И.Н. Техногенные системы и экологический риск / И.Н. Лыков, Г.А. Шестакова. – М.: ИПЦ «Глобус», 2005. – 262 с.
- 2) Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. ГН 2.1.5.1315-03. – М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ МЗ РФ, 2003. – 154 с.

## ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С НЕЙ

**Ищенко Н.С.** (г. Гомель, Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, кафедра «хозяйственное право», e-mail: ni875@yandex.ru)

In the article "Global warming and effective means of overcoming it" be considered the following aspects: the historiography of the problem of global warming, the expected consequences of global warming and is proposed some possible ways to minimize global warming and transforming the nowadays situation in ecology.

### Историография проблемы глобального потепления

Парниковый эффект возник не сегодня - он существовал с тех пор, как на нашей планете появилась атмосфера, и без него температура приземных слоев этой атмосферы была бы в среднем градусов на тридцать ниже реально наблюдаемой. Проблема глобального потепления была впервые высказана шведским ученым Сванте Арейниусом в конце XIX века. Не исключено, что это потепление частично имеет естественный природный характер. Ведь еще А.И.Войков и В.И.Вернадский подчеркивали, что мы живем в конце последней ледниковой эпохи и только выходим из нее. Однако скорость потепления заставляет признать роль антропогенного фактора в этом явлении. Еще в 1927г. в «Очерках геохимии» Вернадский писал о том, что сжигание больших количеств каменного угля должно привести к изменению химического состава атмосферы и климата. В 1972 г. расчетами это подтвердил М.И.Будыко. Сейчас человечество сжигает ежегодно 4,5 млрд. т угля, 3,2 млрд. т нефти и нефтепродуктов, а также природный газ, торф, горючие сланцы и дрова. Все это превращается в углекислый газ, содержание которого в атмосфере возросло с 0,031% в 1956г. до 0,035% в 1992г. и продолжает расти. Кроме того, резко увеличились выбросы в атмосферу другого парникового газа — метана. Сейчас большинство климатологов мира признает роль антропогенного фактора в потеплении климата.

В 1986г. сразу на шести языках была издана книга «Наше общее будущее», подготовленная Комиссией ООН во главе с тогдашним премьер-министром Норвегии Гру Харлем Брундтланд. В книге подчеркивалось, что потепление вызовет бурное таяние льдов Антарктиды и Гренландии, резкий подъем уровня Мирового океана, затопление прибрежных территорий, что будет сопровождаться экономическими и социальными потрясениями. За прошедшие с той поры 12 лет проведено много исследований и конференций, которые показали, что мрачные прогнозы этой книги несостоятельны. Подъем уровня Мирового океана действительно происходит, но со скоростью 0,6мм в год, или 6 см за столетие. В то же время вертикальные поднятия или опускания береговых линий достигают 20 мм в год. Таким образом, трансгрессии и регрессии моря определяются тектоникой в большей мере, чем подъемом уровня Мирового океана. В то же время потепление климата будет сопровождаться увеличением испарения с поверхности океанов и увлажнением климата, о чем можно судить по палеогеографическим данным. Всего 7–8тыс. лет назад во время голоценового климатического оптимума, когда температура на широте Москвы была на 1,5 – 2° С выше современной, на месте Сахары расстилалась саванна с рощами акаций и многоводными реками, а в Средней Азии Заравшан впадал в Амударью, река Чу — в Сырдарью, уровень Аральского моря находился на отметке 72 м и все эти реки, блуждая по территории современной Туркмении, текли в прогибавшуюся впадину Южного Каспия. Подобное происходило и в иных ныне аридных областях мира.

В 2007 г. университет Джонса Хопкинса (США) опубликовал прогноз о том, как процесс глобального потепления может повлиять на здоровье человека. Главные выводы:

человечество может столкнуться с резким увеличением числа болезней, которые вызваны жарой (так, жара 2003 года стала причиной смерти более 30 тыс. жителей Западной Европы); - повышением риска возникновения инфекционных заболеваний (в частности, тропических лихорадок, малярии и пр.); - ухудшением качества воздуха; - ростом уровня мирового океана, что будет нести угрозу населению и инфраструктуре (так, 13 из 20-ти крупнейших городов мира расположены на побережье, их затопление уничтожит также госпитали и иные медицинские учреждения, которые обычно базируются в городах); - увеличением количества разрушительных наводнений, ураганов, засух и пр.; - риском ограничения поставок продовольствия (так, разрушение традиционного погодного режима и иные последствия потепления способны резко уменьшить производительные способности сельского хозяйства многих регионов мира); - появлением миллионов "экологических беженцев", что угрожает международной безопасности и экономике; - уменьшением количества и ухудшением качества питьевой воды (так, ныне около 2 млрд. человек страдают от недостатка питьевой воды, 1.8 млн. человек ежегодно умирают из-за употребления грязной воды); - коллапсом экосистем. В свою очередь, ученые из Университета Иллинойса (США) пришли к выводу, что в процессе глобального потепления виновны не только индустриально-развитые, но и "бедные" государства. Ежедневно около 2 млрд. человек топят около 400 млн. печей. Подобные устройства производят в два раза больше сажи, чем ранее предполагалось. Печная сажа намного темнее, чем сажа, образующаяся, к примеру, в результате лесных пожаров, из-за этого она поглощает большее количество солнечной энергии и, тем самым, повышает температуру атмосферы. Подобные печи ежегодно производят около 800 тыс. метрических тонн сажи, то есть около 10% общего объема копоти в мире. Для сравнения, легковые и грузовые автомобили, работающие на дизельном топливе, ежегодно выбрасывают в атмосферу около 890 тыс. метрических тонн сажи.

### **Предполагаемые последствия**

Учитывая все данные, разработанные учеными всего мира, и результаты исследований Комиссии ООН, среднемировая температура в этом веке может повыситься на 1,4-1,8 градуса Цельсия. Уровень мирового океана повысится на 10 см, поставив под угрозу миллионы жителей стран, находящихся невысоко над уровнем моря. Учитывая увеличивающееся влияние человечества на климатические изменения, Межправительственная комиссия по наблюдению над климатическими изменениями (IPCC) настаивает на повышении количества наблюдений для создания более полной картины глобального потепления климата. Глобальное потепление заставляет содрогнуться. ООН подготовила новый доклад, в котором прогнозируются последствия воздействия глобального потепления. Выводы специалистов неутешительны: отрицательные результаты потепления будут ощущаться почти повсюду.

Для большей части Европы значительно повысится угроза наводнений (жители Великобритании уже испытали это в прошедшем году). Ледники Альп и большие области вечной мерзлоты начнут таять и полностью исчезнут к концу этого века. Изменение климата положительно скажется на урожаях, собираемых в Северной Европе, однако почти столь же сильное отрицательное влияние будет оказано на сельское хозяйство Южной Европы, которой в 21 веке предстоит страдать от постоянных засух. В Азии дела обстоят намного хуже. Высокие температуры, засухи, наводнения и эрозия почвы нанесут непоправимый ущерб сельскому хозяйству многих азиатских стран. Повышение уровня моря и более сильные тропические циклоны вынудят десятки миллионов людей покинуть обжитые места и переселяться подальше от берегов моря. Не лучшее положение сложится и в Африке. Урожаи зерновых серьезно упадут, уменьшится количество доступной питьевой воды.

Осадки будут выпадать всё реже, особенно на юге, севере и западе континента, приводя к появлению новых пустынных районов. Населённые пункты в Нигерии, Сенегале, Гамбии, Египте и вдоль юго-восточного побережья Африки пострадают от повышения уровня моря и эрозии береговой линии. Учащаются эпидемии инфекционных болезней, разносимые насекомыми, такими как комары.

В Северной Америке и в Австралии картина будет не столь однозначно плохая. Некоторым регионам потепление пойдёт на пользу, сделав сельское хозяйство в них более выгодным. В остальном список бедствий, которые принесёт потепление, входят: наводнения, засухи, эпидемии.

Однако одни из самых больших перемен произойдут в полярных областях. Толщина и площадь арктических льдов продолжит уменьшаться, начнётся таяние вечной мерзлоты. Однажды начавшись, газа в атмосфере стабилизируется. Результатом станут необратимые изменения в оборот воды в мировом океане и уровне моря. Специалисты ООН установили, планета нагревается быстрее, чем предполагалось ранее, и есть убедительные свидетельства того, что именно человечество несет за это ответственность. Ученые предсказывают, что в Азии и Африке уменьшатся урожаи, а Австралия и Новая Зеландия будут испытывать нехватку воды. Повысится риск наводнений в Европе, а восточное побережье Соединенных Штатов подвергнется воздействию все более сильных штормов и эрозии побережья. Средняя температура в этом столетии возрастет от 1,4 до 5,8 градусов Цельсия, прогнозируют ученые. Уровень моря может подняться на несколько десятков сантиметров, угрожая сотням миллионов людей в островных государствах и приморских странах. На планете будет меньше дождей, больше пустынь, больше бурь и наводнений. Уже через несколько лет все мы рискуем оказаться в незнакомом и пугающем мире, в котором над человечеством нависнет угроза губительных эпидемий, вызванных вышедшими из-под контроля инфекциями. Глобальное потепление повлечет за собой новые эпидемии. Теплый и влажный климат, который установится на нашей планете в течение следующих 20 лет, поможет опасным болезням, таким как малярия или лихорадка Денге, уже сейчас представляющим для человечества серьезную угрозу.

Больше всего пострадают небольшие островные государства. Развивающимся странам будет особенно нелегко приспособиваться к меняющимся условиям. Ожидаются и определенные положительные эффекты: увеличение производства древесины, большие урожаи зерновых в таких регионах мира, как Юго-Восточная Азия, и меньше смертей от замерзания во время зимы. Ученые предупреждают, что прогнозируемое изменение климата потенциально может привести к широкомасштабным и необратимым переменам в течение этого века. В частности, прогнозируется замедление поступления теплой воды в северную Атлантику, большое таяние льдов в Гренландии и западной Антарктиде, а также увеличение доли углекислого газа и метана в атмосфере по мере нагревания Земли. Опубликованный в январе отчет ООН - самая детальная и серьезная на сегодняшний день работа, предупреждающая о последствиях глобального потепления. В опубликованном отчете говорится, что признаки этих изменений уже налицо.

- Ледовый покров Арктики сократился на 10-15 %
- Лед на антарктическом побережье с середины 1950-х до начала 1970-х отступил на юг на 2,8 градуса долготы
- Леса Аляски наступают на север - на 100 километров с повышением средней температуры на один градус Цельсия
- Ледовое покрытие озер и рек в средних и верхних долготах Северного полушария держится сейчас на 2 недели меньше, чем в 1850 году.

## Предложения

Мир может упустить жизненно важный шанс предотвратить губительные последствия глобального потепления. Главы правительств Европейских стран считают, что разрушительные наводнения последнего десятилетия стали кошмаром для них, основным виновником которых они считают США. Вице-премьер правительства Британии подверг критике высказывания французского президента, который обвинил Соединенные Штаты в отравлении атмосферы. Как отметил британский вице-премьер, поиск виновных не продвинет вперед переговоры.

Несмотря на остающиеся разногласия по основным вопросам, появились признаки возможного компромисса со стороны европейских стран. Такой компромисс позволит Соединенным Штатам установить для себя реалистичную задачу по сокращению эмиссии тепличных газов.

К счастью, далеко не все разделяют эти опасения. Последние данные, полученные при обработке поступающих со спутников изображений, не подтверждают перспективу глобального бедствия, обрисованную пессимистически настроенными учеными. Они вселяют надежду на то, что человечеству удастся справиться с надвигающейся угрозой. Например, сокращения выбросов парниковых газов можно достичь за счет повышения эффективности использования энергоресурсов, сокращения утечек тепла и топлива, технического перевооружения энергетического комплекса, перехода на более безопасные виды топлива (например, с мазута на газ). За счет замедления расходования ископаемого топлива - ресурса, как известно, принципиально невозобновимого. За счет развития альтернативных, экологически чистых технологий получения энергии. Все это, в общем-то, все равно необходимо реализовывать, и даже если в итоге выяснится, что принятые меры не оказали никакого влияния на процесс глобального потепления, польза от них все равно превысит понесенные убытки.

Можно согласиться с мнением академика Е. Оснач о том, что учёные должны ответить на ряд вопросов, чтобы разработать эффективные средства борьбы с потеплением, например таких:

- 1) разогревается ли Земля непосредственно солнечным излучением и его гравитационным полем или разогревается ответными ударными волнами;
- 2) если всё решает отклик, то сколько времени требуется для ответного теплового отклика, и сколько он длится в лабораторных условиях и в реальных космических масштабах;
- 3) как влияет на разогрев Земли неравномерность воздействия энергетических факторов (при нарастании и спаде их мощности);
- 4) как зависит температурный отклик среды от состава, плотности, давления и исходной температуры вещества и излучения;
- 5) как влияет композиция и синхронизированность источников излучения на разогрев среды.

Скорее всего, землянам понадобятся технологии утилизации прямого излучения и ударных волн с пользой для себя и для природы. Такими средствами могут оказаться воздушные шары, содержащие инерциды различного типа.

Международное общество охраны дикой природы опубликовало доклад, в котором идет речь о 10-ти болезнях, которые становятся опаснее в связи с процессом глобального потепления. В число этих недугов вошли: птичий грипп, лихорадка Эбола, желтая лихорадка, болезнь Лайма, лихорадка Рифт-Валли, чума, холера, туберкулез, бабезиоз (инфекция, поражающая в основном животных, но также и человека) и трипанозомоз (болезнь крупного рогатого скота, переносимая мухами цэцэ).

В этот список попали и красные приливы, которые способны приводить к массовой гибели рыб, морских животных, птиц и тяжелым отравлениям людей.

Если вовремя не принять необходимые меры, то человечество окажется неспособными эффективно противостоять этим болезням, так как могут столкнуться с новыми, более мощными и резистентными штаммами возбудителей. В связи с этим необходимо соответствующая подготовка медицинских кадров, которые смогли бы справиться с надвигающейся угрозой. Представляется оптимальным создание единого ведомства по экологии как на национальном уровне любого государства, так и на международном уровне, что позволит принимать достаточно оперативные решения.

Самыми эффективными средствами минимизации глобального потепления в связи с проведением некоторых трансформационных мер, представляется, создание нормативно-правовой базы (на национальном и международном уровне), позволяющей реализовывать намеченные мероприятия (начиная, с изменения учебных, типовых программ подготовки/переподготовки медиков, иных специалистов и заканчивая разработкой стратегических комплексных программ в сфере экологии). Безусловно, при осуществлении такой титанической работы замлннам жизненно необходима консолидация всех имеющихся сил, уход от имеющихся разногласий, широкое привлечение и использование инновационных решений. В противном случае – будущего у планеты, а значит и у человечества, нет.

## МНОГОФАКТОРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Каменев Е.А. (г. Мурманск, МГТУ)

Экспотенциальный рост народонаселения сопровождается ещё большими темпами увеличения потребностей в продуктах переработки минерального сырья. Проблема обеспечения будущих поколений освоенными видами природных ресурсов особенно обострилась на стыке тысячелетий. В общественном сознании прочно утвердились пессимистические настроения, основанные на представлениях о минеральных ресурсах, которые являются не возобновляемыми в природных условиях, ограниченными по геолого-экономическим соображениям или вообще не имеющими альтернативных заменителей на конкретном историческом этапе развития цивилизации них (энергоносители, фосфаты и др.).

Сторонники гипотезы о «неисчерпаемости недр» уповают на абсолютную неограниченность минеральных ресурсов в земной коре и на достижения научно-технического прогресса в области добычи и переработки полезных ископаемых. Однако приверженцы обеих концепций сходятся во мнении, что одним из путей преодоления минерально-сырьевого кризиса является освоение новых нетрадиционных видов минеральных ресурсов - «...природных, антропогенных и техногенных видов сырья, которые в современных технико-экономических и социальных условиях пока не нашли широкого применения» [1]. Из принятого определения следует, что обоснование целесообразности вовлечения нетрадиционного сырья в промышленную эксплуатацию требует уточнения, пересмотра методов и приемов технологической и геолого-экономической его оценки.

Автором разработана многофакторная классификация техногенного минерального сырья, которая адаптирована применительно к отходам действующих обогатительных производств.[2]. Классификация основана на оценке народнохозяйственной значимости нетрадиционных видов минерального сырья по критериям народно-хозяйственной значимости:

- области применения и степени дефицитности (табл. 1);
- геологической и технологической изученности (табл. 2);
- масштабов запасов, прогнозных ресурсов и качеству сырья и потребительским свойствам (табл. 3).

1. Классификация нетрадиционного сырья по областям применения и потребности народного хозяйства основана на оценке конкурентоспособности использования (табл. 1).

Высокому уровню конкурентоспособности соответствует комплексное техногенное сырье, накопленное в отходах горно-обогатительных и химико-металлургических предприятий ( $O_1 - O_2$ ), имеющее стратегическое (федеральное) значение ( $D_1$ ) или являющееся дефицитным в стране ( $D_2$ ). К нетрадиционному сырью, конкурентоспособность использования которого в отраслях народного хозяйства проблематична, относятся либо полезные ископаемые с новыми свойствами или областями применения ( $O_3$ ), либо до настоящего времени невостребованное народным хозяйством ( $O_4$ ), а потребность в них (дефицитность) проявляется на региональном ( $D_3$ ) или на местном ( $D_4$ ) уровнях.

Таблица 1. Области применения и степень дефицитности техногенного сырья

Уровень комплексного использования		Конкурен-тоспособность	Степень дефицитности	
Область применения	Минеральное образование, ранее не используемое в отраслях экономики (O <sub>4</sub> )	Конкурен-тоспособность проблематична	Общераспространённое минеральное сырьё местного значения (D <sub>4</sub> )	Потребность народного хозяйства в минеральном сырье (дефицитность)
	Освоенное минеральное сырьё с новыми свойствами (O <sub>3</sub> )	Повышение конкурентоспособности	Минеральное сырьё местного значения (D <sub>3</sub> )	
	Комплексное минеральное сырьё – расширение спектра извлекаемых компонентов (O <sub>2</sub> )		Дефицитное минеральное сырьё федерального значения (D <sub>2</sub> )	
	Комплексное минеральное сырьё в отходах горнопромышленного производства (O <sub>1</sub> )	Высокий уровень конкурентоспособности	Минеральное сырьё стратегического значения (D <sub>1</sub> )	

2. По степени геологической и технологической изученности нетрадиционные ресурсы подразделяются на группы:

- доказанные ресурсы (количество и качество ресурсов установлено - Г<sub>1</sub>, технология переработки освоена в промышленном масштабе - Т<sub>1</sub>);

- вероятные ресурсы (геологическая оценка предварительная - Г<sub>2</sub>, технология проверена в опытно-промышленном масштабе - Т<sub>2</sub>);

- предполагаемые ресурсы (оценены на поисковой стадии - ресурсы обнаружены, но не изучены в геологическом отношении - Г<sub>3</sub>, технология изучена на лабораторной стадии или принимается по аналогии с близким по свойствам сырьём - Т<sub>3</sub>);

- возможные ресурсы (возможность выявления ресурсов теоретически обоснована - Г<sub>4</sub>, а технология переработки предполагается по аналогии с освоенными схемами).

Таблица 2. Степень геологической и технологической изученности

Стадия изученности		Оценка критерия	Стадия освоенности	
Геологическая изученность	Возможность выявления ресурсов теоретически обоснована (Г <sub>4</sub> )	Возможные ресурсы	Возможность переработки с применением освоенных технологий предполагается (Т <sub>4</sub> )	Технологическая изученность
	Ресурсы обнаруженные (Г <sub>3</sub> )	Предполагаемые ресурсы	Технология изучена на лабораторной стадии (Т <sub>3</sub> )	
	Ресурсы предварительно оцененные – рудопроявления (Г <sub>2</sub> )	Вероятные ресурсы	Технология проверена в опытно-промышленном масштабе (Т <sub>2</sub> )	
	Количество и качество ресурсов установлено – месторождение (Г <sub>1</sub> )	Доказанные ресурсы	Технология освоена в промышленном масштабе (Т <sub>1</sub> )	

3. По масштабам запасов (обеспеченности предприятия сырьевой базой) и качеству сырья (содержанию полезных компонентов, потребительским свойствам) ресурсы оцениваются по ожидаемому уровню рентабельности на группы:

- рентабельность высокая (обеспеченность более 50 лет -  $M_1$ , сырьё с высокими потребительскими качествами -  $K_1$  и может быть использовано в сыром виде без предварительного обогащения);
- рентабельность нормативная для соответствующей подотрасли (обеспеченность оценивается в 25-50 лет -  $M_2$ , качество сырья достаточно высокое, необходимо предварительное обогащение простыми методами без применения комбинированных технологических схем -  $K_2$ );
- рентабельность низкая (обеспеченность 10-25 лет -  $M_3$ , качество сырья - среднее, требующее глубокой переработки сложными комбинированными методами -  $K_3$ );
- рентабельность сомнительная (обеспеченность - менее 10 лет -  $M_4$ , сырьё низкокачественное, а его обогащение и переработка невозможна без применения специальных методов и схем -  $K_4$ ).

Таблица 3. Масштабы ресурсов и качество техногенного сырья

Обеспеченность запасами		Оценка рентабельности	Качество сырья	Потребительские свойства
Масштабы ресурсов	До 10 лет ( $M_4$ )	Рентабельность сомнительная	Бедные ресурсы (низкое качество)	
		Необходима разработка специальных методов (технологий) обогащения и переработки		
	10-25 лет ( $M_3$ )	Рентабельность низкая	Ресурсы среднего качества	
		Необходима глубокая переработка сложными (комбинированными) методами		
	25-50 лет ( $M_2$ )	Рентабельность удовлетворительная	Богатые ресурсы (высокое качество)	
		Необходимо предварительное обогащение освоенными методами		
	Свыше 50 лет ( $M_1$ )	Рентабельность высокая	Богатые руды (высокое качество)	
		Не нуждается в обогащении (используется в сыром виде)		

Предлагаемая группировка нетрадиционного минерального сырья, основанная на использовании в качестве оценочных критериев ряда взаимосвязанных показателей, является многофункциональной, а с учётом изменения этих показателей во времени - динамичной. По мере выявления потребностей отраслей экономики в альтернативном сырье, повышения степени геологической изученности и технологической освоенности следует ожидать ротацию позиции, занимаемой исследуемым объектом в классификационной системе.

Обоснованные критерии и предложенная классификация нетрадиционного минерального сырья по мере углубления исследований, выявления новых видов и особенностей нетрадиционного сырья, расширения масштабов вовлечения его в промышленную эксплуатацию будут уточняться и детализироваться.

Работоспособность классификации показана на примере отходов обогащения комплексных магнетит-апатит-бадделейтовых руд (табл. 4) :

Выполненный по инициативе и за счёт средств Ковдорского ГОКа комплекс геологоразведочных работ, технологических испытаний отходов обогащения апатит-магнетитовых руд в качестве дополнительных ресурсов для компенсации выбывающих

мощностей основного производства является своевременным инженерным решением важной народнохозяйственной задачи.

Таблица 4. Ротация позиций, занимаемых исследуемым объектом в классификационной системе

Критерий	Параметры оценки критерия	До начала освоения	После освоения
Область применения	Комплексное минеральное сырьё в хвостохранилище ГОКа	O <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>
Степень дефицитности	Минеральное сырьё федерального значения	Д <sub>3</sub>	Д <sub>1-2</sub>
Геологическая изученность	Доказанные ресурсы Разведанные запасы	Г <sub>3</sub> –	– Г <sub>1</sub>
Технологическая изученность (освоенность)	Изучены в лабораторном масштабе Освоены в промышленном масштабе	Т <sub>4</sub> –	– Т <sub>1</sub>
Обеспеченность запасами	Менее 10 лет 10-25 лет	М <sub>4</sub> –	– М <sub>3</sub>
Рентабельность сомнительная	Необходима глубокая переработка комбинированными способами	Нет данных	Высокая эффективность

Классификация техногенного минерального сырья, основанная на использовании в качестве оценочных критериев ряда взаимосвязанных показателей, является многофункциональной, а с учетом изменения этих показателей во времени – динамичной. Обоснованные критерии и предложенная классификация нетрадиционного минерального сырья по мере углубления исследований, выявления новых видов и особенностей нетрадиционного сырья, расширения масштабов вовлечения его в промышленную эксплуатацию будут уточняться и детализироваться. По мере выявления потребностей отраслей экономики в альтернативном сырье, повышения степени геолого-технологической освоенности следует ожидать ротацию позиций, занимаемых исследуемым объектом в классификационной системе.

#### Список литературы:

1. Нетрадиционные ресурсы минерального сырья /А.А. Арбатов, А.С. Астахов, Н.П. Лавёров, М.В. Толкачёв. - М.: Недра, 1988. - 253 с.
2. Ларичкин Ф.Д., Каменев Е.А., Мотлохов В.Н. Нетрадиционные виды минерального сырья: актуальность, определение и классификация // Горный журнал. – 2003. - № 1. – С. 16-20.

## ТЕХНОКРАТИЧЕСКИЙ ПУТЬ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

**Канищев А.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра экологии и защиты окружающей среды, alexey2041@yandex.ru)

Our planet was formed because of large-scale cosmic, geotectonic and geochemical processes. Simultaneously our nature was also developing. At first, the appearance of human didn't cause any disturbance in the environment. Using natural resources, creating new technic, rapidly growing mankind becomes the most important influencing force on our planet. Anthropogenic influence causes transformation of the nature to new condition and its response to human intervention. The aim of this report is to tell about the force and power of the natural phenomena, facing which people become powerless.

Планета Земля сформировалась в результате масштабных космических, геотектонических и геохимических процессов, на которые затем наложился процесс возникновения и развития природы. Появление и становление человека как одного из ее компонентов первоначально не вызвало особых возмущений в природной среде. Постепенный технический прогресс, вылившийся в промышленную революцию, кардинально изменил ситуацию. Познавая законы природы, создавая все более сложную технику, быстро растущее человечество по масштабам своего вмешательства стало сопоставимо с планетарными явлениями. С развитием воздействия на природную среду происходит ее трансформация и переход в новое состояние [1],[2].

Таким образом, масштабы сегодняшнего воздействия общества на природную среду превышают ее возможности к самовосстановлению, что обуславливает ответную реакцию природы, энергия которой зависит от степени вмешательства человека в естественно протекающие природные процессы. В результате, на человека стали оказывать влияние две силы: природные (стихии и процессы – вулканы, землетрясения, цунами, оползни, обвалы, сели, наводнения) и техногенные (аварии на транспорте, на нефте-, газопроводах, предприятиях, зараженность почв, воды, воздуха металлом, мусором, ядохимикатами) [3].

Цель данного доклада - рассказать о силе и своеволии стихий, перед которыми человек бессилён. Доклад помогает понять, насколько далек от истины тот, кто считает себя хозяином этой неукротимой планеты.

Стоит природе захотеть, и она уничтожит все что угодно. Никакие достижения человечества не в силах противостоять ее мощи. Конечно, технический прогресс позволяет сократить число жертв стихийных бедствий. Тем не менее, когда речь идет о штормовых ветрах, огромных волнах, лесных пожарах или действии тектонических сил, человек практически бессилён.

Когда бедствия обрушиваются на менее развитые страны, счет идет на десятки и сотни тысяч погибших плюс миллионы пострадавших, в том числе лишившихся крова. Рождественское цунами 2004 г. унесло жизни более 250 тыс. человек на берегах Индийского океана. Особенно пострадали Индонезия (главным образом остров Суматра), Шри-Ланка, Таиланд.

Волны, опустошившие 26 декабря 2004 г. побережья по периметру Индийского океана, были результатом резкой тектонической подвижки в 6 км ниже уровня моря. Литосферные плиты вдоль глубинного разлома земной коры содрогнулись и сместились друг относительно друга, при этом край одной плиты погрузился под край соседней.

Слагающие земную кору литосферные плиты не стоят на месте, и границы между ними соответствуют зонам максимальной сейсмической и вулканической активности. Вдоль

породившего Рождественское цунами тектонического разлома Индо-Австралийская плита, образующая дно Индийского океана, напирает на Евразийскую (с Индонезией и Индокитаем) и поддвигается под ее край (процесс субдукции).

Силы трения тормозят скольжение плит друг относительно друга. В результате в земной коре накапливается колоссальное напряжение. Когда энергия напряжения достигает пика, позволяющего преодолеть силы трения, плиты резко смещаются и вздрагивают, что приводит к серии подземных толчков. Землетрясение, вызвавшее Рождественское цунами, имело магнитуду 9,3 по шкале Рихтера и было самым сильным на планете за последние сорок лет [4].

Когда плиты сдвинулись, морское дно вдоль тектонического разлома потрескалось и смялось. К востоку от разлома оно поднялось на несколько метров, всколыхнув океаническое пространство на площади в сотни квадратных километров. Такое мощное сотрясение воды породило волны, которые стали быстро распространяться в обе стороны от разлома (Рис. 1)

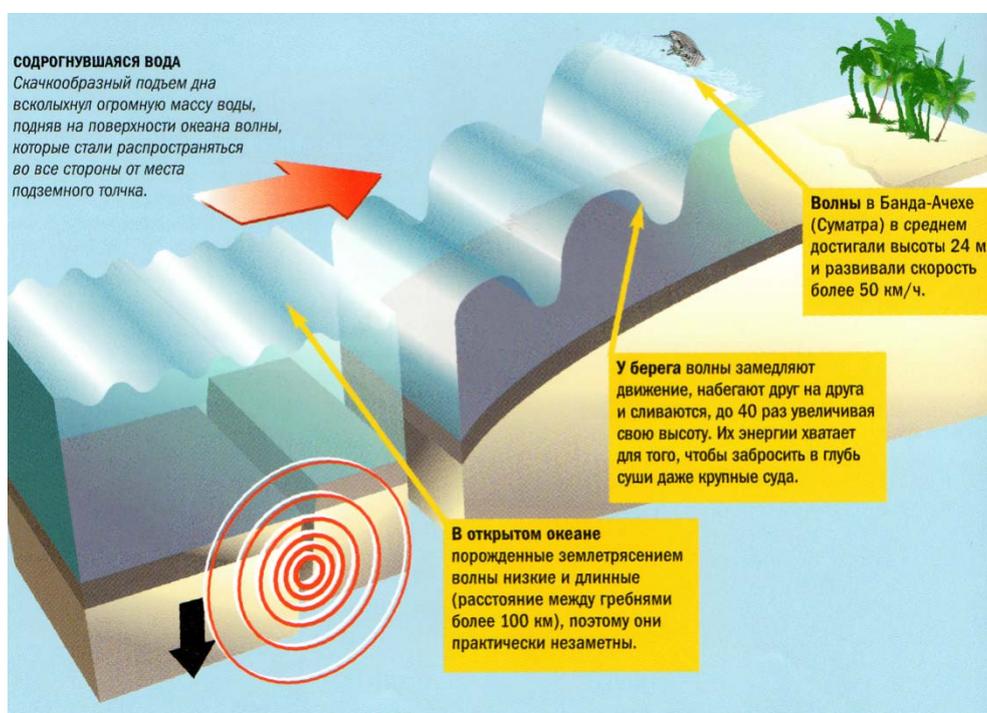


Рис. 1. Схема образования цунами

В открытом океане они неслись со скоростью до 800 км/ч, но были очень низкими и длинными - практически незаметными. Но по мере приближения к берегу и уменьшения глубины их бег замедлялся, они сливались и росли в высоту. Сначала вода стремительно отхлынула от берега, словно в сильный отлив. Она «втягивалась» в растущие на горизонте волны. Эти мощные волны подходили с интервалами 5-40 минут и за считанные минуты прорывались далеко в глубь суши, а потом отступали назад, смывая все на своем пути. На большинство стран обрушилось несколько волн подряд.

Цунами унесло жизни десятков тысяч людей. До полумиллиона получили ранения, и в первые часы после катастрофы остро стоял вопрос о помощи тем, кто выжил.

Сильнее всего пострадала провинция Ачех на северной оконечности Суматры, находившаяся примерно в 1000 км от эпицентра землетрясения. Здесь и на соседнем острове Ниас в волнах цунами утонуло 167 тыс. человек. В главном городе провинции, Банде-Ачехе,

за 15 минут погибло три четверти населения. Все постройки и деревья на берегу практически исчезли. В других районах Индонезии погибло еще 69 тыс. человек, в основном на Суматре.

На втором месте по числу жертв оказалась Шри-Ланка: 35 тыс. человек, включая пропавших без вести. По крайней мере, 800 погибли при крушении поезда, смытого с рельсов около Телватты. Кроме того, полмиллиона людей остались без крова. Сильнее всего пострадали южное и восточное побережья острова, где волны прорвались в глубь суши на километр с лишним.

Много жертв было и в Таиланде. Официально подтверждена смерть почти 5400 человек, в том числе около 2400 туристов из 36 стран. Еще 2800 местных жителей и приезжих до сих пор считаются пропавшими без вести. Индия потеряла примерно 16 тыс. человек - из них почти половину на Андаманских и Никобарских островах в юго-восточной части Бенгальского залива. Жертвами цунами также стали жители Мьянмы, Бангладеша, Малайзии, Мальдив, Сейшельских островов, Сомали, Кении и Танзании.

Рождественское цунами 2004 г. было самым разрушительным за долгую историю наблюдений. Впрочем, многие прежние цунами людей тоже не щадили (таблица 1).

Таблица 1. 10 самых разрушительных цунами [4].

№ п/п	Год	Место	Жертвы
1	2004	Индийский океан	250 000
2	1782	Южно-Китайское море	40 000
3	1883	Зондский пролив (Индонезия)	36 000
4	1707	Япония	30 000
5	1826	Япония	27 000
6	1868	Чили	25 674
7	1896	Япония	22 070
8	1792	Япония	15 030
9	1771	Япония	13 486
10	1703	Япония	5 233

Приведенный пример показывает, что технократический путь развития цивилизации является губительным. Человечество, проникнувшись важностью проблемы и осознав губительность технократического пути развития, спешно разрабатывает и внедряет концепцию устойчивого развития как альтернативу существующему курсу, но и здесь есть свои ограничения. Пожалуй, самый большой из них – неспособность большинства стран мира следовать этой концепции по ряду причин. Так что, поиск альтернативных путей развития цивилизации будет продолжаться, и, он, видимо, станет основной задачей человечества в начавшемся столетии и тысячелетии.

#### Список литературы:

1. Карлович И.А. Геоэкология. – М.: Академический проект: Альма-Матер, 2005. – 512 С.
2. Лосев А. В., Провадкин Г. Г. Социальная экология. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998 – 312 С.
3. Реймерс Н.Ф. Природопользование. - М.: Мысль, 1990. – 637 С.
4. Берни Д., Гилпин Д., Койн С., Симонс П. Неукротимая планета. – ЗАО “Издательский Дом Ридерз Дайджест”, 2008 – 320 С.

## **СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Кибарин А.А., Ходанова Т.В.** (*Республика Казахстан, г.Алматы, Алматинский институт энергетики и связи, кафедра тепловые энергетические установки e-mail: [kibarin@rambler.ru](mailto:kibarin@rambler.ru)*)

The main source of harmful emissions in the transport of gas are the gas-pumping units. Studies have shown that about 30% of gas pumping units of compressor stations are "dysfunctional" on indicators of emissions of oxides of nitrogen. Replacement of existing units requires the involvement of huge financial resources. For the current fleet of gas-pumping units with gas turbine drive is needed on ways to reduce formation of toxic components, primarily through low-cost activities. It is shown that only the modernization of the combustion chamber and the regenerator gas turbine plant will reduce gross emissions by 2 times, thereby significantly reducing the harmful effects of existing gas compressor stations on the environment.

Транспортировка газа по магистральным газопроводам осуществляется в основном газоперекачивающими агрегатами (ГПА) с газотурбинным приводом. В атмосферу выбрасывается около 20 наименований загрязняющих веществ, в том числе веществ, обладающих эффектом суммации - 4 группы. Более 99 % объема выбросов составляют оксид углерода, оксид и диоксид азота и метан. Выбросы метана относятся к залповым, разовым воздействиям и связаны с проведением технологических операций пуска-останова агрегатов, ремонтно-профилактическими работами и авариями на газопроводах. На выбросы ГПА приходится по объему около 98-99 % всех валовых выбросов в атмосферу от стационарных источников. Как показали результаты замеров концентраций загрязняющих веществ на источниках выбросов, в отходящих газах ГПА основная роль принадлежит оксиду углерода и оксидам азота. Концентрации диоксида серы и углеводородов в продуктах сгорания ничтожны, не способные не только хоть в какой-то мере повлиять на качество приземного воздуха на границе СЗЗ, но и зачастую находящиеся ниже чувствительности используемых при их определении приборов. В 2006-2008 гг. на компрессорных станциях магистрального газопровода «Средняя Азия Центр» на участке Бейнеу – Джангала была осуществлена базовая паспортизация ГПА и мониторинг выбросов вредных веществ. Всего в период мониторинга контроль состава отходящих газов был осуществлен на 152 газоперекачивающих агрегатах. За период мониторинга превышение нормативных концентраций оксида углерода было отмечено в 32 случаях, превышение концентраций оксидов азота – в 41 случаях. Оксиды азота являются загрязняющими веществами первой категории опасности КОВ > 10<sup>5</sup> (основные загрязняющие вещества, как по мощности выбросов, так и по объему годовых валовых выбросов) [1]. Поэтому разработка технологических и режимных мероприятий по снижению выбросов оксидов азота является актуальной, так как позволит значительно снизить экологическое воздействие компрессорных станций на атмосферу.

Результаты исследований и опыт создания малотоксичных камер сгорания дают возможность в настоящее время создавать конструкции камер и горелочных устройств, удовлетворяющих современным и перспективным требованиям стандартов природоохранных органов по предельно допустимым выбросам и концентрациям вредных веществ на рабочих и переменных режимах стационарных газотурбинных установок (ГТУ) при сохранении приемлемого уровня остальных характеристик камеры сгорания. Однако установка таких камер сгорания на существующие ГПА потребует значительных финансовых ресурсов.

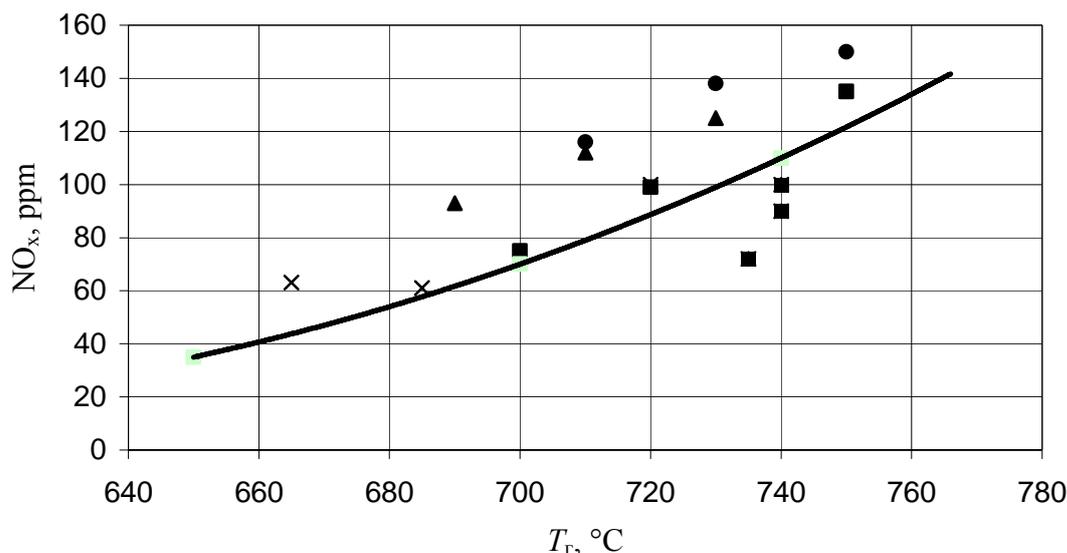


Рисунок 1 Зависимость концентрации оксидов азота в выхлопном трубопроводе от температуры газов перед газовой турбиной для ГТК-10-4

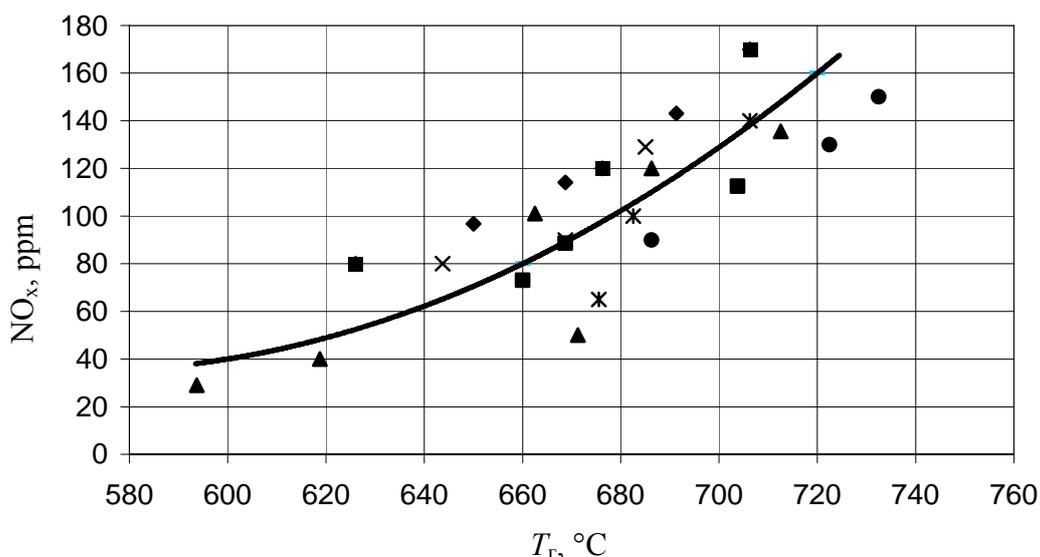


Рисунок 2 Зависимость концентрации оксидов азота в выхлопном трубопроводе от температуры газов перед газовой турбиной для агрегатов ГТ-750-6

Для существующего парка ГТУ и ГПА с газотурбинным приводом необходим поиск путей снижения образования токсичных компонентов, прежде всего за счет мало затратных мероприятий (перераспределение потоков воздуха, модернизации фронтных устройств), не затрагивающих конструкции всей камеры сгорания и не требующие перестройки всей ГТУ.

Анализ выбросов токсичных компонентов на камерах сгорания ГТК-10-4 и ГТ-750-6 магистрального газопровода «Средняя Азия Центр» показывает, что приведенные выбросы оксидов азота меняются в широком диапазоне от 500 до 700 мг/м<sup>3</sup>, по данным других исследований и АО «ОРМА» выбросы оксидов азота газотурбинных установок ГТК-10-4 могут достигать 700-900 мг/м<sup>3</sup>.

Проведенные авторами экспериментальные исследования показали, что выбросы токсичных компонентов на ряде режимов достаточно высоки. На рисунке 1 представлена зависимость выбросов оксидов азота от температуры газов перед турбиной ГТК-10-4. На рисунке 2 представлена зависимость выбросов оксидов азота от температуры газов перед турбиной ГТ-750-6.

Таким образом, очевидна задача разработать комплекс мероприятий по снижению токсичных компонентов в уходящих газах ГПА.

Опыт разработки горелочных устройств с низким выходом токсичных компонентов показывает, что важнейшими факторами, влияющими на образование оксидов азота, являются температура и время пребывания в зоне высоких температур. Для диффузионных горелочных устройств, характерных для камер сгорания газовых турбин ГТК-10-4 и ГТ-750-6 характерно значительное время смешения и локальные высокие температуры, в зонах с избытком топлива, что приводит к значительному росту выбросов  $\text{NO}_x$ . Кроме того, в камере сгорания ГТК-10-4 воздух подводится по двум рукавам диаметрально противоположно, и его расход и температура связаны с работой регенератора (в пластинчатых воздухоподогревателях значительные присосы, причем могут быть различными для левого и правого рукава). Неравномерность подвода воздуха приводит к неравномерности поля температур в камере сгорания и к росту скорости образования  $\text{NO}_x$ . Модернизация газотурбинных установок с установкой трубчатых воздухоподогревателей снижает сопротивление регенераторов и неравномерность подгрева воздуха. Это благоприятным образом скажется на работе камеры сгорания, самой турбины и снижении выбросов  $\text{NO}_x$ .

Диффузионные горелочные устройства предполагают отдельную подачу газа и воздуха и их смешение в объеме камеры сгорания, что значительно затягивает процесс горения по времени, и увеличивает выбросы оксидов азота. Сегодня при ремонте ГПА используются технологии, позволяющие снизить токсичные компоненты за счет обеднения первичной зоны камеры сгорания, для чего выполняются дополнительные сопла для подвода воздуха в зону горения. Эти мероприятия позволяют снизить выбросы  $\text{NO}_x$  на 30-50 %. Кроме того, установка дополнительных сопел позволяет снизить неравномерность поля температур перед газовой турбиной и повысить надежность ее работы [2].

Дальнейшим шагом в снижении выбросов оксидов азота должны стать мероприятия направленные на интенсификацию смесеобразования в первичной зоне и возможно, частичное предварительное смешение топлива и воздуха до зоны горения. Предварительное смешение позволит существенно сократить время горения и тем самым значительно снизить выбросы оксидов азота. В качестве одного из возможных вариантов горелочных устройств с пониженным образованием  $\text{NO}_x$  рассматриваются воздушные форсунки стабилизаторы [3, 4], которые обеспечат предварительное частичное смешение топлива и воздуха. Это снизит время горения и нахождения газов в зоне максимальных температур. Для модернизации не потребуются значительной переделки фронта, так как воздушные форсунки стабилизаторы устанавливаются на место основных регистров горелок. Переделке подлежит лишь система раздачи топлива, топливные перфорированные насадки.

Модернизация камеры сгорания позволит снизить удельные выбросы оксидов азота на 150 – 200 мг/м<sup>3</sup> или 108 т/год в расчете на одну турбину. Замена регенераторов турбины позволит повысить эффективность работы всей ГТУ в среднем на 1,5-2 %. Комплексная модернизация газоперекачивающих агрегатов позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики ГПА и существенно снизить влияние компрессорной станции на загрязнение воздушного бассейна в районе ее размещения.

**Список литературы:**

1. Технологический регламент на проектирование компрессорных станций (раздел «Охрана окружающей среды»). - М.: ВНИИГАЗ, 1994. 86 с.
2. Кибарин А.А. Оценка экологической безопасности работы газотурбинных установок. – В мире научных открытий. – 2009. - №5 – с.147-150.
3. Пчелкин Ю.М., Лебедев В.П., Достияров А.М. Разработка малотоксичных камер сгорания с микрофакельными устройствами// Труды МВТУ, № 432, 1985, с.58-72.
4. Майсутов Т.Б., Кибарин А.А., Достияров А.М., Наушиев Т.Е. Исследование одноярусной воздушной форсунки-стабилизатора. – Вестник КазАТК, Алматы, 2005, №4(35) с.75-81.

## **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В ПРИБОРАХ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Корнев К.П.<sup>1</sup>, Корнев М.К.<sup>2</sup>, Корнева И.П.<sup>2</sup>** (г. Калининград, <sup>1</sup>РГУ им. И. Канта, кафедра прикладной физики, [kkornev@rambler.ru](mailto:kkornev@rambler.ru), <sup>2</sup>БГАРФ, кафедра физики, [ikorneva05@rambler.ru](mailto:ikorneva05@rambler.ru))

For semiconductor electronics search of new materials is actual. One of classes of materials on the base of which new sorts of detectors can be created, and also improves parameters already known, are chalcogenide glassy semiconductors. Features of a structure of glassy semiconductors predetermine their basic physical properties and making glassy semiconductors unique materials with specific characteristics. In the present work results of research of detectors based on chalcogenide glassy semiconductor are described.

Проблема измерения, контроля и регулирования параметров окружающей среды является актуальной задачей во многих сферах деятельности человека. Контроль относительной влажности, уровня освещенности, а также температуры окружающей среды в одной или нескольких территориально рассредоточенных точках может производиться с помощью 1-Wire-микросистем типа ML38H. Это возможно благодаря интеграции в корпусе каждого из таких приборов чувствительного элемента контроля влажности, полупроводникового фото диода и уникальной однопроводной микросхемы, содержащей встроенный цифровой термометр и узлы аналого-цифрового преобразования, обеспечивающие прием и обработку сигналов от всех датчиков, используемых в составе микросистемы. Однако при использовании этой системы измерение освещенности осуществляется в относительных единицах (в %), и, так как микросхема типа ML38H сделана на основе кремния, то спектральная чувствительность фотоприемника не адаптирована к чувствительности человеческого глаза.

Как показали исследования, проведенные нами в лаборатории физики полупроводников РГУ им. И. Канта, аморфные полупроводники, в том числе халькогенидные стеклообразные полупроводники (ХСП), пригодны для создания датчиков, позволяющих контролировать несколько параметров окружающей среды [1], а также пьезорезонансных датчиков влажности [2] и датчиков на основе поверхностных акустических волн для контроля влажности. Такие датчики могут служить основой для изготовления приборов для контроля таких параметров как температура, уровень освещенности и влажность воздуха. Кроме того, возможно создание автоматических комплексов для контроля параметров окружающей среды на основе многофункциональных полупроводниковых датчиков (МФПД). Такие датчики могут быть полезны в самых различных областях, где необходим контроль параметров окружающей среды. В частности, могут быть основой автоматизированного тепличного комплекса, позволяющего на компьютерной основе осуществлять контроль и автоматическую регулировку температуры, уровня освещенности и влажности воздуха. Они могут успешно применяться в инкубаторах, помещениях музеев и выставок, где установки искусственного климата производственно необходимы, а также в обычных производственных помещениях, где температура, освещенность и влажность должны соответствовать условиям работы.

Создание пьезорезонансного преобразователя на основе ХСП позволило уменьшить время установления выходного сигнала и инерционность процесса десорбции влаги. В преобразователе для датчика влажности, содержащем электроды кварцевого резонатора, на поверхность которых наносился адсорбирующий слой. Этот слой был выполнен из халькогенидного стеклообразного полупроводника, а между поверхностью электродов и адсорбирующим слоем напылялся слой алюминия. При этом адсорбирующий слой ХСП представляет собой пленку, наносимую на поверхность электродов путем вакуумного напыления. Для

предотвращения диффузии в слой ХСП серебра, из которого сделаны электроды кварцевого резонатора, между ними напылялся тонкий слой алюминия.

Принцип работы пьезорезонансного преобразователя заключается в следующем. Поверхность чувствительного слоя из ХСП адсорбирует влагу из окружающей среды, при этом меняется масса резонатора. Вследствие этого изменяется резонансная частота первичного преобразователя. Чем больше относительная влажность, тем больше масса адсорбированной воды и тем больше изменение резонансной частоты. Так как осаждение влаги на поверхности ХСП происходит в основном за счет физической адсорбции, без образования соединений и комплексов, то скорость адсорбции и десорбции влаги на поверхности ХСП существенно больше, чем при использовании других влагочувствительных слоев. Время установления сигнала датчика составляет 30 секунд.

Исследование временных и функциональных характеристик датчиков влажности на основе пьезорезонансного преобразователя показало, что данные датчики имеют стабильные параметры. Временная постоянная этих датчиков составляет величину порядка нескольких секунд. Датчики чувствительны к влажности в диапазоне от 0 до 100%. Функциональная характеристика нелинейна, чувствительность нарастает с увеличением относительной влажности. Чувствительность датчика мало меняется во времени. Таким образом, пьезорезонансные датчики влажности с ХСП в качестве чувствительного слоя перспективны для измерения влажности газовой среды.

МФПД используют свойства выращенных искусственным путем сложных полупроводниковых пленок. Исследования, проведенные при создании датчиков, показали, что свойства пленок ХСП меняются в зависимости от их освещенности, влажности окружающей среды, когда поверхность пленки находится с ней в контакте, и температуры. Это позволило создать на основе пленки  $As_2Se_3$  универсальный измерительный преобразователь, на базе которого был разработан и изготовлен многофункциональный датчик.

Выходной сигнал созданного датчика зависит от трех параметров: освещенности, влажности и температуры. В ходе работы были изучены такие характеристики датчика, как спектральная характеристика, зависимость сигнала датчика от влажности и зависимость сигнала датчика от температуры.

Область спектральной чувствительности по уровню 0,1 от максимального значения охватывает практически всю область видимого спектра, за исключением небольшого участка вблизи ультрафиолетовой части спектра. Максимум спектральной чувствительности находится в районе 0,59 мкм.

Таким образом, созданный датчик имеет кривую спектральной чувствительности, близкую к кривой спектральной чувствительности человеческого глаза. Сравнение кривых относительной спектральной чувствительности человеческого глаза и многофункционального датчика показало, что ширина обеих кривых примерно одинакова, но кривая спектральной чувствительности многофункционального датчика сдвинута в длинноволновую область примерно на 0,05 мкм. Из этого можно сделать вывод, что многофункциональный датчик адаптирован к чувствительности человеческого глаза, поэтому при определении освещенности датчик будет выдавать сигнал, правильно отражающий восприятие зрительного аппарата человека.

Данный датчик чувствителен к относительной влажности воздуха при изменении ее от 30 до 100%. В рабочей области зависимость сигнала датчика от влажности линейна. Преимущество линейной зависимости состоит в том, что в этом случае упрощается процесс градуировки и обработки сигнала.

Изучение зависимости сигнала датчика от температуры в области ее изменения от 5 до 40 °С показало, что величина сигнала меняется более чем в 16 раз. При этом зависимость

сигнала от температуры в данном интервале температур нелинейна. В данном интервале температур изменение величины сигнала составляет 8% на  $1^{\circ}\text{C}$  в начале интервала и 5% на  $1^{\circ}\text{C}$  в конце интервала. МФПД являются разумным компромиссом при одновременном измерении и контроле трех параметров окружающей среды, что делает возможным их применение в самых различных областях: контроль параметров среды в жилых, офисных, производственных и иных помещениях с автоматическим управлением этими параметрами посредством компьютера. Данный факт позволяет в значительной степени снизить энергопотребление и создать комфортные условия для работы и отдыха. Малые размеры и вес, низкая себестоимость при массовом производстве делает многофункциональные полупроводниковые датчики весьма перспективными и открывает практически неограниченные рынки сбыта.

Для улучшения параметров существующих датчиков на основе ХСП необходимо подбирать пленки определенного состава. Структура таких пленок на основе аморфных полупроводниковых материалов и природа элементарных процессов в этих веществах могут с успехом изучаться с помощью ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) [3].

Исследования стеклообразного триселенида мышьяка ( $\text{As}_2\text{Se}_3$ ) были выполнены на импульсном Фурье-ЯКР-спектрометре NQS-300 фирмы MBS ELECTRONICS (университет им. А. Мицкевича в Познани) с использованием двухимпульсной последовательности спинового эха Хана. Для стеклообразного  $\text{As}_2\text{Se}_3$  длительность первого импульса составляла 5 мкс, интервал между импульсами выбирался равным 80 мкс, период повторения был равен 100 мс. Период дискретизации сигнала – 0,2 мкс, используемое число накоплений сигнала – 1800. Измерения выполнялись с перестройкой спектрометра по частоте с шагом 200 кГц.

Совокупность сигналов спинового эха получена для порошка стеклообразного  $\text{As}_2\text{Se}_3$  в диапазоне частот 48,6 МГц – 66,2 МГц. Измерение спектров осуществлялось при 77 К так как при этой температуре достигается оптимальное соотношение сигнал/шум.

Образец триселенида мышьяка до проведения измерений находился в кварцевой вакуумированной ампуле при комнатной температуре в течение более 20 лет. Перед проведением эксперимента объемное стекло  $\text{As}_2\text{Se}_3$  измельчалось в порошок и помещалось в пробирку соответствующего размера.

Характерной особенностью стеклообразных полупроводников является очень широкий спектр ЯКР. В данном случае ширина спектра триселенида мышьяка составляет величину порядка 20 МГц. Было проведено сравнение спектров ЯКР состарившегося и свежеприготовленного образцов. Спектр свежеприготовленного халькогенидного стекла представляет собой симметричную кривую с центром между линиями, соответствующими кристаллическому образцу. В спектре образца халькогенидного стекла, изготовленного двадцать лет назад, наблюдаются уже две широких линии от обоих ядер мышьяка. Причем один пик этого спектра соответствует частоте, на которой наблюдается первая резонансная линия кристаллического  $\text{As}_2\text{Se}_3$ , а другой пик соответствует второй резонансной линии этого же кристалла. Таким образом, из сравнения данных спектров можно сделать вывод о том, что по прошествии более двадцати лет произошла перестройка структуры стеклообразного триселенида мышьяка, возможно связанная с частичной кристаллизацией образца.

Измерения спектров ЯКР стеклообразных образцов позволяют делать выводы о стабильности используемых материалов, а также о долговечности приборов на основе халькогенидных стеклообразных образцов.

Дальнейшая работа в этом направлении предполагает создание образцов конкурентоспособных приборов, позволяющих измерять и контролировать как минимум три параметра окружающей среды на основе МФПД, образцов малоинерционных влагомеров на основе пьезорезонансного датчика влажности и на основе датчика на поверхностных акустических волнах, а также изучение структуры материалов для датчиков резонансными методами.

**Список литературы:**

1. Корнев К.П., Корнева И.П. Многофункциональный детектор. Патент № 47102 Россия, МПК G 01 N 27/00. – 20051001104/22; заявлено 11.01.2005, опубл. 10.08.2005. Бюлл. 22. Приоритет 11.01.2005 (Россия)
2. Корнев К.П., Корнева И.П. Пьезорезонансный преобразователь для датчика влажности. Патент № 51424 Россия, МПК G 01 N 27/02. – 2005112626/22; заявлено 26.04.2005, опубл. 10.02.2006. Бюлл. 4. Приоритет 26.04.2005 (Россия).
3. Синявский Н.Я., Корнева И.П. Реконструкция спектров ЯКР стеклообразного триселенида мышьяка по экспериментальным данным // Материалы докладов Междун. научн-техн. конф. «Наука и образование – 2006». Мурманск: МГТУ, С. 260 – 263.

## ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМЫ Р. ЯХРОМА

**Кузнецова Н.В., Вундцеттель М.Ф.** (Московская обл., Дмитровский район, п. Рыбное, ДФ ФГОУ ВПО "АГТУ", кафедра экологии, e-mail: dfagtu@mail.ru).

The paper shows us the investigation results of the Yakhroma River water and ground precipitations pollution with heavy metals and oil products. It was found the tendency to the accumulation of heavy metals and oil products in the ground precipitations of the river. According to the toxicological assessment of the Yakhroma River ecosystem its condition can be estimated as rather bad. Ground transportation, town and agricultural field effluents appear to be the main sources of the pollution.

Малые реки в первую очередь реагируют на антропогенное воздействие - нарушаются условия формирования стока, засоряются их русла и загрязняется вода сбросами сточных вод и ливневыми стоками с засоренных берегов, что ведет к деградации речного биоценоза и, как следствие, к ухудшению качества воды, поскольку реки уже оказываются не способными к самоочищению.

Дмитровский край северного Подмосковья богат малыми реками, относящимися к бассейну Волги и вносящими свою малую толику воды в полноводную Волгу.

Одной из таких малых рек является р. Яхрома, со своими немногочисленными притоками протекающая по территории Дмитровского района.

В данной работе представлены результаты исследования загрязненности воды и донных отложений р. Яхрома ионами тяжелых металлами и нефтепродуктами. Исследованиями были охвачены участки русла реки от истока до устья.

Определение содержания нефтепродуктов проводилось с помощью анализатора содержания нефтепродуктов в воде «АН-2», в основу работы которого положен экстракционно-фотометрический метод. Анализы на содержание ионов тяжелых металлов выполнены атомно-абсорбционным методом.

Загрязнение ионами тяжелых металлов и нефтепродуктами является одним из значимых показателей токсикологического состояния водоема, поскольку помимо прямого токсического воздействия на водные организмы они оказывают влияние на кислородный режим, окислительно-восстановительные процессы.

Входящие в состав нефтепродуктов алифатические, алициклические и ароматические углеводороды весьма токсичны и в разной степени растворимы в воде. Имеют способность захватывать и концентрировать тяжелые металлы, которые в свою очередь могут перемещаться по пищевым цепям, включаясь в метаболический цикл и вызывая различные физиологические и генетические нарушения.

Результаты исследования (табл. 1) показывают, что весной (май) содержание нефтепродуктов в воде на всем протяжении реки превышало ПДК, уже в истоках составляя 0,37 мг/л (7 ПДК), вблизи горнолыжного курорта "Сорочаны" их концентрация была максимальной для реки весной - 0,58 мг/л, что связано с поступлением загрязненных талых вод. В то же время в предустьевой части реки концентрация нефтепродуктов была практически в пределах ПДК, что позволяет делать вывод о самоочищении экосистемы реки от нефтепродуктов. В июне практически на всем протяжении реки отмечались незначительные концентрации нефтепродуктов - в пределах 0,03 - 0,06 мг/л, за исключением участка реки в пределах ее мелиорированной поймы, но и здесь их содержание составило только 0,18 мг/л. С июля по октябрь в истоках реки отмечались лишь следовые концентрации нефтепродуктов, но уже ниже по течению (ст.2) содержание нефтепродуктов в

воде в этот период было в пределах 0,14-0,20 мг/л, что определялось влиянием ливневых стоков с автодороги. Далее до выхода реки за пределы г. Дмитрова концентрация нефтепродуктов в воде весьма варьировала, достигая в августе на участках реки вблизи автодорог величин 0,56-0,88 мг/л.

Здесь явное влияние на реку ливневого стока городов Яхрома и Дмитров и с автодорог. Наиболее загрязненным нефтепродуктами в летне-осенний период был предустьевой участок реки, где концентрация нефтепродуктов в период июль-август составила 1,76-1,89 мг/л, снизившись в сентябре до 0,85 мг/л.

Сопоставляя пространственно-временную динамику загрязнения реки Яхромы нефтепродуктами с распределением сети автодорог и интенсивностью их нагрузки автотранспортом, можно делать вывод о том, что основным источником этого загрязнения является автотранспорт.

Таблица 1 - Содержание нефтепродуктов в воде и донных отложениях р.Яхрома в вегетационный период 2009 г.

№ станции	Концентрация нефтепродуктов в воде, мг/л						Концентрация нефтепродуктов в донных отложениях, мг/л					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
1	0,37	н/по	0,01	н/по	0,02	н/по	34,0	38,4	49,9	47,9	39,6	24,6
2	0,19	0,04	0,14	0,15	0,14	0,20	121,6	119,7	114,0	117,5	105,4	87,4
3	0,58	0,03	0,23	0,77	0,45	0,6	279,5	137,2	41,6	65,9	74,8	50,3
4	0,24	0,04	0,06	0,56	0,3	0,25	126,7	146,9	233,2	214,1	115,4	44,8
5	0,1	0,06	0,2	0,27	0,18	0,09	279,3	274,5	315,8	322,8	247,9	117,7
6	0,43	0,04	0,85	0,88	0,56	0,24	216,1	179,1	172,2	169,5	152,6	112,9
7	0,23	0,18	0,1	0,21	0,19	0,2	272,7	302,3	407,7	397,8	301,3	275,9
8	0,06	0,05	1,89	1,76	0,85	0,17	1009,8	765,2	379,8	416,7	389,4	298,9
ПДК р/х	0,05											

В донных отложениях концентрация нефтепродуктов на всем протяжении реки была на несколько порядков выше, чем в воде. Причем, только в истоках реки весь период исследований отмечались относительно низкие концентрации нефтепродуктов - в пределах 24,6 - 47,9. На других участках реки не представляется возможным выявить закономерности пространственно-временной динамики содержания нефтепродуктов в донных отложениях. Единственно, что выявляется при оценке загрязнения донных отложений реки нефтепродуктами, это явно более высокое содержание нефтепродуктов в донных отложениях в приустьевой части реки, т.е. определенная прямая корреляция между содержанием нефтепродуктов в воде и донных отложениях на этом участке реки.

Результаты анализов содержания ионов тяжелых металлов в воде и донных отложениях (табл. 2 ; 3) показывают достаточно пеструю картину пространственного распределения в р. Яхрома.

Содержание кадмия в воде и донных отложениях в весенне-летний период практически на всем протяжении реки не превышало ПДК и только в устьевой части отмечалось резкое возрастание его концентрации в воде до 4 ПДК. Причина столь резкого скачка в концентрации ионов кадмия на этом участке реки осталась не выясненной.

Относительно высокие концентрации свинца, меди, цинка и никеля в воде на большинстве участков реки отмечались весной - превышение ПДК практически на всех станциях, но в летний период на большинстве участков реки тяжелые металлы не обнаружены. Это позволяет говорить о том, что преимущественным источником тяжелых металлов в р. Яхроме являются талые воды, поступающие с водосбора. Летом значимое превышение ПДК по свинцу отмечалось в воде на участке реки в пределах влияния городов Яхрома и Дмитров. Для этого участка реки характерно также наличие в воде ионов меди (7 ПДК) и никеля (2 ПДК).

В донных отложениях р. Яхрома концентрация ионов тяжелых металлов на порядок и более превышает их концентрацию в воде, но, как правило, не превышает ОДК. Заметной корреляции между пространственно-временным распределением тяжелых металлов в воде и донных отложениях не прослеживается. Только для участков реки в пределах городов Яхрома и Дмитров (ст.5) и мелиорированной части поймы (ст.7) заметно возрастание концентрации тяжелых металлов в донных отложениях по сравнению с остальными участками реки. Причины возрастания содержания тяжелых металлов в донных отложениях реки те же, что и для воды - городские стоки (ст.5) и смыв с с/х полей (ст.7).

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в воде р.Яхрома  
(весна и лето 2009 г.)

№	Cd		Pb		Cu		Zn		Ni	
	весна 2009	лето 2009								
1	н/о	0,004	0,017	н/о	0,029	0,001	0,047	н/о	0,087	н/о
2	0,001	0,0012	0,049	н/о	0,013	н/о	0,084	н/о	0,013	н/о
3	0,002	н/о	0,066	н/о	0,026	н/о	0,063	н/о	0,025	н/о
4	н/о	0,003	н/о	н/о	0,027	н/о	0,033	н/о	0,065	0,0225
5	н/о	0,007	0,025	0,104	0,01	0,007	н/о	н/о	н/о	0,0222
6	0,003	н/о	0,008	н/о	0,002	н/о	0,019	н/о	н/о	н/о
7	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,058	н/о	0,011	н/о
8	0,003	0,022	0,01	н/о	0,002	н/о	0,151	н/о	0,006	н/о
ПДК	0,005		0,006		0,001		0,01		0,01	

Таблица 3 - Содержание тяжелых металлов в донных отложениях р.Яхрома  
(весна и лето 2009 г.)

№	Cd		Pb		Cu		Zn		Ni	
	весна 2009	лето 2009								
1	0,11	н/о	н/о	н/о	1,4	н/о	6,4	12,4	1,08	3,67
2	н/о	0,28	2,77	0,32	2,81	н/о	13,8	18,4	н/о	3,59
3	0,20	0,14	3,91	2,45	16,9	14,7	33,3	38,2	6,23	18,59
4	0,05	0,15	1,86	н/о	4,07	4,27	13,6	13,6	3,33	6,28
5	н/о	0,18	33,3	13,2	25,1	20,5	84,5	54,2	8,09	16,03
6	н/о	0,37	2,22	4,57	3	12,4	8,42	46,1	1,53	18,78
7	0,57	0,47	7,07	1,76	20,7	21,7	42,6	31,9	7,76	21,28
8	0,65	0,75	2,81	8,58	9,66	17,0	47,7	48,1	3,22	16,50
ОДК	1,0		66,0		40,0		65,0		110,0	

Таким образом, в результате исследований выявлена тенденция накопления тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных отложениях реки Яхрома. Результаты токсикологической оценки экосистемы р. Яхрома дают основание считать ее экологическое состояние неблагоприятным.

**Список литературы:**

1. Манихин В.И., Никаноров А.М. Растворенные и подвижные формы тяжелых металлов в донных отложениях пресноводных экосистем. Спб.: Гидрометеоиздат, 2001. 183 с.
2. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.
3. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.

## СТЕПЕНЬ АКТИВАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ И ИХ УЗКИХ ФРАКЦИЙ

Лебедева И.П., Поляков И.Н., Дошлов О.И. (г. Иркутск, Иркутский государственный технический университет, leb-ira@mail.ru)

The article is devoted the rational use of wicked-taking away in travelling building as mineral powder, activated heavy resin of pyrolysis.

Одним из источников воздействия на экологическую обстановку в городах являются энергетические предприятия, имеющие в своем составе тепловые электростанции, работающие на каменном и буром угле, после сжигания которых скапливается колоссальное количество золошлаковых отходов.

В отвалах ТЭЦ Иркутскэнерго на территории Иркутской области, скопилось более 79 млн. тонн золошлаков, с суммарным годовым выходом около 2 млн. тонн. Территориально золоотвалы располагаются в рамках муниципальных образований: Иркутск, Ангарск, Братск, Усолье-Сибирское, Саянск, Зима, Шелехов, Усть-Илимск.

Не смотря на свой негативный экологический потенциал, золошлаки, в частности зола – уноса по своему физико-химическому составу и агрегатному состоянию являются ресурсом для полезного использования в различных отраслях с получением значительного экологического и экономического эффекта. Одним из наиболее интересных направлений по применению золы – уноса является использование ее в производстве активированного минерального порошка для строительства дорог [1].

Зола - уноса – продукт сжигания твердого угольного топлива (преимущественно пылевидного) в котлах тепловых энергостанций с эксплуатационной температурой до 1400°C, является многотоннажным отходом, требующим своей утилизации или нахождения путей рационального применения.

Физические свойства золы – уноса Иркутской области приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физические свойства золы-уноса

Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>		750-900			
Влажность, %		не более 1			
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г		не более 1500			
Остаток на сите № 008, % по массе		не более 15			
Класс опасности для окружающей среды		V (5 - безопасные)			
Класс радиационной опасности согласно ГОСТ 30108-94 и НРБ-99		I (Аэфф ≤370 Бк/кг)			
Сито, мм	0,34	0,34-0,25	0,25-0,14	0,14-0,071	0,071
Фракция, %	1,76		98,24		

Неактивированный минеральный порошок представляет собой продукт тонкого помола. Минеральный порошок повышает вязкость и клеящую способность битума, придает асфальтобетону повышенную прочность и устойчивость к деформациям. Требования к качеству минеральных порошков для асфальтобетона ранее определялись ГОСТ 16557-78, а с октября 2003 г. действует ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия».

Одним из способов улучшения свойств минерального порошка является его физико-химическая активация [2-4], в результате чего получают активированный минеральный

порошок. Во время процесса помола сырья, материал обрабатывается смесью, состоящей из битума и поверхностно активных веществ, как правило, масса смеси составляет около 2-х процентов от общей массы минерального порошка. Равномерно распределенная при помоле смесь улучшает сцепление порошка с битумом, увеличивая показатели вязкости.

Его поверхность становится гидрофобной, что позволяет изготавливать асфальтобетонные смеси с рядом уникальных свойств:

- снижение водонасыщения и водопроницаемости асфальтового покрытия,
- расход битума снижается на 10-20%,

появляется возможность осуществлять приготовление, укладку и уплотнение смесей при сниженной на 20°C температуре (по сравнению со СНиПом).

Стоимость минерального порошка (данные 2009 г.):

- минеральный порошок активированный - 2400 руб/тн
- минеральный порошок неактивированный - 1350 руб/тн

В качестве активизирующих веществ, используемых для производства активированных порошков, применяют [5]:

- анионные ПАВ типа высших карбоновых кислот (госсиполовая смола, жировой гудрон, окисленный петролатум, синтетические жирные кислоты и др.), соответствующие установленным в нормативной документации требованиям;
- катионные ПАВ типа аминов, диаминов или их производных, соответствующие установленным в нормативной документации требованиям;
- нефтяной битум по ГОСТ 22245.

Наиболее распространенные активаторы минеральных порошков: олеиновая кислота, древесная смола, различные мыла, парафины и др. Некоторые из них не целесообразно использовать в силу не соответствующих в полной мере физико-химических свойств, некоторые из-за территориальной недоступности, экологической опасности и высокой цены. Иркутская область агломерирует целый комплекс крупных промышленных предприятий, в первых рядах которого стоят нефтеперерабатывающие компании, такие как ОАО «Ангарский завод полимеров». Этот завод имеет в своем составе установку пиролиза нефтяного сырья, которая производит 30800 тонн в год тяжелой смолы пиролиза - побочного продукта, не имеющего на сегодня достаточно широкого применения. Тяжелая смола пиролиза [6], благодаря своим физико-химическим свойствам (содержит до 85 % полициклических ароматических углеводородов) и простоты доставки является подходящим гидрофобизатором минерального порошка на основе золы-уноса ТЭЦ Региона Восточной Сибири.

Смола пиролиза дает возможность создать на поверхности частиц минерального порошка полимерную пленку, которая повышает его гидрофобные свойства, а также улучшает связывание порошка с битумом.

Кроме химической, необходима также и механическая активация, золы-уноса с целью улучшения хемосорбционной способности и модификации поверхности частиц (в особенности микросферических), путем разлома кристаллических решеток и высвобождения дополнительных связей.

В статье приводятся результаты исследований золы-уноса в качестве минерального порошка, активированного тяжелой смолой пиролиза ТСП производства ОАО «Ангарский завод полимеров». Свойства тяжелой смолы пиролиза приведены в табл. 2.

Для определения влияния количества активатора замесы минерального порошка и ТСП марки А готовили в лабораторном, обогреваемом смесителе с Z-образными лопастями (температура смешивания массы принята 120°C). Дозировка активатора – до 2 % от массы порошка. Результаты исследований полученных образцов приведены в табл. 3.

Таблица 2. Технические характеристики ТСП

Наименование показателя	Марка А
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> , не менее	1,04
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с, не более	25
Температура отгона 3%-го объема, °С, не менее	180
Коксуемость, %, не более	12
Массовая доля серы, %, не более	0,3
Массовая доля воды, %, не более	0,3
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,01
Индекс корреляции, не менее	125
Массовая доля ионов натрия, %, не более	0,005
Массовая доля ионов калия, %	0,0005

Таблица 3. Показатели свойств минерального порошка, активированного ТСП (показатели определены по ГОСТ Р 52129-2003)

№ п/п	Наименование показателей	Содержание активатора- ТСП в минеральном порошке				
		0	0,5	1,0	1,5	2,0
1.	Пористость, в %	18,0	20,1	20,4	28,0	34,2
2.	Влажность, % по массе	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3
3.	Истинная плотность, гр/м3	2,71	2,68	2,60	2,51	2,48
4.	Средняя плотность, гр/м3	2,26	2,24	2,20	2,10	2,03
5.	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	189,7	210,1	230,7	386,5	423,5

Таблица 4. Результаты испытаний физико-механических свойств асфальтобетонной смеси

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей	
		ГОСТ 9128-97	Рецепт А
1.	Плотность, г/см <sup>3</sup>	-	2,48
2.	Водонасыщение	от 1,5 до 4,0	2,12
3.	Предел прочности при сжатии при температуре:		
	0°С, МПа	не более 10,0	8,6
	20°С, МПа	не менее 2,2	2,78
	20°С в водонасыщенном состоянии, МПа	-	2,41
	20°С при длительном водонасыщении, МПа	-	2,38
	50°С, МПа	не менее 1,1	1,3
4.	Водостойкость	не менее 0,9	0,90
5.	Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,85	0,88
6.	Сцепление битума с минеральной частью асфальтобетонной смеси, %	не менее 75%	выдерживает по образцу №2

Определение удельной площади поверхности минеральных порошков, активированных различными количествами ТСП, показывает увеличение удельной площади

поверхности минеральных порошков. Наибольшее значение при дозировке 2,0%. Однако, с увеличением содержания активатора ТСП до 2,0% в составе активированного минерального порошка возрастает пористость. По ГОСТ Р 52129-2003 пористость активированного порошка не должна превышать 30%.

Таким образом, наиболее оптимальное соотношение активатора – 1,5% масс. Для дальнейших испытаний приготовлена смесь асфальтобетонная, приготовленная с золой-уноса, активированной ТСП в наиболее оптимальном соотношении 1,5% масс. (табл. 4).

Т.е., приготовленная асфальтобетонная смесь соответствует требованиям ГОСТ 9128-97, что позволяет использовать тяжелую смолу пиролиза в качестве активатора минеральных порошков. Такое комплексное использование продуктов разных предприятий позволяет рационально использовать золошлаковые отходы энергетики и отход нефтепереработки – тяжелую смолу пиролиза, что дает ощутимый экономический и экологический эффект для Восточной Сибири и Дальнего Востока.

### Список литературы:

1. Бедрин Е.А., Бедрина Е.А. Использование золошлаковых отходов и зол уноса для производства минерального порошка // Безопасность жизнедеятельности.- 2006.- №11.- С 21-23.
2. Пантелеев В.Г., Ларина Э.А., Мелентьев В.А. Состав и свойства золы и шлака ТЭС // справочное пособие, под ред. Мелентьева В.А. Энергоатомиздат.- Ленинград.- 1985.- 288 с.
3. Босхолов К.А. Асфальтобетон с применением активированных кремнеземсодержащих минеральных порошков: Автореф. ВСГТУ // г. Улан-Удэ.- 2007.- 23 с.
4. Космин А.В., Синан С.А. Влияние вида и количества активатора в составе активированного минерального порошка на степень его гидрофобности // Вестник БГТУ им.В.Г.Шухова.- 2003.- №5.- С.64-68.
5. ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия»
6. Лебедева И.П., Лубинский М.И., Дошлов О.И. Современные тенденции применения тяжелой смолы пиролиза в производстве углеродных материалов // Тезисы докладов научно-практической конференции «Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты». Кемерово.- 2008. С.12-14.

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ СПОНТАННОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ В ХРАНИЛИЩЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В ГУБЕ АНДРЕЕВА

Наумов В.А., Караваева Е.В. (*Апатиты, Горный институт КНЦ РАН, естественно-технический факультет Апатитского филиала МГТУ, кафедра горного дела, naumovva@goi.kolasc.net.ru*)

**Abstract.** There have been assessed the critical masses of homogeneous mixtures of water and spent nuclear fuel from the nuclear submarines reactors. Dispersion of  $UaI_3$  in aluminium has been considered as a fuel.

### Введение

Серьезную опасность для окружающей среды представляет хранилище отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в губе Андреева, выгруженного из активных зон реакторов атомных подводных лодок (АПЛ) 1-го и 2-го поколений.

В трех бетонных емкостях хранилища находится более 3000 упаковок (чехлов) с ОЯТ, содержащих ~ 21000 отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) по 7 штук в чехле. Для размещения ОТВС внутри емкостей по периодической треугольной решетке с шагом ~ 450 мм установлены стальные трубы диаметром 262 мм и высотой ~ 4 м. Пространство между трубами забетонировано. Труба с установленным в ней чехлом образует ячейку хранилища. За 30-ти летний период эксплуатации бетонные емкости потеряли герметичность, и значительная часть ячеек заполнены водой. При обследованиях хранилища обнаружены процессы коррозионного разрушения ОТВС и выхода радиоактивности в водную среду ячеек [1, 2]. Разрушение топливных композиций в обводненных упаковках может при определенных условиях образовывать в ячейке хранилища гомогенные смеси топлива с водой, отличающиеся малой величиной критической массы, что может быть причиной возникновения спонтанной цепной реакции (СЦР).

В нескольких статьях журнала Атомная энергия ведущими сотрудниками РАН и институтов Росатома высказывается утверждение о возможности возникновения СЦР при выгрузке чехлов с ОЯТ из хранилища [1, 2, 3]. В случае СЦР “все содержимое чехла будет выброшено из ячейки, что приведет к сильному радиоактивному загрязнению не только блоков хранилища, но и окружающей территории” [1]. Однако утверждения специалистов Росатома о принципиальной возможности СЦР в хранилище ОЯТ в губе Андреева не представляются убедительными, так как в цитированных работах не представлена информация, о топливной композиции и изотопном составе ОЯТ, принятых в расчетах. Это особенно важно, потому что в последних публикациях гипотетическое проявление СЦР связывается не с ОЯТ, а только со свежим топливом [4, 5]. Таким образом, вопрос о возможности СЦР в хранилище ОЯТ в губе Андреева остается не закрытым.

Настоящая работа посвящена изучению критических масс однородных смесей воды и ОЯТ, их зависимости от глубины выгорания  $^{235}U$ . Она включает две задачи. В первой поставлена цель изучить изотопные составы топлива, отработанного в типичных судовых реакторных установках (РУ). В качестве типовой считаем ВМ-4-1 АПЛ 2-го поколения проекта 667А [6]. Для этой РУ известна информация об основных параметрах активной зоны по данным Главного технического управления ВМФ [7] и также [6]: номинальная тепловая мощность 90 МВт; загрузка  $^{235}U$  116,3 кг; обогащение урана изотопом  $^{235}U$  21%; число технологических каналов 250. Во второй задаче на основе данных по изотопному составу ОЯТ оценены критические массы однородных смесей  $H_2O$  и ОЯТ в ячейке хранилища.

### Изотопный состав отработавшего ядерного топлива

Для расчета изотопного состава выгоревшего топлива применен методический подход, заключающийся в разработке робастных (упрощенных) моделей судового водородного реактора, для описания нейтронно-физических процессов в которых используется верифицированная многогрупповая (10 энергетических групп) программа КРАТЕР [8]. Робастная модель для реактора типа ВМ-4-1 опирается на следующие предположения:

- активная зона имеет компоновку канального типа и образуется технологическими каналами (тепловыделяющими сборками - ТВС), как в РУ ледокола "Ленин".
- ТВС располагаются в правильной треугольной решетке с шагом 64 мм;
- ТВС представляет собой пучок стержневых или кольцевых твэл длиной 900-1000 мм, заключенных в трубу из нержавеющей стали;
- твэлы охлаждаются теплоносителем – водой под давлением, проходящей по межтвэльному пространству ТВС. Пространство между ТВС заполнено водой. Средние параметры теплоносителя равны: давление - 13 МПа, температура - 300 °С;
- размеры активной зоны определяются шагом решетки, числом ТВС и длиной твэл;
- в качестве топливной композиции рассматривается интерметаллид  $UAl_3$  в алюминиевой матрице (36,5% объемных).

Уравнения баланса нейтронов в реакторе программой КРАТЕР решаются совместно с уравнениями кинетики выгорания топлива и образования новых актинидов ( $^{236}U$ ,  $^{237}Np$ ,  $^{239,240,241,242}Pu$ ,  $^{241}Am$ ), а также осколков деления. Результаты расчета изотопного состава для РУ ВМ-4-1 представлены в таблице 1.

Топливный цикл активной зоны рассчитывается при непрерывной работе на эксплуатационной мощности [7]. Это приближение вполне оправдано, т. к. ОЯТ в хранилище находится около 30 лет и содержит только долгоживущие и стабильные продукты реакции деления.

Таблица 1. Массы долгоживущих и стабильных изотопов\* (сильных поглотителей нейтронов) в активной зоне реактора ВМ-4-1 в зависимости от энерговыработки, кг

Изотоп	Период полураспада, лет	Энерговыработка, ГВт·сут		
		10,2	17,0	27,2
$^{235}U$	$7,04 \cdot 10^8$	103,21	94,83	82,77
$^{236}U$	$2,342 \cdot 10^7$	2,673	4,307	6,570
$^{237}Np$	$2,14 \cdot 10^6$	$0,806 \cdot 10^{-1}$	0,205	0,456
$^{238}U$	$4,468 \cdot 10^9$	435,36	433,75	431,26
$^{239}Pu$	$2,41 \cdot 10^4$	1,832	2,656	3,473
$^{240}Pu$	6570	0,123	0,280	0,542
$^{241}Pu$	14,4	$0,311 \cdot 10^{-1}$	0,112	0,312
$^{241}Am$	432,1	$0,307 \cdot 10^{-3}$	$0,188 \cdot 10^{-2}$	$0,847 \cdot 10^{-2}$
$^{242}Pu$	$3,76 \cdot 10^5$	$0,832 \cdot 10^{-3}$	$0,562 \cdot 10^{-2}$	$0,285 \cdot 10^{-1}$
$^{90}Sr$	29,1	0,233	0,382	0,595
$^{137}Cs$	30,14	0,389	0,644	1,021
$^{149}Sm$	стабилен	$0,568 \cdot 10^{-2}$	$0,526 \cdot 10^{-2}$	$0,468 \cdot 10^{-2}$
$^{151}Sm$	90	$0,171 \cdot 10^{-1}$	$0,201 \cdot 10^{-1}$	$0,203 \cdot 10^{-1}$
$^{55}Gd$	стабилен	$0,256 \cdot 10^{-4}$	$0,310 \cdot 10^{-4}$	$0,310 \cdot 10^{-4}$
$^{57}Gd$	стабилен	$0,417 \cdot 10^{-4}$	$0,452 \cdot 10^{-4}$	$0,485 \cdot 10^{-4}$
шлаки( $^{239,241}Pu$ )	стабилен	0,420	0,968	2,140
шлаки( $^{235,238}U$ )	стабилен	10,42	17,08	26,70

\* на время окончания эксплуатации

Изотопный состав ОЯТ представлен, кроме  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ , долгоживущими и стабильными изотопами, с большими значениями нейтронных поперечных сечений поглощения для нескольких значений энерговыработки активных зон. Исключение составляют  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , которые приведены для характеристики активности ОЯТ.

### Оценки критических масс

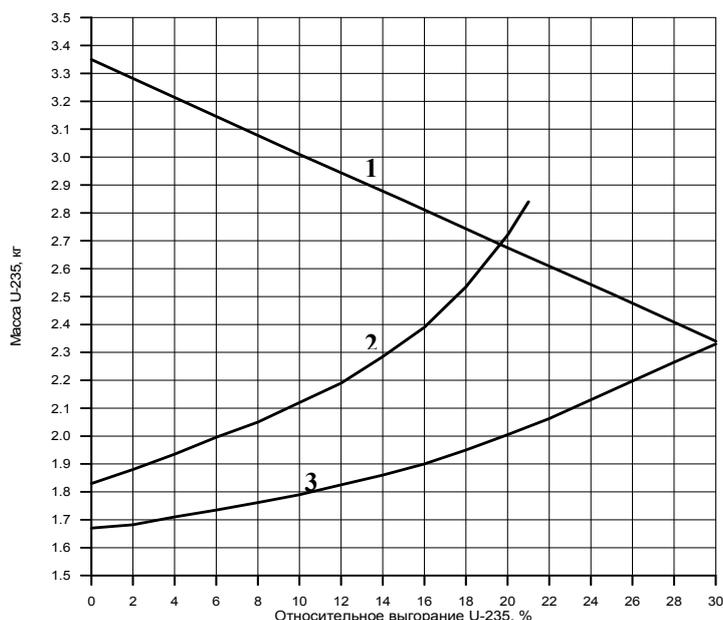
Рассматривается задача по выявлению состояния критичности однородной смеси  $\text{H}_2\text{O}$  и ОЯТ в трубе ячейки хранилища  $\varnothing=262\times 6$  мм. Под критичностью понимается стационарное состояние процесса цепного деления ядер  $^{235}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$  только на мгновенных нейтронах, без учета запаздывающих. Количество  $^{235}\text{U}$  в смеси в критическом состоянии является критической массой.

Важная особенность задачи состоит в том, что размножение нейтронов в трубе ячейки хранилища происходит в гомогенной смеси  $\text{H}_2\text{O} + \text{ОЯТ}$  практически без влияния хранилища ОЯТ. Этот факт объясняется значительным различием коэффициента размножения нейтронов в трубе с гомогенной смесью ( $K_\infty \approx 1,6$ ) и в ячейках хранилища с чехлами ОЯТ ( $K_\infty \approx 0,5$ ). Вклад хранилища в размножение нейтронов в трубе с гомогенной смесью  $\text{H}_2\text{O} + \text{ОЯТ}$  не превышает 1 %. Учет этой особенности задачи позволил предложить простую и эффективную цилиндрическую одномерную модель с программой РИТМ, в которой уравнение переноса нейтронов решается методом вероятностей прохождения [9,11]. Математическая программа РИТМ была верифицирована с помощью программ MCNP-4C, в которой реализован метод Монте-Карло [12].

Модель ячейки хранилища включает 4 зоны: гомогенной смеси  $\text{H}_2\text{O} + \text{ОЯТ}$  ( $R_1=12,5$  см); стальной трубы ( $R_2=13,1$  см); бетона ( $R_3=23,47$  см); зоны гомогенизированного состава 6-ти ячеек хранилища ( $R_4=62,1$  см). Высота зон одинакова и равна 76 см.

Расчет критической массы для определенной величины выгорания  $^{235}\text{U}$  производился вариацией объема ОЯТ в смеси до достижения коэффициентом размножения нейтронов значения равного 1,0. При этом были изучены 2 сценария. В первом предполагается, что гомогенная смесь  $\text{H}_2\text{O} + \text{ОЯТ}$  не содержит частиц матрицы. Этот сценарий может реализовываться в случае, когда при образовании смеси происходит гравитационное разделение частиц топлива и матрицы. Во втором сценарии предполагается образование однородной смеси частиц топливной композиции и воды. Причем алюминиевая матрица окислена до  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Результаты расчетов сведены на рисунке 1, на котором представлена зависимость минимальной критической



- 1- Масса U-235 в семи ОТВС
- 2- Критическая масса для смеси  $\text{H}_2\text{O}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ОЯТ}$
- 3- Минимальная критическая масса (для смеси  $\text{H}_2\text{O}+\text{ОЯТ}$ )

**Рисунок 1.** Критическая масса U-235 для ячейки хранилища (в губе Андреева) с однородной смесью воды и ОЯТ из реактора ВМ-4-1

массы от выгорания  $^{235}\text{U}$  для сценария 1 (кривая 3) и для сценария 2 (кривая 2). Кривая 1 представляет количество  $^{235}\text{U}$  в 7-ми ОТВС при определенном выгорании, которое рассчитывается по данным таблицы 1. Максимальное выгорание равно 28,9 % и соответствует энерговыработке АЗ 27, 2 ГВт·сут. Начальная точка кривой 3 изображает минимальную критическую массу для смеси воды и свежего топлива. Ее значение 1,67 кг  $^{235}\text{U}$ . Максимальное значение критической массы составляет 2,30 кг  $^{235}\text{U}$  и соответствует максимальной величине выгорания. Отношение значений критической массы (кривая 3) к содержанию  $^{235}\text{U}$  в 7-ми ОТВС (кривая 1) дает степень деградации топлива, которая необходима для создания условий образования критической массы. Так в случае свежего топлива деградация должна быть равна ~ 50 %, а при выгорании  $^{235}\text{U}$  28,9 % все содержащееся в 7-ми ОТВС топливо должно деградировать.

Таким образом, данные рисунка 1 демонстрируют принципиальную возможность образования критического состояния на мгновенных нейтронах в ячейке хранилища в губе Андреева со смесью воды и деградировавшего отработавшего топлива. Для создания условий такого состояния степень деградации ОЯТ зависит от глубины выгорания и должна быть очень высокой. Например, если принять эксплуатационное выгорание топлива в активных зонах реакторов АПЛ 2-го поколения таким же как в реакторах 1-го поколения и равным 20 % [10] то степень деградации должна составлять 0,75, то есть 5 ОТВС из 7.

Общим итогом выполненного исследования является вывод о том, что в гомогенной смеси воды и ОЯТ из активных зон реакторов 2-го поколения в ячейке хранилища в губе Андреева, в принципе, возможно образование критического состояния на мгновенных нейтронах, то есть вспышки СЦР.

Полученные результаты могут использоваться при оценке безопасности технологии разгрузки хранилища ОЯТ в губе Андреева.

Авторы благодарят академика Н.Н. Мельникова и профессора В.П. Конухина за поддержку и постоянный интерес к работе.

### Список литературы:

1. Васильев А.П. и др. Радиоэкологическое состояние территории и акватории в губе Андреева. - Атомная энергия, 2006, т. 101, вып. 1, с. 49-56.
2. Аден В.Г. и др. Обращение с отработавшим ядерным топливом в пункте временного хранения в губе Андреева. - Атомная энергия, 2006, т. 101, вып. 1, с. 56-61.
3. Аден В.Г. и др. Научно-технические проблемы реабилитации бывших береговых технических баз флота. - Атомная энергия, 2007, т. 103, вып. 1, с. 72-78.
4. Вавилкин В.Н., Васильев А.П., Калинин Р.Н. и др. Отработавшее ядерное топливо транспортных реакторов. Фактическое состояние, проблемы обращения.- Известия академии наук. Энергетика №6 2009 г.
5. Сотрудники профильных институтов комментируют критическую ситуацию в хранилище ОЯТ АПЛ в губе Андреева. [электронный ресурс]- [http://www.ru/articles\\_ru/articles\\_2007/andreeva\\_interview](http://www.ru/articles_ru/articles_2007/andreeva_interview)
6. Лебедев В.А. Ядерная энергетика и атомный флот. Доклад на научно-техническом семинаре, посвященном 50- летию атомного флота 2009. [электронный ресурс]- <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=articles&sid=1813>
7. Рубцов П.М., Ружанский П.А. Оценка радиационных характеристик отработавшего ядерного топлива реакторов атомных подводных лодок и ледокола "Ленин", затопленных в районе архипелага Новая Земля. - Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 3, с. 212-219.

8. Наумов В.А., Рубин И.Е., Днепровская Н.М. и др. Описание ослабления нейтронов в биологической защите методом вероятностей прохождения: Препринт ИПЭ-17.-Минск: изд. Институт проблем энергетики АН Беларуси, 1996.-28 с.
9. Наумов В.А., Рубин И.Е., Днепровская Н.М. Программный комплекс КРАТЕР для расчета нейтронно-физических характеристик тепловых ядерных реакторов. Препринт ИПЭ-14. - Минск –Сосны: ИПЭ АНБ, 1996.
10. Макаров В.И. и др. Состояние и первоочередные предложения по реабилитации радиационно-опасного объекта в БТБ в п. Гремиха. - Материалы международного научного семинара "Научные и технические проблемы обеспечения безопасности при обращении с ОЯТ и РАО утилизируемых АПЛ и НК с ЯЭУ". Москва, 22-24 сентября 2004 г. – М.: Изд-во "Комтех-Принт", 2007, с. 404-426.
11. Рубин И.Е. и др. Быстродействующий расчет многозонной ячейки методом вероятностей прохождения - Атомная энергия, 1998, т. 84, вып.3, с. 219-224.
12. LA-13709-M Manual "MCNPTM-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 4C", Judith F. Briesmeister, Editor, 2000

## ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Никитина Н.С.** (Россия, г. Волгоград, ФГОУ ВПО «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра «Экономика природопользования», e-mail: [ivanova\\_26.04.86@mail.ru](mailto:ivanova_26.04.86@mail.ru))

Indicators of ecological conditions in territory of the Volgograd region are considered, problems of management are reflected by ecological safety, and also actions for decrease in level of negative influence on environment of the given territory are presented.

Ухудшение состояния окружающей среды вследствие техногенной нагрузки, рост влияния негативных факторов среды обитания на здоровье населения, повышенный риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, истощение природных ресурсов и деградация природных комплексов рассматривались и рассматриваются в настоящее время как основная угроза экологической безопасности устойчивого развития Волгоградской области. Безусловно, наиболее существенной является угроза здоровью настоящего и будущих поколений населения.

Следует отметить, что экологические факторы, наряду с социально-экономическими факторами, качеством оказания медицинской помощи, образом и условиями жизни населения, существенно влияют на уровень заболеваемости и смертности населения, а так же и на продолжительность жизни людей.

Принятая и реализуемая в последнее десятилетие экологическая политика Волгоградской области позволила сдерживать негативные тенденции в состоянии окружающей среды и здоровья населения региона. Однако в условиях, связанных со стабилизацией экономики и ростом промышленного производства, реформированием государственного управления природоохранной деятельностью, требуется формирование и последующая реализация такой политики экологической безопасности области, которая позволит создать условия для сбережения населения путем реализации приоритетных мер, направленных на стабилизацию демографической, экономической, социальной, экологической ситуации, минимизацию воздействия факторов, негативно влияющих на формирование личности и общества в целом.

На территории Волгоградского региона в последние годы создана система управления экологической безопасностью, которая включает в себя государственное регулирование опасных видов деятельности через лицензирование, нормирование предельно допустимых нагрузок на окружающую среду, с организацией государственного контроля за соблюдением природопользователями установленных нормативов воздействия, применение экономических механизмов, стимулирующих природоохранную деятельность и, следовательно, защиту здоровья населения.

Волгоградская область относится к «старопромышленным» регионам, для которых характерны: [3; с. 16]

- последствия прошлых лет (лежалые отходы нефтехимической промышленности, аккумулированное загрязнение водного и воздушного бассейнов, почвы, изменение природных ландшафтов и др.);
- чрезмерная концентрация производства, причем преимущественно экологически опасного, в условиях, когда большинство крупных промышленных предприятий являются градообразующими;
- долговременное и непрерывное негативное воздействие, приводящее к деградации

природных комплексов, резкому сокращению природно-ресурсного потенциала;

- устаревшие технологии и производства, большая ресурсно - и энергоёмкость производства единицы продукции.

Администрацией Волгоградской области ведется работа по созданию условий для развития экологического предпринимательства, участие органов местного самоуправления и общественности в принятии решений в сфере управления экологической безопасностью.

Для решения задач в области экологической безопасности на территории Волгоградского региона в основном применяется программно-целевой метод. Администрацией Волгоградской области, администрациями муниципальных образований, предприятиями разрабатываются и реализуются целевые экологические программы, направленные на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, прекращение сбросов неочищенных сточных вод, а также сокращение объемов отходов производства и потребления, размещаемых на полигонах. [2; с. 37]

Общеизвестно, что уровень управления экологической безопасностью определяется степенью совершенства целого ряда инструментов реализации политики экологической безопасности, и, прежде всего:

- экономического (когда производственные отношения создают экономическую базу экологической безопасности, в том числе ее финансовую гарантию);
- технического (когда технические решения позволяют организовать экологически чистое производство);
- организационного (когда государством создана нормативно-правовая база, организован контроль и надзор за выполнением требований норм и правил).

Однако сложившаяся система управления экологической безопасности на территории Волгоградской области недостаточно эффективна.

Несомненно, определяющим является экономический фактор. Сегодня главная проблема - недоинвестирование или неадекватное финансирование сферы обеспечения экологической безопасности. Существующий в Волгоградском регионе экономический механизм природопользования не стимулирует предпринимателя к природоохранной деятельности. Это касается, прежде всего, низких ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду, а также отсутствия целевых бюджетных средств, которые должны направляться строго на инвестирование природоохранных проектов. [2; с. 37]

Предприятиям выгоднее платить за загрязнение окружающей среды, чем вкладывать большие средства в реконструкцию и модернизацию производства в целях его экологизации, развивать эколого-социальные программы по оздоровлению персонала и населения прилегающих территорий, находящихся в зоне их негативного воздействия. Более того, имеет место и проблема получения бюджетных средств на реализацию природоохранных мероприятий. В федеральном и региональном законодательстве отсутствует реальная система льгот и преференций предпринимателям, практически реализующим меры по обеспечению экологической безопасности своего бизнеса. Прорекларирован, но практически не реализуется принцип компенсации ущерба, нанесенного здоровью человека и окружающей среде. Видимо, назрела необходимость введения акцизов на производство экологически «грязной» продукции. Не развиты такие экономические инструменты, как создание резервных фондов для ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций и экологическое страхование.

Реальность такова: в экономике Волгоградской области фактически отсутствуют финансовые ресурсы, необходимые для существенного улучшения экологической ситуации. Затраты на требуемые природоохранные мероприятия значительно превышают инвестиционные возможности как хозяйствующих субъектов, так и регионального

бюджета. При этом достаточно проблематично привлечение внешних инвестиций на реализацию неприбыльных в большинстве своем природоохранных проектов.

С большой степенью вероятности, тенденция недоинвестирования природоохранной деятельности в ближайшем будущем сохранится. Увеличение финансовых вложений в обеспечение экологической безопасности можно было бы ожидать только при условии улучшения экономической ситуации (как в стране, так и в регионе), роста темпов экономического развития, улучшения инвестиционного климата, совершенствования механизма экономического регулирования природопользованием.

Не менее важное значение в системе управления экологической безопасностью имеет организационный фактор или административное регулирование. Именно организационный фактор позволяет в условиях ограниченных ресурсов снизить остроту проблем. Инструментами управления в этом случае должно выступать правовое обеспечение в сфере экологической безопасности и организация эффективного контроля и надзора за выполнением законов, норм, правил.

Однако действующая законодательная и нормативно-правовая база в сфере экологической безопасности неадекватна требованиям обстановки. Основными недостатками федеральных и областных законов являются их декларативность и неконкретность устанавливаемых положений, нечеткое распределение полномочий и ответственности субъектов экологического права, нечеткое обозначение взаимодействия природоохранных органов всех уровней власти. Практически отсутствуют региональное природоохранное законодательство, а также нормативные документы «второго уровня» (нормы, правила и иное). [3; с. 20]

Большое значение имеет и организация государственного экологического контроля как на федеральном, так и на региональном уровне. Отсутствие системы и порядка его проведения мешают эффективному управлению. Следует признать, что многочисленные контролируемые организации, действующие на территории Волгоградской области, решая ведомственные задачи и действуя в независимом режиме, проводят большое число дублирующих инспекций субъекта хозяйствования, создавая тем самым административные барьеры для развития предпринимательства, в том числе и экологического, без достижения значимого результата.

Не должным образом организован и производственный экологический контроль. Он не обеспечен необходимой законодательной, методической и материальной базами, природоохранные органы не добились обязательности его осуществления.

Следует отметить и не совершенство системы экологического мониторинга, а фактически его отсутствие на территории Волгоградской области, что не позволяет руководству области готовить и принимать эффективные и обоснованные управленческие решения в сфере природоохранной деятельности. Отсутствует порядок взаимодействия природоохранных органов и организаций, не разработаны требования и методические указания при осуществлении мониторинга, что не дает возможности создать единое информационное пространство. Серьезным недостатком в развитии областной системы является и отсутствие единого координирующего информационно-аналитического центра. Было бы целесообразно в нынешних экономических условиях при организации экологического мониторинга не рассчитывать на финансовую поддержку из областного бюджета для развития ведомственных аналитических лабораторий, а перейти к организации рынка аналитических услуг, которые могут выполняться имеющимися в области специализированными центрами.

Практически не внедряется в практику природоохранной деятельности промышленных предприятий экологическая сертификация производств с учетом требований

мировых стандартов в сфере управления окружающей средой, законодательная база которой достаточна для ее внедрения. Не следует забывать, что вступление России в ВТО диктует необходимость усиления этой деятельности как в сфере бизнеса, так и государственного управления.

Конечно, все имеющиеся экономические и организационные проблемы осложняют решение важной задачи улучшения показателей качества окружающей среды, а, следовательно, и повышение качества жизни населения Волгоградской области, не только в краткосрочной, но и среднесрочной перспективе. [3; с. 21]

И вместе с тем, совершенствование экономического механизма природопользования, эффективное расходование целевых бюджетных экологических средств (в том числе средств, получаемых от платы за негативное воздействие на окружающую среду), активное участие административных ресурсов при условии роста промышленного производства и улучшения экономических показателей работы предприятий позволит ожидать в долгосрочной перспективе снижения темпов загрязнения окружающей среды и риска чрезвычайных ситуаций.

При этом целесообразно было бы в целях достижения положительных результатов разработать долгосрочную областную инвестиционную программу реализации экологической безопасности на период до 2015 года, в которой отразить комплекс мер по укреплению государственного регулирования экологической безопасности и по развитию рынка товаров и услуг в сфере экологии.

Нельзя переоценить и муниципальные экологические программы, которые должны быть направлены на обеспечение экологической безопасности при реализации промышленной, градостроительной политики, социально-экономических программ развития территории. Большого внимания требует учет экологической составляющей при функционировании жилищно-коммунального хозяйства и транспортного комплекса территорий. Составляющей экологических программ муниципальных образований должны быть мероприятия по реабилитации здоровья групп населения, подверженного негативному влиянию экологического фактора. [2; с. 40]

Для организации финансирования программ и проектов целесообразно использовать различные финансовые инструменты: дотации, займы, снижение процентных ставок по кредитам, гарантирование экологических кредитов, учет расходов на обеспечение экологической безопасности в счет погашения задолженности в бюджеты различных уровней и иные.

Только комплексный системный подход к обеспечению экологической безопасности Волгоградской области, объединение усилий органов управления на федеральном, областном и муниципальном уровнях, а также на уровне предприятия и непосредственно населения позволит реализовать такую политику, которая обеспечит экологически безопасные и благоприятные условия среды обитания нынешнего и будущих поколений населения Волгоградского региона.

### **Список литературы:**

1. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2008 году / Ред. колл.: В.И. Новиков [и др.]; Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области. – Волгоград: Панорама, 2009. – 384 с.
2. Управление природоохранной деятельностью [Текст]: учеб. пособие / Под ред. С.В. Косенковой. – Волгоград: ИПК ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА «Нива», 2010. – 160 с.
3. Экологизация экономического развития: региональный аспект [Текст]: монография / Под ред. С.А. Скачковой. – М.: Издательский дом «Финансы и Кредит», 2008. – 160 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

**Панасенко А.В., Буравлев В.О., Кондратюк Е.В., Лебедев И.А.** (г. Барнаул ГОУ ВПО  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» кафедра  
Химической техники и инженерной экологии [htie@mail.ru](mailto:htie@mail.ru))

Рассматривается проблема очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов путем использования новых сорбционных материалов, в качестве которых предложены модифицированные бентонитовыми глинами базальтовые волокна («Бентосорб»). В работе приводятся основные параметры и характеристики нового сорбента, а также возможные способы аппаратурного оформления процесса очистки вод от нефтепродуктов с использованием «Бентосорба».

Экологическая безопасность окружающей среды является важнейшим фактором устойчивого развития страны и касается практически всех отраслей народного хозяйства. К числу наиболее опасных процессов относится загрязнение водоемов нефтепродуктами. Нефтепродукты – это общее название смесей углеводородов и некоторых их производных, получаемых переработкой нефти и нефтяных попутных газов и используемых в качестве топлив (например, бензин, керосин, дизельное топливо, котельное топливо), смазочных материалов, сырья для нефтехимического синтеза и других целей [1].

Все больше нефти добывают в море на континентальном шельфе, что создает благоприятные условия для загрязнения нефтепродуктами морской воды и побережья. Аварии танкеров иногда сопровождаются образованием на водной поверхности больших нефтяных «пятен», препятствующих газообмену между водой и атмосферой и затрудняющих существование живых организмов. При концентрации нефтепродуктов выше 0,5 мг/л гибнет рыба, при концентрации 1,2 мг/л не выдерживает планктон и бентос. Аналогичные негативные процессы происходят и при неконтролируемом сбросе неочищенных и недоочищенных до нормативов нефтесодержащих сточных вод предприятий различных отраслей промышленности.

Масштабность и острота рассматриваемой проблемы обуславливают интенсивный спрос на создание современных технологий, обеспечивающих предотвращение и ликвидацию сбросов нефтесодержащих сточных вод и последствий разливов нефти, и диктуют необходимость развития для этих целей рынка экологических услуг, сочетающих доступность, мобильность, сравнительно низкую стоимость, эффективность в эксплуатации, регенерации и утилизации одновременно.

На сегодняшний день наиболее эффективными и технологически простыми методами очистки вод от нефтепродуктов являются фильтровальные сорбционные и ионообменные. При использовании высокоактивных сорбентов можно получать воду, практически соответствующую нормативным показателям загрязняющих веществ.

Для проведения сорбционной очистки применяют различные материалы: природные (антрацит, цеолит, торф, вермикулит, шунгит), промышленные отходы (от производства ваты, асбестовых волокон, птичьего пера), синтетические материалы (полипропилен, полиэтилен, пенополиуретан, полистирол), активированные угли [2]. Однако универсальный сорбент, имеющий низкую стоимость, высокую механическую прочность и сорбционную емкость, а также минимальные потери при регенерации, до сих пор не найден. Поэтому поиск такого сорбента является актуальной задачей.

В качестве альтернативы для снижения концентраций нефтепродуктов в природных и сточных водах предлагаем использовать новый фильтровально-сорбционный материал на основе базальтового волокна, модифицированного бентонитовыми глинами.

Базальтовое волокно получают из расплава базальта и других магматических пород основного типа способом раздува первичного волокна. Химический состав его следующий, % (масс.): 47,8 SiO<sub>2</sub>; 15,85 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8,9 CaO; 63,3 FeO; 5,8 MgO; 15,4 остальное. Материал негорюч, невзрывоопасен и экологически чист [3].

Бентонитовые глины – природные минеральные сорбенты, редко залегающие в пластах в чистом виде. Как правило, они содержат механические примеси (от 1 % до 8 %), сопутствующие минералы, карбонаты и сульфаты, гидроксиды, оксиды и т.д. Основным минералом является монтмориллонит. Теоретическая формула монтмориллонита имеет вид: Si<sub>8</sub>Al<sub>4</sub>O<sub>20</sub>(OH)<sub>4</sub>·nH<sub>2</sub>O и может содержать до 67,7 % SiO<sub>2</sub>, 28,3 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 28,3 % H<sub>2</sub>O [4]. Однако реальный состав монтмориллонита всегда отличается от теоретического вследствие замещения в решётке кремния алюминием и, возможно, фосфором, магнием, железом, цинком, свинцом, хромом и т.д. Наиболее распространённым обменным катионом в бентонитах является Ca<sup>2+</sup>, хотя известны и бентониты, несущие в качестве обменных катионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>.

Процесс нанесения бентонитовой глины на поверхность базальтового волокна состоит в перемешивании базальтового волокна в бентонитовом растворе [5]. В результате этого, волокно в кислой среде покрывается тонким слоем коллоидных частиц бентонита (Рисунок 1).

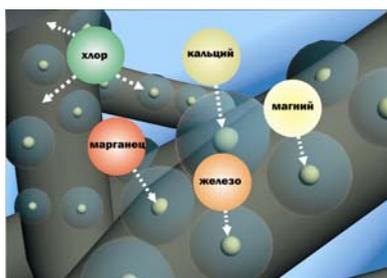


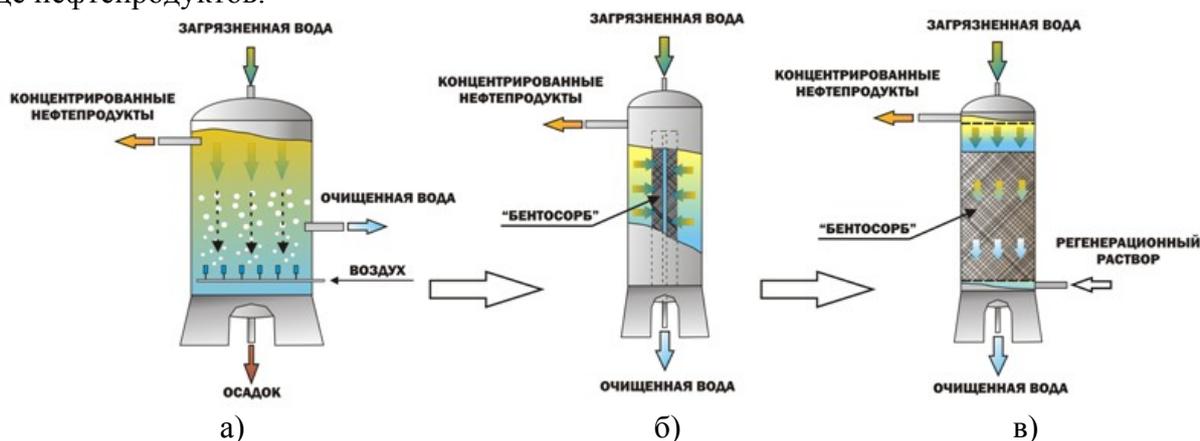
Рисунок 1 – Модификация базальтового волокна бентонитовыми глинами

Полученный волокнистый сорбент получил название «Бентосорб», основные его параметры и характеристики представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - Основные параметры и характеристики материала «Бентосорб»

Наименование	Размерность	Значение
1. Внешний вид	-	волокна серого цвета
2. Насыпная плотность	кг/м <sup>3</sup>	150-300
3. Истинная плотность	кг/м <sup>3</sup>	2000
4. Удельный объем	мл/г	15,9
5. Макс. рабочая температура	°С	700
6. Удельная поверхность	м <sup>2</sup> /г	68
7. Суммарный объем пор	см <sup>3</sup> /г	0,21
8. Скорость фильтрования	м/ч	5-15
9. Эффективность очистки от нефтепродуктов	%	86-98

На первой стадии удаляют из воды нефтепродукты во флотационной колонне с колпачковыми насадками (Рисунок 2 а), где происходит извлечение основной части загрязнений; далее вода поступает в радиальный предфильтр грубой очистки воды (Рисунок 2 б), удаляющий основную массу загрязнений. Такой картриджный элемент обеспечивает более рациональное использование объема модуля, также меньшая высота слоя позволяет получить низкие потери напора. Заключительной стадией является доочистка воды в сорбционной колонне, загруженной волокнистым материалом «Бентосорб» (Рисунок 2 в), где за счет большой высоты происходит эффективное удаление оставшихся в воде нефтепродуктов.



а) флотационная колонна; б) предфильтр; в) сорбционная колонна

Рисунок 2 – Аппаратурное оформление процесса удаления нефтепродуктов из воды с использованием материала «Бентосорб»

Основным достоинством сорбента является его большая удельная поверхность, позволяющая создавать компактные высокоэффективные очистные установки, что дает возможность применить новые технические решения на основе сорбционного метода в технологии предупреждения и ликвидации нефтяных загрязнений как стационарно на суше, так и на плавающих судах.

#### Список литературы:

1. Митин, К. А. Экология и охрана природы /К. А. Митин. М. ИНФРА, 2001. – 350 с.
2. Тарнопольская, М. Г. Фильтрующие материалы для очистки воды от нефтепродуктов и критерии их выбора //Вода и экология. – 2005. - №3. – С. 74-79.
3. Вата и материалы из БСТВ. Гигиенический сертификат №3464 – К //Завод минерального волокна. – 2002.
4. Мерабишвили, М.С. Бентонитовые глины: состав, свойства, использование/ М.С. Мерабишвили – М.: Химия, 1979. – 193 с.
5. Пат. 2345834 Российская Федерация, МПК51 В01J20/16, В01D39/06. Способ получения фильтровально-сорбционного материала / Кондратюк Е.В., Комарова Л.Ф., Лебедев И.А, Сомин В.А.; заявители и патентообладатели: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», Общество с ограниченной ответственностью «НПО Акватех» - № 2007128249/15; заявл. 23.07.2007; опубл. 10.02.2009.

## **ИЗМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ МОТИВАЦИИ И ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КОЛЬЧАТОЙ НЕРПЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКО- И СРЕДНЕЧАСТОТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ**

**Пахомов М.В.** (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, лаборатория морских млекопитающих, [edr750v@yandex.ru](mailto:edr750v@yandex.ru))

In given article changes in food motivation and impellent activity of an *Pusa Hispida* are described at influence on it is low - also mid-frequency noise by loudness 90-110 dB(SPL). Low-frequency noise have not caused what or considerable changes both food motivation, and impellent activity. Mid-frequency noise have caused powerful changes of impellent activity though elements characterising the raised condition it has not been fixed. It is possible to conclude, that the *Pusa Hispida* is a little subject to influence of low-frequency noise, however is sensitive to the mid-frequency.

За последние 100 лет уровень зашумления мирового океана непрерывно растет, причем, в основном, за счет шумов техногенного происхождения. Негативное влияние техногенных шумов, с различными частотными, амплитудными и временными характеристиками, доказано на многих видах китообразных (Dehnhardt, 2002). Однако о влиянии техногенных шумов на ластоногих известно мало и данные зачастую противоречивы, что связано со специфическим устройством органа слуха данного отряда млекопитающих (King, 1964; Солнцева, 2006; Dehnhardt, 2002). Так как ластоногие приспособлены к обитанию как в водной среде, так и в воздушной. На суше механизм звуковосприятия сходен с механизмом наземных млекопитающих, когда звуковая волна распространяется в воздушной среде и проникая непосредственно через внешнее слуховое отверстие вызывает колебания барабанной перепонки. Однако при погружении в воду данный механизм уже не работает, так как воздушная пробка в ушном канале экранирует звуковые волны, поэтому у многих полуводных млекопитающих существуют механизмы, закрывающие слуховой канал во время ныряния (ушная мускулатура у выдровых, специальные хрящи у ушастых тюленей). У настоящих тюленей ушной канал закупоривает специальная мускулатура, и при погружении под воду механизм звуковосприятия меняется. Так, по некоторым данным в звуковосприятии, участвуют кости скелета и вибрисы, рецептивная роль которых не до конца понятна (Солнцева, 2006). При погружении на глубины свыше 10 метров, благодаря возрастанию внешнего давления и, как следствие, уплотнения тканей тела (в первую очередь жировой ткани), становится возможным улавливание звуковых колебаний всей поверхностью тела. Таким образом, звуковосприятие животного на порядок возрастает: расширяется диапазон воспринимаемых частот (в основном за счет ультразвуковых), снижается минимально слышимая громкость звука (Солнцева, 2006).

Настоящие тюлени, к семейству которых относятся кольчатая нерпа, которая участвовала в эксперименте, на суше воспринимают диапазон частот, схожий с человеческим, но верхний его предел сдвинут до 24-26 кГц. В целом на суше настоящие тюлени воспринимают частоты в диапазоне 15-26000 Гц, причем пик восприятия приходится на 900-1200 Гц. В воде воспринимаемый диапазон увеличивается за счет сверхвысоких частот и верхняя граница достигает 55-65 кГц (King, 1964). Различия в диапазонах восприятия звуков наземными млекопитающими и ластоногими можно объяснить проанализировав звуки, распространяющиеся в средах. Так на суше наибольшее количество информации присутствует в сигналах на частотах 300-8000 Гц, это

непосредственно коммуникативные сигналы самих ластоногих, а также сигналы внешней среды, причем, так как ластоногие не охотятся на суше, то это в основном сигналы об опасности. В воде же присутствует совсем иная звуковая картина, из-за физико-химических свойств водной среды, звуки способны распространяться на большие расстояния, нежели в воздушной среде. Поэтому высоко- и сверхвысокочастотные сигналы тоже несут для морских млекопитающих значительное количество информации об окружающей среде.

Для проведения эксперимента была оборудована специальная лаборатория (рис.1), для того чтобы свести влияние посторонних шумов к минимуму. В лаборатории находился бассейн емкостью 400 литров, воду в бассейн брали из родника, а также добавляли 100 литров морской воды, во избежание кожных и глазных заболеваний животного. Вода менялась раз в 2 дня. Также в помещении лаборатории находился компьютер, который служил как генератором шумов, так и инструментом для видео- и аудиозаписи. Видеозапись велась на портативную веб-камеру. Звукозапись в помещении велась на микрофон, расположенный на расстоянии 2 метра от источника звука и гидроакустическую антенну ЦПП-4а с цифровым модулем БВС-ЦМ, помещенную в бассейн на расстоянии 2 метров от источника звука на глубине 50 см под водой. Микрофон работал круглосуточно в течении всего эксперимента, запись на гидроакустическую антенну велась 4 раза в сутки по 20 минут при смене типа шума. Сигнал, генерируемый компьютером, подавался сначала, для усиления, на акустический усилитель, а с него на 2 широкополосные акустические колонки.

Животное кормили мойвой, за одно кормление давали по 500 грамм, т.е. по 20 рыб, всего в сутки - 2 кг.

Для контроля пищевой мотивации использовалось 2 теста. Первый тест: команда «таргет», когда животное должно было удерживать таргет в течении 2-5 секунд, вплоть до подачи бридж сигнала. Второй тест: команда «ищи», когда животное со стартовой позиции должно было найти и обозначить касанием предмет, находящийся в воде.

Тесты проводились 4 раза в сутки во время кормления, команды предъявлялись в случайной последовательности, по 10 предъявлений каждой команды. Соотношение предъявленных и выполненных команд позволяло оценить уровень пищевой мотивации животного.

Двигательная активность оценивалась при помощи анализа видеозаписи. Анализировали 10-ти минутные фрагменты каждого часа видеозаписи.

До начала эксперимента кольчатая нерпа (самец в возрасте 3.5 года) содержалась в вольере на акватории Кольского залива, где был подвержен воздействию техногенных шумов: на расстоянии километра от вольера проходит судоходная магистраль, в непосредственной близости от вольера швартовались моторные лодки, которые при работе являлись источниками шума. Уровень шума составлял в среднем 50-60 Дб (отн. 1 мкПа), в спектре шума преобладали низкие и сверхнизкие частоты. Во время содержания в вольере животное имело высокую пищевую мотивацию: выполняло 10 из 10 предъявлений как на команду «таргет», так и на команду «ищи». Агрессию по отношению к человеку не проявляло и допускало тактильный контакт с человеком (позволяло погладить себя за обильное пищевое подкрепление).

В первый день эксперимента животное было отловлено в вольере и транспортировано в лабораторию. В 13:00 первого дня эксперимента было помещено в бассейн. В течении первого дня животное адаптировалось к новым условиям и реабилитировалось после шока, вызванного транспортировкой. Именно на этом этапе была выявлена норма двигательной активности нерпы в данных условиях.

На следующий день, убедившись, что в двигательной активности нерпы не обнаруживаются элементы, характеризующие возбужденное состояние, а также по 100%

результатам тестов на пищевую мотивацию, перешли к следующему этапу эксперимента – воздействию низкочастотных техногенных шумов.

В целом на данном этапе, за исключением первого часа, больших изменений в двигательной активности животного не наблюдалось, все тесты на пищевую мотивацию имели 100% результат.

На этапе реабилитации двигательная активность соответствовала норме, тесты также давали 10 выполнений из 10 предъявлений на каждую команду.

Затем перешли к исследованию воздействия на тюленя среднечастотных шумов. На данном этапе было зафиксированы изменения в двигательной активности нерпу, но пищевая мотивация не изменилась.

На основе полученных данных можно сделать заключения, что воздействие низкочастотных непрерывных тональных акустических шумов с уровнем звука 80-100 дБ (отн. 1мкПа) на кольчатую нерпу не влечет за собой каких-либо значительных изменений в функциональном и, по-видимому, физиологическом состоянии животного, в то время как при воздействии среднечастотных шумов структура двигательной активности существенно изменяется. Не исключено, что длительное воздействие шума может вести к временному или постоянному снижению остроты слуха у животного. Однако подобное изменение сложно зафиксировать в поведенческом эксперименте. Можно лишь заключить, что снижение слуха было незначительным, так как животное успешно выполняло тестовые голосовые команды. Подобные шумы могут служить лишь раздражителем, чувствительность к которому довольно быстро снижается.

## Литература

*Солнцева Г.Н.* Орган слуха морских млекопитающих. М.: Наука, 2006. 202 с.

*Dehnhardt S.* Sensory systems // *Marine Mammal Biology. An Evolutionary Approach* / Ed. by A. Rus Hoelzel. – Blackwell Publishing Company, 2002. – P. 116-141.

*King J.E.* Seals of the World. – London: Oxford university press, 1964. – 240 p.

*Schusterman R.J. et al.* Why pinnipeds don't echolocate // *J. Acoust. Soc. Am.* – 2000. – Vol. 107, N 4. – P. 2256-2264.

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Петельчук К.В.** (АФ МГТУ, ГЭ-551, БФ)

**Мельник Н.А.** (АФ МГТУ, кафедра химии и строительного материаловедения)

Мурманская область располагает широким набором нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (энергии ветра, малых рек, морских приливов и волн и др.), которые в определенных условиях могут составить конкуренцию традиционным источникам энергии или выгодно дополнить последние, принося ощутимый экономический эффект.

Высокий потенциал ветровой энергии сосредоточен, главным образом, в прибрежных районах Мурманской области. Технические ветроэнергоресурсы региона оцениваются в 350 млрд. кВт·ч при суммарной установленной мощности ветроэнергоустановки (ВЭУ) около 120 млн. кВт [Дмитриев Г.С., 1998]. Это примерно в 20 раз больше того, чем располагает в настоящее время Кольская электроэнергетическая система. Наиболее сильные и устойчивые ветры наблюдаются на северном побережье Кольского полуострова. Это самое ветреное место на всем европейском Севере России. Использование здесь хотя бы 1-2% указанных ресурсов, самых доступных и выгодных (а это 3-7 млрд. кВт·ч выработки и около 1-2 млн. кВт мощности), может иметь большое значение [Минин В.А., 2005]. В 2001 году был реализован первый опыт использования энергии ветра в Мурманской области на примере ВЭУ возле гостиницы "Огни Мурманска", расположенной на одной из сопок (высота 200 м), расположенной в районе Мурманского городского округа (8 км автодороги Мурманск - Санкт-Петербург).

Наименование установленной рядом с гостиницей ВЭУ - WINCON W200 (датское производство), мощность которой составляет 200 киловатт, высота - 28 метров, длина лопасти - 11 метров. С 2001 по 2004 года ВЭУ работала в локальном режиме, обеспечивая потребность гостиницы в электроэнергии. Затем она использовалась в составе объединенной энергосистемы Мурманской области. Установлено, что ВЭУ может вырабатывать и продавать в сеть 533 000 киловатт-часов электроэнергии в год.

Стоимость опытно-демонстрационной ветроэнергоустановки около гостиницы «Огни Мурманска» с учетом её капитального ремонта в Дании, перевозки автотранспортом в Мурманск, строительства фундамента и выполнения монтажных работ составила около 4.2 млн. руб. Это соответствует удельным капиталовложениям - 750 долл./кВт.

Опыт эксплуатации ВЭУ возле гостиницы "Огни Мурманска" в 2008-2009 г.г. показал, что электроэнергия, выданная ветроустановкой составила 183810 кВт/час (таблица). Для разгона ВЭУ и обеспечения рабочего состояния потребовалось 4325 кВт/час. Таким образом, чистая электроэнергия, выданная ВЭУ для обеспечения гостиницы составила 179485 кВт/час.

Таблица - Показатели выработки электроэнергии ВЭУ WINCON W200 (кВт/час)

Месяц, год	Выданная электроэнергия	Потребленная электроэнергия	Полный приход
Апрель-декабрь, 2008	81613	877	80736
Январь-декабрь, 2009	102197	3448	98748,8
Апрель 2008 – декабрь 2009	183810	4325	179485

Первые результаты работы ВЭУ в Мурманской области позволили определить перспективы использования подобных станций на Кольском полуострове. На побережье его можно установить до 50 ветровых станций, причем, более мощных - по тысяче киловатт каждая.

Источники энергии ветра неисчерпаемы и легкодоступны, а их использование не истощает природных ресурсов. Ветроэнергетика может обеспечить региональную энергетическую безопасность, стабильное, надежное энергообеспечение удаленных районов и защиту потребителей от отключений. В сравнении с атомной энергетикой энергия ветра не опасна для здоровья человека, экологически чиста, не создает отходов, не требует переработки и не загрязняет окружающую среду. Ветроэнергетика - рентабельный сектор, способный создавать рабочие места и приносить прибыль.

**Список литературы:**

1. Дмитриев Г.С., Минин В.А., Перспективы развития ветроэнергетики на Кольском полуострове. – Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1998. – 97 с.
2. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения ресурсов ветровой энергии Кольского полуострова. – Мурманск: изд-во объединения "Bellona", 2005. - № 2. – 55 с.
3. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на Кольском полуострове. - Мурманск: изд-во объединения "Bellona", 2007. – 92 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

**Рубцова Е.И., Хныкина А.Г., Боголюбова И.А.** (г. Ставрополь, Ставропольский государственный аграрный университет, кафедра физики, *hnykina\_anna@mail.ru*)

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур на современном этапе является первостепенной задачей и имеет весьма важное научно-практическое значение.

Существующие в настоящее время методы и средства предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур не обеспечивают в достаточной степени необходимых требований по экологии и посевным качествам семян. Технология предпосевной обработки импульсным электрическим полем устраняет эти недостатки и позволяет получать экологически чистую продукцию, увеличивать энергию прорастания и всхожесть семян при одновременной минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду [1].

Предлагаемая нами технология получения сельскохозяйственной продукции предусматривает экономию материальных и трудовых затрат при высокой стабильности получаемых результатов и сохранение единого согласованного во всех звеньях производственного цикла. Особого внимания требуют технологические приемы обработки семян и посадочного материала из состояния покоя для получения более ранних дружных и выровненных всходов закладывающих основу увеличения урожая получения ранней и высококачественной сельскохозяйственной продукции.

На рис. 1(а,б) представлены графики зависимостей энергии прорастания сои от времени обработки и отлежки семян. Из данных рис.1а следует, что рациональная частота для разных времен обработки ИЭП будет индивидуальна (например, для 10мин – 300 Гц, а для 90 мин – 20 Гц). Минимальное значение энергии прорастания было достигнуто в 1-е сутки после обработки семян сои различными частотами ИЭП (рис.1б). С увеличением времени отлежки при неизменных значениях независимых частоте и времени обработки, значение энергии прорастания резко возрастало, достигнув максимума при 4-х сутках отлежки.

Полученные результаты подтверждают технологическую пригодность предпосевной обработки семян сои импульсным электрическим полем.

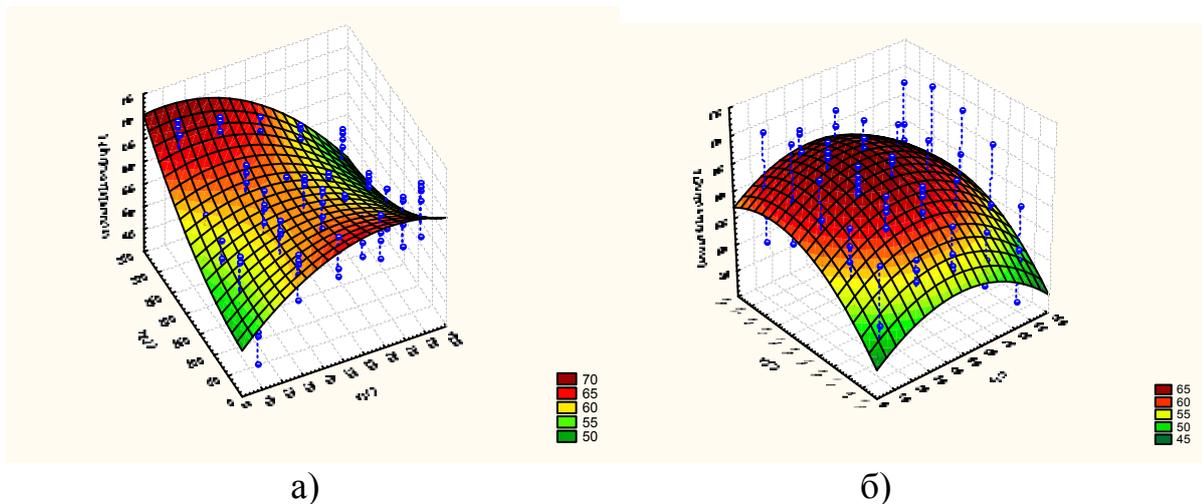


Рисунок 1: а) – график влияния времени обработки и частоты ИЭП на энергию прорастания; б) – график влияния времени обработки и отлежки на энергию прорастания семян сои после обработки ИЭП.

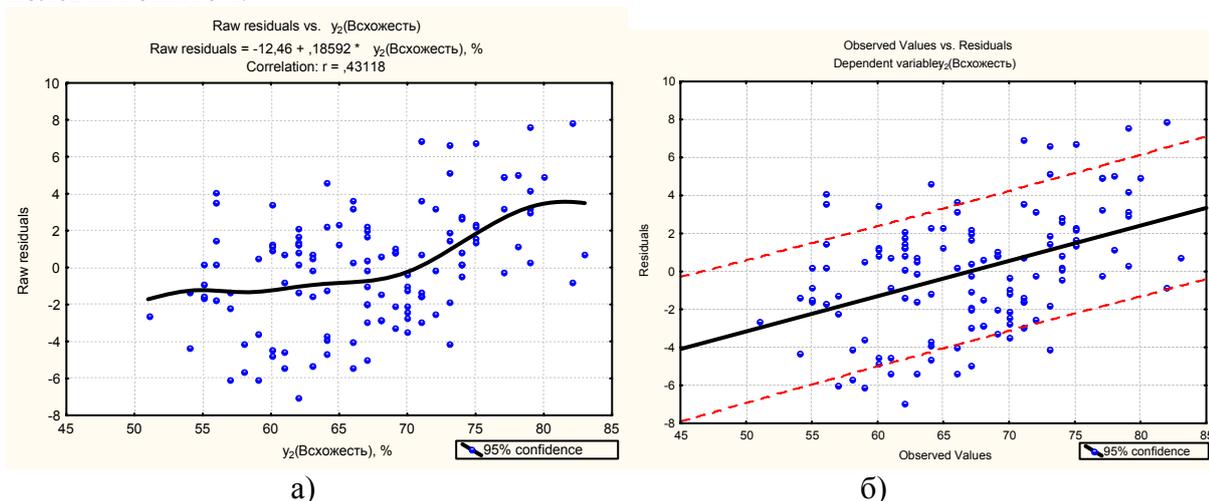
Для проверки адекватности построенной модели, был проведен анализ с использованием статистики Дарбина-Уотсона. Результаты анализа, представленные в таблице 1, устанавливают адекватность построенных моделей.

Таблица 1 – Анализ адекватности модели энергии прорастания с использованием статистики Дарбина-Уотсона (Durbin-Watson), d

Множеств, регрессия	Дарбина-Уотсон, d	Сериальная корреляция остатков
Оценка	2,084226	-0,049987

О высокой адекватности модели говорят и построенные графики зависимости наблюдаемых значений и остатков (рис. 2а), а также наблюдаемых и предсказанных значений всхожести (рис. 2б). По этим графикам можно делать достаточно надёжные выводы о взаимосвязи между временем обработки, частоты обработки ИЭП, временем отлежки и всхожестью в диапазонах изменений указанных величин.

Результаты лабораторного эксперимента по влиянию параметров предпосевной обработки импульсным электрическим полем на посевные качества семян сои подтверждены полевым опытом.



а) – график наблюдаемых значений и остатков;  
 б) – график наблюдаемых и предсказанных значений.

Исходя из анализа результатов лабораторных и полевых опытов, предпосевную обработку семян импульсным электрическим полем можно рекомендовать в качестве экологически чистого средства, повышающего, например, урожайность сои на 5,6-6,4 ц/га по сравнению с контрольным вариантом. Основная цель наших исследований оказать практическую помощь агрономам сельскохозяйственных предприятий при проведении производственных испытаний и использовании приемов предпосевной обработки семенного и посадочного материала с помощью импульсного электрического поля наносекундной длительности [2].

Нами предложена инженерная методика по определению параметров установки по предпосевной обработке импульсным электрическим полем семян сельскохозяйственных культур. В результате проведенных исследований были определены оптимальные режимы предпосевной обработки семян ряда сельскохозяйственных, технических и овощных культур. Рассчитаны основные технические параметры установки по предпосевной

обработке семян ИЭП, предложена принципиальная блок-схема установки по предпосевной обработке семян ИЭП (рис. 3). Семена, находясь, определенное время в камере обработки (ИЭП), подвергаются воздействию электрического поля заданной напряженности. Время обработки регулируется и контролируется реле времени и током питания электродвигателя.



Рисунок 3 – Принципиальная блок-схема установки для предпосевной обработки семян ИЭП

Таким образом, представленные параметры активатора ИЭП и всей установки в целом показывают возможность практического применения технологии для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур импульсным электрическим полем.

#### Список литературы:

1. Стардубцева, Г.П. Экологически чистые методы предпосевной обработки семян сои /Г.П. Стардубцева, Е.И. Рубцова// Актуальные вопросы экологии и природопользования: сб.материалов Международной науч.-практ. конф. (Ставрополь, ноябрь 2005г.) АГРУС, Ставрополь, 2005. – Т.1. – С. 488-491.
2. Рубцова, Е.И. Использование физических факторов для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур/ Е.И. Рубцова// Физико – технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: сб. науч. труд. IV Российской науч.-практ. конф. (Ставрополь, 24 – 26 апреля 2007г.) АГРУС, Ставрополь, 2007. – С. 334-338.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

**Светлов А.В., Бакланов А.А., Махура А.Г., Сёренсен Й.Х.** (*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14а, svetlov@iner.ksc.ru; Датский Метеорологический Институт, Дания, Копенгаген, Лингбивей 100, ДК-2100*)

### Annotation

In our study the results of evaluation of impact of continuous anthropogenic emissions from selected Russian Arctic sources on Northern Fennoscandia as well as the regional environment are presented. The continuous sources of chemical pollution (sulphates and heavy metals – Ni, Cu) located in the Russian Arctic territories of the Kola Peninsula (Pechenganickel smelters – Nickel, Zapolyarny, and Severonickel smelter – Monchegorsk) are considered.

With respect to industrial smelters, the simulated fields of air concentrations and depositions can be interpreted in two ways. From one side, it can be considered as possible long-term effects (accumulated or averaged contaminations or depositions) from existing continuous sources of emissions. From another side, it can be seen as probabilistic characteristics of industrial contamination over observed geographical areas through atmospheric pathways.

### Введение

Взаимоотношения Российской Федерации (РФ) и Королевства Норвегии (Норвегия) на данный момент в целом, выглядят достаточно позитивно. Однако в свете скорого визита президента РФ в сопредельное с Мурманской областью государство, неизбежно, среди прочих вопросов, возникнет разговор о безопасности, в том числе и экологической. Несмотря на положительные тенденции в сфере охраны окружающей среды (принятие РФ Киотского протокола, намерение участвовать в снижении эмиссии парниковых газов – Климатическая доктрина Российской Федерации [12]), есть достаточные опасения, как в сроках, так и возможности, реализации заявленных норм.

Серьезным примером сложного диалога между государствами, в том числе, выступает проблема по двум производствам цветной металлургии Кольского сервера. Здесь имеется в виду Кольская горно-металлургическая компания (КГМК), представляющая собой мощный производственный комплекс, образованный на базе старейших предприятий – комбинатов Североникель и Печенганикель. Данное горно-металлургическое производство занимается добычей сульфидных медно-никелевых руд и производством цветных металлов. КГМК ежегодно публикует данные по основным видам выбросов на производствах в Никеле, Заполярном и Мончегорске [11, 13]. По заявлениям Компании 2014 год они предполагают встретить со снижением на 76% выбросов относительно 1997 года, применительно к диоксиду серы (SO<sub>2</sub>) [14]. В свою очередь норвежская сторона относится настороженно к этим прогнозам, так как соглашение от 2001 года было не выполнено [8, 10], а КГМК в одностороннем порядке прекратило участие в программе по очистке производства, финансируемой норвежским фондом. Однако норвежцы четко понимают проблемы занятости и социально-экономической защищенности населения, в частности, для районов городов Никель и Заполярный. Это дает повод норвежской стороне продолжать диалог и стараться перевести его в конструктивное русло. На данный момент уровень выбросов по обоим комбинатам в сумме составляет порядка 140 тыс. тонн диоксида серы в год, с учетом того, что порядка 75% выбросов Компании приходится производственные мощности на Печенганикеля.

Выброс загрязняющих веществ планируется снижать, но кардинально он снизится не сегодня, а по планам в совсем еще не близком 2014 году. Остается острая необходимость в использовании современных методов мониторинга [7], оценки загрязнения и состояния окружающей среды, прогнозирования развития ситуации, как для природных комплексов, так и для населения. При этом 4 года жизнь не будет стоять на месте, а загрязняющие вещества будут оставлять свой неблагоприятный след [1, 2], в первую очередь, на всем живом Северной Фенноскандии.

## Расчеты

Целью конкретной работы выступает оценка уровня воздействия на территории Северной Фенноскандии вследствие атмосферного переноса и выпадения загрязняющих веществ (на примере  $SO_2$ ) от объектов промышленного загрязнения, расположенных в Мурманской области. Источники загрязнения, представленные в исследовании, расположены в городах Никель, Заполярный – комбинат Печенганикель, и Мончегорск – комбинат Североникель (рис. 1).

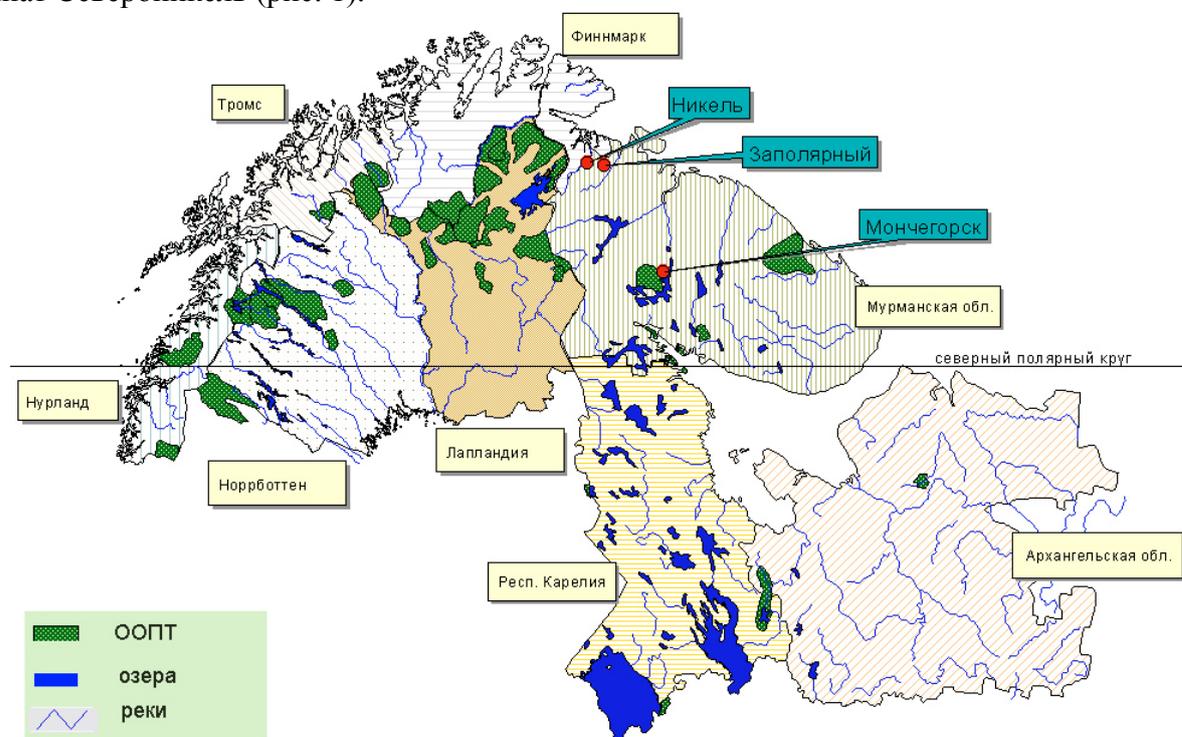


Рис. 1 Северная Фенноскандия и города-загрязнители.

Рассматриваемая территория включает в себя северные регионы четырех стран – РФ (Республика Карелия, Мурманская и Архангельская области), Норвегия (области Финнмарк, Тромс, Нурланд), Швеция (регион Норрботтен) и Финляндия (провинция Лапландия). На рисунке 1 также представлены крупные пресноводные объекты и ООПТ (особо охраняемые природные территории) региона исследования.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи: анализ месячной, сезонной и годовой изменчивости полей воздушной концентрации  $SO_2$ , интегрированной по времени, сухого и влажностного выпадений сульфатов.

Для анализа и оценки был выбран 2000 год. Основанием к этому стали наиболее близкие к средним климатические показатели. Исходные метеоданные для моделирования были представлены Европейским центром прогнозов погоды на средние сроки (ECMWF),

Рединг, Англия. В расчетах концентрации и выпадения загрязняющих веществ использовалась дисперсионная модель Датского Метеорологического Института (DMI), DERMA (Датская модель атмосферы для аварийных ситуаций) [3, 4, 5, 6].

В работе представлены расчеты по двум уровням нагрузки. Гипотетический уровень представлен выбросом свыше 300 тыс. тон  $\text{SO}_2$  в год ( $10^{11}$  мкг/с). Рекомендуемый – выброс загрязняющих веществ происходит на уровне  $10^9$  мкг/с, в сумме за день это составляет 86.4 тонн, за год, соответственно, выброс равняется 31.5 тыс. тонн [5].

## Результаты

Последствия деятельности комбинатов представлены полями интегральной воздушной концентрации/ТІАС (мкг·час/м<sup>3</sup>) и графиками месячной изменчивости сухого (Dry Deposition) и влажностного (Wet Deposition) выпадений (мкг/м<sup>2</sup>) [5].

### Гипотетическая нагрузка

Воздействие на территорию Северной Финноскандии можно качественно представить по осредненному годовому значению ТІАС от трех комбинатов (рис. 2). Следует отметить, что предприятия расположенные в городах Мончегорск и Никель дают более высокую воздушную концентрацию (ТІАС) –  $10^3$  мкг·час/м<sup>3</sup> (рис. 2 – а, б). В случае с г. Никелем эта концентрация также затрагивает территорию Норвегии, области Финмарк. Комбинат, расположенный в Заполярном, показывает максимальное значение  $10^2$  мкг·час/м<sup>3</sup>. Как следует из рассмотренных примеров на рисунке 2, при наличии выраженного восточного переноса основного числа  $\text{SO}_2$ , территория Северной Финноскандии подвергается достаточно серьезной нагрузке, а именно от  $10$  мкг·час/м<sup>3</sup> на границе ее территории, до  $10^3$  в очагах загрязнения.

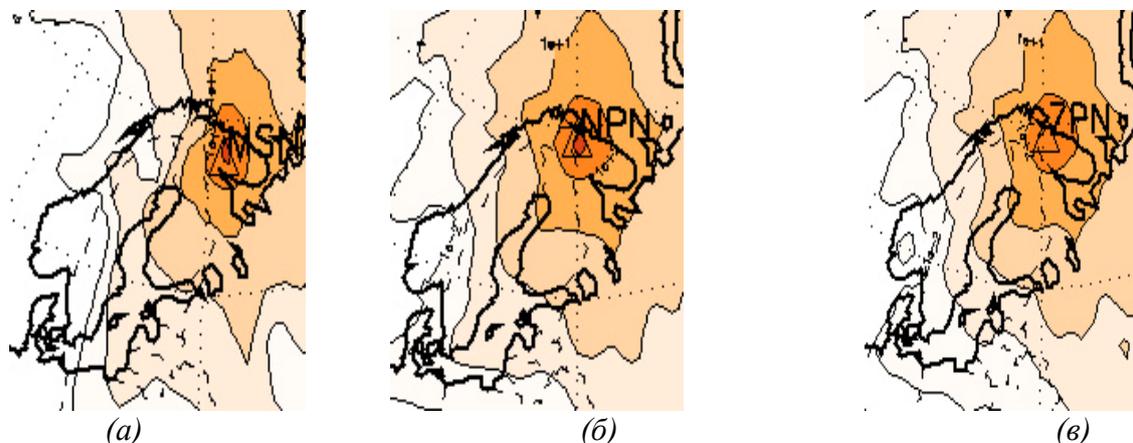


Рис. 2 Осредненные поля ТІАС, а – Североникель, б – Печенганикель (г. Никель), в – Печенганикель (г. Заполярный)

### Реальная нагрузка

Реальное воздействие рассматриваемых источников представлено на рисунке 3. Дана месячная изменчивость по сухому и влажностному выпадению, при суточном выбросе в 86.4 тонн.

Из общей тенденции следует отметить снижение влажных выбросов в летний период и повышение сухих. Преобладание турбулентных воздушных течений обуславливает снижение влажных выбросов в летний период, за счет поднятия части загрязнителей в верхние слои атмосферы, и включение его в перенос на большие расстояния. Лидерство по

выпадениям держит комбинат Североникель, периодически уступая производству, расположенному в г. Никель. Высокие выбросы заполярного предприятия единичны, и в основном всегда ниже комбинатов в Мончегорске и Никеле.

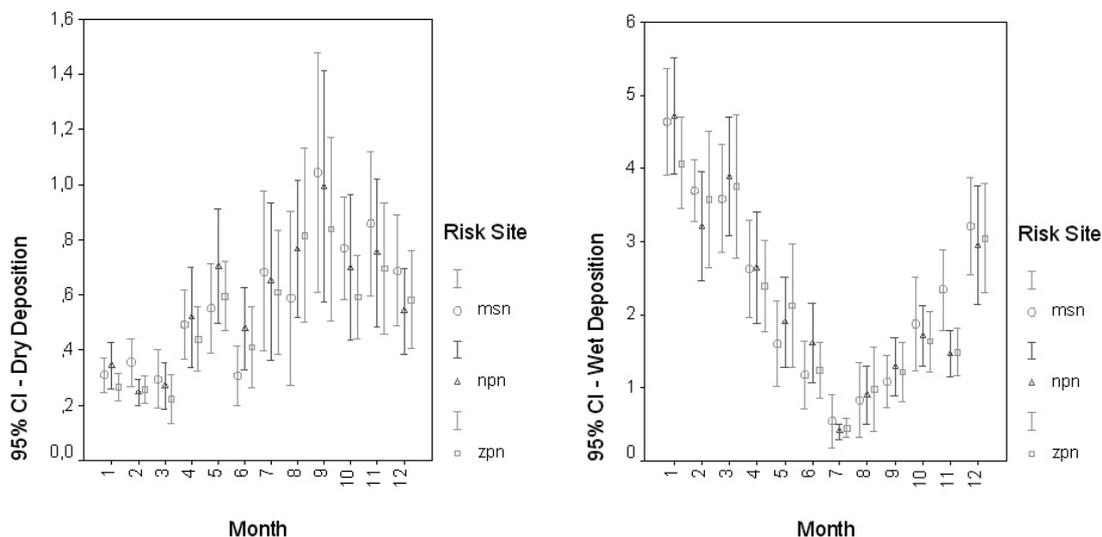


Рис. 3 Месячная изменчивость сухого и влажностного выпадений (msn – Мончегорск, npr – Никель, zpn - Заполярный )

## Выводы

На основе предложенного алгоритма, включающего дисперсионное моделирование и оценку риска с прогнозом возможных последствий для конкретных географических территорий с использованием ГИС-технологий, появляется возможность с достаточной точностью вести учет количественной нагрузки на окружающую среду Северной Фенноскандии.

Рассмотренные результаты дают представление о нагрузке при рекомендуемом выбросе в 32 тыс. тон/год и свыше 300 тыс. тон/год (пиковая нагрузка комбината, сравнимая с работой комбината на руде низкого качества, без очистки отходящих газов и при максимальной загрузке промышленного объекта).

Остается необходимой мерой наращивание возможностей мониторинга за деятельностью указанных комбинатов [7]. Существующая позиция по снижению выбросов должна непременно стимулироваться, для скорейшего перехода от слов к делу. Реальная же обстановка с уровнем воздействия на окружающую среду в действительно пострадавших районах, и это уже не для кого не секрет, является природной катастрофой [9].

## Список литературы:

1. Владимирова А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. (1991) Охрана окружающей среды, Ленинград Гидрометеоздат, стр. 33-34.
2. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессмон А.Я. и др. (1983) Кислотные дожди, Л.: Гидрометеоздат, 206 с.
3. Baklanov A., Sorensen J.H., (2001) Parameterisation of radionuclide deposition in atmospheric dispersion models. Phys. Chem. Earth, (B), 26, 787-799.
4. Baklanov A., Sorensen J.H., Mahura A., (2008): Methodology for Probabilistic Atmospheric Studies using Long-Term Dispersion Modelling. Environmental Modelling and Assessment, 13, 541-552.

5. Mahura A., Baklanov A., Sorensen J.H., A. Svetlov, V. Koshkin, 2007: Assessment of Long-Range Transport and Deposition from Cu-Ni Smelters of Russian North. In "Air, Water and Soil Quality Modelling for Risk and Impact Assessment", Eds. A. Ebel, T. Davitashvili, Springer Elsevier Publishers, pp. 115-124.
6. Sorensen J.H. (1998), Sensitivity of the DERMA Long-Range Gaussian Dispersion Model to Meteorological Input and Diffusion Parameters. Atmos. Environ. 32, 4195-4206.
7. Tore Flatlandsmo Berglen, Erik Andresen, Kari Arnesen, Tore Hansen, Thor Ofstad, Arild Rode, Bjarne Sivertsen, Hilde Thelle Uggerud og Marit Vadset NILU prosjekt nr.: O-8976 NILU rapport nr.: OR 27/2009 ISSN 0807-7207, Statlig program for forurensningsovervåking: Grenseområdene Norge-Russland SPFO-rapport: 1054/2009 TA-2533/2009 ISBN 978-82-425-2110-1 (trykt) ISBN 978-82-425-2111-8 (elektronisk), pp. 99.
8. <http://www.barentsobserver.com/cppage.4665519-116320.html>
9. [http://ekonord.ru/attachments/057\\_Econord\\_1991.pdf](http://ekonord.ru/attachments/057_Econord_1991.pdf)
10. <http://ekonord.ru/index.php/ru/actual-info/63-2009-12-26-20-07-48>
11. <http://www.kolagmk.ru/rus/ecology/>
12. <http://www.kremlin.ru/news/6365>
13. [http://www.nornik.ru/development/environmental\\_protection/](http://www.nornik.ru/development/environmental_protection/)
14. [http://www.nornik.ru/press/region\\_news/2890/](http://www.nornik.ru/press/region_news/2890/)

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЕСТРУКЦИИ НЕФТЯНОГО ПЯТНА ПОПУЛЯЦИЯМИ НЕФТЕРАЗРУШАЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

**А.А. Стецюк** (*г. Мурманск, e-mail: alina\_ne@list.ru*)

В статье предложена модель деструкции выбросов углеводородов в литоральной зоне Баренцева моря морскими нефтеразрушающими бактериями. Предложен простейший подход для математического описания потребности микроорганизмов в элементах питания. Модель основана на наличии одного лимитирующего компонента, т. е. синтез биомассы определяется одним элементом среды.

In article the model of destruction emissions of hydrocarbons of littoral zone of Barents sea by marine hydrocarbon-degrading bacteria is offered. Simplest mathematical approach for exposition of requirement of OHCB in nutrition element are offered. The model means that there is only one limitative component: synthesis of biomass depends on single medium element.

За последние 20-30 лет доля нефти и газа в мировом топливно-энергетическом балансе потребления составляет более 70% от всех видов источников энергии. Поисково-разведочные работы на нефть и газ производятся на шельфах более 70 стран.

Загрязнение акватории Мирового Океана продуктами нефтедобычи и нефтепереработки - одна из важнейших экологических проблем конца XX начала – XI веков. Авария на буровой установке, платформе или танкере может сопровождаться поступлением в окружающую морскую среду углеводородов, которые окажут прямое токсичное действие на морских гидробионтов. Поражение биоты будет зависеть от объема и продолжительности выброса, концентрации конкретных загрязнителей, видовой чувствительности к ним организмов и экологических факторов морской среды (сезон года, температура, освещенность и др.).

Разлив нефти в морской среде подавит на некоторое время первичную продуктивность за счет снижения численности фитопланктона. Будет заморожен фотосинтез у водорослей. Повысится численность нефтеокисляющих и сапрофитных форм. За счет поражения систем дыхания пострадает зоопланктон. Подвижные беспозвоночные и рыбы уйдут из зоны загрязнения, но если авария произойдет во время нереста, пострадает ихтиопланктон. Если нефтяная пленка дойдет до прибрежных зон, она окажет неизбежное воздействие на биоту литорали и эстуариев.

Восстановление биоценозов после такого воздействия может произойти не ранее, чем через 6-7 лет, хотя численность планктона восстановится быстро. Нужно также учитывать, что длительное (от 1 месяца и более) воздействие нефтепродуктов на морских животных в концентрациях, больших ПДК, ведут к необратимым структурным изменениям в мозговой ткани, нарушающим поведение.

Одним из наиболее перспективных способов очистки морских экосистем признана биоремедиация – комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов, в том числе морских и пластовых микроорганизмов. При этом целесообразно выявление эндемичных форм микроорганизмов для каждой нефтегазоносной провинции. Реализация такого метода очистки требует выделения специфичных штаммов микроорганизмов, а также определение их редуцирующей активности в процессах биодegradации нефтяных углеводородов различных классов.

Целью настоящей работы является подготовка базы для исследования способности морских микроорганизмов к биодegradации нефтяных углеводородов в литоральной зоне Баренцева моря. Базой является математическое моделирование деструкции нефтяного загрязнения морскими нефтеразрушающими бактериями.

Для осуществления подобного комплекса мер смоделируем динамику распространения и деструкции углеводородных выбросов.

В качестве основных процессов депонирования разливов нефти рассматривается осаждение нефти на берег моря и на дно. Исследуемый процесс загрязнения экосистем описывается краевыми задачами для системы нелинейных уравнений в частных производных, включающих уравнение Невье-Стокса и уравнения физико-химических реакций в водной среде и на суше. При количественном описании разлива нефти на поверхности моря нефтяной разлив описывается как объединение нефтяных пятен, каждое объемом до 2 м<sup>3</sup> нефти. Для выполнения расчетов необходимо учитывать сведения о вязкости и плотности разлитой нефти, а также скорости вытекания нефти, определяющей размеры элементарного нефтяного пятна. Для описания депонирующей среды, в которую поступает разлитая нефть, в модели должны учитываться: кинематическая характеристика поверхностного течения; сведения о направлении и силе ветра; волнении моря; геоморфологии береговой линии, определяющие экспозицию и "поглощающую способность" береговой линии, координаты источника выброса.

В качестве уравнения, описывающего распространение *i*-той факторизованной фракции с концентрацией  $C_i$  под влиянием турбулентной диффузии, полей ветров и течений с учетом *j*-той физико-химической реакции, реакции биологического окисления  $R_j$ , принято следующее уравнение переноса и диффузии с учетом реакций деструкции нефти.

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} + w \frac{\partial C_i}{\partial z} - K_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - K_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} - K_z \frac{\partial^2 C_i}{\partial z^2} - F(C_i, R_j) = 0, \quad (1)$$

где  $C_i(x, y, z, t)$  – концентрация загрязнения, мг/м<sup>2</sup>;  $x, y, z$  – декартовы координаты текущей точки, м;  $t$  – время, с;  $u, v, w$  – компоненты вектора скорости поверхностного течения, м/с, удовлетворяющего уравнению неразрывности

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (2)$$

$K_x, K_y$  – коэффициенты турбулентной диффузии в плоскости  $(x, y)$ , м<sup>2</sup>/с;  $K_z$  – коэффициенты вертикальной диффузии, м<sup>2</sup>/с;  $F(C_i, R_j)$  – функция, определяющая деструкцию *i*-той факторизованной фракции в результате *j*-той реакции  $R_j$  (истворение, биологическое окисление).

Математическая модель динамики нефтяного загрязнения с учетом всех реакций получается при использовании суперпозиции результатов для каждой фракции с учетом каждой реакции.

При достижении границы  $\Gamma_1$ , в зависимости от физико-химических свойств нефти и морфологической структуры побережья, происходит отражение, частичное или полное прилипание нефти, а соответствующие граничные условия задаются в виде

$$\left. \frac{\partial C_i}{\partial n} \right|_{\Gamma_1} = p C_i, \quad (3)$$

где  $n$  – нормаль к границе  $\Gamma_1$ ;  $p$  – коэффициент прилипания нефтепродуктов к берегу, зависящий в общем случае от координат и  $0 \leq p \leq 1$ .

Если  $p(x_\delta, y_\delta) = 1$ , то условие (3) описывает полное поглощение нефти берегом в точке  $(x_\delta, y_\delta)$ ; если  $p(x_\delta, y_\delta) = 0$ , то условие (3) называют условием непротекания, и оно означает

полное отражение нефти в точке  $(x_0, y_0)$ . Для свободной водной границы рассматриваемого района граничные условия для уравнения (1) записываются в виде

$$C_i(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = 0, \quad (4)$$

Это означает, что за границей области  $S$   $C_H$  – концентрация загрязнений в расчетах не учитывается.

Рассмотрим значение функции  $F(C_i, R_j)$  для фракций, подверженных испарению, растворению и бактериальному разложению. Для процесса испарения:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{K_E X_i P_i}{RT} M_i^{(m)}, \quad (5)$$

где  $M_i$  – количество вещества компонента с номером  $i$ , моль;  $K_E$  – коэффициент массопереноса для углеводорода, м/с;  $X_i$  – молярная доля компонента с номером  $i$ , равная  $\frac{M_i}{\sum M_i}$ ;  $P_i$  – давление паров компонента с номером  $i$ , Па;  $R$  – газовая постоянная, 8,314 Дж/моль·К;  $T$  – температура окружающей среды над поверхностью slicka, К;  $A$  – площадь нефтяного пятна, м<sup>2</sup>.

Для фракции, подверженной растворению, оператор деструкции  $F(C_i, R_j)$  приобретает вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K_D^{(w)} X_i S_i M_i^{(m)}, \quad (6)$$

где  $M_i$  – количество вещества компонента с номером  $i$ , моль;  $K_D^{(w)}$  – коэффициент массопереноса для углеводорода, м/с;  $S_i$  – растворимость в воде компоненты с номером  $i$ , кг/м<sup>3</sup>.

Для фракции, подверженной бактериальному разложению, оператор деструкции  $F(C_i, R_j)$  приобретает вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{1}{k} \frac{\mu_m C}{C + K_s} M, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности между количеством бактерий и поглощенным субстратом;  $\mu_m$  – максимальная скорость роста микроорганизмов;  $K_s$  – коэффициент насыщения;  $M$  – численность популяции бактерий.

Для разложения нефтяного пятна справедливо что его элементы влияют как на динамику биохимических составляющих, так и на ограничение роста микроорганизмов в целом. Поэтому знание потребности культуры в субстрате позволит оценить содержание биохимических компонентов. Потери субстрата обусловлены наличием дыхания культуры, которое ведет к распаду биомассы и снижает скорость роста. В нашем случае субстратом будет само нефтяное пятно.

Построим простейшую модель, позволяющую оценить потребность культуры в каком-либо лимитирующем элементе питания.

Рассмотрим случай неограниченного роста биомассы, при условии, что удельная скорость роста есть разность удельной скорости синтеза биомассы  $\mu_0$  и удельной скорости дыхания  $\mu_r$  (расхода биомассы на поддержание структуры)

$$\mu_0 = \frac{1}{B} \cdot \left( \frac{dB_s}{dt} \right), \quad (8)$$

$$\mu_r = \frac{1}{B} \cdot \left( \frac{dB_r}{dt} \right), \quad (9)$$

$$\mu = \mu_0 - \mu_r = \frac{1}{B} \cdot \left( \frac{dB_s - dB_r}{dt} \right) = \frac{dB}{B \cdot dt} \quad (10)$$

где  $B_s$  – количество биомассы, синтезируемой за счет единицы субстрата,  $B_r$  – количество биомассы распадающейся в единицу времени при дыхании,  $B$  – сама биомасса.

Разделив переменные, задав начальные условия (в момент времени  $t_0=0$ , биомасса равна  $B_0$ ) и интегрируя, получим формулу динамики роста биомассы:

$$\int_{B_0}^B \frac{dB}{B} = \mu \cdot \int_0^t dt, \quad (11)$$

$$\ln \frac{B}{B_0} = \mu \cdot t, \quad (12)$$

$$B = B_0 \cdot \exp^{\mu \cdot t}. \quad (13)$$

Формула применима для ограниченных промежутков времени при изучении процессов биосинтеза. Для ОНСВ применение этой формулы также ограничено, т.к. биомасса одной клетки не может быть выше некоторой величины, при достижении которой клетка делится. Общую биомассу можно представить как сумму масс отдельных клеток:

$$B = \sum_{k=1}^{k=n} b_k, \quad (14)$$

где  $b_k$  – масса  $k$ -той клетки;  $k$  – номер клетки,  $k=1,2,\dots,n$ ;  $n$  – общее количество клеток.

Культура ОНСВ рассматривается как состоящая из большого числа клеток. Т.к. прирост числа клеток  $dn$  за бесконечно малый промежуток времени  $dt$ , пропорционален числу клеток  $n$ , можно записать дифференциальное уравнение:

$$\frac{dn}{dt} = \mu \cdot n. \quad (15)$$

Здесь  $\mu$  – константа роста или удельная скорость деления.

Если промежуток времени между делениями клеток (время генерации) обозначить через  $g_d$ , а клетка делится на  $d$  дочерних клеток, то константа роста примет вид:

$$\mu = \frac{\ln d}{g_d}. \quad (16)$$

При делении клеток на две дочерние:

$$\mu = \frac{\ln 2}{g_2}. \quad (17)$$

Отсюда время удвоения биомассы (при любом числе дочерних клеток), которое численно равно времени генерации для клеток делящихся на две части:

$$g_2 = \frac{\ln 2}{\mu}. \quad (18)$$

Если возрастная структура популяции не изменяется в течение некоторого времени, а следовательно, не изменяется и средняя масса клетки ( $b$ ), то константа роста на этом промежутке времени равна удельной скорости роста (по биомассе):

$$\mu = \frac{dn}{n \cdot dt} = \frac{b \cdot dn}{b \cdot n \cdot dt} = \frac{dB}{B \cdot dt}. \quad (19)$$

Определим количество субстрата, необходимое для синтеза единицы биомассы. Подобная задача приводит к понятию “потребности” микроорганизмов в субстрате. Это понятие в литературе получило название “экономический коэффициент”, который определяется как количество биомассы ( $B_s$ ), синтезируемой за счет единицы субстрата ( $S$ ):

$$Y = -\frac{dB_s}{dS}, \quad (20)$$

Потребность ( $Y_s^0$ ), по определению, равна отношению количества потребленного субстрата ( $dS$ ) к синтезируемой за счет этого субстрата биомассе ( $dB_s$ ) и прямопропорциональна потребности:

$$Y_s^0 = \frac{1}{Y} = -\frac{dS}{dB_s}, \quad (21)$$

Где знак “минус” отражает противоположную направленность изменений концентраций субстрата и биомассы. Для небольших изменений субстрата и биомассы бесконечно малые приращения можно записать как конечные, что позволяет рассчитать истинную величину потребности:

$$Y_s^0 = -\frac{\Delta S}{\Delta B_s}, \quad (22)$$

Рост и биосинтез компонентов клетки является результатом двух процессов: биосинтеза и дыхания, связанного с поддержанием структуры:

$$P_r = \mu_r \cdot B$$

где  $\mu_r$  – удельная скорость дыхания;  $P_r$  – скорость дыхания (количество биомассы  $dB_r$ : белки, жиры, углеводы и пр., - распадающейся в единицу времени  $dt$ ).

Наблюдаемая скорость роста ( $P$ ) будет равна разности скоростей биосинтеза и дыхания:

$$P = P_0 - P_r = \frac{dB_s}{dt} - \frac{dB_r}{dt} = \frac{1}{dt} \cdot (dB_s - dB_r) = \frac{dB}{dt}.$$

Следовательно, выражение для потребности преобразуется к виду:

$$Y_s = -\frac{dS}{dB}, \quad (23)$$

где  $Y_s$  – наблюдаемая потребность культуры в субстрате.

Распад биомассы за счет дыхания культуры приводит к снижению скорости роста и увеличению коэффициента потребности. При этом распавшаяся биомасса посредством ее минерализации служит источником минерального питания. Минеральные элементы могут либо повторно использоваться в биосинтезе, либо теряться, переходя в нерастворимые соединения, которые не могут быть задействованы биосинтетическим аппаратом клетки. Также возможен вариант, когда только часть минерализованного субстрата повторно вовлекается в биосинтез.

Скорость возвращения субстрата ( $dS_r/dt$ ). Эта величина прямопропорциональна количеству распавшейся за счет дыхания биомассы, следовательно для скоростей справедливо:

$$\frac{dS_r}{dt} = \alpha \cdot Y_s^0 \cdot \frac{dB_r}{dt}, \quad (24)$$

где  $\alpha$  – безразмерный коэффициент возврата субстрата в биосинтетические процессы.

Скорость распада биомассы равна произведению удельной скорости дыхания ( $\mu_r$ ) на саму биомассу ( $B$ ), имеем:

$$\frac{dS_r}{dt} = \alpha \cdot Y_s^0 \cdot \mu_r \cdot B, \quad (25)$$

Таким образом, балансовое уравнение для динамики субстрата имеет вид:

$$\frac{dS}{dt} = -Y_S^0 \cdot \frac{dB_S}{dt} + \frac{dS_r}{dt}. \quad (26)$$

Данное уравнение указывает, что концентрация субстрата падает за счет расхода на синтез биомассы и одновременно происходит возврат субстрата из распавшейся биомассы.

Используя (25), найдем выражение для наблюдаемой потребности, предварительно преобразовав уравнение (26):

$$\frac{dB_S}{dt} = \mu_0 \cdot B, \quad (27)$$

$$\frac{dS}{dt} = -Y_S^0 \cdot \mu_0 \cdot B + \alpha \cdot Y_S^0 \cdot \mu_r \cdot B, \quad (28)$$

$$\frac{dS}{dt} = (\alpha \cdot \mu_r - \mu_0) \cdot Y_S^0 \cdot B. \quad (29)$$

Подставляя выражение (29) в выражение (23), получим:

$$Y_S = -\frac{dS}{dB} = -\frac{\frac{dS}{dt}}{\frac{dB}{dt}} = -\frac{(\alpha \cdot \mu_r - \mu_0) \cdot Y_S^0 \cdot B}{\mu \cdot B},$$

$$Y_S = Y_S^0 \cdot \frac{\mu_0 - \alpha \cdot \mu_r}{\mu}. \quad (30)$$

Учитывая, что удельная скорость биосинтеза ( $\mu_0$ ) есть сумма удельных скоростей роста ( $\mu$ ) и дыхания ( $\mu_r$ ), получаем:

$$Y_S = Y_S^0 \cdot \frac{\mu + \mu_r \cdot (1 - \alpha)}{\mu} \quad (31)$$

Анализируя выражение (31), можно рассмотреть следующие крайние случаи:

1. Происходит полное возвращение субстрата в среду, т.е.  $\alpha=1$ . Потерь субстрата за счет дыхания не будет, а наблюдаемая и истинная потребности будут равны.

$$Y_S = Y_S^0. \quad (32)$$

2. Субстрат не возвращается в среду, т.е.  $\alpha=0$ . В этом случае наблюдаемая потребность будет выше истинной, так как происходит потеря субстрата, а единица биомассы не образуется:

$$Y_S = Y_S^0 \cdot \frac{\mu + \mu_r}{\mu}. \quad (33)$$

Рассчитаем потребности в субстрате для различных фаз роста.

Экспоненциальная фаза характеризуется постоянством удельной скорости роста, причем здесь величина максимальна и равна  $\mu_m$ . Уравнение роста культуры в дифференциальной форме имеет вид:

$$\frac{dB}{dt} = \mu_m \cdot B = (\mu_0 - \mu_r) \cdot B.$$

Скорость синтеза биомассы определяется как:

$$\frac{dB_S}{dt} = \mu_0 \cdot B.$$

Преобразуем уравнение (31):

$$\frac{Y_S^0}{Y_S} = \frac{\frac{dB}{dt}}{\frac{dB_S}{dt}} = \frac{(\mu_0 - \mu_r) \cdot B}{\mu_0 \cdot B} = \frac{(\mu_0 - \mu_r)}{\mu_0}$$

Т.е. истинная потребность определяется отношением удельных скоростей роста и биосинтеза:

$$Y_S^0 = Y_S \cdot \frac{\mu_m}{\mu_0} \quad (34)$$

Линейная фаза характеризуется постоянством продуктивности культуры ( $P_m = \text{const}$ ):

$$\mu = \frac{1}{B} \cdot \frac{dB}{dt} = \frac{P_m}{B}$$

Полученную величину подставим в выражение (31):

$$Y_S = Y_S^0 \cdot \frac{\mu + (1 - \alpha) \cdot \mu_r}{\mu} = Y_S^0 \cdot \left( 1 + \frac{(1 - \alpha) \cdot \mu_r}{\mu} \right),$$

$$Y_S = Y_S^0 \cdot \left( 1 + \frac{(1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot B}{P_m} \right) \quad (35)$$

На данной фазе биомасса растет по линейному закону:

$$B = B_l + P_m \cdot (t - t_l), \quad (36)$$

где  $B_l$  – величина биомассы в момент начала линейного роста  $t_l$ .

В этом случае уравнение (35) примет вид:

$$Y_S = Y_S^0 \cdot \left( 1 + (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot \frac{B_l + P_m \cdot (t - t_l)}{P_m} \right) \quad (37)$$

Используя предложенные модели в рамках линейной фазы роста культуры, получим зависимость деградирования субстрата от времени. Учитывая (23), запишем (30) в виде:

$$Y_S = -\frac{dS}{dB} = -\frac{\frac{dS}{dt}}{\frac{dB}{dt}} = -\frac{dS}{P_m} = Y_S^0 \cdot \left( 1 + (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot \frac{B_l + P_m \cdot (t - t_l)}{P_m} \right).$$

Полагая  $t_l = 0$  и перенося  $P_m$  в правую часть, получаем дифференциальное уравнение деградирования субстрата, интегрирование которого при заданных начальных условиях даст нам искомую функцию:

$$\frac{dS}{dt} = -P_m \cdot Y_S^0 \cdot \left( 1 + (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot \frac{B_l + P_m \cdot t}{P_m} \right) \quad (38)$$

Разделим переменные, раскроем скобки и перегруппируем слагаемые:

$$dS = -P_m \cdot Y_S^0 \cdot \left( 1 + (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot \frac{B_l + P_m \cdot t}{P_m} \right) \cdot dt,$$

$$dS = -P_m \cdot Y_S^0 \cdot dt - Y_S^0 \cdot (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot (B_l + P_m \cdot t) \cdot dt,$$

$$dS = -P_m \cdot Y_S^0 \cdot dt - Y_S^0 \cdot (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot B_l \cdot dt - Y_S^0 \cdot (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot P_m \cdot t \cdot dt,$$

$$dS = -Y_S^0 \cdot (P_m + (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot B_l) dt - Y_S^0 \cdot (1 - \alpha) \cdot \mu_r \cdot P_m \cdot t \cdot dt.$$

Последнее уравнение проинтегрируем при начальных условиях  $S=S_0$  при  $t=t_l$ :

$$\int_{S_0}^S dS = -Y_S^0 \cdot (P_m + (1-\alpha) \cdot \mu_r \cdot B_l) \int_{t_l}^t dt - Y_S^0 \cdot (1-\alpha) \cdot \mu_r \cdot P_m \int_{t_l}^t t \cdot dt,$$

$$S - S_0 = -Y_S^0 \cdot (P_m + (1-\alpha) \cdot \mu_r \cdot B_l) \cdot (t - t_l) - \frac{1}{2} \cdot Y_S^0 \cdot (1-\alpha) \cdot \mu_r \cdot P_m \cdot (t - t_l)^2.$$

Переносим  $S_0$  в правую часть, получаем искомую зависимость деструкции субстрата от времени в рамках линейной фазы роста культуры:

$$S = S_0 - Y_S^0 \cdot (P_m + (1-\alpha) \cdot \mu_r \cdot B_l) \cdot (t - t_l) - \frac{1}{2} \cdot Y_S^0 \cdot (1-\alpha) \cdot \mu_r \cdot P_m \cdot (t - t_l)^2. \quad (39)$$

Рассмотрим крайние случаи:

1. Происходит полное возвращение субстрата в среду,  $\alpha=1$ . Получаем линейную зависимость для динамики субстрата от времени. Угол наклона прямой к оси абсцисс равняется произведению максимальной продуктивности культуры  $P_m$  на истинную потребность, что дает возможность для ее оценки:

$$S = S_0 - Y_S^0 \cdot P_m \cdot (t - t_l). \quad (40)$$

2. Субстрат не возвращается в среду,  $\alpha=0$ :

$$S = S_0 - Y_S^0 \cdot (P_m + \mu_r \cdot B_l) \cdot (t - t_l) - \frac{1}{2} \cdot Y_S^0 \cdot \mu_r \cdot P_m \cdot (t - t_l)^2, \quad (41)$$

$$S = S_0 - a \cdot t - b \cdot t^2, \quad (42)$$

$$\text{где } a = Y_S^0 \cdot (P_m + \mu_r \cdot B_l), \quad b = \frac{1}{2} \cdot Y_S^0 \cdot \mu_r \cdot P_m.$$

Для расчета величины удельной скорости дыхания и истинной потребности решим систему двух уравнений.

$$\begin{cases} a = Y_S^0 \cdot (P_m + \mu_r \cdot B_l) \\ b = \frac{1}{2} \cdot Y_S^0 \cdot \mu_r \cdot P_m \end{cases} \quad (43)$$

Получить значения  $Y_S^0$  и  $P_m$  мы сможем при подстановке в систему уравнений (43) обобщенных коэффициентов  $a$  и  $b$ , полученных в экспериментах.

**Заключение.** Основываясь на представлениях о простейших механизмах роста (биосинтеза) зависящего от субстрата, разрабатывается модель, которая позволит рассчитать скорость биодеструкции нефтяного пятна, изменение его пространственных характеристик, на основе истинной и наблюдаемой потребности в субстрате.

В дальнейшем автором планируется применение данной модели в численных экспериментах на ЭВМ при различных условиях нахождения субстрата. Будут внесены факторы, влияющие на микроорганизмы (температура, давление, соленость, концентрация нефтепродуктов, и др.).

## ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ КАК РЕГУЛЯТОР ОЧИЩАЮЩИХ СВОЙСТВ МОРСКИХ МНОГОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

**Завалко С.Е.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра. экологии и защиты окружающей среды, [szavalko@mail.ru](mailto:szavalko@mail.ru))

Морские литоральные и шельфовые экосистемы в наибольшей степени подвержены деструктивному действию химического загрязнения: сюда сбрасываются муниципальные и промышленные сточные воды, в этой зоне сконцентрирована большая часть антропогенной деятельности, связанной с использованием морских ресурсов. Одновременно это зона наиболее интенсивной биопродукции и формирования основных морских биоресурсов. Характерным примером подобного конфликта является Кольский залив. Уровень загрязнения его вод и донных осадков многократно превышает допустимые пределы, что привело к катастрофически сильному повреждению бентосных и планктонных экосистем [6]. Уровень повреждения экосистем прибрежной зоны залива можно оценить, если сравнить современное состояние донных макрофитоценозов [3] с данными, полученными в 1930 г. [1]. В начале XX столетия залив демонстрировал свойства богатейшей по своим биопродукционным параметрам экосистемы.

Проблема ремедиации подобных экосистем не может быть решена только за счет организации эффективной очистки стоков на берегу перед их сбросом в водоем. Очевидно, что восстановление прежних кондиций поврежденной экосистемы потребует организации очистки – перевода компонент загрязнения из разбавленного состояния в высококонцентрированные формы и изъятие их на берег с последующей утилизацией.

Перспективным вариантом решения подобной задачи может стать использование способности прикрепленных гидробионтов, например, многоклеточных водорослей, накапливать в своих тканях минеральные и органические соединения в процессе роста массы. Таким образом, задачи организации санитарной марикультуры макрофитов – выращивание водорослей в загрязненной среде с целью ее очистки – будут состоять в определении оптимального вида водорослей, обладающего способностью к интенсивному росту в загрязненной среде и эффективному накоплению компонент загрязнения в биомассе. Кроме того, важным моментом будет поиск условий, способствующих максимизации целевых функций эксплуатируемых водорослей, характеризующих их очищающие возможности – интенсивности роста массы и способность накапливать вещества в биомассе [4].

В прибрежной зоне моря среди действующих тут экологических факторов можно выделить движение воды – сильнодействующий регулятор физиологических и морфологических параметров макрофитов [2, 5, 7].

**Целью настоящей работы** послужило обсуждение критериев выбора объекта санитарной марикультуры многоклеточных водорослей - макрофитов, а также – перспектив использования движения воды в качестве регулятора их целевых функций.

Работа основана на обсуждении результатов многолетних исследований влияния движения воды на физиологические и морфофизиологические параметры макрофитов в условиях различного уровня загрязнения морской прибрежной экосистемы.

Ключевым морфофизиологическим параметром макрофитов при выборе вида для использования в санитарной марикультуре является величина удельной поверхности водорослей – отношение площади поверхности макрофитов к их сырой массе. Данный параметр служит сильным внутренним регулятором интенсивности фотосинтеза и интенсивности роста массы водорослей. Зависимость интенсивности поглощения веществ

водорослями, равно как и интенсивности роста их массы от величины удельной поверхности описывается степенной регрессией вида:

$$Y = a X^b, \quad \text{где } b \rightarrow 1$$

Таким образом, уровень интенсивности обменных функций макрофитов напрямую зависит от степени дисперсности их слоевищ – чем она выше, тем интенсивнее у водоросли происходит обмен веществ и интенсивнее растет ее масса.

От величины удельной поверхности водорослей во многом зависит и качество массы макрофитов – содержание сухих веществ в их тканях. Зависимость также описывается степенной регрессией, однако степенной коэффициент принимает в данной регрессии отрицательные значения, то есть с возрастанием удельной поверхности водорослей их способность накапливать вещества в тканях снижается – интенсификация поглощения веществ проходит на фоне аналогичного увеличения интенсивности выведения веществ из тканей.

Подобное обстоятельство существенно затрудняет выбор вида водоросли для целей санитарной марикультуры. С одной стороны, стремление достичь максимально интенсивного роста массы водорослей говорит о необходимости выбора объекта с наибольшей удельной поверхностью, то есть – с предельно малыми размерами тела. С другой стороны, в ряду уменьшения размеров тела у водорослей резко снижается способность удерживать вещества в клетках, что значительно сокращает их очищающие способности. В довершение заметим, что крупнотельные макрофиты, вследствие малой интенсивности своего метаболизма, будут испытывать сильное физиологическое угнетение в условиях загрязнения, что существенно ограничит их использование для целей очистки.

Перспективным направлением разрешения данного конфликта целей можно считать применение стимулирующих возможностей движения воды. Проведенные измерения показали, что интенсификация гидродинамического режима среды обитания водорослей способствует значительному увеличению интенсивности роста массы водорослей на фоне существенного возрастания содержания сухих веществ в их тканях. Были получены эмпирические регрессии зависимости интенсивности роста массы водорослей, концентрации сухих веществ в тканях макрофитов и величины их удельной поверхности от движения воды.

Таким образом, применение гидродинамической стимуляции позволяет избежать конфликта целевых функций и достигать одновременного увеличения как интенсивности роста массы, так и концентрации веществ в тканях водорослей. Это значительно повышает потенциал и эффективность очищающих функций макрофитов. Заметим также, что стимулирующее действие движения воды на метаболизм водорослей позволяет значительно нивелировать физиологическое угнетение, испытываемое крупнотельными водорослями в загрязненной среде. Это создает реальную возможность их использования в санитарной марикультуре.

#### Список литературы:

1. Гурьянова Е. Ф., Закс И. Г., Ушаков П. В. Литораль Кольского залива // Тр. Ленингр.об-ва естествоисп. - 1930. - Т. 60, N 2. - С. 17.
2. Завалко С.Е. Адаптация слоевищ ламинарии к различной подвижности воды // Биология моря, 1993, № 3, с. 88 – 96/
3. Завалко С.Е., Шошина Е.В. Многоуровневая морфофизиологическая оценка состояния фукусовых водорослей в условиях антропогенного загрязнения (Кольский залив, Баренцево море) // Вестник МГТУ, том 11, №3, 2008 г. С 423-431.
4. Завалко, С. Е., Хайлов К. М. Выбор целевых функций и оценочных параметров для эксплуатации популяции морских макрофитов (на примере *Cystoseira Crinita*, (Desf.)

- Вогу) // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР. – М. : Изд-во «Наука». – 1985. С. 193 – 206.
5. Ковардаков С. А., Празукин А. В., Фирсов Ю. К., Попов А. Е. Комплексная адаптация цистозеры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). - Киев: Наук. Думка, 1985. - 217 с.
  6. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты // Коллектив авторов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. 265 с.
  7. Силкин В.А., Хайлов К.М. Биоэкологические механизмы управления в аквакультуре. Л.: Наука.- 1988. – 230 с.

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВАЛКИ В ПОС.ДРОВЯНОЕ НА ПАРАМЕТРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Рябцев Е.В. (г. Мурманск, Мурманская ТЭЦ)

В России ежегодно образуется около 130 млн.м<sup>3</sup> твердых бытовых отходов (ТБО). Из них промышленной переработке подвергается порядка 3%, остальные - вывозятся на свалки и полигоны-захоронения с отчуждением земель в пригородной зоне. Поэтому ТБО представляют собой источник загрязнения окружающей среды, способствуя распространению опасных веществ.

В период увлечения мусоросжиганием серьезных проработок обустройства новых и действующих полигонов ТБО не велось. В результате к середине 90-х гг. многие города России подошли с переполненными свалками и сложным процессом поиска новых мест для захоронения отходов.

К сожалению, полигоны еще длительное время останутся в России основным способом удаления (переработки) ТБО, несмотря на использование самых современных технологий. Основная задача - обустройство существующих полигонов, продление их жизни, уменьшение их вредного воздействия.

Отрицательные факторы для окружающей среды: заражение подземных вод выщелачиваемыми продуктами, выделение неприятного запаха, разброс отходов ветром, самопроизвольное возгорание полигонов, неконтрольное образование метана и неэстетичный вид являются только частью проблем, беспокоящих экологов и вызывающих серьезные возражения со стороны местных властей.

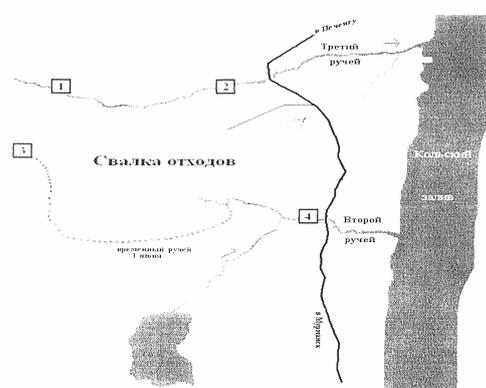
Проблема влияния свалки на окружающую территорию, ее газообразных и жидких выбросов пока не получила должного внимания.

Наши исследования были основаны на «Гигиенических требованиях к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов», Санитарные правила СП 2.1.7.1038-01. Согласно которым, система контроля должны включать наблюдения за состоянием поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха и почвы в зоне возможного влияния полигона.

Для определения влияния полигона ТБО, расположенного в районе п. Дровяное отбирались пробы поверхностных вод выше и ниже полигона (рис.1):

В отобранных пробах определялись основные загрязняющие вещества, согласно требованиям СП 2.1.7.1038-01. Пробы отбирались 1 раз в год (2007-2009).

Выщелачивание ряда веществ из тела полигона ТБО, приводит к увеличению их концентрации в поверхностных водных объектах.



№ точки	Название
1	Третий ручей, 1500 м от фед.трассы вверх по течению, 150 м ниже полигона
2	Третий ручей, 300 м от фед.трассы вверх по течению, 100 м ниже полигона
3	Временный ручей, 2000 м от фед.трассы вверх по течению, 500 м выше полигона
4	Второй ручей после слияния, 200 м от фед.трассы вверх по течению, 150 м ниже полигона

Рис. 1



Рис.2.

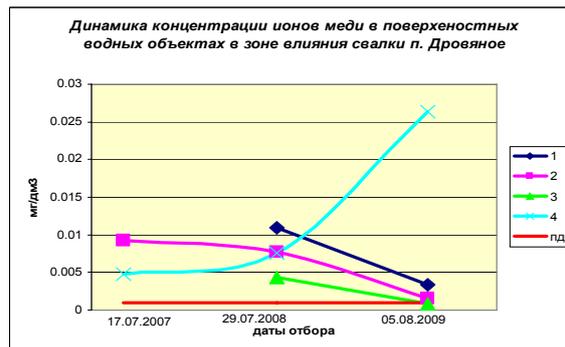


Рис.3

На рис. 2 приведена динамика концентрации ионов аммония в двух ручьях расположенных в непосредственной близости от полигона ТБО.

Во все года наблюдается концентрация аммонийного иона на уровне выше ПДК для рыбохозяйственного водоема, причем не установлена зависимость расположения точек отбора по направлению от полигона, очевидно фильтрация мобильных элементов происходит внутрипочвенно практически по всем направлениям.

Из определенных тяжелых металлов наибольшим превышением ПДК характеризовались ионы меди (Рис.3).

Так как концентрация элементов в ручьях определяется многими факторами, в том числе водно-физическими свойствами почв, температурой, поверхностным и внутрипочвенным питанием ручьев в момент отбора, а концентрация элементов в почвах характеризуется большей стабильностью за счет поглотительной способности, то наличие загрязнения почв может служить более достоверной характеристикой влияния источника загрязнения.

Дата отбора	10.07.2007	23.07.2008	22.09.2009	14.10.2009
Аммиак	0.03	0.2		
Бензол	0.17	0.01	0.0042	0.044
Оксид углерода	0.5	0.8	<2	<1
Четыреххлористый углерод	0.69	0.5	0.008	0.016
Трихлорметан	0.06	0.065	0.012	0.018
Хлорбензол	0.08	0.1	0.005	0.008
Метан	7.1	15		
Сероводород	0.006	0.006	0.71	0.0029
Толуол	-	-	0.0027	0.044
Этилбензол	-	-	0.0019	0.017
Ксилол	-	-	0.0012	0.0033
Стирол	-	-	<0,001	0.0031
Серы диоксид	-	-	<0,01	0.016
Меркаптаны	-	-	<0,005	<0,005
Формальдегид	-	-	<0,01	<0,01
Фенол	-	-	<0,004	0.0039

Почвы отбирались в двух точках, в зоне предполагаемого влияния полигона. Для исключения локальных особенностей распределения загрязняющих веществ, отбирали смешанные пробы

Обнаружены концентрации таких токсичных элементов как ионы меди (1-13 мг/кг), никеля (10-41 мг/кг), свинца (3-12 мг/кг), мышьяка (0,16-0,22 мг/кг), хрома (0,16-0,22), цинка (10-65 мг/кг), а также ртуть (0,0062 до 0,039 мг/кг) и нефтепродукты (52-160 мг/кг). Подвижные тяжелые металлы растворяются в фильтрате, проникающем как в поверхностные воды заболоченной территории, так и в подземные водоносные слои, оказывая непосредственное влияние на загрязнение близлежащих рек

Концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории полигона (табл.2) не превышают ПДК для воздуха рабочей зоны.

Выводы: Полигон ТБО, расположенный в районе п. Дровяное, оказывает негативное влияние на состояние прилегающих к нему почв. Обнаруженное влияние полигона на качество поверхностных водоемов связано с выщелачиванием загрязняющих веществ из тела полигона, так как воздушного переноса загрязняющих веществ не обнаружено. Исследования продолжаются с целью установления пространственных границ загрязнения и расширения перечня возможных загрязняющих веществ.

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛОВ МАЛОГО СУБАРКТИЧЕСКОГО ВОДОЕМА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. КОВДОР)

Темиржанов Р.Д. (АФ МГТУ, ГЭ-551, БФ)

Королёва И.М. (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

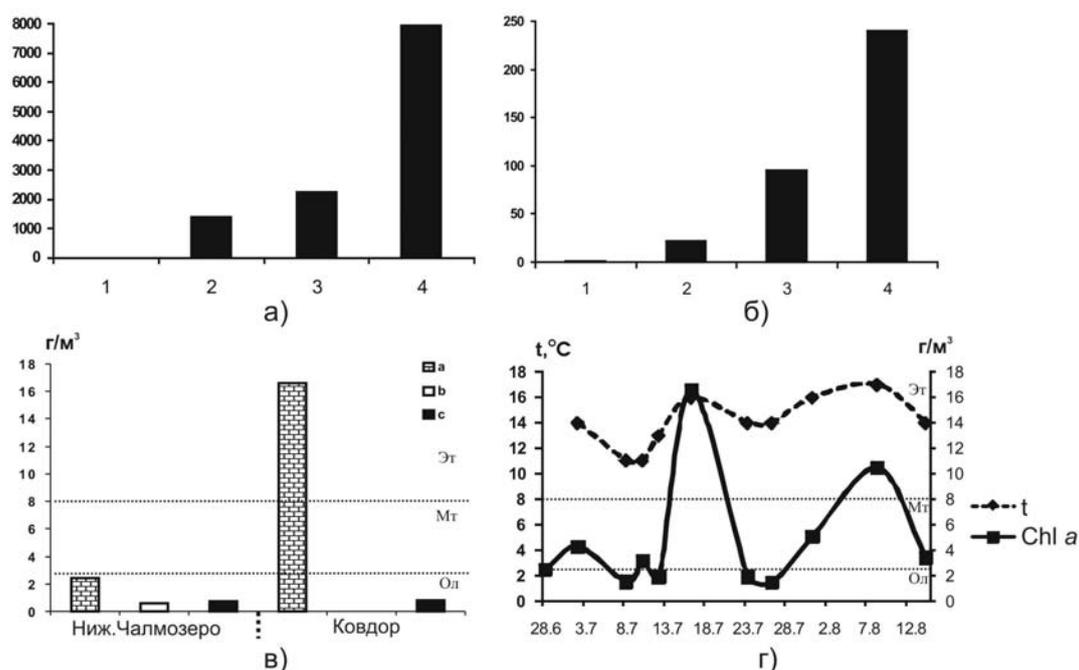
Денисов Д.Б. (с.н.с. лаб. водных экосистем ИППЭС КНЦ РАН)

Содержание хлорофиллов в планктоне представляет собой надежный индикатор состояния первого трофического уровня водоемов и широко используется в системе экологического мониторинга. Промышленное загрязнение стоками апатитовой промышленности Кольского полуострова субарктических водоемов, особенно нагрузка биогенными элементами (соединениями P и N) приводит к интенсификации процессов эвтрофирования, при котором концентрации хлорофилла «a» могут вырасти на несколько порядков по сравнению с фоновыми показателями (Денисов, Кашулин, 2007). В последние десятилетия особую актуальность приобретают исследования малых озер, уязвимых токсическому загрязнению и эвтрофированию в большей степени в связи с низкой буферной емкостью.

На примере оз. Ковдор, подверженному длительному загрязнению стоками апатитовой промышленности ОАО «Ковдорский ГОК», было проведено исследование сезонных изменений концентрации хлорофиллов в планктоне. Водоем имеет протяженность 2.5 км, ширина составляет 50-400 м. Территория водосбора заселена и промышленно освоена, огромные территории занимают карьеры и отвалы (около 150 км<sup>2</sup>).

Отбор проб проводился на стоке озера, для получения интегральных характеристик, в период с мая по август 2009 г. еженедельно, процедура сопровождалась замером температуры воды. Дополнительно были исследованы гидрохимические показатели в различных участках акватории озера, оценивалось свыше 27 характеристик. Анализ был выполнен в лаборатории аналитической химии ИППЭС КНЦ РАН. В качестве условно фонового водного объекта Ковдорского района, для сравнения по основным исследуемым показателям было выбрано оз. Нижнее Чалозеро. Анализ содержания хлорофиллов осуществлялся по рекомендованным стандартным методикам, адаптированным для условий Кольского Севера (Шаров, 2004; Денисов, 2008, Кашулин и др, 2008). Была проведена оценка современного трофического статуса оз. Ковдор по международным стандартам (OESD, 1982).

Содержание биогенных элементов в оз. Ковдор (NO<sub>3</sub> и PO<sub>4</sub>), в тысячи и сотни раз выше, чем в оз. Ниж. Чалозеро. Особенно высоки значения этих показателей в технологическом отстойнике (рис., а), б)). Подобные концентрации обуславливают бурное развитие фитопланктона в период открытой воды. Содержание хлорофилла «a» достигает 17 г/м<sup>3</sup>, в то время как в условиях фона (оз. Ниж.Чалозеро) – 2.8 г/м<sup>3</sup>. Диапазон значений содержания хлорофиллов (г/м<sup>3</sup>) в оз. Ковдор: «a» = 1.5 – 16.5; «b» = 0,2 – 1; «c» = 0.4 – 0.6. Сезонная динамика характеризуется наличием двух максимумов, которые приходятся на середину июля и конец первой декады августа, и соответствуют максимальным летним температурам воды (рис, г)) Трофический статус водоема по международным стандартам (шкала OESD) за летний период 2009 г. менялся дважды с олиготрофного (≤2,5) до эфтрофного (8-25) (рис., в), г)).



**Рис.** Содержание биогенных элементов: а) - средние значения содержания NO<sub>3</sub>, (мгN/л), б) – PO<sub>4</sub>, (мгP/л): 1 – оз. Н. Чалмозеро, 2 – оз. Ковдор 2008 г., 3 – оз. Ковдор (сток) 2009 г., 4 – оз. Ковдор (отстойник) 2009 г.; в) – максимальное содержание хлорофиллов (г/м<sup>3</sup>), в оз. Ковдор и Ниж.Чалмозеро; г) – зависимость содержания хлорофилла «а» от температуры воды (t, °C) и трофический статус водоема. Ол – олиготрофный, Мт – мезотрофный, Эт – эвтрофный.

Таким образом, современное состояние водоема характеризуется выраженными процессами антропогенного эвтрофирования, что выражается в высоких летних концентрациях планктонного хлорофилла «а», многократно превышающего фоновые показатели. Очевидно, высокая минерализация воды и присутствие токсических элементов не снижает уровня развития фитопланктона в связи с постоянным притоком биогенных элементов (P, N). Интенсивное развитие фитопланктона создает мощную кормовую базу для последующих трофических уровней, что объясняет присутствие в водоеме популяции ряпушки сравнительно крупных размеров. Современный трофический статус водоема по уровню содержания хлорофилла оценивается как мезотрофный с признаками эвтрофного.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОБОТАНИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Третьякова С.Ю., Завалко С.Е.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра экологии и защиты окружающей среды, yrisvet@mail.ru*)

Possibility to use wetland with sedge for the fish-processing sewage aftertreatment was investigated. Results of the laboratory and field measurements have shown the high efficiency of the sedge treatment activity. Up to 89% nitrogen and 87% phosphorus were fixed by the sedge vegetation during experiment. The average time of treatment come to 8 days. Treatment activity of wetland's one square meter, and wetland total dimensions were calculated.

Существенной проблемой организации очистки сточных вод пищевых производств является низкая эффективность удаления остаточных форм органики, минеральных форм азота и фосфора в пределах стандартной технологической схемы очистки. В результате, в природный водоем попадают значительные количества минеральных форм азота и фосфора, вызывая крайне нежелательные явления эвтрофирования, что ухудшает санитарно-эпидемиологическое состояние водоема, снижает его продукционный, водохозяйственный и рекреационный потенциал. Проводимые многолетние биоэкологические исследования состояния экосистем Кольского залива показали крайнюю степень их повреждения, главной причиной которого является недостаточная степень очистки промстоков, поступающих в залив.

Эффективным способом решения данной проблемы может стать доочистка стоков на ветлэндах – искусственно заболачиваемых участках с высаживаемой высшей водной растительностью (осоки, камыш, рогоз, тростник и т.п.), которая используется в данной гидрботанической технологии как основной очищающий элемент. Применение технологии ветлэндов для доочистки стоков позволяем эффективно дополнять стандартную схему очистки стоков пищевого производства, прежде всего, в части изъятия минеральных форм биогенов, а также других компонент загрязнения. Сооружения гидрботанической очистки не требуют высоких материальных затрат, достаточно просты в обслуживании и обеспечивают снижение на 70-90% содержание взвешенных веществ, на 50-70% фосфора, на 40-90% тяжелых металлов и на 96% экстрагируемых углеводов.

Изначально в практике водоотведения подобные способы применялись на полях орошения и полях фильтрации, причем сущность процесса такой очистки заключается в контакте сточных вод с микроорганизмами почвенного слоя и корневой системой растительности. В процессе роста растения используют различные формы азота и фосфора, а также накапливают в своей биомассе остальные токсиканты. Поля орошения рекомендовались для сооружения во всех климатических зонах, за исключением районов Крайнего Севера и районов вечной мерзлоты.

В мировой практике очистки сточных вод гидрботанические технологии используются достаточно давно, в литературе описаны результаты внедрения подобных технологий для очистки промышленных, бытовых, животноводческих, ливневых, рудничных, сточных вод производства минеральных удобрений, целлюлозно-бумажной промышленности, для очистки каналов и русла рек, для очистки вод транспортно-дорожного комплекса и т. п.

На протяжении ряда лет в ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», на кафедре экологии и защиты окружающей проводятся научные

исследования возможности применения гидроботанического метода очистки сточных в условиях Заполярья. Первый опыт применения искусственного болота – биоплато, построенного ГОУП «Мурманскводоканал» на КОС в поселке Шонгуй Мурманской области для очистки коммунальных стоков, показал перспективность внедрения таких технологий.

В литературе не встречается описание опыта применения технологии ветлэндов для условий Крайнего севера, также отсутствуют сведения для доочистки стоков рыбоперерабатывающих предприятий.

**Целью настоящей работы** послужило исследование возможности применения технологии ветлэнда для доочистки стоков рыбоперерабатывающего производства а также возможности и степени изъятия биогенных веществ из этих вод в климатических условиях Крайнего Севера.

Как известно, сточные воды рыбоперерабатывающих производств содержат значительное количество легко окисляемой органики, азот- и фосфорсодержащие соединения, хлориды, которые в процессе очистки трансформируются из одной формы в другую. Удаление их в существующих технологиях очистки проблематично.

В сточных водах ООО «Завод Протеин», г. Мурманск, наблюдается значительное (в 2-7 раз) превышение предельно-допустимых значений сброса по всем нормируемым показателям, поэтому имеется необходимость улучшения степени очистки, которая может быть достигнута с помощью организации участка искусственного болота.

На предприятии предусмотрены общие очистные сооружения первичной (механической) и вторичной (биологической) очистки. Принципиальная схема очистки производственных сточных вод ООО «Завод Протеин» представлена на рисунке 1. Сброс очищенных сточных вод производится в Кольский залив, являющимся водоемом рыбохозяйственного назначения. Как следует из схемы, данная технология не предполагает изъятия минеральных форм азота и фосфора. Кроме того, остается возможность попадания в водоем остаточных количеств органики. В данную схему пунктиром включена предполагаемая ступень третичной очистки.

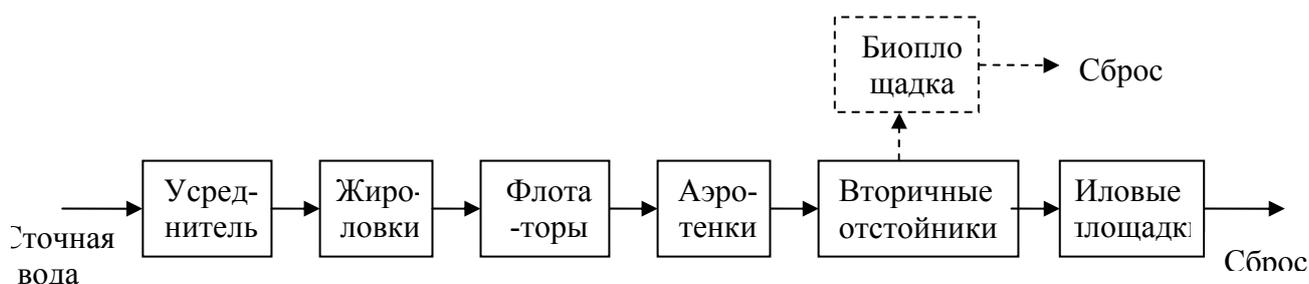


Рисунок 1. Схема очистки производственных сточных вод ООО «Завод Протеин». Объяснения в тексте

В ходе исследования, разделенного на несколько этапов, были выявлены перспективные для выращивания макрофиты (осока водная *Carex aquatilis wahlend* и осока *Carex sp*), изучены динамика накопления общего азота в биомассе, определен оптимальный способ высадки растений, время задержания и уровень доочищаемых сточных вод, исследована эффективность работы блоков биоплато доочистки бытовых сточных вод при различных режимах эксплуатации.

Таблица 1 – Итоговая таблица результатов эксперимента

Результат опыта	Естественные условия		Лабораторные условия	
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2
<b>БПК</b>				
Время задержания	5 суток	5 суток	5 суток	5 суток
Эффективность очистки	22%	23%	32%	28%
<b>Аммоний</b>				
Время задержания	8 суток	7 суток	12 суток	12 суток
Эффективность очистки	45%	89%	53%	89%
<b>Нитраты</b>				
Время задержания	10 суток	10 суток	20 суток	20 суток
Эффективность очистки	52%	60%	83%	84%
<b>Нитриты</b>				
Время задержания	8 суток	8 суток	6 суток	16 суток
Эффективность очистки	40%	61%	52%	4%
<b>Фосфаты</b>				
Время задержания	8 суток	12 суток	16 суток	8 суток
Эффективность очистки	87 %	70%	84%	53%

Для определения возможности применения гидроботанического метода очистки для сточных вод пищевых производств был проведен эксперимент на сточных водах завода ООО «Протеин». Основная цель проведения эксперимента – определение возможности адаптации осоковых растений к специфичным сточным водам рыбопромышленного производства. Задачи эксперимента: определение степени изъятия биогенных элементов из сточных вод; определение накопления соединений азота и фосфора в биомассе растительности; определение технологических параметров организации и функционирования биоплощадки; построение алгоритма расчета биоплощадки на основе экспериментальных данных.

Для исследования была собрана экспериментальная установка, представляющая собой емкости с высаженными осоковыми растениями и устройством для осуществления протока сточной воды (рисунок 2).

Посадочным материалом служили кочки с осоковыми растениями, приведенные к одинаковому объему, с которых была удалена прошлогодняя растительность. Растения предварительно были адаптированы в искусственных условиях в течение двух недель. С появлением молодых побегов кочки с осокой поместили в емкости объемом 5 л, куда заливали биологически очищенные сточные воды завода ООО «Протеин».

Эксперимент проводился в двух параллелях: в условиях лаборатории, и в естественных условиях. С периодичностью один раз в три дня производился отбор проб воды с целью определения содержания ионов аммония, нитратов, нитритов и фосфатов. Объем сточных вод пополнялся до исходного уровня. Для определения содержания азота и фосфора в растениях по окончании эксперимента через двадцать пять суток растения были срезаны, измерены их линейные и массовые характеристики, затем высушены до постоянной массы и проанализированы на содержание азота и фосфора.

Сточная вода анализировалась по следующим показателям: БПК, аммонийный азот, нитриты, нитраты, фосфаты.

Анализ сточных вод проводился с целью определения способности макрофитов к изъятию биогенных веществ - азота и фосфора.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

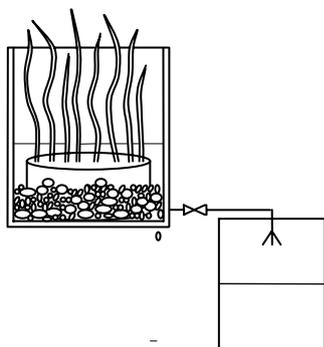


Рисунок 2 – Экспериментальная установка с гравийной засыпкой.

### **Выводы.**

Проведенные эксперименты показали положительную динамику поглощения высшей водной растительности всех форм азота и фосфатов. Достигнутая эффективность доочистки 40-89%. По результатам эксперимента было определено среднее эффективное время задержания сточных вод на биоплощадке для всех элементов биогенных веществ. Оно составляет от 6 до 12 суток, для дальнейших расчетов было принято среднее эффективное время задержания – 8 суток.

На основании полученных экспериментальных данных по содержанию общего азота и фосфора в сточных водах рыбоперерабатывающего производства был произведен расчет суммарного значения изъятия общего азота, определена продуктивность 1 м<sup>2</sup> биоплощадки, и определены конструктивные размеры искусственного болота.

## ПОИСК НОВЫХ ПРИРОДНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Углова Н.В., Васильева Ж.В. (МГТУ, кафедра экологии и ЗОС, [nina-uglova@rambler.ru](mailto:nina-uglova@rambler.ru))

Актуальной экологической проблемой рыбных промышленных производств остается очистка сточных вод (СВ), образующихся на различных стадиях технологических процессов при переработке рыбного сырья.

Современные пищевые предприятия потребляют большое количество воды, 95 % которой удаляется из производственных цехов в виде сильно загрязненных промышленных стоков. Так, объемы сточных вод после обработки сырья в несколько раз превышают количество самого обрабатываемого сырья. В результате состав сточных вод представляет собой сложные полидисперсные системы: белковые и небелковые вещества, жир, минеральные вещества (соли фосфора, калия, марганца и другие), витамины А, С, Д, В, В<sub>2</sub> и ферменты. По данным исследований весомую часть загрязнений сточных вод рыбоперерабатывающих производств (РПП) составляют белок и белковые вещества от 1,5 до 2 г/л.

На данный момент одним из способов очистки воды от белковых загрязнений являются методы коагуляции и флокуляции. Применение неорганических коагулянтов обладает рядом недостатков: невозможность во многих случаях обеспечить нормируемое количество токсичных катионов металлов ( $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ ) в очищенной воде; значительный расход коагулянтов, в результате чего повышается коррозионная активность воды. И, наконец, применение синтетических коагулянтов делает невозможным дальнейшую утилизацию белковых отходов в качестве кормовых добавок, а это является одним из основных направлений их использования.

Поэтому была рассмотрена возможность использования флокулянтов на основе природных веществ для очистки сточных вод рыбоперерабатывающих производств.

В технологических сточных водах РПП белок содержится в неденатурированном состоянии, поскольку сточные воды не подвергались термической или химической обработке и значит, могут использоваться в качестве органического реагента, снижающего агрегативную устойчивость дисперсной системы сточных вод подверженных термообработке.

В ходе исследований, технологические сточные воды добавляли в термообработанные СВ с температурой  $70 \pm 2^\circ C$ , затем смесь нагревали до температуры  $90 \pm 2^\circ C$ , а затем резко охлаждали до  $12^\circ - 15^\circ C$ . Нагревание смеси до температуры  $90^\circ C$  позволяет интенсифицировать процесс агрегатирования неденатурированных белков технологической жидкости с денатурированными термообработанной, а резкое охлаждение – ускорить отделение образующихся сфлокулированных загрязнений.

Таким образом, при введении в горячую жидкость с агрегативным белком системы, содержащей нативный белок (технологической сточной воды), происходит его быстрая денатурация, приводящая к образованию агрегатов больших размеров, которые меняют стабильность системы СВ, агломерируют и выделяются в виде хорошо сформированного осадка.

Возможность использования технологических СВ как флокулянта для термообработанных сточных вод обусловлена следующими результатами исследования: значения показателей после очистки технологической сточной водой значительно уменьшились по взвешенным веществам от 3138 до 129 мг/дм<sup>3</sup>, БПК от 458 до 88 мг/дм<sup>3</sup>.

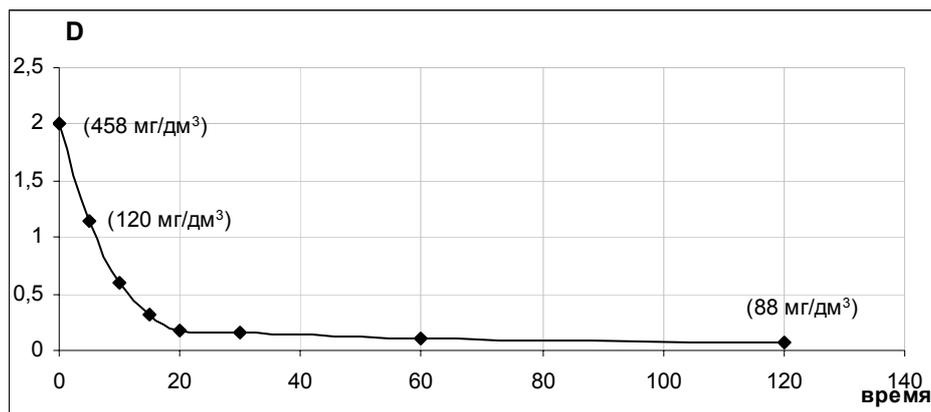


Рисунок 1 – Эффективность очистки сточных вод в системе термообработанная – технологическая СВ (в скобках на графике приведены значения БПК<sub>5</sub> для показателей D 2,00; 1,153; 0,079).

Как известно, мутность – наиболее оперативный, чутко реагирующий на нарушения, показатель качества очистки. Мутность производственных СВ в значительной мере обусловлена присутствием в них грубодисперсных и коллоидных частиц. Эффективность флокулирующего действия при введении нативной жидкости в термообработанную сточную воду оценивали, определяя оптическую плотность надосадочной жидкости D после флокуляции в течении 2 ч на ФЭК КФК-2 при 540 нм.

На рисунке 1 приведена зависимость оптической плотности сточной воды при введении нативной жидкости в качестве флокулянта в соотношении 1:0,5 (нагретая система – технологическая СВ). Анализ приведенной зависимости показывает, что существенное падение показателя мутности происходит уже в первые 10...15 минут с момента начала флокуляции, однако оптимальное время отстаивания составляет 2 ч. Выявлено, что изменение мутности сточной воды во времени прямо пропорционально изменению оптической плотности надосадочной жидкости. Визуальная оценка эксперимента позволяет сказать о полном осаждении взвешенных веществ до прозрачности жидкости в первые 20 минут после введения флокулянта. Относительно высокие показатели БПК в последующие интервалы времени говорят о присутствии белка в растворенном состоянии.

Суммируя сказанное, отметим, проведенными исследованиями выявлено: использование совокупности сточных вод РПП с нативным и денатурированным белком приводит к нарушению агрегативной устойчивости дисперсной системы, которую представляют собой сточные воды рыбоперерабатывающих производств и эффективному осаждению скоагулированных составляющих СВ, что позволяет говорить о конкурентоспособности синтетическим флокулянтам.

Также предложенный способ очистки сточных вод дает возможность одновременного выделения белкового продукта в качестве кормовой добавки.

### Список литературы:

- 1) Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984.
- 2) Гандурина Л.В. Очистка сточных вод с применением синтетических флокулянтов. – М.: ДАР ВОДГЕО, 2007.
- 3) Шифрин С.М., Хосид Е.В. Очистка сточных вод предприятий рыбоперерабатывающих предприятий. – М.: Пищевая промышленность, 1977.

## ПРЕИМУЩЕСТВА И РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГМО

**Украинская К.В.** (АФ МГТУ, Гэ-371, БФ)

**Королёва И.М.** (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

Распространение генетически модифицированных организмов (ГМО) в мире приобретает все большие масштабы. Трансгеноз осуществляют в самых разных группах организмов – бактерий, растений, грибов, животных. Разнообразны цели создания ГМО. Однако технологии, используемые для получения генетически модифицированных организмов, пока еще не совершенны, что вызывает некоторую опасность для здоровья человека при использовании таких организмов.

Генетически модифицированный организм (ГМО) - это любой организм, за исключением организма человека, обладающий новой комбинацией генетического материала и полученный благодаря использованию методов современной биотехнологии.

Основной целью получения ГМО является улучшение полезных характеристик организма-реципиента для снижения себестоимости конечного продукта.

В работе освещены аспекты проблем производства и распространения ГМ продуктов. Целью данного исследования является изучение вопросов создания и использования ГМО, рисков и биобезопасности в связи с распространением ГМО в России. В работе будут рассмотрены: направления разработок генной инженерии в области создания ГМ продуктов, а так же будут раскрыты положительные и отрицательные моменты их использования; ситуация в России, связанная с использованием ГМО.

Число жителей Земли за последнее столетие увеличилось с 1.5 до 6 млрд. человек, а к 2020 году предполагается вырост до 8 млрд., таким образом, возникает проблема, стоящая перед человечеством. Эта проблема заключается в огромном увеличении населения, несмотря на то, что за последние 40 лет производства продуктов питания увеличилось в 2.5 раза, этого не достаточно, поэтому в некоторых странах третьего мира в связи с этим наблюдается голод. Другая проблема возникла с медицинским лечением. Несмотря на значительные успехи современной медицины, производимые сегодня лекарственные препараты столь дороги, что  $\frac{3}{4}$  населения земли сейчас полностью полагаются на традиционные донаучные методы лечения, прежде всего на неочищенные препараты растительного происхождения.

В развитых странах лекарственные средства на 25% состоят из природных веществ, выделенных из растений. Открытия последних лет (противоопухолевые препараты: таксол, подофиллотоксин) свидетельствуют о том, что растения еще долго будут оставаться источником полезных биологически-активных веществ (БА), и что способности растительной клетки к синтезу сложных БА все еще значительно превосходят синтетические способности инженера-химика. Вот почему ученые взялись за проблему создания трансгенных растений.

В настоящее время, сложились несколько основных направлений создания и использования ГМ-культур, каждое из которых имеет как свои потенциальные преимущества, так и риски связанные с их использованием:

- устойчивость (толерантность) к гербицидам;
- устойчивость к насекомым-вредителям;
- устойчивость к вирусным, грибковым и бактериальным болезням;
- улучшенные качественные характеристики.

Разработаны различные методы переноса генов в клетки животных и получены трансгенные особи у млекопитающих, низших позвоночных и беспозвоночных животных.

Преимущества ГМ - продуктов очевидны: они не подвержены вредному влиянию бактерий, вирусов, отличаются высокой плодovitостью и длительным сроком хранения. Неочевидны последствия их употребления: учёные-генетики пока не могут ответить на вопрос, безвредны ли генетически модифицированные продукты для человека.

Некоторые примеры выявленных опасностей ГМ-продуктов:

- По данным исследований, проведенных в Университете Урбино (Италия) в 2002 г., у мышей, которым скармливалась ГМ-соя, наблюдались изменения в печени и нарушения ее функций.
- В марте 2007 года в Париже состоялась прессконференция группы ученых из Комитета по независимой информации и исследованиям в области геномной инженерии (Париж), Института биологии Университета Каена, Университета Руана (Мон-Сент-Энъян), проводивших независимую проверку данных компании «Монсанто» по реализуемой ею трансгенной кукурузе. В ходе исследования изучалось влияние ГМ-кукурузы MON 863 на подопытных животных. Эта ГМ-культура содержит ген земляной бактерии Cry3Bb1, кодирующий выработку токсина, отпугивающего диабротику (насекомого-вредителя).

Продукт, уже одобренный для питания населения в Европейском Союзе (ЕС) и России, оказался токсичным для печени и почек. Французские ученые заявили, что «Монсанто» использовала такие методы статистического анализа, которые позволили ей скрыть серьезные нарушения, обнаруженные в организмах крыс, употреблявших трансгенную кукурузу. Таким образом, выявленные отрицательные последствия показали, что создание генетически модифицированных (ГМ) продуктов является до настоящего времени достаточно противоречивым и требует дальнейших исследований.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО НА СЕВЕРЕ

**Кригер К.О.** (АФ МГТУ, Гэ-461, БФ)

**Ахтулова Е.М.** (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

В результате проведенных исследований были изучены перспективы возделывания козлятника восточного на севере.

Одной из важнейших проблем сельского хозяйства является увеличение производства кормов, улучшение их качества и энергонасыщенности.

Высоким остается дефицит белка в кормовых рационах, что является сдерживающим фактором роста продуктивности животноводства.

В связи с этим важное значение приобретает организация адаптивного кормопроизводства путем подбора культур и интродукции новых видов, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы зоны, организация конвейерного производства кормов с включением нетрадиционных культур.

Альтернативной культурой люцерне и клеверу является козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.), он характеризуется высокой экологической пластичностью и адаптивностью, сочетает высокую продуктивность с кормовыми достоинствами, рационально использует агроклиматические условия, обладает устойчивым семеноводством, повышает плодородие почвы, ценен как предшественник.

Морфологические и биологические особенности:

- сильно развитая корневая система, проникающая на глубину 50 - 80 см;
- кусты высотой 100-150 см с 10-18 слабо-полегающими стеблями;
- стебель прямостоячий, полый, ветвится в верхней части, имеет 7-14 междоузлий;
- крупные (длина 15—30 см), сложные, непарноперистые листья;
- соцветие — прямостоячая кисть длиной 15—20 см с 25—75 крупными синевioletовыми цветками;
- плод - линейный, слабоизогнутый, сильнозаостренный к концу, светло- или темно-коричневый боб с тремя—семью семенами, нерастрескивающийся и неоппадающий;
- семена — почковидные, оливковой окраски.
- озимого типа, в год посева зацветают отдельные экземпляры. Развитие и рост его наблюдаются на второй и последующие годы;
- требователен к свету, особенно в начале роста;
- отличается высокой холодо- и зимостойкостью, переносит суровые зимы (до  $-25^{\circ}\text{C}$ ), выдерживает заморозки (до минус 3—5  $^{\circ}\text{C}$ );
- не выносит близкого залегания грунтовых вод;
- предпочтителен плодородные, рыхлые и влажные почвы;
- посева удаются на черноземных и на дерново-подзолистых и дерново-карбонатных (суглинистых и супесчаных) почвах;
- реакция почвенного раствора, как и для других бобовых культур, должна быть близкой к нейтральной.

Хозяйственно-полезные свойства козлятника восточного:

- пластичность, может произрастать во всех сельскохозяйственных регионах страны;
- высокая зимостойкость; переносит бесснежные зимы с температурой до  $-25^{\circ}\text{C}$ , при снежном покрове 10-15 см – до  $-40^{\circ}\text{C}$ ;
- холодостойкость; выдерживает заморозки до  $-5 -7^{\circ}\text{C}$ ;
- уникальная биологическая способность - корнеотпрысковая корневая система, за счет чего формируется самовозобновляющийся агроценоз;

- продуктивное долголетие -10-15 лет и более;
- высокая продуктивность (за два укоса - до 60-70 т/га зеленой массы, 10-15 т/га сена); повышенная питательная ценность - концентрация обменной энергии 10,5-11,2 МДж/кг сухого вещества, 150-270 г переваряемого протеина в кормовой единице;
- стабильное семеноводство, урожайность семян - 6-12 ц/га. При созревании бобы не растрескиваются и не осыпаются;
- листья козлятника в процессе сушки не осыпаются, это с хорошей облиственностью (70-80%) способствует получению качественного сена;
- продуктивное использование осенне-зимних запасов влаги способствует формированию урожая 1-го укоса вне зависимости от метеорологических условий;
- раннее отрастание (20-25 мая урожай составляет 20-30 т/га);
- хорошая отавность, листья при заготовке сена не осыпаются;
- повышает плодородие почвы (оставляет в почве 400-800 кг/га биологического азота);
- хороший предшественник в севообороте, прибавка урожая яровых культур составляет 10-16 ц/га, картофеля - до 60-80 ц/га, проса, гречихи - до 5-10 ц/га;
- хорошая поедаемость и переваримость всех видов кормов;
- не вытаптывается при пастьбе;

Благодаря этим свойствам козлятник восточный является более перспективной кормовой культурой, чем большинство многолетних трав. И соответственно целесообразно увеличивать площадь возделывания этой культуры в сельскохозяйственных угодьях.

## РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ БЕЗДОМНЫХ ЖИВОТНЫХ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖОМ

**Фарион Д.А.** (АФ МГТУ, Гэ-371, БФ)

**Королёва И.М.** (АФ МГТУ, кафедра геоэкологии)

Проблема бездомных собак как доминирующего хищника в видовом составе фауны природных ландшафтов, оказывающего лимитирующее влияние на различные виды дикой фауны, в мире достаточно хорошо известна.

Однако до сих пор в мире остается относительно малоизученной проблема межвидового взаимодействия собак и кошек, обитающих в уличной среде городов - так называемых бездомных собак и кошек. Под бездомными имеются в виду все типы уличных собак и кошек, социально ориентированные как на человека (условно-безнадзорные, потерявшиеся, выброшенные), так и на своих сородичей (одичавшие, бродячие).

Следует учесть, что степень присутствия в каком-либо городском районе того или иного типа бездомных животных сильно зависит от характера экологической среды данного района, что связано с разными приоритетными путями добывания пищи (прикармливание людьми, помойки, охота) и различным отношением животных к соседству с человеком. Из-за этого, например, одичавшие и бродячие собаки, кормящиеся в основном на помойках и охотой на более мелких животных, преимущественно сторонящиеся людей, как правило, обитают на городских окраинах и пустырях. Их плотность значительно ниже в районах многоэтажной застройки, где, наоборот, высока плотность условно-безнадзорных, потерявшихся, выброшенных собак, прикармливаемых людьми.

Представляется целесообразным рассмотреть проблему межвидовых взаимодействий в ситуации, близкой к реальности, когда одновременно в уличной городской среде присутствует некоторая совокупность различных типов собак и кошек, и таким образом получить усредненную оценку.

Цель данной работы состоит в проведении обзора мирового опыта в решении проблемы бездомных животных. Цель определяет задачи исследовательской работы:

- 1) определить основные экологические последствия деятельности бродячих собак для человека и природной среды в целом;
- 2) выявить основные причины возникновения проблем бездомных животных и их последствия для населения городов;
- 3) определить основные способы решения проблем бездомных животных в зарубежных странах;
- 4) рассмотреть территориальные связи и поведение бездомных собак;
- 5) выявить основные решения проблемы роста численности бродячих собак в пределах мегаполиса;
- 6) сравнить опыт зарубежных стран в решении проблем бездомных животных с опытом Российской Федерации;
- 7) изучить типологию основных экологических типов бездомных собак.

Бродячие и одичавшие собаки регистрировались с начала 60-х до конца 70-х годов более чем в 18 областях, краях и 4 автономных республиках Российской Федерации, а также на Украине, в Грузии, Азербайджане, Казахстане, республиках Средней Азии. Собаки занимали место волка в природе и жили преимущественно на территории, свободной от волков или редко посещаемой ими. При низкой плотности волков — иногда вместе с одиночными волками и волко-собачьими гибридами. Подобные экологические сукцессии всецело вызваны деятельностью человека, не в его силах предотвратить распространение этого явления.

Следует учесть, что степень присутствия в каком-либо городском районе того или иного типа бездомных животных сильно зависит от характера экологической среды данного района, что связано с разными приоритетными путями добывания пищи (прикармливание людьми, помойки, охота) и различным отношением животных к соседству с человеком.

Таким образом, в экономически развитых странах борьба с бездомными животными осуществляется по нескольким направлениям:

- создание системы учета, регистрации домашних животных и обязательная покупка лицензии на право заводить животное;
- стерилизация животных;
- организация приютов, в которых содержат потерявшихся животных, а также осуществляются операции по стерилизации и проводятся активные действия по поиску новых владельцев с целью уменьшения количества усыпленных животных;
- установление правил по содержанию животных в жилом помещении и на прогулке;
- работа по просвещению и обучению населения и персонала приютов.

Следует отметить, что уменьшение числа бездомных животных происходит постепенно, в течение нескольких лет. Успех реализации программы во многом зависит от уровня сознательности граждан, их уважения к правам животных.

В целом господствующая сегодня парадигма мышления в отношении к домашним и бездомным животным за рубежом – гуманистическая, чего нельзя сказать о нашей стране.

## ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ ЯКОТЬ

**Ханыгина С.С., Янушко Е.О., Иванёха Е.В.** (пос. Рыбное Московской области, Астраханский государственный технологический университет, Дмитровский филиал, кафедра экологии, e-mail: [elena\\_ivaneha@mail.ru](mailto:elena_ivaneha@mail.ru))

**Abstract.** Yakot' river is the small river in Dmitrov region of Moscow Area. Hydrochemical parameters of Yakot' river were determined in 2008-2009. Increased levels of ammonium and nitrites were detected in all studied reaches of river. Ammonium content as high as 20,6 MPC was found in river water near effluent discharge point. Cooper and zinc levels amounted to 18,7 MPC and 16,3 MPC, respectively, near the road bridge.

Серьезной экологической проблемой является трансформация и деградация малых рек, составляющих основу гидрографической сети. Например, в Московской и Калужской областях за последние 100 лет количество малых рек уменьшилось на 30%. Из-за разрушения берегов, загрязнения, заиления резко изменились условия формирования и качество речного стока. Основными источниками загрязнения рек являются сточные воды, поступающие с сельских территорий, а также ливневый сток и поверхностно-склоновый сток с сельскохозяйственных территорий.

Река Якоть входит в речную систему р. Волги, являясь левым притоком р. Дубна. Данная река имеет все признаки малых равнинных рек Подмосковья. Исток р. Якоть находится примерно в 1,5 км от д. Буславль, северо-западнее г. Дмитрова, в болоте Большое Кусковское. Устье реки расположено в центре поселка Вербилки Талдомского района, где она впадает в р. Дубна. Общая протяженность реки составляет около 35 км (из них по Дмитровскому району - 32,2 км, по Талдомскому району - 2,5 км). Река имеет 6 крупных притоков. Подпитывают её также осадки, талые и родниковые воды. Площадь водосбора р. Якоть составляет 170 000 км<sup>2</sup>.

Около д. Скриплево река подпирается плотиной и питает Жестылевское водохранилище, которое, в свою очередь, подпитывает Головной пруд ЦЭО ВНИИПРХ "Якоть". Затем река возвращается в русло, протекает через территорию прудового хозяйства ЦЭО и подходит к оросительным каналам и сильно заболоченным участкам. Выходя из каналов, она продолжает свое течение по лесному массиву до Вербилков и р. Дубна.

В 2008 и 2009 гг. было проведено исследование гидрохимических показателей на первой половине р.Якоть, от истока до оросительных каналов в районе д. Непейно. Пробы воды в 2008 году отбирали в следующих местах (створах):

- № 1 – исток (болото Большое Кусковское)
- № 2 – у моста по дороге к д. Буславль
- № 3 – у моста в с. Якоть
- № 4 – у д. Скриплево (водохранилище);
- № 5 – у плотины в с. Жестылево;
- № 6 – у моста на дороге от пос. Рыбное к д. Прудцы;
- № 7 – у моста до места сброса из очистных сооружений;
- № 8 – после места сброса сточных вод с очистных сооружений.

В 2009 году пробы отбирали в шести створах из восьми. Было также изменено расположение створа № 4 – он был перенесен вверх по течению, на участок до расширения русла реки и образования водохранилища.

В этих пробах воды определяли рН, содержание соединений азота, железа и тяжелых

металлов (ТМ). Кроме того, летом 2009 года дополнительно были взяты пробы донных отложений для анализа тяжелых металлов

Для определения водородного показателя воды использовали портативный рН-метр. Содержание аммония в воде определяли с реактивом Несслера, содержание нитритов – с реактивом Грисса. Определение содержания нитратов проводилось с помощью тест-системы «Нитраты». Содержание тяжелых металлов и железа в воде и донных отложениях определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на ААС «КВАНТ-2А».

В качестве критериев качества воды использовали нормативы (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов (Перечень..., 1999).

Полученные результаты представлены в таблицах 1-6.

Водородный показатель воды в створах №№ 1 и 2 был ниже нормативных значений, вода здесь слабокислая. Это объясняется присутствием гумусовых кислот в почве и болотных водах, подпитывающих реку у истока. Дальше по течению рН повышается до слабощелочных или нейтральных значений (табл. 1).

Содержание аммония повышалось до уровня ПДК в створах 3 и 4 летом и осенью 2008 года, в створах 7 и 8 – только летом. В 2009 г. повышенное содержание аммония отмечено в воде всех створов (табл. 2). Постоянное и самое значительное повышение содержания аммония имело место в створе 8 (до 20,6 ПДК). Самое вероятное объяснение – увеличение объемов сброса сточных вод и/или ухудшение их очистки.

Содержание нитритов в речной воде было низким в створах 1, 2 и 4. В остальных створах их концентрация в отдельные периоды была выше ПДК. Постоянное (за исключением лета 2008 г.) повышение содержания нитритов отмечено в створе 6 (табл. 3).

Таблица 1. Водородный показатель воды в р. Якоть.

№ створа	Июль 2008	Июнь 2009	Июль 2009	Октябрь 2009	Нормативные значения
1	6,0	5,8	5,4	-	6,5-8,5
2	6,2	6,0	7,1	6,0	
3	7,6	7,9	7,6	7,2	
4	8,1	9,0	7,6	6,4	
5	8,2	-	-	-	
6	8,0	7,9	7,6	7,4	
7	8,0	-	-	-	
8	8,2	7,5	7,4	7,5	

Таблица 2. Содержание аммоний-иона (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, мг/дм<sup>3</sup>) в воде р. Якоть.

№ створа	Июль-июль 2008	октябрь 2008	июнь 2009	июль 2009	октябрь 2009	ПДК
1	н/о*	0,1	0,3	2,6	-	0,5
2	н/о	0,1	0,5	2,6	2,6	
3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	
4	0,5	0,5	н/о	1,0	0,3	
5	-	0,3	-	-	-	
6	-	0,3	0,3	1,0	0,5	
7	0,5	0,3	-	-	-	
8	0,5	0,1	2,6	10,3	10,3	

\* - ниже предела обнаружения метода

Таблица 3. Содержание нитритов (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>) в воде р. Яכותь.

№ створа	Июнь-июль 2008	октябрь 2008	июнь 2009	июль 2009	октябрь 2009	ПДК
1	н/о	н/о	н/о	н/о	-	0,08
2	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	
3	0.13	0,007	0.066	0,066	н/о	
4	0.007	0,003	0.003	0,066	н/о	
5	0,003	0,13	-	-	-	
6	0,013	0,23	0.13	0,23	0,13	
7	0,13	0,13	-	-	-	
8	0,007	0,23	н/о	н/о	0,066	

 Таблица 4. Содержание нитратов (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>) в воде р. Яכותь.

№ створа	Июнь-июль 2008	октябрь 2008	июнь 2009	июль 2009	октябрь 2009	ПДК
1	н/о	н/о	н/о	н/о	-	40
2	н/о	н/о	н/о	н/о	1,0	
3	-	20	5.0	1	5,0	
4	-	1	5.0	1	5,0	
5	10	10	-	-	-	
6	10	20	10.0	н/о	5,0	
7	-	10	-	-	-	
8	-	10	1	1	5,0	

Таблица 5. Содержание тяжелых металлов и железа в воде р.Яכותь.

№ створа	Cu			Zn			Fe	
	Лето 2008	Осень 2008	Июнь 2009	Лето 2008	Осень 2008	Июнь 2009	Лето 2008	Осень 2008
1	0,0029	н/о	0,0163	0,006	0,001	0,048	0,755	0,082
2	0,0041	0,0012	0,0152	0,032	0,043	0,038	1,350	0,121
3	0,0187	н/о	0,0145	0,163	0,007	0,004	0,067	0,025
4	н/о	0,0008	0,0023	н/о	0,008	0,002	н/о	0,012
5	н/о	0,0013	-	н/о	н/о	-	н/о	н/о
6	н/о	н/о	0,0037	н/о	н/о	0,019	0,014	0,012
7	н/о	0,0014	-	н/о	0,019	-	0,067	0,009
8	0,0025	н/о	н/о	н/о	0,001	0,013	н/о	0,082
<b>ПДК</b>	<b>0,001</b>			<b>0,01</b>			<b>0,1</b>	

Содержание нитратов не превышало ПДК ни в одном из створов на протяжении всего периода исследований (табл. 4).

Данные о содержании тяжелых металлов в воде р. Яכותь представлено в таблице 5, в донных отложениях – в таблице 6.

Содержание никеля и кадмия в воде р. Яכותь не превышало ПДК как в 2008, так и в 2009 году. Свинец летом 2009 года обнаружен только в створе 4 в июле (около 7 ПДК).

Концентрация меди в разной степени превышает рыбохозяйственный норматив в воде всех створов (табл. 5); максимальное превышение ПДК, в 18,7 раз, было зафиксировано на створе № 3 (мост в с. Яכותь).

Таблица №6. Содержание ТМ в донных отложениях р. Якоть (лето 2009 г.)

Створы и время отбора проб		Тяжелые металлы, мг/кг				
		Zn	Cd	Cu	Pb	Ni
1	июнь	2,53	0,14	0,26	3,18	0,24
	июль	7,70	0,19	10,25	5,47	2,93
2	июнь	1,94	н/о	0,67	0,97	0,44
	июль	2,41	н/о	0,94	0	0,73
3	июнь	3,22	н/о	0,95	2,91	н/о
	июль	1,41	н/о	1,10	н/о	0,33
4	июнь	3,3	н/о	1,96	н/о	0,95
	июль	6,17	0,01	5,28	2,26	1,92
6	июнь	3,26	0,04	1,50	1,07	0,32
	июль	4,86	н/о	4,09	0,04	0,91
8	июнь	3,82	н/о	0,81	1,44	0,71
	июль	1,86	н/о	1,39	н/о	н/о
<b>ОДК</b>		<b>110,0</b>	<b>1,0</b>	<b>66,0</b>	<b>65,0</b>	<b>40,0</b>

Концентрация цинка в воде выходила за пределы ПДК на створах 1, 2, 3 и 7 и достигала максимального значения летом 2008 года (табл. 5), превышая ПДК в 16,3 раз на створе № 3 (мост в с. Якоть).

Содержание растворенных форм железа было значительно больше нормативного на 1 и 2 створах, максимальный выход за пределы ПДК отмечен в створе № 2 (мост у Буславля), где превышение ПДК летом 2008 г. достигало 13 раз (табл. 5)..

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях р. Якоть было довольно низким (табл. 6), гораздо ниже ОДК (Черных, Овчаренко, 2002).

Полученные результаты позволяют сделать заключение, что качество воды в р. Якоть не соответствовало рыбохозяйственным критериям по одному или нескольким показателям на всех обследованных участках. Самая благополучная ситуация была на водохранилище около д. Скриплево, где только содержание аммонийного азота достигало уровня ПДК. Самые высокие концентрации меди и цинка в воде реки обнаружены около моста в с. Якоть, а железа – около моста по дороге на Буславль. Содержание аммония достигало 20,6 ПДК в створе 8, около места сброса сточных вод с очистных сооружений. Высокое содержание меди, цинка и железа в сочетании с пониженным значением рН наблюдалось в районе истока (створ 1). По-видимому, на этих участках реки Якоть на качество воды влияют разные процессы: у истока – природные, около инженерных сооружений – в большей степени антропогенные.

#### Список литературы:

- 1) Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.
- 2) Черных Н.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах / Н.А. Черных, М.М. Овчаренко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.

## **УХУДШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Щеглова С.Ю.** (МГТУ, ГЭ-371)

**Королева И.М.** (МГТУ, кафедра геоэкологии)

Проведенное исследование посвящено изучению зависимости ухудшения экологической ситуации региона и изменения социальной структуры населения Мурманской области.

Данная тема представляется актуальной по нескольким причинам: во-первых, изменение социальной структуры населения региона не вызывает положительных тенденций. Во-вторых, сложность экологической обстановки в области. Неблагоприятные природно-климатические условия, огромное количество промышленных предприятий, которые осуществляют сбросы и выбросы различных загрязняющих веществ в окружающую среду, представляют определенную угрозу для здоровья населения.

Таким образом, объектом исследования является население Мурманской области. Предметом – структура населения региона, а также влияние экологической ситуации на ее изменение.

Цель работы состоит в том, чтобы выявить зависимость между ухудшением экологической обстановки региона и изменением социальной структуры населения Мурманской области.

Приоритетными загрязнителями являются пыль (взвешенные вещества), диоксид азота, оксид углерода, формальдегид, углеводороды (в том числе бенз(а)пирен), диоксид серы. Перечисленные вещества обладают общетоксическим и раздражающим характером действия. При длительном воздействии происходит увеличение хронических заболеваний органов дыхания, особенно с астматическим компонентом. Доказана зависимость частоты острых респираторных заболеваний у взрослых и детей от степени загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, увеличивается частота заболеваний органов пищеварения, угнетается функция щитовидной железы. Оксид углерода способствует увеличению частоты приступов стенокардии.

В 2008 году показатель общей заболеваемости взрослого населения составил 1 375,2 на 1 000 населения, что на 2 % выше, чем в 2004 году. Рост заболеваемости среди взрослых отмечается практически по всем классам болезней. В структуре заболеваемости взрослых по области болезни кровообращения составляют – 17,4 %, болезни органов дыхания - 13,6 %, болезни костно-мышечной системы - 10,4 %, болезни мочеполовой системы - 9,2 %, болезни глаза - 8,4 %, травмы и отравления - 7,5 %.

Таким образом, резко возрастает уровень смертности. В области в 2008 году произошло некоторое увеличение общей смертности населения по сравнению с 2007 годом, и общий коэффициент составил 12,0 на 1000 человек населения, что на 3% выше, чем в 2007 году, и на 6% ниже, чем в среднем по России. За 2008 год население области уменьшилось на 8 429 человек и на 01.01.2009 года составило 842,5 тысячи человек. Высокая смертность населения связана, прежде всего, с преждевременной смертностью от болезней кровообращения, а также высокой смертностью от онкологических заболеваний. Также одним из определяющих факторов сокращения численности населения в области является миграционная убыль.

В условиях невысокого показателя рождаемости, низкого уровня репродуктивного здоровья женщин, ориентации на малодетную семью наиболее актуальна задача сохранения жизни и здоровья новорожденных и снижения младенческой смертности. В течение 2008 г. зарегистрировано 86 детей, умерших до года. Основными в структуре младенческой смертности (56,3%) остаются причины, тесно связанные со здоровьем матери.

А учитывая, что структура населения Мурманской области и России в целом является стареющей, то экологическая обстановка еще больше углубляет процесс старения и влечет повышение уровня нетрудоспособности населения.

Также неуклонно растет уровень миграции населения из Мурманского региона. За 2007 год численность населения 13 субъектов Федерации, относящихся к северным регионам, уменьшилась на 59 тысяч человек. Из них 44 процента составляет миграционный отток населения трудоспособного возраста. Современные демографические тенденции таковы, что не обеспечивается даже простое возмещение выбывающей рабочей силы. Причина сложившейся ситуации в том, что фактически полностью исчезла экономическая и экологически безопасная привлекательность работы на Крайнем Севере.

Для стабилизации социально-экологической ситуации региона государство реализует ряд целевых программ, таких как «Улучшение демографической ситуации в Мурманской области» на 2007-2010 г., «Оздоровление северян» на 2008-2010 г., «Старшее поколение» на 2008-2010 г., а так же «Охрана и гигиена окружающей среды и обеспечение экологической безопасности в Мурманской области» на 2008-2010гг.

Результатом реализации данных программ должны стать как стабилизация социальной структуры региона, так и улучшение экологической обстановки Мурманской области. Тем самым государство стремится создать экологически благоприятные, экономически выгодные и социально привлекательные условия жизни населения.

---

# БИОРЕСУРСЫ, УСТОЙЧИВОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ СУБАРКТИКИ



## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЁМАХ

**Анохина В.С. , Антонова А.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биологии, anohi-  
navs@mstu.edu.ru*)

Both legal, biological aspects and problems of ecological normalization of polluting substances of an anthropogenous origin in water objects of modern Russia are discussed.

Предмет обсуждения продиктован негативной экологической ситуацией в регионе, прежде всего, в водных объектах Кольского полуострова, принимающих производственные сточные воды от многочисленных промышленных предприятий (Анохина, Антонова, 2008).

Природные живые системы крупнейших водоёмов Мурманской области испытывают колоссальные экологические нагрузки и всё труднее справляются с потоком загрязняющих веществ антропогенного происхождения. С ростом экономики и производства неизбежно возрастает количество отходов и, соответственно, загрязнений, тогда как даже самое незначительное вмешательство в функционирование природных систем способно оказать разрушительное действие в силу принципа неизбежности возникновения цепных реакций в биологических сообществах. Даже самые современные производственные процессы на основе малоотходных технологий могут быть опасными для водной среды и её обитателей, поэтому контроль и управление веществом так важны для экологии водоёмов (Строганов, 1968; Лукьяненко, 1987; Патин, 1988; Барышников, Лойт, Савченков, 1991; Newman, 2003; Hodgson, 2004; Гомбоева, Инешина, 2006).

Физико-географические условия Кольского полуострова делят поверхностные пресные воды Мурманской области на две озёрно-речные водные системы (бассейна Баренцева моря и бассейна Белого моря). Озёрно-речные системы полуострова дополняются и связываются между собой обширными водно-болотными угодьями, и поэтому ухудшение состояния отдельных водных объектов вследствие антропогенного загрязнения вызывает определённую тревогу.

Официально зарегистрированный повышенный уровень экотоксикантов в атмосфере, поверхностных и морских водах, является одной из существенных причин неуклонного повышения заболеваемости населения Мурманской области. Например, за период с 1995 по 2005 г.г. численность населения области сократилась на 20 %, а уровень онкологической заболеваемости увеличился за эти 5 лет на 50 %.

В современных условиях человек в состоянии защитить и по возможности защищает свой организм от воздействия водных токсинов. Задача защиты от загрязнений живых обитателей Мирового океана, озёр и рек более сложная и не всегда выполнимая в силу её высокой экономической составляющей. Чистая вода – жизненно необходимый фактор нормального существования биоты, фактор стабильного и устойчивого функционирования природных экосистем. Но даже самые современные производственные процессы на основе малоотходных технологий не гарантируют безопасность водной среды и её обитателей, поэтому контроль и управление веществом чрезвычайно важны для экологии водоёмов.

Базовые принципы систем управления на предприятии экологическими рисками разработаны и заложены в международных стандартах, имеющих универсальный характер и ориентированных на требования национальных законодательств и национальной нормативно-правовой базы. Именно юридический аспект формирования нормативов и стандартов качества вод является важнейшей составляющей национальной политики в области их охраны, поскольку вода признаётся чистой, если её качество соответствует принятым стандартам

(Патин, 1988). Поэтому с юридических позиций является важным знать: кто имеет юридическое право контроля вод на соответствие стандарту или кому оно может быть предоставлено? Поскольку в настоящее время право осуществлять экологический мониторинг имеют только аккредитованные лаборатории, то возникает следующий вопрос: кто имеет право или кому может быть предоставлено право проводить аккредитации? И далее - каковы должны быть обязательные требования к лабораторному оборудованию? к профессиональной подготовке соответствующих специалистов? Однозначного ответа на эти вопросы, к сожалению, не существует.

Хозяйственная значимость оценки токсичности вод с биологических позиций в питьевых и рыбохозяйственных водных объектах обусловила регламентацию сброса химических загрязнителей в соответствующие водоёмы дифференцированными нормативами ПДК (предельно допустимые концентрации) (Строганов, 1968). Для водоёмов, не имеющих питьевого или рыбохозяйственного значения, проблема качества воды, к сожалению, не рассматривается как в юридическом, так и в биологическом аспекте. Вместе с тем, человечество уже пришло к пониманию необходимости охранять все биологические виды, входящие в естественные сообщества, независимо от их промысловой ценности. В этой связи желательно установить полный запрет сброса в водные объекты любых загрязняющих, прежде всего токсических веществ, и в любом количестве. Действующему принципу строгой регламентации поступления в природные водные объекты вредных веществ было бы правильнее и полезнее предпочесть запрет любого нарушения природного состава вод всех без исключения водоёмов. Наша позиция по этому вопросу основывается на известном мнении, что исторически сложившиеся биоценозы невозможно сохранить в водоёмах в их неизменном виде, даже если в водоём поступает сточная вода, очищенная до принятых стандартов.

Таким образом, биологический аспект оценки чистоты воды является наиболее сложным и противоречивым, он ставит ряд спорных вопросов, не имеющих однозначного решения. Например, позитивным или негативным фактором следует считать использование разных стандартов ПДК для водоёмов разной категории пользования? С хозяйственных позиций такой подход, очевидно, следует считать позитивным, тогда как с позиций водной токсикологии и экотоксикологии (изучает развитие негативных эффектов при действии загрязнителей на уровне популяций или экосистемы в целом) сложившаяся практика способствует развитию негативных процессов в водоёмах с менее жёсткими нормативами ПДК.

В этой связи в ряду сложнейших практических задач водной токсикологии и экотоксикологии в современный период находится, наряду с другими, задача нормирования экологической безопасности в водных объектах токсических веществ антропогенного происхождения.

Как известно, в водной токсикологии и экотоксикологии практикуется использование технологических стандартов и норм, регламентирующих качество сбрасываемых в водоём загрязнителей, и экологических норм, критериев, стандартов, которые регламентируют качество водной среды, воспринимающей токсическую техногенную нагрузку (Куценко, 2002; 2004).

Технологические стандарты и нормы опираются на малоотходные технологии, ограничивающие вредные свойства отходов не только по химическим, но и по биологическим (токсикологическим) показателям (обычно по величине LC50 (летальная концентрация) в условиях стандартных биотестов длительностью 24 - 48 час.). Экологические нормативы качества водной среды устанавливают пороги допустимых изменений выбранных параметров и фиксируют допустимые пределы изменения абиотических и биотических показателей в природных условиях и более приемлемы для долгосрочного регулирования хозяйственной деятельности в водном объекте.

Регламентация качества среды по компонентам химического загрязнения осуществляется в России через общепринятую систему нормативов ПДК, определяющих «безопасный уровень, гарантирующий качество среды при условии хронического присутствия того или иного вещества в водной среде» (Патин, 1988). Этот количественный показатель нормирует стандарт качества среды по каждому отдельному загрязнителю. Однако только малая доля уже известных токсикантов нормируется, большая же часть не учитывается и не регламентируется законом, так как установить ПДК для всех наработанных человечеством загрязнителей практически нереально. Кроме того, количественные оценки допустимых (недействующих) уровней для одних и тех же веществ варьируют в пределах нескольких порядков величин из-за различий в методологии нормирования и методологических трудностях контроля их содержания в природных водоёмах.

Практическое применение нормативов ПДК в экологическом нормировании техногенных воздействий в какой-то мере оправдано, так как позволяет вводить систему законодательных ограничений вредных воздействий на природу, однако при ближайшем рассмотрении «борьба с загрязнением через установление нормативов ПДК есть по существу легализация загрязнений в водоемах».

Главнейшим механизмом обеспечения экологической безопасности в водоёмах и оценки риска является общепринятый в России принцип учёта предельно допустимых вредных воздействий на окружающую среду (ПДВВ).

Современная система обоснования и нормирования ПДВВ не является идеальной и постоянно совершенствуется. Тем не менее, практикуемые в России методы учёта ПДВВ не исключают допустимости контаминации, т.е. присутствия в воде, осадках или организмах повышенных, по сравнению с природными, концентраций любых веществ. Например, в отечественной системе экологического нормативно-правового регулирования действует практика установления на длительный период нормативов предельно-допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты (Методика расчёта предельно допустимых сбросов, 1990).

Нормативы ПДС рассчитывают по специальной методике исходя из условий недопустимости превышения ПДК вредных веществ, но с учётом общих объёмов отведения загрязнённых вод за определённый период, а также с учётом разбавления концентрации загрязняющих веществ в контрольном створе водного объекта. В итоге, чем больше загрязнённых вод отводится с предприятия, тем больше загрязняющих веществ попадает в водоём на законных основаниях.

Усугубляет проблему несовершенство учёта ассимилирующей (самоочищающей) способности водоёма. Кроме того, установление ПДС абсолютно не исключает правовой допустимости одноразового сброса в водоём экотоксикантов в концентрации, многократно превышающей ПДК, что мы неоднократно отмечали на предприятиях Мурманской области.

По действующему российскому законодательству за сброс загрязняющих веществ сверх установленных нормативов отечественные предприятия обязаны вносить дополнительную плату, т.е. загрязнители должны нести полную финансовую ответственность за выполнение экологических требований и оплачивать полную стоимость их собственной деятельности по сокращению и ликвидации загрязнений. Однако, в настоящее время размер экологических платежей является несопоставимым по масштабам с уровнем затрат на полное извлечение токсических веществ из сточных вод. В итоге, в России резко снижена экономическая значимость платежей за загрязнение окружающей среды, более того, существующая система платы за загрязнение фактически оправдывает и юридически закрепляет контаминацию.

За многие годы существования водной токсикологии усилиями разных специалистов были выработаны базовые принципы, на которых в настоящее время строится вся отечест-

венная система охраны водных экосистем от антропогенного загрязнения. Существующая система нормирования и контроля допустимого загрязнения природных вод, а также регламентация сброса отдельных веществ, является особенностью природоохранного регулирования именно в России. Как нам известно, в рамках международных конвенций закреплена другая система, в которой основной акцент направлен на технологическую регламентацию состава и свойств сточных вод до их сброса (Crumbing, 2004), что, на наш взгляд, более правильно с позиции защиты вод и их обитателей от действия загрязнителей.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

**Афончева С.А., Малавенда С.С., Кравец П.П.** (Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра биологии, *afonsofiya@list.ru*)

Kola bay is characterized by heterogeneity of physical and hydrological conditions and is intensively exposed to anthropogenous influence. Zoobenthos is one of the best objects, characterising changes of environment. Distribution, specific structure and seasonal dynamics of intertidal benthic communities of Kola bay are considered in this report.

Известно, что экосистема Кольского залива подвержена изменениям из-за оказываемого на нее постоянного антропогенного воздействия. Одним из лучших объектов, характеризующим состояние водоема и изменения экосистемы является зообентос. Бентосные сообщества выступают как индикаторы изменения среды. Бентосные сообщества характеризуют качество среды с учетом всех форм антропогенного воздействия и абиотических факторов (Анисимова, 2005).

Исследование было проведено летом и осенью 2009 года в различных точках литорали Кольского залива: мыс Притыка, Абрам-Мыс (южное колено), бухта Белокаменка (среднее колено), бухта Ретинская, губа Тюва и мыс Березов (северное колено). Отбор проб производили во время отлива, применяли метод пробных площадей с использованием учетной рамки размером 10\*10 см. (Руководство..., 1980) С каждого горизонта литорали отбирали по 3 пробы, которые подвергали камеральной обработке. Также производили измерения физико-химических показателей воды: температуры, солености. Видовое разнообразие оценивали, используя индекс Маргалефа.

В летний период на исследуемых участках между биомассой и плотностью бентосных сообществ наблюдается обратно пропорциональная зависимость: минимальная плотность (3517 экз./м<sup>2</sup>) и максимальная биомасса (4,94 кг/м<sup>2</sup>) бентоса отмечены на литорали северного колена залива, где основную часть биомассы составили моллюски *Mytilus edulis* и *Mytilus trossulus*. Наименьшее значение биомассы зафиксировано в кутовой части залива (0,05кг/м<sup>2</sup>) (рис.1).

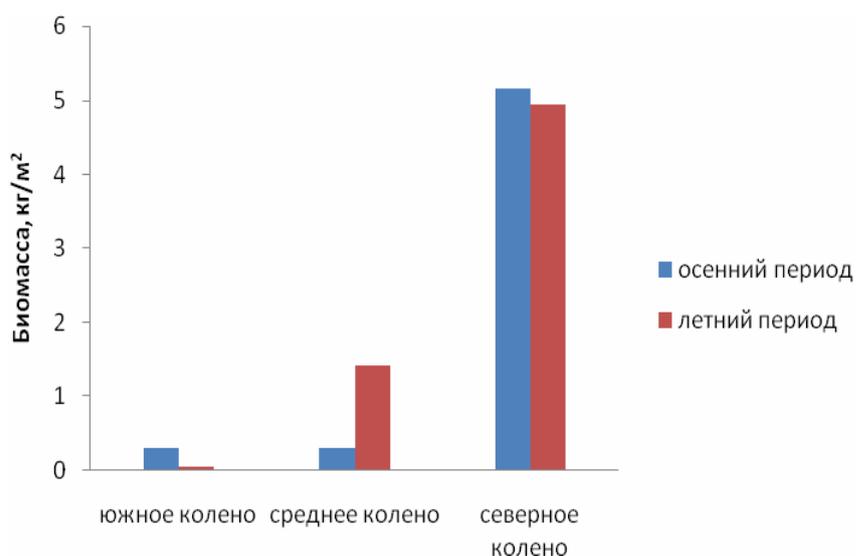


Рис. 1. Биомасса бентосных организмов на различных участках литорали Кольского залива

Осенью максимальная биомасса, составившая  $5,16 \text{ кг/м}^2$ , также как и в летний сезон, отмечена в северной части залива. В среднем колене биомасса в осенний период существенно снизилась до  $0,31 \text{ кг/м}^2$ , главным образом, из-за уменьшения численности мидий на литорали (рис. 1). Таким образом, биомасса литоральных сообществ возрастает при движении к северной части залива. Сезонное снижение биомассы объясняется миграцией многих моллюсков (*Mytilus edulis*, *Littorina*) в зону сублиторали.

Летом плотность поселений беспозвоночных на станциях варьирует от  $3517 \text{ экз./м}^2$  (северное колено) до  $10833 \text{ экз./м}^2$  (южное колено). На участках с высокой плотностью численно преобладают олигохеты. В осенний период наибольшая численность наблюдается в северной части залива –  $19033 \text{ экз./м}^2$ , в южном и среднем коленах плотность снизилась почти в 2 раза по сравнению с летним сезоном.

По горизонтам литорали зообентосные организмы распределены неравномерно. В южном колене залива происходит уменьшение биомассы бентоса в направлении от нижнего к верхнему горизонту литорали. В губе Тюва наибольшая биомасса наблюдается на верхнем горизонте, наименьшая – на нижнем, при одновременно максимальной численности организмов. В осенний период биомасса животных в бухте Белокаменка увеличивается к нижнему горизонту, на остальных участках биомасса изменяется в противоположном направлении.

В летний сезон индекс Маргалефа на станциях варьирует от 1,0 в куту до 3,82 в средней части залива, что совпадает с аналогичным изменением количества видов на данных участках. В среднем колене в пробах обнаружено 11 видов (виды класса *Oligochaeta* не определены), в южном – 5. На мысе Притыка зафиксировано минимальное количество видов (индекс Маргалефа составил 1,0) (табл.).

Осенью при неизменном числе видов индекс Маргалефа на станциях незначительно возрастает, ввиду сокращения численности организмов (рис. 2). Наибольшее количество видов обнаружено в северном колене залива.

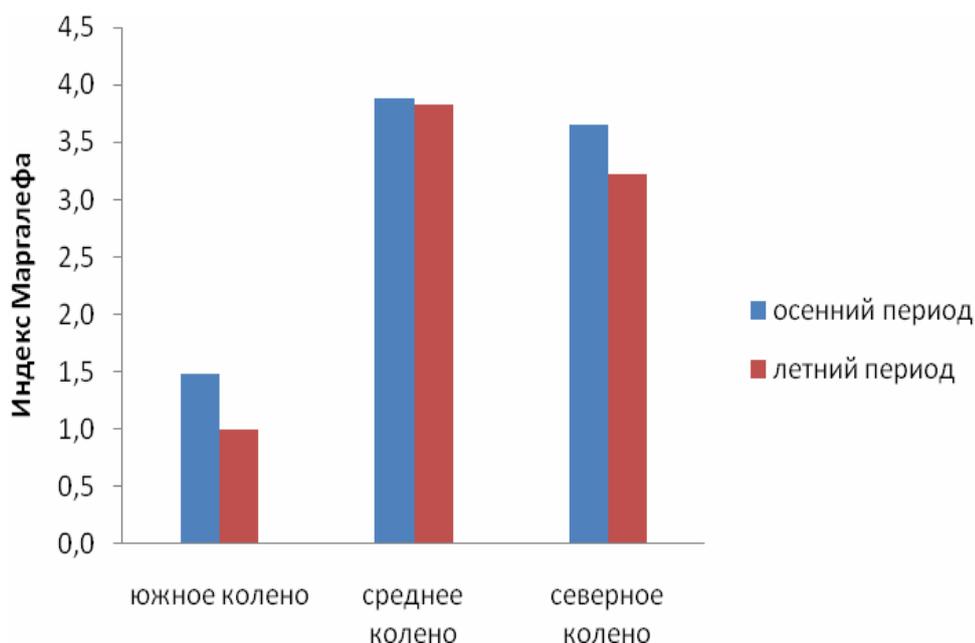


Рис. 2. Индекс Маргалефа бентосных сообществ в различных точках Кольского залива в летний период.

Доминирующими видами в ценозах являются: в среднем колене – моллюски *Macoma balthica* (L.), *Littorina saxatilis* (Olivi), *Mytilus edulis* (L.), в северном — *Mytilus edulis* и *Mytilus trossulus*, в южном – *Macoma balthica*, *Littorina saxatilis*.

В куту залива, характеризующимся низкой биомассой, численно преобладают олигохеты и гаммариды. Помимо доминирующих видов на литорали южного и среднего колена залива часто встречаются изоподы *Jaera marina*, северного колена – *Jaera albifrons*, *Tubifex tubifex*, планарии и немертины *Cerebratulus barentsi*. Также на литорали южной и северной частей залива были встречены моллюск *Acmaea testudinalis*, пескожил *Arenicola marina*; в средней части – *Idotea balthica*, *Nereis pelagica*, *Arenicola marina*.

Таблица. Список видов беспозвоночных, встреченных в пробах

Исследуемый район		
Южное колено	Среднее колено	Северное колено
<i>Mytilus edulis</i> (L.)	<i>Mytilus edulis</i> (L.)	<i>Mytilus edulis</i> (L.)
-	-	<i>Mytilus trossulus</i>
<i>L.saxatilis</i> (Olivi)	<i>L.saxatilis</i> (Olivi)	<i>L.saxatilis</i> (Olivi)
<i>L.obtusata</i> (L.)	<i>L.obtusata</i> (L.)	<i>L.obtusata</i> (L.)
-	<i>L.littorea</i> (L.)	-
<i>Gammarus duebeni</i> (Lillj.)	<i>Gammarus duebeni</i> (Lillj.)	<i>Gammarus duebeni</i> (Lillj.)
<i>Gammarus oceanicus</i> (Segerstråle, 1947)	<i>Gammarus oceanicus</i> (Segerstråle, 1947)	<i>Gammarus oceanicus</i> (Segerstråle, 1947)
<i>Macoma balthica</i> (L.)	<i>Macoma balthica</i> (L.)	<i>Macoma balthica</i> (L.)
<i>Jaera marina</i> (Fabricius, 1780)	<i>Jaera marina</i> (Fabricius, 1780)	-
-	<i>Balanus bal.</i> (L.)	<i>Balanus bal.</i> (L.)
Olygochaeta	Olygochaeta	Olygochaeta
Polychaeta	Polychaeta	Polychaeta
-	-	<i>Planaria</i>
-	-	<i>Cerebratulus barentsi</i>
-	-	<i>Jaera albifrons</i>
-	-	<i>Testudinalia tessellata</i>

Таким образом, изменения значений плотности, биомассы и индексов видового разнообразия зообентосных организмов в разных исследуемых частях Кольского залива указывают на неоднородность условий среды на данных участках. Так, сообщества бентоса в куту залива характеризуются высокими значениями численности организмов с одновременно низкой биомассой и бедностью видового состава. Это обусловлено низкой соленостью (5-10 ‰), возникающей в результате интенсивного распреснения вод залива впадающими в него реками Кола и Тулома, и низкой интенсивностью движения воды (Малавенда, 2009), препятствующими успешному развитию на данном участке ряда других организмов. Характер грунта (илисто-песчаная литораль) также способствует тому, что литораль населяют преимущественно организмы-детритофаги (олигохеты и гаммариды). Литораль южного колена залива испытывает на себе значительное антропогенное влияние,

закрывающееся в непрерывном поступлении в залив биогенов (реки Кола и Тулома, сбросы предприятий). Как следствие эвтрофирования, наблюдается перестройка структуры бентосного ценоза с численным преобладанием мелких короткоциклических видов и элиминацией более крупных долгоживущих форм (Завалко, 2002).

Распределение видов по горизонтам литорали связано с типом субстрата. На участках южного колена залива с илисто-песчаной литоралью максимальная биомасса наблюдается на нижнем горизонте, в северном колене (г. Тюва), в районе с каменистой литоралью наибольшая биомасса отмечена на верхнем.

Сезонные изменения бентосных сообществ выражаются в уменьшении биомассы и численности литоральных животных в осенний период, что обусловлено воздействием климатических факторов – понижением температуры, образованием ледового покрова на литорали а также миграцией ряда видов в зону сублиторали.

По мере продвижения к устью залива (среднее колено залива - бухта Белокаменка) с увеличением солености и, соответственно, формированием более благоприятных условий для морских организмов, увеличивается биомасса сообществ. Литораль бухты неоднородная: илисто-песчаную литораль пересекает на среднем горизонте каменисто-валунный пояс (Современное.,1992), способствующий развитию прикрепленных форм (балаюсы) и активному формированию зарослей фукоидов, служащих местом обитания для большого количества видов, так, среднее колено отмечено наибольшим богатством видового состава

Северное колено залива характеризуется наибольшим значением биомассы зообентосных сообществ и большим разнообразием видового состава. Тип литорали – валунный. Соленость (29-30 ‰) близка к океанической. Таким образом, разнообразие видового состава поселений связано с характером грунтов, неоднородная литораль, сочетающая илисто-песчаные и каменистые участки представляет большее разнообразие мест обитания для животных с различным типом питания.

Всего в пробах с исследуемых точек литорали Кольского залива было обнаружено 17 видов организмов, виды олигохет и полихет были определены не полностью. При этом в северном колене были обнаружены виды, отсутствовавшие в районах южного и среднего колен залива (*Mytilus trossulus*, *Jaera albifrons*, *Cerebratulus barentsi*).

### Список литературы:

1. Анисимова Н.А. Бентосные исследования в ПИНРО как элемент экологического мониторинга и перспективы их развития. Н.А. Анисимова, Б.И. Беренбойм, П.А. Любин, И.Е. Манушин.
2. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 190 с.
3. Завалко, С.Е. Многоуровневая оценка морфофизиологических параметров бурых водорослей литорали Кольского залива в градиенте химического загрязнения / С.Е. Завалко, А.С. Полищук, Е.Г. Дмитриева, Н. Комарницкая, О. Евсева // Тез. научно-технической конференции «Наука и Образование 2002», 16-26 апреля. 2002
4. Малавенда С.С. Морфофизиологические особенности бурой водоросли *Fucus distichus* L. в экосистемах Баренцева моря. С.С. Малавенда / Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук. - М.: МГУ, 2009. – 23 с.
5. Современное экологическое состояние бухты Белокаменка Кольского залива и прилегающей зоны.- Апатиты: РАН ММБИ, 1992. – 53 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ФЛОРОТАННИНОВ В КЛЕТКАХ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

**Ващенко А.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биологии, *an\_nastasiay@mail.ru*)

Бурые водоросли-макрофиты образуют обширные заросли, составляя основу морских фитоценозов вдоль Мурманского побережья. Они играют важную роль в экосистеме, являясь первичными продуцентами. Морские растения, в том числе и водоросли - источники фенольных веществ, включая фенольные кислоты, сульфатированные фенольные кислоты, флавоны, конденсированные танины и лигнины.

Одними из важнейших фенольных компонентов у бурых водорослей являются флоротаннины, которые принадлежат к полиацетатным фенолам, так же называемым феофициновыми танинами. Характерно, что данные соединения известны только у бурых водорослей. Флоротаннины входят в состав клеточных стенок бурых водорослей, образуя комплекс с альгиновой кислотой (Arnold and Targett, 2003). Как показывают исследования флоротаннины являются интегральными компонентами клеточных стенок бурых водорослей (Schoenwaelder and Clayton, 1998). Также флоротаннины запасаются в клеточных органеллах, называемых физодами. Физоды – это везикулоподобные, высокорекрефракционные тела, имеющие разнообразную форму (от круглой до эллиптической). Они располагаются в цитоплазме бурых водорослей (Ragan and Glombitza, 1986; Schoenwaelder, 2002).

Содержание флоротаннинов зависит от абиотических и биотических факторов:

- солености,
- доступность питательных веществ,
- освещенности,
- воздействия ультрафиолетовой радиации,
- интенсивность воздействия травоядных.

До настоящего времени роль флоротаннинов в клетках бурых водорослей не выяснена. Существует несколько гипотез об их функции.

Одна из гипотез гласит, что накопление флоротаннинов происходит в условиях повышенной УФ-радиации, это является основанием для предположения что флоротаннины принимают участие в защите от радиационного повреждения и в аккумуляции тяжёлых металлов.

Также в ряде исследований высказывается предположение об участии флоротаннинов в формировании защиты растений от травоядных животных (Steinberg, 1988). Так, к примеру, в некоторых бурых водорослях накопление флоротаннинов может быть вызвано обгрызанием травоядными животными (Van Alstyne, 1988). Например, обгрызание улитками литоринами препятствовало протеканию ответной реакции у литоральной водоросли *Fucus distichus* (Van Alstyne, 1990). На накопление флоротанинов в поврежденных участках наблюдалась реакция всего растения на обгрызание. У рода Фукус повреждение талломов может привести к иницированию ветвлений (Van Alstyne, 1990). Однако, пути, которыми макрофиты воспринимают повреждение и координируют защитный ответ, до сих пор не известны.

Флоротаннины выступают как средства против биологического обрастания (Sieburth and Conover, 1965; Nagayama et al., 2003), хотя доказательства этой функции сомнительны (Jennings and Steinberg, 1997). Они обладают антибактериальной активностью (Nagayama et al., 2002).

В последнее время высказывается предположение, что синтез флоротаннинов в организме водорослей определяется доступностью питательных веществ в окружающей среде (азотно-углеродным балансом) (Ilvessalo H., Tuomi, 1989).

Таким образом, несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию флоротаннинов, остается до конца не исследованной роль, механизмы накопления и факторы, влияющие на их содержание в растительном организме.

#### Список литературы:

1. Arnold T. M., Targett N. M. To grow and defend: lack of tradeoffs for brown algal phlorotannins. // *Oikos*. 2003. P. 406–408.
2. Ilvessalo H., Tuomi J. Nutrient availability and accumulation of phenolic compounds in the brown alga *Fucus vesiculosus*. // *Marine Biology* 101. 1989. P. 115–119.
3. Jennings J. G., Steinberg P. D. Phlorotannins versus other factors affecting epiphyte abundance on the kelp *Ecklonia radiata*. // *Oecologia*. 1997. P. 461–473.
4. Koki Nagayama, Toshiyuki Shibata, Ken Fujimoto b, Tuneo Honjo c, Takashi Nakamura Algicidal Effect of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome* on red tide microalgae Aquaculture. 2003. P. 601– 611.
5. Nagayama Koki, Yoshitoshi Iwamura, Toshiyuki Shibata, Izumi Hirayama, Takashi Nakamura. Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome* // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2002. P. 889–893.
6. Ragan M. A., Glombitza K. Phlorotannins, brown algal polyphenols. // in Round and Chapman (eds.). *Progress in Phycological Research*. 1986. Vol. 4. P. 129–241.
7. Schoenwaelder M. E. A. The occurrence and cellular significance of phycodes in brown algae // *Phycologia*. 2002. P. 125–139.
8. Schoenwaelder M. E. A., Clayton M. N. Secretion of phenolic substances into the zygote wall and cell plate in embryos of *Hormosira* and *Acrocarpia* (fucales, haeophyceae). // *J. Phycol* 1998. P. 969–980.
9. Sieburth J. M., Conover J. T. *Sargassum* tannin, an antibiotic which retards fouling. // *Nature*. 1965. P. 52–53.
10. Steinberg P. D. The effects of quantitative and qualitative variation in phenolic compounds on feeding in three species of marine invertebrate herbivores. // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1988. P. 221–382.
11. Toth G., Pavia H. Water-borne cues induce chemical defense in a marine alga (*Ascophyllum nodosum*). // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2000. P. 1418–1420.
12. Van Alstyne K. L. Effects of wounding by the herbivorous snails *Littorina sitkana* and *L. scutlata* (Mollusca) on the growth and reproduction of the intertidal alga *Fucus distichus* (Phaeophyta). // *J. Phycol.* 1990. P. 412–416.
13. Van Alstyne K. L. Grazing increases polyphenolic defenses in the intertidal brown alga *Fucus distichus*. // *Ecology*. 1988. P. 655–663.

## СУКЦЕССИИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ПАСВИК

**Денисов Д.Б.** (*г. Анатиты, Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, denisow@inep.ksc.ru*)

The species composition, abundance, biomass, chlorophylls concentration and biodiversity of the phytoplankton in different parts of the Pasvic lake-river system were analyzed. The high amount of chlorophyll content and phytoplankton biomass in some parts was a result of favorable season conditions factors, including meteorological and hydro chemical parameters. The intensive anthropogenic eutrophication leads to increase of the trophic state of the River Pasvic, changing from ultraoligotrophic to mesotrophic with eutrophic features. It was shown, that the saprobic index is not really available for organic pollution revealing because of strong toxic impact on the River Pasvic ecosystem by Pechenganikel industries. Using the PCA results the main phytoplankton grows regulative factors were revealed. The total biomass is formed mast of all by Bacillariophyta and Chlorophyta, total phosphorus concentration is the main regulative factor.

### Введение

Познание динамики сообществ фитопланктона является неотъемлемой составляющей мониторинга состояния водных объектов в промышленно развитых регионах. Данные о структуре и таксономическом составе водорослей фитопланктона озерно-речных систем в различные сезоны необходимы для создания и уточнения систем биоиндикации, расширения представлений о многообразии условий в пределах одного водного объекта в зависимости от ландшафта, особенностей локальных местообитаний на различных участках, антропогенной нагрузки, а также для выявления определяющих факторов развития водоемов как научной основы для реконструкции условий формирования качества пресных вод высокоширотных регионов в ходе локальных и глобальных изменений окружающей природной среды. Несмотря на широко развернувшиеся комплексные многолетние исследования состояния озерно-речной системы р. Пасвик в рамках совместных проектов России, Норвегии и Финляндии, сообществам водорослей уделялось сравнительно мало внимания (Pasvik River..., 1993; Загрязнение..., 1994). Наиболее подробно состояние фитопланктона различных участков реки описано в работе А.Н. Шарова (2004).

### Материал и методика

Отбор проб фитопланктона были проведены в конце лета в 2007 и 2008 гг., точки отбор проб представлены на рисунке 1. Пробы воды отбирались стандартными методами согласно рекомендованным методикам (Руководство..., 1983; Методическое..., 1991; Руководство..., 1992). Анализ содержания хлорофиллов «а», «b» и «с» в планктоне и расчет биомассы был проведен стандартными методами, адаптированными для условий Кольского Севера (Шаров, 2004) Для оценки трофического статуса различных районов р. Пасвик была использована шкала, разработанная в рамках международной программы мониторинга внутренних вод по заданию ОЕСД, основанная на содержании хлорофилла «а» (ОЕСД, 1982). Для оценки уровня органического загрязнения вод был использован индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладчека). Подсчет и таксономическая идентификация водорослей осуществлялась на световом микроскопе «Motic ВМА 300» с иммерсионным объективом при увеличениях 400-1000 х, с использованием различной таксономической литературы (Krammer, Lange-Bertalot, 1986,1991; Tikkanen, 1986; Баринава, Медведева, 1996; Определитель..., 1982; Определитель..., 1953; Krammer, Lange-Bertalot, 1986; 1988; 1991a; 1991b).



Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб на различных участках озерно-речной системы р. Пасвик.

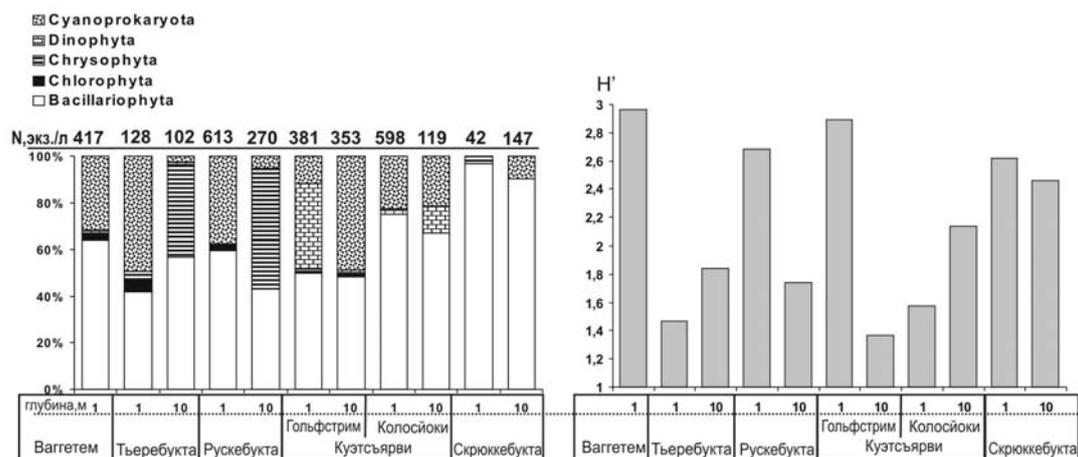


Рис. 2. Соотношение относительной численности (%), отделов водорослей, общей численности (N, тыс. экз./л) и видовое разнообразие (H', бит/экз.) фитопланктона на глубинах 1 и 10 м для различных участков озерно-речной системы Пасвик.

Для выявления комплекса основных гидрохимических факторов, регулирующих развитие фитопланктона, был применен аналитический метод PCA (Principal correspondence analyses).

### Видовой состав и структура фитопланктона

В составе фитопланктона было обнаружено 33 таксона рангом ниже рода из 5 систематических групп: Cyanoprokaryota – 3, Chlorophyta – 2, Chrysophyta – 1, Dinophyta – 1, Bacillariophyta – 26. Было выявлено различие видового состава как по участкам, так и в вертикальном распределении водорослей с глубиной. Соотношение численности отделов водорослей и их видовое разнообразие представлено на рис. 2.

Наибольшая численность – 613 тыс. экз./л была обнаружена в поверхностных слоях воды в Русебукте, а также Куэтсьярви – 598 тыс. экз./л. Наименьшей была численность водорослей в Скрюккебукте: 42 и 147 тыс. экз./л в поверхностных слоях и на глубине 10 м соответственно (рис. 2).

По данным А.Н. Шарова (2004) в августе 1994 г. в различных участках р Пасвик доминировали диатомовые водоросли, причем основной вклад в биомассу вносили *Fragilaria capucina* Desm. var. *capucina* и *Asterionella formosa* Hass. var. *formosa*, доля синезеленых была незначительной. В июле 1996 г. доминировали несколько групп планктонных водорослей, включая зеленые – *Eudorina* sp., золотистые – *Dinobryon* sp. и диатомовые – *Asterionella formosa*. Эти данные согласуются с полученными результатами. Различие заключается в увеличении численности синезеленых водорослей по сравнению с предыдущими годами. Развитие этих водорослей в конце вегетационного сезона, очевидно, непродолжительно и может быть приурочено к сезону как результат возникновения благоприятных условий, включая метеорологические факторы, температуру воды и др. С другой стороны, высокая относительная численность цианопрокариот является свидетельством значительного трофического потенциала вод р. Пасвик для вспышек массового развития фитопланктона, которые могут быть реализованы при возникновении благоприятных условий.

Все исследованные районы имеют индекс сапробности в пределах от 0.6 до 1.6. Наиболее высокие индексы сапробности были зарегистрированы для Рускебукты и Ваггатема, где было отмечено присутствие в пробах *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Haworth (10%), с индексом сапробности 3.6 – показатель наличия органического загрязнения. Наименьшие – для Скрюккебукты, где отмечено присутствие  $\chi$ -сапробных таксонов: *Fragilaria nanana* Lange-Bert., и *Cyclotella bodanica* Eulenst. in Grun., что свидетельствует о невысоком органическом загрязнении.

### Содержание хлорофиллов

По уровню содержания хлорофилла «а» трофический статус исследованных участков р. Пасвик изменяются от ультраолиготрофного до мезотрофного с признаками эвтрофного (OECD, 1982). Содержание хлорофиллов «а», «b», «с», трофический статус вод и уровень биомассы водорослей планктона в разные годы представлен на рисунке 3. Наибольшие концентрации хлорофилла «а» и биомассы фитопланктона были зафиксированы в конце лета 2008 г в Рускебукте. В этот же период в Скрюккенбукте и Тьеребукте значения этих показателей находились на сравнительно низком уровне, соответствующему ультраолиготрофному типу вод (рис. 3)

Высокие значения биомассы водорослей и содержаний хлорофиллов в Рускебукте в сентябре 2008 г. очевидно явилось результатом возникновения благоприятных условий для развития водорослей, преимущественно диатомовых и синезеленых, и, очевидно, представляет собой непродолжительное явление.

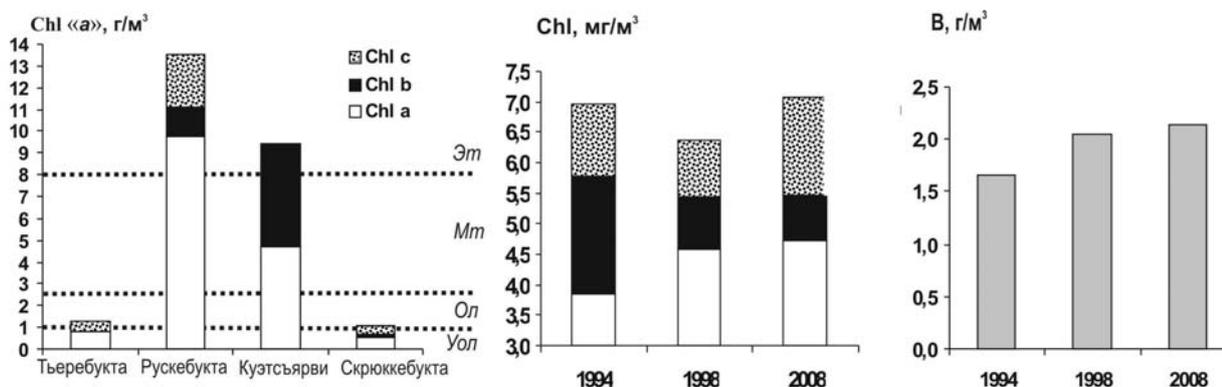


Рис. 3. Содержание хлорофиллов и трофический статус вод в различных участках озерно-речной системы Пасвик; содержание хлорофиллов и уровень биомассы фитопланктона в различные годы (Уол – ультраолиготрофный, Ол – олиготрофный, Мт – мезотрофный, Эт – эвтрофный).

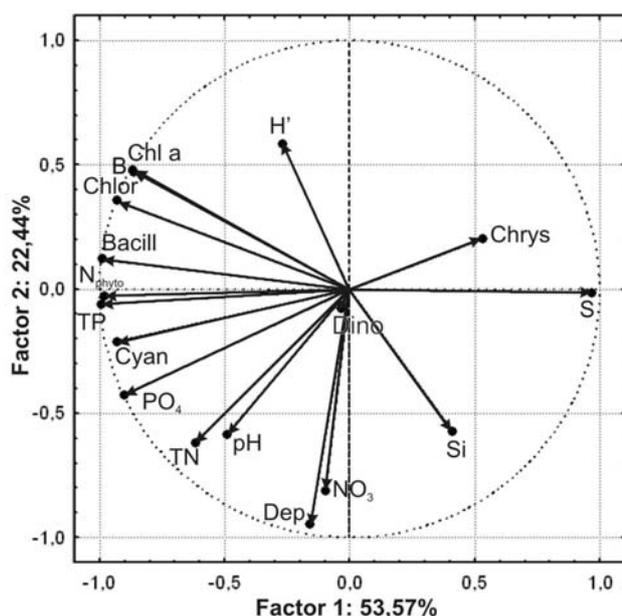


Рис. 4. Результаты PCA: расположение различных гидрохимических характеристик (TN – общее содержание азота, мкгN/л; TP – фосфора, мкгP/л; Si – кремния, мг/л; NO<sub>3</sub> – нитратов, мкгN/л; PO<sub>4</sub> – фосфатов, мкгP/л), глубины (Dep) и показателей фитопланктона (Численность, тыс.экз./л., Chlor – зеленых водорослей, Bacill – диатомовых, Cyan – синезеленых, Dino – дианофитовых, Chrys – золотистых; N<sub>phyto</sub> – общая численность водорослей, тыс.экз./л, содержания хлорофилла «а», мг/м<sup>3</sup>; В – биомассы фитопланктона, г/м<sup>3</sup>; H' – индекса видового разнообразия, бит/экз.; S – индекса сапробности) в пространстве двух факторов.

## Заключение

Таким образом, было установлено, что в различные сезоны доминирующие позиции могут занимать синезеленые и золотистые водоросли. Процессы эвтрофикации озерно-речной системы, обогащение вод биогенными элементами, а также гидродинамическая и гидрохимическая неоднородность различных участков создают высокий потенциал для массового развития синезеленых водорослей, включая эффекты «цветения» воды, который реализуется при возникновении благоприятных метеорологических условий. Подобные вспышки численности могут создать угрозу для обитания требовательных к содержанию кислорода гидробионтов. Высокие значения биомассы, содержания хлорофилла «а» и интенсивное развитие цанопрокариот в определенные сезоны не совсем согласуются с сапробным индексом. Очевидно, это объясняется наличием токсической нагрузки на экосистему, накладывающейся на эвтрофирование. Результаты PCA позволили установить, что определяющую роль в формировании биомассы играют диатомовые и зеленые водоросли, а численность определяют диатомовые и синезеленые (рис. 4.). Уровень хлорофилла «а» в планктоне преимущественно связан с развитием зеленых водорослей. Интенсивность вегетации фитопланктона зависит от общего содержания фосфора. Олиготрофные условия определяются присутствием золотистых водорослей, вектор которых имеет направление, противоположное биогенным элементам. Факторная модель показала, что индекс сапробности не связан с концентрацией биогенных элементов и численностью водорослей, поэтому вопрос о правомерности его применения в условиях многофакторного загрязнения, очевидно, остается открытым.

## Список литературы:

1. Баринава, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова, О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. PiliesStudio, Тель Авив, 2006, 498 с.
2. Баринава С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. С. 364.
3. Диатомовые водоросли СССР, 1974.
4. Загрязнение поверхностных вод в приграничных районах Норвегии и России // препринт. Под ред. М. Свэлле, Г. Калабина. Изд-во КНЦ РАН, Апатиты, 1994. 46 с.

5. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 11(2) «Зеленые водоросли». Л.: Наука, 1982.- 620 с.
6. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 320 с.
7. Шаров А.Н. Фитопланктон водоемов Кольского полуострова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2004. 113 с.
8. Jeffrey W., Humphrey G. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c and O<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. 1975. Vol. 167. P. 191-194.
9. Hustedt F. // Arch. Hydrobiol. Suppl. 15., 1939. P. 274.
10. Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Subwasserflora von Mitteleuropa, V. 2 (1-4). Stuttgart/Jena: Gustav Fisher Verlag, 1988-1991.
11. OECD. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Paris. 1982.
12. Tikkanen T. Kasviplanctonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986.- 279 p.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОЛН В БИОТЕХНОЛОГИИ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Исмаилов Э.Ш., Шахмарданова Э.И., Буганов Х.А., Загирова Д.З., Дибирова М.М.**

*(г. Махачкала, Дагестанский государственный технический университет, кафедра химии, td\_10@mail.ru)*

We, at the Dagestan state university, in cooperation with the department of Moscow state university have discovered that at certain parameters of existing field the microwaves generated by technical sources, are able to cause the explicit favorable, normalizing effects in a live objects and systems, strengthening their vitality. They can directly change the properties and functions of exposed to rays objects, stimulate their growth and development and increase productivity.

This or other data show that at purposeful work of researchers and specialists the microwave membrane-active radiations can be used rather effectively in agricultural technology and crop sector a good perspective has also the use of microwaves in biotechnology and food technology.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых было определено, что их электромагнитные поля и излучения радиочастотного диапазона оказывают существенное влияние на живые объекты и системы. Весьма выражено такое влияние в диапазоне микроволн, включающем в себя дециметровые, сантиметровые и миллиметровые радиоволны [1, 2]. Одним из основных механизмов биофизического действия микроволн является их выраженная мембранная активность [3, 4, 5, 6, 7]. В зависимости от интенсивности, длительности, диапазона волн, модуляционно-временных параметров и других характеристик действующего поля мембранно-активные микроволны способны оказывать различное действие на облучаемые системы. Излучения большой интенсивности могут повреждать биологические объекты, а средней и малой интенсивности – существенно воздействовать на различные функции биосистем. Характерно, что эффекты действия микроволн зависят также и от структуры и свойств самих биосистем. Избирательное действие электромагнитного поля на биомембраны связано с электрическими и другими физико-химическими свойствами этих живых наноструктур, которые обладают слоистым строением и повышенной концентрацией электрических зарядов на их внешних и внутренних поверхностях.

Нами, в Дагестанском государственном техническом университете совместно с кафедрой биофизики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова выявлено, что при определенных параметрах действующего поля микроволны, генерируемые техническими источниками, способны вызвать в живых объектах и системах явно выраженные благоприятные, нормализующие эффекты, укрепляющие их жизнеспособность. Они могут направленно изменять свойства и функции облучаемых объектов, стимулировать их рост и развитие и повышать продуктивность [8, 9, 10].

Первичные и последующие эффекты избирательного взаимодействия микроволнового излучения с биологическими мембранами реализуются в живых объектах и системах с активным участием молекулярных компонентов, соответствующих биохимических соединений: белков, липидов, нуклеиновых кислот, ферментов, витаминов, а также молекул воды, минеральных веществ и других соединений, выступающих в качестве осцилляторов. Проявлению благоприятных эффектов действия мембранно-активных излучений от технических источников во многом способствует явление синхронизации колебательных процессов и молекулярных осцилляторов биосистем в микроволновом электромагнитном поле [1, 4, 5].

Во второй половине XX столетия были начаты целенаправленные исследования действия микроволн на рост, развитие и продуктивность растений. Экспериментальные данные показали, что к электромагнитным полям и излучениям весьма чувствительны растущие клетки и ткани растений. Было выявлено, что под влиянием микроволн наблюдается увеличение энергии прорастания семян и повышение их всхожести, стимулирование ростовых процессов, увеличение биомассы растений и повышение их устойчивости и жизнеспособности [2, 8, 13]. Наблюдается также существенное повышение урожайности растений при хорошем качестве получаемого продукта.

Исследование действия непрерывных микроволн дециметрового диапазона сравнительно низкой интенсивности при плотности потока мощности  $\sim 0,5$  мВт/см<sup>2</sup> выявило весьма существенное стимулирующее действие радиоизлучения на растения кукурузы и лука при облучении предварительно замоченного в воде посевного материала. В исследованном диапазоне радиоволн от 16 до 20 см наиболее выраженный стимулирующий эффект наблюдается при действии микроволн 18 см диапазона на частотах 1665 МГц и 1667 МГц. Эти частоты электромагнитного излучения, генерируемого техническими источниками (генераторами), близкородственны природному мазерному излучению компактных источников небесной сферы, излучающих дублетом на той же волне  $\sim 18$  см.

В последующем экспериментальные исследования показали, что мембранно-активное микроволновое излучение диапазона 18 см на частоте 1667 МГц оказывает весьма выраженное стимулирующее действие и на растения пшеницы. Наблюдается значительное увеличение энергии прорастания и всхожести замоченных семян пшеницы. Причем выраженность такого благоприятного действия микроволн в определенной мере зависит от степени насыщения влагой облучаемых зерновок.

Эти и другие данные показывают, что при целенаправленной работе исследователей и специалистов микроволновые мембранно-активные излучения могут быть достаточно эффективно использованы в сельскохозяйственной технологии и растениеводстве. Хорошую перспективу имеет также применение микроволн в биотехнологии и пищевом производстве. В этом плане уже получены интересные данные по направленному воздействию электромагнитного поля на рост, развитие и продуктивность полезных микроорганизмов и на некоторые технологические процессы, во многом определяемые биофизическими и биохимическими механизмами действия микроволн [1, 2, 4, 5, 11, 12, 13].

С помощью специально подобранных режимов микроволнового облучения от технических источников можно достичь сохранения оптимального содержания влаги и других полезных компонентов в используемом пищевом растительном сырье. Действие микроволн вызывает существенную стабилизацию алкогольных и безалкогольных напитков с одновременным повышением качества получаемой продукции. Микроволновая обработка дикорастущих плодов повышает выход из них необходимых экстрактивных веществ. В таких экстрактах лучше сохраняются витамины и другие биологически активные вещества, улучшаются ароматические и вкусовые качества продукта.

В ходе экспериментальных исследований выявлена перспективность мембранно-активных излучений для выделения антоцианов из растительного сырья и получения целебных компонентов из листьев и плодов ореха и других лекарственных растений. При этом экстракты, полученные действием микроволн, обладают значительно более выраженными целебными свойствами, которые сохраняются при хранении в течение нескольких лет.

Многолетними исследованиями достоверно установлено, что микроволновые мембранно-активные излучения оказывают существенное стимулирующее действие на дрожжевые микроорганизмы. Было показано, что микроволны диапазона 18 см частотой

1667 МГц способны существенно повысить бродительную энергию, жизнеспособность и продуктивность дрожжей. Одновременно намного увеличивается число почкующихся клеток и биомасса дрожжей при их выращивании в аэробных условиях по сравнению с необлученными образцами микроорганизмов. Ко времени завершения брожения сохраняется большое количество живых клеток. С помощью хроматографического анализа показано, что в процессе спиртового брожения облученные микроволнами дрожжи дают существенно более лучший по компонентному составу конечный продукт.

В целом, полученные теоретические и экспериментальные данные по влиянию мембранно-активных излучений микроволнового диапазона с успехом могут быть использованы для разработки и внедрения новых высоких технологий.

### Список литературы:

1. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д. Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. Махачкала, Дагучпедгиз, 1993, 159 с.
2. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Исмаилова Г.Э. Действие физических полей. Неионизирующие излучения, М., Экономика, 2007, 184 с.
3. Исмаилов Э.Ш. Инфракрасные спектры теней эритроцитов в области полос амид I и амид II при микроволновом облучении. Биофизика, том 21, вып. 5, 1976, с. 940-942.
4. Исмаилов Э.Ш., Хачиров Д.Г., Исмаилова Г.Э., Кудряшов Ю.Б. Механизмы биологического действия микроволн. Радиационная биология. Радиоэкология, том 38, вып. 6, 1998, с.920-923.
5. Исмаилова Г.Э., Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие микроволн. Матер. Международного совещания «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование», Geneva, 1999, с. 347-354.
6. Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучений. Москва, Энергоатомиздат, 1987, 144 с.
7. Исмаилов Э.Ш. Действие микроволн и лазерного излучения на живые системы. Основные научные направления ДагГТУ, Махачкала, 2002, с. 166-170.
8. Исмаилова Г.Э. Действие УВЧ излучения на рост и развитие культурных растений. Дисс. канд.биол.н., Москва, МГУ, 1996, 160 с.
9. Исмаилова Г.Э., Исмаилов Э.Ш., Даудова Т.Н., Магомедов А.А. Радиоизлучения, их биологическое действие. Сб. «Перспективные направления развития междисциплинарных научных исследований», вып.1, Махачкала, 2006, с.45-49.
10. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Исмаилова Г.Э., Наврузова Ш.М. Использование мембранно-активных излучений для стимуляции роста и развития культурных растений. Сб. «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе». Ставрополь, 2005, с. 159-161.
11. Исмаилов Э.Ш., Шахмарданова Э.И., Буганов Х.А., Сулейманова З. Г., Абдулмагомедова З.Н., Дибирова М.М. Разработка способов выращивания активных штаммов дрожжей. Вестник ДГТУ, технические науки, № 10, Махачкала, 2008, стр.114-117.
12. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Стародуб А.Н. Использование микроволновых мембранно-активных излучений в биотехнологии. Труды V российско-японского семинара, том 1, Саратов, 2007, с. 500-509.
13. Исмаилова Г.Э., Бурлакова Е.Б., Кудряшов Ю.Б., Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие низкоинтенсивных микроволн. Матер. III международного симпозиума «Механизмы действия сверхмалых доз», М., 2002, с. 181.

## АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ТИПИЧНЫХ ОШИБОК ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**Казакова Г.Б.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра ВМ и ПО ЭВМ, [kazakovagalina@mail.ru](mailto:kazakovagalina@mail.ru))

Statistical methods are used intensively through carrying out the researches in biology and medicine recently. Thus many errors are introduced at using the applied statistics. Some of the most frequent errors, such as, for example, the use of Student's criterion or normal distribution, are analysed in the report.

Анализ статей и диссертационных исследований по биологии и медицине, проводимый в последние годы разными авторами, позволяет констатировать, что на сегодняшний день большинство исследователей четко представляют, что использование статистических методов необходимо. Часть авторов пытаются осознанно применять статистические методы, чтобы на основе анализа выборочных данных сделать выводы относительно всей изучаемой генеральной совокупности. Другие используют статистический анализ потому, что так делает большинство коллег, либо же считая, что наличие статистических выводов поднимает престижность их работы, вызывает большее доверие к ней.

С другой стороны, статистические методы при планировании и обработке результатов медико-статистического эксперимента либо не используются вообще, либо часто используются некорректно. Иногда приходится даже читать статьи, в которых статистические манипуляции с одними и теми же данными приводят прямо к противоположным выводам. Тут поневоле вспоминаются слова Марка Твена о том, что существует три вида лжи: ложь, наглая ложь и статистика. Между тем даже начального знакомства со статистикой в сочетании со здравым смыслом обычно достаточно чтобы понять, что предлагает нам автор в качестве «доказательства». По иронии судьбы ошибки редко связаны с тонкими статистическими вопросами. Как правило, это простейшие ошибки, такие как использование неслучайных выборок, пренебрежение статистической проверкой гипотез и т.п. По неизвестным науке причинам такие ошибки неизменно смещают результаты исследования в пользу предлагаемой автором гипотезы.

Но бывают и другие случаи, когда используются вполне доброкачественные наборы данных и никаких дурных целей не ставят. Однако неправильное использование статистического аппарата приводит к неверным выводам. Поскольку такие ошибки совершаются в массовом порядке, ничто не побуждает исследователей корректно использовать статистические методы. Редко кому приходилось слышать критические замечания на сей счет. Наоборот, исследователи-биологи часто опасаются, что их коллеги сочтут грамотно и полно изложенную статистическую процедуру высокомерной теоретизацией.

Наиболее радикальным способом избежать ошибок в использовании статистических методов является выполнение этого этапа исследований профессиональным биостатистиком. Но биолог, занятый экспериментальными исследованиями, конечно, в свою очередь, должен владеть основными идеями современной прикладной статистики. Столь же очевидно, что он должен владеть терминологией данной предметной области. Отсутствие порою элементарных знаний по статистике приводит к тому, что исследователи используют статистические методы на уровне «шаманских заклинаний», особо не понимая, что они делают и какие результаты получают.

Рассмотрим некоторые наиболее типичные ошибки, с которыми приходится сталкиваться в биомедицинских публикациях.

### Среднее $\pm$ ... что?

Выборочное среднее и выборочное стандартное отклонение есть оценки среднего и стандартного отклонения для совокупности, вычисленные по случайной выборке. Понятно, что разные выборки дадут разные оценки. Для характеристики точности выборочных оценок используют стандартную ошибку. Стандартную ошибку можно подсчитать для любого показателя, но мы остановимся на стандартной ошибке среднего, - она позволяет оценить точность, с которой выборочное среднее характеризует значение среднего по всей совокупности. Хотя разница между стандартным отклонением и стандартной ошибкой среднего совершенно очевидна, их часто путают. Большинство исследователей приводят в публикациях значение стандартной ошибки среднего, которая заведомо меньше стандартного отклонения. Авторам кажется, что в таком виде их данные внушают больше доверия. Может быть, так оно и есть, однако беда в том, что стандартная ошибка среднего измеряет именно точность оценки среднего, но никак не разброс данных, который и интересен при анализе данных. Следовательно, описывая совокупность, всегда нужно приводить значение стандартного отклонения.

Но на практике порою все обстоит еще хуже. Например, в одной из диссертаций на соискание ученой степени доктора биологических наук читаем следующую фразу: «...колебания максимального потребления кислорода лежат в пределах  $36,0 \pm 5,1$  -  $66, \pm 5,0$  мл/кг/мин или  $3,35 \pm 4,27$  л/мин...». Автор не уточняет, какой смысл имеют величины в выражениях типа  $36,0 \pm 5,1$ . Предположим, что эти выражения есть не что иное, как «среднее арифметическое  $\pm$  ошибка среднего». Именно такое обозначение этих величин используется чаще всего. Если принять эту гипотезу, то какой смысл в этом случае будет иметь выражение  $3,35 \pm 4,27$  л/мин? Ведь в этом случае ошибка среднего больше среднего. Получается ситуация "метр  $\pm$  километр", что особенно странно, если вспомнить, что эти числа относятся к потреблению кислорода.

Кстати, очень часто в работах приходится встречаться с графиками, в отдельных точках которого имеются вертикальные отрезки, расположенные ниже и выше линии графика. Однако в тексте обычно при этом не сообщается, какой же смысл имеют эти отрезки. Между тем, они могут отражать собой несколько различных величин. Возможно, что это среднеквадратичные (стандартные) отклонения, либо ошибки среднего, либо доверительные интервалы для генерального среднего. Очевидно, что восприятие и смысл каждого графика в этих случаях будет совершенно отличный.

### Распределение ... нормальное?

Есть ли основания априори предполагать нормальность результатов измерений? Иногда утверждают, что в случае, когда погрешность измерения или иная случайная величина определяется в результате совокупного действия многих малых факторов, то в силу Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей эта величина хорошо приближается нормальной случайной величиной. Такое утверждение справедливо, если малые факторы действуют аддитивно и независимо друг от друга. В прикладных задачах обосновать аддитивность действия малых факторов обычно не удается. Если же зависимость имеет общий характер, то о распределении итоговой случайной величины практически ничего не известно.

На предположении нормальности построены многие классические модели статистики. Однако теоретических оснований для такого предположения нет. Необходимо экспериментально изучать распределения погрешностей. Что же показывают результаты экспериментов? В книге известного метролога проф. П. В. Новицкого приведены результаты исследования законов распределения различного рода погрешностей измерения. Он изучил распределения погрешностей различных приборов. Объем выборок экспериментальных данных для каждого

экземпляра составлял 100-400 отсчетов. Оказалось, что 46 из 47 распределений значимо отличались от нормального. В лаборатории прикладной математики Тартуского государственного университета проанализировано 2500 выборок из архива реальных статистических данных. В 92% гипотезу нормальности пришлось отвергнуть.

Иногда предлагают перед применением, например, критерия Стьюдента однородности двух выборок проверять нормальность. Хотя для этого имеется много критериев, но проверка нормальности - более сложная и трудоемкая статистическая процедура, чем проверка однородности. Для достаточно надежного установления нормальности требуется весьма большое число наблюдений. Так, чтобы гарантировать, что функция распределения результатов наблюдений отличается от некоторой нормальной не более чем на 0,01 (при любом значении аргумента), требуется порядка 2500 наблюдений. В большинстве прикладных исследований число наблюдений существенно меньше.

Из сказанного выше следует, что результаты измерений и вообще статистические данные имеют свойства, приводящие к тому, что моделировать их следует случайными величинами с распределениями, более или менее отличными от нормальных. В большинстве случаев распределения существенно отличаются от нормальных, в других нормальные распределения могут, видимо, рассматриваться как некоторая аппроксимация, но никогда нет полного совпадения.

### **Критерий Стьюдента – главная статистическая процедура?**

Наибольшей популярностью при проверке гипотез о равенстве генеральных средних пользуется -критерия Стьюдента. Леонов В.П. приводит пример: «в выпусках БЭБМ за 1997 г. -критерий Стьюдента использован в 125 статьях, тогда как корреляционный и дисперсионный анализ применен всего лишь в 15, критерий Колмогорова-Смирнова – в одной, парная линейная регрессия – в трех, точный критерий Фишера – в трех статьях».

Как известно, -критерий Стьюдента имеет два классических условия его применимости: а) результаты наблюдений имеют нормальное распределение, б) дисперсии результатов наблюдений в первой и второй выборках совпадают. Если условия а) и б) выполнены, то статистика  $t$  при справедливости  $H_0 : m_1 = m_2$  имеет распределение Стьюдента с  $(m+n-2)$  степенями свободы. Только в этом случае традиционный метод обоснован безупречно. Если хотя бы одно из условий а) и б) не выполнено, то нет оснований считать, что статистика  $t$  имеет распределение Стьюдента, поэтому применение традиционного метода, строго говоря, не обосновано.

Предполагать нормальность распределения результатов медико-биологических наблюдений априори, как мы видели выше, нет оснований. Но есть и еще одна общая причина отклонений от нормальности: любой результат наблюдения записывается конечным (обычно 2-5) количеством цифр, а с математической точки зрения вероятность такого события равна 0.

Иногда условие б) вытекает из методики получения результатов наблюдений, например, когда с помощью одного и того же прибора  $m$  раз измеряют характеристику первого объекта и  $n$  раз второго, а параметры распределения погрешностей измерения при этом не меняются. Однако ясно, что при общей постановке задач нет оснований предполагать априори равенство дисперсий. Целесообразно ли проверять равенство дисперсий статистическими методами, например, с помощью F-критерия Фишера? Этот критерий основан на нормальности распределений результатов наблюдений, от которой неизбежны отклонения, причем в отличие от  $t$ -критерия его распределение сильно меняется при малых отклонениях от нормальности. Следовательно, при проверке однородности применение F-критерия для предва-

рительной проверки равенства дисперсий нецелесообразно. Итак, в большинстве медико-биологических задач условие б) нельзя считать выполненным.

Подведем итоги: классические условия применимости критерия Стьюдента в подавляющем большинстве медико-биологических задач не выполнены. Тем не менее, при больших и примерно равных объемах выборок его можно применять, но при конечных объемах выборок традиционный метод носит неустраимо приближенный характер.

Что же происходит на практике. Леонов В.П. проанализировал 1562 статей, монографий, диссертаций и авторефератов, авторы которых использовали t-критерий Стьюдента. При этом упоминание о проверке нормальности распределения исследуемых признаков было только в 23 работах! О проверке второго ограничения – на равенство генеральных дисперсий упоминалось лишь в одной работе.

Но, к сожалению, есть еще одна проблема, связанная с критерием Стьюдента. Дело в том, что он предназначен для сравнения только двух групп. Однако на практике он широко (и неправильно) используется для оценки различия большего числа групп посредством попарного их сравнения, что для данного критерия, без использования специальных поправок, недопустимо. В результате такого приема возникает так называемая «ошибка множественных сравнений», приводящая к тому, что авторы будут чаще обнаруживать желаемое различие, нежели оно существует на самом деле. Данная ошибка является второй по распространенности после использования критерия Стьюдента без проверки двух имеющихся ограничений.

### **Заключение**

К сожалению, учебная и научная литература на русском языке (как, впрочем, и на иных языках) по прикладной статистике в целом далека от совершенства, переполнена устаревшими методологическими подходами и прямыми ошибками.

Хотя студенты почти всех специальностей изучают в конце курса высшей математики раздел "теория вероятностей и математическая статистика", реально они знакомятся лишь с некоторыми основными понятиями и результатами, которых явно не достаточно для практической работы. С некоторыми математическими методами исследования студенты встречаются в специальных курсах, однако изложение в большинстве случаев носит весьма сокращенный и рецептурный характер.

Поэтому большое значение имело бы введение в вузах курса "Прикладная математическая статистика", а на биологических факультетах – курса «Биометрика», поскольку биометрика – это, как известно, статистический анализ конкретных биологических данных. Естественно, что такие курсы должны быть обеспечены соответствующими учебниками и учебными пособиями, методическими материалами и обучающими компьютерными системами. Только через систему образования можно поднять уровень массового применения прикладной статистики и сократить отставание от "переднего края" теории. А это отставание в настоящее время составляет не менее 20 (но и не более 100) лет.

### **Список литературы:**

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. – М.: Практика, 1999.
2. Леонов В.П. Когда нельзя, но очень хочется, или Ещё раз о критерии Стьюдента. 2007, Биометрика.
3. Леонов В.П. Ошибки статистического анализа биомедицинских данных. Международный журнал медицинской практики, 2007, вып. 2, стр.19-35.
4. Новиков Д.А., Новочадов В.В. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи). Волгоград: Изд. ВолГМУ, 2005.

5. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. -Л.: энергия, 1968. - 248 с.
6. Орлов А.И. Часто ли распределение результатов наблюдений является нормальным? – Журнал «Заводская лаборатория». 1991 Т.57. No.7 С.64-66.
7. Орлов А.И. О применении статистических методов в медико-биологических исследованиях. - Журнал «Вестник Академии медицинских наук СССР». 1987. No.2. С.88-94.

## ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ

**Калинина Н.Р.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биологии, anohinavs@mstu.edu.ru*)

The basic problems, braking existence and economic activities development in aquaculture area are discussed.

На протяжении последних тридцати лет в Мурманской области издано немало научных трудов, публицистических статей о перспективах развития аквакультуры в СССР, России и, в частности, в Мурманской области. Однако, вследствие ряда объективных и субъективных причин, в регионе аквакультура до настоящего времени не получила должного развития.

Отсутствие в стране системы для ведения такого рода хозяйственной деятельности, в том числе элементарной нормативно-законодательной базы и современной инфраструктуры, не позволяют отдельным хозяйствующим субъектам создавать качественную товарную продукцию, получать законным путем прибыль, создавать рабочие места, платить налоги и т.п.

Основные проблемы, тормозящие развитие хозяйственной деятельности в области аквакультуры:

1. слабое взаимодействие науки с представителями бизнес-сообществ;
2. отсутствие хорошо отработанных, экономически обоснованных инновационных проектов, адаптированных к условиям конкретных водных объектов;
3. разработанные в прошлом веке нормативно-методические документы и технологии морально устарели и требуют серьезной доработки.

Еще до конца 2006 г Минсельхоз РФ был намерен внести на рассмотрение правительства РФ проект федерального закона "Об аквакультуре". В октябре 2006 г на рассмотрение правительства РФ был внесен проект федеральной целевой программы "Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2008-2012 годах". Тем не менее, позитивных изменений в этом направлении деятельности не наблюдается. Единственное в области предприятие, которое с 2004 года обеспечивает область деликатесной продукцией – выращенной в садках семгой, было создано при участии норвежцев, под их патронажем и по их технологии работает, однако вышеперечисленные проблемы значительно сдерживают дальнейшее развитие подобных хозяйств.

В Мурманской области в 2005-2008 гг. предпринимались отдельные попытки создания морских ферм по передержке, докармливанию и культивированию с целью воспроизводства камчатского краба. Работа велась под научным сопровождением рыбохозяйственных НИИ и завершилась передачей промышленности соответствующих технологий. Так, во ВНИРО изданы научно-технические и методические документы по искусственному воспроизводству камчатского краба, в ПИНРО выпущены Временная инструкция по культивированию камчатского краба в прибрежных водах Баренцева моря и Технологическая инструкция № 9253-043-00472182-05 по доращиванию некондиционных промысловых самцов камчатского краба в прибрежных водах Баренцева моря. Вместе с тем, инструкции до настоящего времени не утверждены на федеральном уровне и потому не могут рассматриваться как официально утверждённые нормативно-технические документы. Проблема осложняется тем, что на федеральном уровне не существует даже механизма утверждения документов такого рода. Таким образом, дальнейшая работа по культивированию краба может продолжаться только при условии обязательного научного обеспечения, в рамках лишь экспериментальных хозяйств. Отсутствие необходимых нормативно-технических документов, в том числе регла-

ментирующих поставки посадочного материала для таких хозяйств и механизм реализации уже готового продукта, ставит под сомнение законность указанной деятельности.

Важной составляющей деятельности аквахозяйств является контроль здоровья объектов культивирования, однако, ветеринарное законодательство морально устарело. Действующие в этом секторе ветеринарные инструкции не отвечают требованиям Международного эпизоотического бюро (МЭБ), следовательно, выполнение контрольно-надзорных функций не может гарантировать должное обеспечение эпизоотического благополучия на хозяйстве, а также нераспространение заболеваний на дикие популяции ВБР.

Абсолютно неконструктивной и практически неосуществимой является попытка федеральных органов выделения для товарного рыбоводства так называемых рыбопромысловых участков (РПУ). Чрезвычайно негативным фактором, оказывающим существенное деструктивное влияние на функционирование предприятий аквакультуры, является продолжающаяся межведомственная борьба за право осуществлять надзор за аквахозяйствами. В результате отрасль, которая во всем мире приносит ощутимую прибыль, в Мурманской области практически приостановила своё развитие.

## СОСТОЯНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ *MYTILUS EDULIS* L. СЕВЕРНОГО КОЛЕНА КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

**Кравец П.П.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биологии)

*Mytilus edulis* L. is an active filter feeder of sea waters, a numerous component of various zoocenosis' and, besides, a convenient model object. Dimension and age structures play the major role in estimation the state of mussel communities. The research aim is the investigation of the current state of *Mytilus edulis* L. assemblages of northern part of Kola inlet.

*Mytilus edulis* L. активный фильтратор морских вод, многочисленный компонент различных зооценозов и, кроме того, удобный модельный объект. Для оценки состояния поселений важнейшую роль играют возрастная и размерно-массовая структура.

Целью работы является изучение современного состояния литоральных поселений мидий *Mytilus edulis* губы Тюва Северного колена Кольского залива. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- описать распределение плотности и биомассы мидий на литорали Тюва-губы;
- выявить размерно-массовые характеристики моллюсков в исследуемом районе;
- изучить возрастную структуру поселений мидий.

Пробы отбирались с трех горизонтов литорали сериями из 3 количественных проб рамкой 10\*10 см в куту, середине и устье губы. Пробу мидий взвешивали и просчитывали. Далее взвесив целого моллюска, измеряли длину раковины штангенциркулем, затем аккуратно раскрывали раковину, для чего вставляли между створками скальпель и разрезают мускул-замыкатель. Из открытой раковины тщательно извлекают все тело моллюска (мясо), причем надрезают мантию, чтобы вытекла заключенная в ней жидкость. Выделенное мясо и створки раковины обсушивают фильтровальной бумагой и по отдельности взвешивают. По разности между массой целого моллюска и суммой массы мяса и створок раковины нашли массу заключенной в раковине жидкости (полостная жидкость).

Возраст определялся путем подсчета колец зимней остановки роста на раковинах. Общее количество проанализированных таким образом моллюсков составило 866 экз.

Статистическую обработку данных проводили при помощи программы MS Excel.

В ходе работы выяснили, что прослеживается увеличение плотности и снижение биомассы поселений мидий от кута к устью (табл.1).

Таблица 1. Биомасса и плотность поселения *Mytilus edulis* в губе Тюва 2009 г. (на 1 м<sup>2</sup>).

	КУТ		СЕРЕДИНА		УСТЬЕ	
	Плотность, экз.	Биомасса, г	Плотность, экз.	Биомасса, г	Плотность, экз.	Биомасса, г
Верхний горизонт	-	-	-	-	-	-
Средний горизонт	5100	6922,66	3333,33	6230	3450	765,9
Нижний горизонт	4500	22740,66	7466,66	4558	9250	3504
Среднее	4800	14831,66	5400	5394	6350	2134,95

Примечание: “-” - отсутствие мидий.

Высокая плотность поселений мидий в устье, вероятно, связана с каменистым типом литорали, что обуславливает большую площадь поверхности для оседания моллюсков, а также с повышенным водообменном.

По мере продвижения к куту каменистые грунта сменяются гравийными, а потом илисто-песчаными. Плотность поселений уменьшается при переходе на мягкий грунт.

Мидии встречаются повсеместно на литорали. По размерно-массовым показателям мидии кутовой части превосходят мидии из остальных исследуемых участков (табл.2). Поскольку в кут впадает река Тюва и множество ручьев, которые способствуют поступлению питательных веществ.

Таблица 2. Средние значения размерно-массовой структуры поселений мидий Тюва губы

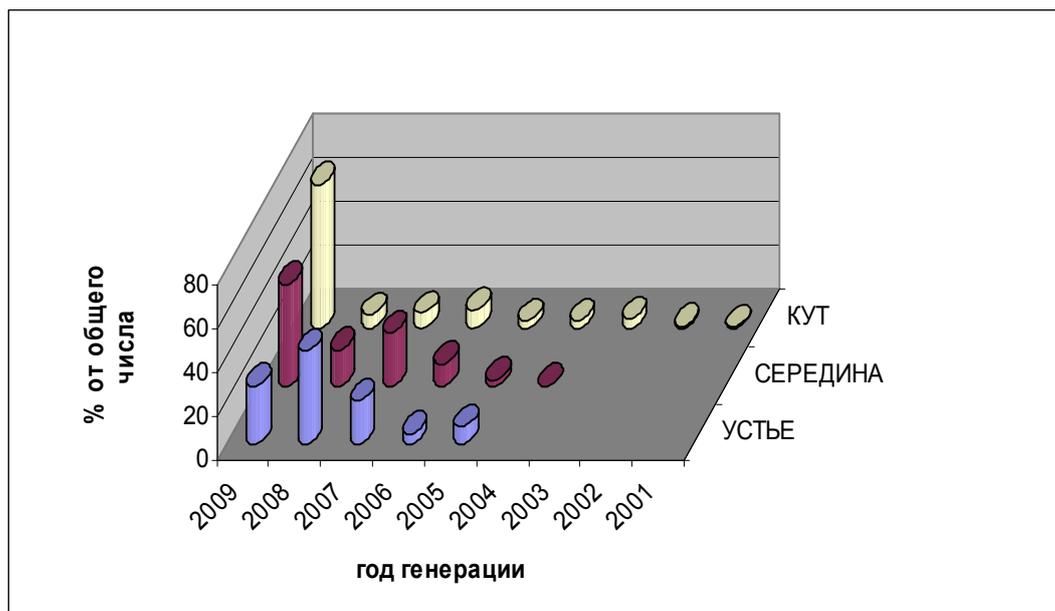
Губа Тюва				
Средний размер мидий, см	Средняя масса мидий, г	Масса тела моллюска, г	Масса створок, г	Масса МЖ, г
КУТ				
3,12±0,15	4,17±0,54	1±0,12	1,96±0,26	1,21±0,19
СЕРЕДИНА				
2,27±0,06	1,17±0,09	0,43±0,03	0,48±0,04	0,26±0,02
УСТЬЕ				
2,01±0,09	0,97±0,11	0,35±0,04	0,37±0,04	0,25±0,03

Примечание: МЖ - межстворчатая полостная жидкость.

Наиболее крупные моллюски населяют нижний горизонт губы (табл.3). Поскольку на данном участке повышенный водообмен, обусловленный приливно-отливными течениями, который способствует процессам самоочищения и обеспечивает моллюсков биогенами.

Таблица 3. Размерно-массовые характеристики мидий по горизонтам литорали

Губа Тюва					
горизонт	Средний размер мидий, см	Средняя масса мидий, г	Масса тела моллюска, г	Масса створок, г	Масса МЖ, г
КУТ					
верхний	-	-	-	-	-
средний	2,7±0,21	3,26±0,31	0,7±0,13	1,69±0,39	0,86±0,22
нижний	3,44±0,14	4,87±0,23	1,23±0,18	2,16±0,36	1,49±0,29
СЕРЕДИНА					
верхний	-	-	-	-	-
средний	2,26±0,08	1,23±0,14	0,45±0,05	0,51±0,06	0,25±0,02
нижний	2,28±0,1	1,12±0,13	0,41±0,05	0,45±0,05	0,27±0,05
УСТЬЕ					
верхний	-	-	-	-	-
средний	1,63±0,09	0,62±0,11	0,22±0,04	0,25±0,05	0,14±0,02
нижний	2,25±0,12	1,2±0,16	0,43±0,06	0,45±0,06	0,35±0,05



Возрастная структура поселений мидий губы Тюва.

Характерной чертой возрастной структуры поселений губы является преобладание поколений 2007, 2008 и 2009 годов и меньшей численностью моллюсков старших (старше 5 лет) возрастных групп (см. рис.). Доминирование мидий 1 и 2 года, возможно связано с тем, что ежегодно происходит интенсивное оседание молоди или относительно меньшая элиминация молоди.

## ИЗМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.

**Литвинов Ю.В.** (г. Мурманск Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН  
e-mail: litvinov-y@mail.ru)

Meteorological parameters are resulted: air and water temperature, pressure, a direction and speed of a wind and indicators of impellent activity of seals these days. The interrelation between them is supposed.

Этологические исследования являются одной из важных составляющих изучения морских млекопитающих, как в природных условиях, так и в неволе. Они позволяют ответить на большой круг вопросов, касающихся особенностей поведения животных в различных условиях и могут помочь в прогнозировании реакции морских млекопитающих на те или иные внешние воздействия. Этологические исследования проводятся, главным образом, на китообразных и ушастых тюленях. Настоящие тюлени в этом аспекте являются менее изученными. Так, продемонстрирована высокая эффективность применения этограмм при изучении поведения серых тюленей в условиях океанариума (Зими́на, Мишин 2003). Однако данных о воздействии на поведение ластоногих климатических факторов мало. Одной из объективных характеристик поведения является двигательная активность, на уровень которой влияют как внешние факторы, так и физиологическое состояние животного (Ильченко, Попов, 1990). Оценку двигательной активности мы использовали при исследовании поведения тюленей в условиях, близких к естественным, при их вольерном содержании.

Исследования проводились на экспериментальном полигоне ММБИ в Кольском заливе в январе-феврале 2009г. Объектами исследований являлись представители семейства настоящих тюленей (*Phocidae*) серые тюлени (*Halichoerus grypus*) - 4 самки одного возраста (3 года). Все животные по внешним признакам здоровы. Тюлени содержались в вольерах 2×4 метра с глубиной 4 метра и были отделены друг от друга сетевой перегородкой. В садках у каждого животного был оборудован деревянный помост, позволяющий тюленю выходить из воды. Основной задачей исследования являлось наблюдение за двигательной активностью ластоногих, учет времени нахождения животного на поверхности воды и под водой и соотношение этих данных с метеорологическими факторами. Для этого использовался метод дистанционного наблюдения с помощью видеокамеры при отсутствии человека вблизи садков с тюленями. Наблюдения проводились отрезками времени по 10 минут ежедневно с 14.00 в промежутках между кормлением в 10 и 17 час. Впоследствии полученные данные обрабатывали на компьютере при помощи видеоредактора. Всего было сделано 8 выборок. Регистрировали также метеорологические параметры: температура воздуха, температура воды, атмосферное давление, направление и скорость ветра.

Выборки были сгруппированы следующим образом: а, в, д, ж- температура воздуха ниже -10°C, ветер слабый не больше 3 м/с, б, г, е, з - температура воздуха не ниже -6°C, ветер сильный свыше 10 м/с. Температура воды за время наблюдений не изменялась и составляла +2°C.

Из данных, полученных в ходе наблюдений, нами выявлено, что все животные большую часть времени проводят под водой. Они не разу не выходили на помосты. При нахождении на поверхности воды животные часто проявляли элементы ориентировочного поведения (осматривались).

Таблица. Показатели двигательной активности тюленей в связи с метеорологическими факторами

Животное, №	выборка	Климатические факторы	Среднее время на поверхности воды, с	Среднее время под водой, с	Количество всплытий, в мин.
1	а	t°-11 давление 770мм ветер 3 3м/с	11.42±2.26	44.64±13.89	1.2
	б	t°-5 давление 760мм ветер Ю 10 м/с	7.72±4.35	31.71±1.09	1.8
2	в	t°-10 давление 760мм ветер Ю-3 2 м/с	16.64±3.15	36.20±12.51	1.1
	г	t°-5 давление 766мм ветер Ю-3 11 м/с	6.50±1.13	19.76±2.96	1.8
3	д	t°-12 давление 768мм ветер Ю-3 2 м/с	23.80±8.54	98.75±27.68	0.5
	е	t°-6 давление 757мм ветер Ю-3 12 м/с	4.08±1.01	36.67±9.13	1.3
4	ж	t°-14 давление 775мм ветер Ю-3 1 м/с	16.50±4.97	64.15±21.67	0.8
	з	t°-6 давление 757мм ветер Ю-3 12 м/с	3.00±0.76	18.59±4.78	1.8

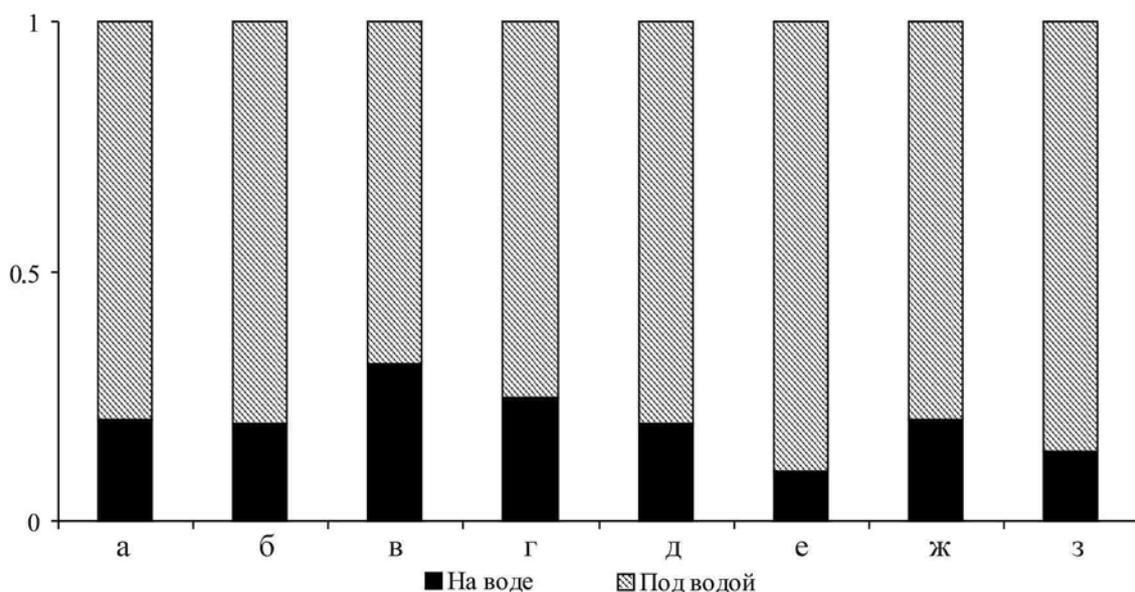


Рис 1. Соотношение времени нахождения животных на поверхности воды и под водой

При сравнении групп выборок прослеживается следующая особенность: в первом случае тюлени более продолжительное время оставались как под водой, так и на поверхности воды и в два раза реже всплывали, во втором случае бюджет времени нахождения и под водой, и на поверхности воды резко сокращался. Соотношение времени нахождения на воде и под водой уменьшилось у животного №1 в 1.4раза, №2-в 2.56 и в 1.8 раз, №3-в 5.8 и 2.69раз и у №4-в 5.5 раза и 3.45 раз соответственно (рис.1). Возможно, помимо климатических параметров на это повлияло и сильное волнение на море. Увеличение числа всплытий может объясняться повышением температуры воздуха по сравнению с наблюдаемой при первых выборках. Либо тем, что садок с животным при сильном волнении вертикально перемещается, тем самым, мешая тюленю долго находиться под водой.

Более продолжительное среднее время, проведенное животным №2 под водой и самое низкое число всплытий в минуту в выборке, в отличие от других, по-видимому, объясняется проведением строительных работ с применением электрических инструментов в непосредственной близости (на расстоянии 3-5 м) от места содержания животного до наблюдений. Перед другими временными выборками этих работ не проводилось.

Таким образом, прослеживается некоторая зависимость поведения животных от метеорологических факторов. Это, безусловно, важно как для решения научных задач, так и при использовании морских млекопитающих в составе биотехнических систем, поскольку позволяет прогнозировать текущее функциональное состояние каждого животного и его работоспособность. В дальнейшей работе, вероятно, будет выявлена более определенная связь между поведением тюленей и метеорологическими факторами.

#### **Список литературы:**

1. Зими́на О.А., Мишин В.Л. Применение этограмм при изучении поведения ластоногих // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 185-194.
2. Ильченко О.Г., Попов С.В. Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе. М.: Изд. Моск. зоопарка, 1990. 77с.

## ВОДОРΟΣЛИ ЛИТОРАЛИ ГУБЫ ТЮВА КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

Малавенда С.С. (МГТУ, кафедра биологии, msergmstu@yandex.ru)

Distribution of leading littoral communities of macroseaweed of Tjuva bay of Kola inlet is studied. In all 35 species of macroseaweed are found. The basic associations are revealed. Reduction of total number of species in investigated areas from the bay mouth to the estuarial zone is observed. Macro seaweed communities of Tjuva bay are various in specific structure, but species biomass is not abundant.

Современное экологическое состояние большинства закрытых губ Кольского залива, в особенности северной его части, исследовано поверхностно и неполно. В то же время, в настоящий момент имеется возможность изучить акватории, прежде не доступные из-за расположения в них военных объектов, и использовать их для развития марикультуры в Мурманской области. К таким акваториям, можно отнести Тюва-губу, Она расположено не далеко от мест с развитой инфраструктурой, и достаточно далеко от крупных промышленных предприятий и портов, расположенных по берегам Кольского залива.

Литоральные водоросли – важнейший компонент прибрежных экосистем. Данные о состоянии литоральных фитоценозов являются основой биологического мониторинга, и оценки перспективности строительства аквохозяйств, особенно в тех районах, где ранее гидробиологические исследования не проводились. В связи с этим целью данной работы является изучение структуры и состава фитоценозов литорали губы Тюва.

Отбор проб проводили во время максимального отлива в трех частях губы (устье, середина, кут) методом вертикальных трансект с использованием рамки площадью 0,25 м<sup>2</sup> в трех повторностях (Руководство ..., 1980). Визуально оценивали преобладающий тип субстрата (песок, мелкий и крупный камень, валун, скала). Определяли характер распределения водорослей на литорали: поясность, основные ассоциации, видовой состав.

Изучено распределение ведущих сообществ на литорали в Тюва-губе. Сообщества фукусовых водорослей тянутся вдоль всей губы, где имеется твердый субстрат (скалы, валуны, камни). В устьевой части и центральной части губы, где преобладают обрывистые скалистые или крупно валунные берега, фукусовые тянутся узкой полосой, приурочены к верхнему и среднему горизонтам литорали. В куту губы на песчаных отмелях с редкими камнями фукусовые занимают значительную площадь, приурочены к нижнему горизонту литорали. Заросли разреженные, с проективным покрытием не более 30-50 %, плотных поселений не встречается, что обусловлено естественными причинами - характером распределения твердого субстрата.

Горло губы: открытая скалистая литораль, с уклоном берега около 45°. Отчетливо выражена поясность в распределении ассоциаций: верхний горизонт литорали – асс. *Fucus vesiculosus*, средний горизонт литорали - асс. *Fucus distichus*, нижний горизонт литорали - асс. *Acrosiphonia sp.*, асс. *Laminaria saccharina*.

Центральная часть губы: каменистая литораль (уклон 60°) верхний горизонт литорали – асс. *Fucus vesiculosus*, асс. *Fucus vesiculosus* + *Ascophyllum nodosum*, средний горизонт литорали - асс. *Fucus distichus* + *Pilayella littoralis*, нижний горизонт литорали - асс. *Laminaria saccharina*.

Кут губы: песчано-каменистая литораль - асс. *Fucus vesiculosus* + *Mytilus edulis*, асс. *Fucus vesiculosus*+*Ascophyllum nodosum*.

Видовой состав макроводорослей в литоральных ассоциациях в различных частях в Тюва губе представлен в таблице 3.

При движении от горла к куту:

- 1) исчезает поясность, появляется более сглаженное распределение водорослей;
- 2) уменьшается число ассоциаций;
- 3) уменьшается видовое разнообразие в ассоциациях;
- 4) наблюдается постепенное замещение видов.

Также наблюдается уменьшение общего количества видов на исследуемых литоралиях от горла губы до кута (рис.1)

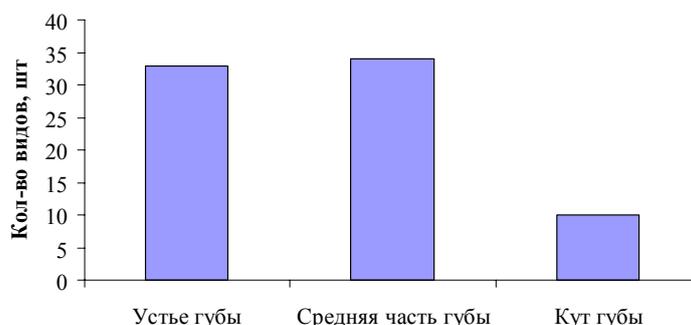


Рис. 1. Количество видов водорослей в различных частях губы

На рисунке 1 видно, что наибольшее количество видов на литорали находится в средней части, так как снижается интенсивность движение воды, при этом наблюдаются небольшие изменения солёности между приливом и отливом. В кутовой части губы наименьшее количество видов водорослей из-за сильного осмотического стресса, который испытывают водоросли во время отлива и перемерзания кута губы зимой.

В целом в устье губы и в средней её части количество видов приблизительно одинаково и также схожи литоральные ассоциации (таблица.).

Таблица

**Видовой состав макроводорослей в литоральных ассоциациях в различных частях в Тюва губе.**

№	Отд ел	Виды водорослей	Устье, скалы	Середина, валуны	Середина, камни	Кут, Песок, камни
<b>Верхний горизонт</b>						
1	Б	<i>Acc.Fucus vesiculosus</i>	+	+	+	
2	Б	<i>Ascophyllum nodosum</i>	+	+	+	
3	Б	<i>Chorda filum</i>	+			
4	Б	<i>Chordaria flagelliformis</i>	+			
5	Б	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	+			
6	Б	<i>Petelonia fascia</i>	+			
7	К	<i>Porphyra sp.</i>	+			
8	З	<i>Protomonostroma undulatum</i>	+			
9	Б	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	+			
10	З	<i>Ulvaria obscura</i>	+			
11	Б	<i>Pilayella littoralis</i>		+		
12	Б	<i>Elachista fucicola</i>		+		
<b>Средний горизонт</b>						
1	Б	<i>Fucus distichus</i>	+	+	+	
2	Б	<i>Fucus vesiculosus</i>			+	+
3	Б	<i>Ascophyllum nodosum</i>		+	+	+
4	Б	<i>Pilayella littoralis</i>	+	+	+	+

5	Б	<i>Elachista fucicola</i>	+	+	+	+
6	Б	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	+		+	
7	Б	<i>Chordaria flagelliformis</i>	+		+	
8	К	<i>Devaleraea ramentacea</i>	+	+		
9	З	<i>Acrosiphonia sp.</i>	+	+		
10	Б	<i>Laminaria saccharina</i>	+			
11	Б	<i>Laminaria digitata</i>	+			
12	Б	<i>Alaria esculenta</i>	+			
13	З	<i>Monostroma grevillei</i>	+			
14	З	<i>Ulothrix flacca</i>	+			
15	К	<i>Porphyra laciniata</i>		+		
16	К	<i>Palmaria palmata</i>		+		+
17	Б	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	+	+		+
18	З	<i>Blidingia minima</i>		+		
19	К	<i>Hildenbrandtia prototypus</i>	+	+	+	+
20	Б	<i>Lithoderma extensum</i>	+	+		
21	Б	<i>Petalonia fascia</i>	+	+		
22	К	<i>Porphyra sp.</i>	+	+		
23	З	<i>Enteromorpha prolifera</i>			+	+
24	Б	<i>Ectocarpus sp.</i>			+	+
25	Б	<i>Chorda filum</i>	+			+
<b>Нижний горизонт</b>						
1	З	<b>Acc.</b> <i>Acrosiphonia sp.</i>	+			
2	Л	<i>Devaleraea ramentacea</i>	+			
3	Б	<i>Rhodomela lycopodioides</i>	+			
4	Б	<i>Fucus distichus</i>	+			
5	К	<i>Hildenbrandtia prototypus</i>	+			
1	Б	<b>Acc.</b> <i>Laminaria saccharina</i>		+		
2	Б	<i>Laminaria digitata</i>		+		
3	Б	<i>Alaria esculenta</i>		+		
4	К	<i>Devaleraea ramentacea</i>		+		
5	К	<i>Porphyra miniata</i>		+		
6	З	<i>Ulvaria obscura</i>		+		
7	З	<i>Protomonostroma undulatum</i>		+		
8	К	<i>Rhodomela lycopodioides</i>		+		
9	Б	<i>Chorda tomentosa</i>		+		
10	К	<i>Hildenbrandtia prototypus</i>		+		
11	Б	<i>Lithoderma extensum</i>		+		
<b>Выбросы</b>						
1	Б	<i>Laminaria saccharina</i>	+			
2	Б	<i>Laminaria digitata</i>	+			
3	К	<i>Delesseria sanguinea</i>	+			
4	К	<i>Phycodrys rubens</i>	+			
5	К	<i>Phyllophora interrupta</i>	+			
6	К	<i>Odonthalia dentata</i>	+			
7	Б	<i>Desmarestia aculeata</i>	+			
8	К	<i>Polyides caprinus</i>	+			

Примечание. Отделы водорослей: Б – бурые, З – зеленые, К – красные водоросли.

Всего было найдено 35 видов водорослей, среди них 19 – бурых, 10 – красных, 6 – зеленых видов водорослей.

Для ассоциаций фукусов характерны следующие виды:

Асс. *Fucus vesiculosus* (верхний горизонт или верхний этаж среднего горизонта относительно прибойной литорали). Эпифиты: *Elachista fucicola*, *Pilayella littoralis*, *Protomonostroma*. Между фукусами: *Chordaria flagelliformis*, *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Petalonia fascia*, *Scytosiphon lomentaria*, *Monostroma grevillei*, *Devaleraea ramentacea*, *Acrosiphonia* sp., *Porphyra* sp., редко - *Chorda filum*, *Ulvaria obscura*. На камнях встречаются корковые водоросли: *Hildenbrandtia prototypus*, *Lithoderma extensum*.

Асс. *Fucus distichus* (средний горизонт относительно прибойной литорали). Эпифиты: *Elachista fucicola*, *Pilayella littoralis*. Под фукусами: *Chordaria flagelliformis*, *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Petalonia fascia*, *Scytosiphon lomentaria*, *Monostroma grevillei*, *Devaleraea ramentacea*, *Acrosiphonia* sp., *Porphyra* sp. В ваннах сублиторального типа встречаются ламинариевые водоросли и сопутствующие им виды. На камнях встречаются корковые водоросли: *Hildenbrandtia prototypus*, *Lithoderma extensum*.

Асс. *Fucus vesiculosus* + *Ascophyllum nodosum* (средний и нижний горизонт пологой песчаной с редкими камнями литорали в куту). Эпифиты: *Elachista fucicola*, *Pilayella littoralis*. На мелких камнях и песке: местами много - *Monostroma*, *Palmaria*, *Porphyra*, *Enteromorpha prolifera*, редко - *Chorda filum*, *Scytosiphon lomentaria*. На камнях: *Hildenbrandtia prototypus*, *Lithoderma extensum*, лишайник – *Verrucaria*.

При рассмотрении количества представленных видов по горизонтам литорали в различных участках Тюва-губы можно отметить, что кутовой части в нижнем и верхнем горизонте водоросли отсутствуют из-за песчано-илистого грунта. Средней горизонт литорали отображает общую картину в целом по губе при этом там наблюдается наибольшее количество водорослей-макрофитов.

В целом сообщества макроводорослей в Тюва губе разнообразны по видовому составу, но не обильны по образуемой видами биомассе. По сравнению с другими частями Кольского залива, особенно по сравнению с центральной и кутовой частями залива (в районе г. Мурманска, пос. Абрам мыс, пос. Белокаменка), сообщества фукусовых водорослей значительно разнообразнее.

Видовой состав макроводорослей в Тюва губе типичен для сравнительно закрытых от прямого волнового воздействия губ Восточного Мурмана (Кузнецов, Шошина, 2003). Видовой состав отличается от такового губ Западного Мурмана (собственные наблюдения). Влияние нефтяного загрязнения на литоральные сообщества прослеживается. На поверхности воды нередко имелась нефтяная пленка в период проведения исследований. На камнях местами хорошо видны мазутные следы. На водоросли нефтяное загрязнение, безусловно, влияет, но они не выглядят угнетенными, но влияние чувствуется по их внешнему виду. Без сомнения, макроводоросли активно участвуют в процессах самоочищения водоема и высокая скорость водообмена (Малавенда, 2009), по-видимому, способствует самоочищению водоёма.

### Список литературы:

1. Кузнецов, Л. Л. Фитоценозы Баренцева моря. Физиологические и структурные характеристики / Л. Л. Кузнецов, Е. В. Шошина. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. - 307 с.
2. Малавенда С.С. Морфологические особенности бурой водоросли *Fucus disticus* L. в экосистемах Баренцева моря: Автореф. дис... канд. биол. наук. – М: МГУ, 2009. – 23 с.
3. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 190 с.

## РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ В БЕЛОМ МОРЕ

**Мишин Т.В.** (г. Мурманск, ФГОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биоэкологии, timberlen@mail.ru)

Зверобойный промысел на Белом море существует с глубокой древности. С XII века он начал приобретать товарные формы, а в конце XVIII века представлял собой уже довольно крупный кустарный промысел. Почти на всем протяжении XIX века при всех своих колебаниях добыча тюленя была относительно стабильной, как правило, не превышая 50 тыс. голов [3].

С начала XX века забой гренландского тюленя увеличился благодаря техническому совершенствованию флота. С 1917 года стали применяться мощные ледокольные пароходы. В 1925 году на промысле тюленей в Белом море участвовало уже 4 крупных ледокольных парохода. С этого же года для изучения распределения залежек тюленей на льдах стали использоваться самолёты [4]. В 1924 - 1928 годах общий забой составил 1872 тыс. голов при среднегодовой добыче 374,4 тыс. голов. Столь высокая промысловая нагрузка на беломорское стадо, когда в отдельные годы добывалось почти 0,5 млн. голов зверя, не могла не сказаться на запасах. С 1925 года, когда было забито 467,6 тыс. голов, началось неуклонное падение добычи, которое продолжалось вплоть до начала мировой войны [2]. В военный период в течение нескольких лет промысел вообще не велся, по крайней мере, судовой. Эти годы можно считать временем вынужденного запуска. Он благоприятно сказался на численности тюленя. С 1945 года промысел начал быстро восстанавливаться (рис. 1).

В дальнейшем снова началось падение добычи, которое продолжалось до 1964 г. [1].

С 60-ых годов стал развиваться прибрежный вертолетный промысел. В результате в Белом море был прекращён лодочный и судовой промысел (который был возобновлён в 1982 по 1992 годы, но уже в небольших масштабах). Вертолетный промысел имел высокую экономическую эффективность до 1995 года. Затем в связи с резким ростом цен на горючее для вертолётов, он стал нерентабельным.

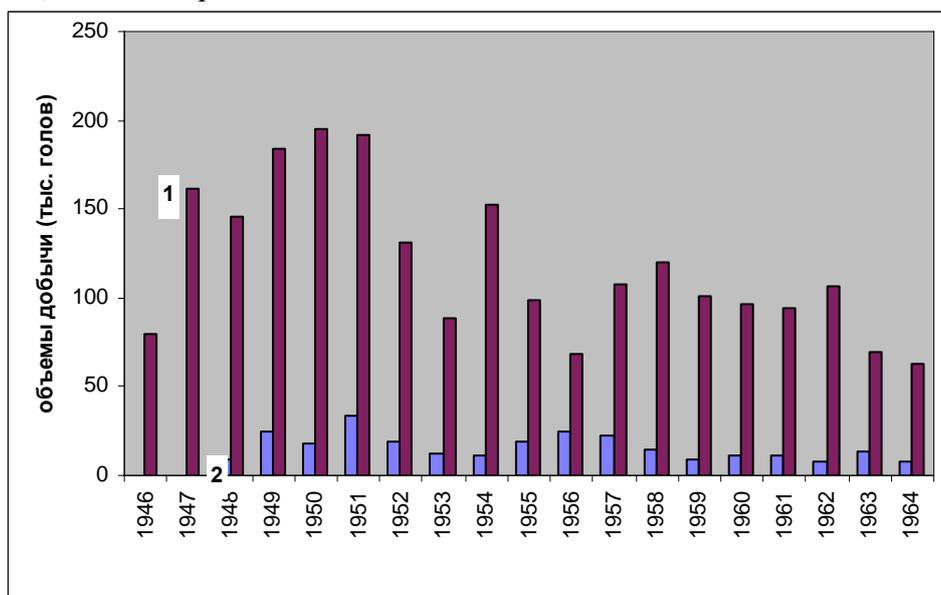


Рис. 1. Динамика добычи гренландского тюленя Белого моря советскими (1) и норвежскими (2) зверобоями с 1946 по 1964 гг. [5].

В настоящее время эксплуатацию этого запаса ведут только зверобои из Архангельской области. Практически весь промысел осуществляется на базе одного села (Нижняя Золотица), откуда зверобои доставляются на места добычи промысловыми судами.

В последние годы промысел гренландских тюленей в Белом/Баренцевом морях был ориентирован в основном на добычу животных в возрасте до 1 года. Динамика добычи гренландского тюленя беломорской популяции за последние 5 лет представлена на рис. 2.

В 2009 г. в связи с запретом на добычу гренландских тюленей в возрасте до 1 года в Белом море промысел гренландского тюленя предприятиями Архангельской и Мурманской областей не проводился.

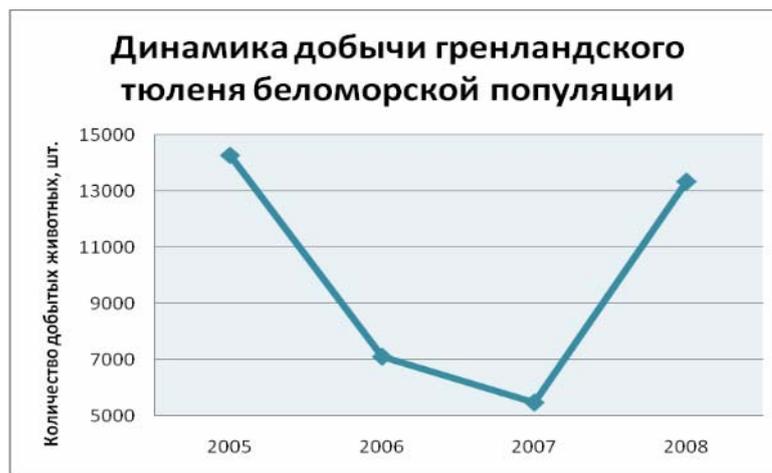


Рис. 2. Динамика добычи гренландского тюленя беломорской популяции за период 2005-2008 гг.

Наши наблюдения за ходом зверобойного промысла и отбор биологического материала проводились в 2008 г. в период с 26 марта по 24 апреля на борту ПСТ «Краснознаменск». Объектом добычи были перелинявшие щенки гренландского тюленя - серки, в то время, как в предыдущие годы, добывали мехового белька, или линяющего белька (хохлуша) для последующего содержания в вольерах до завершения линьки.

Основной забой серок проводило ООО "ГС РИБЕР СКИНН - Поморье", дочерняя фирма норвежской компании Riber Skin AS. На промысле в Белом море было задействовано 3 зафрахтованных компанией "РИБЕР СКИНН - Поморье" судна: буксир ледового класса "Садко", ПСТ "Краснознаменск", ПСТ "Надир". Добыча осуществлялась бригадами охотников-зверобоев, как сформированных фирмой-организатором, так и предоставленных участвующим в промысле колхозом РКХ «Чапома». Этот же колхоз передал для проведения промысла свою квоту - 26 000 голов тюленей. Суда и бригады, работающие под эгидой компании "ГС Рибер Скинн - Поморье", освоили 49.9% квоты, добыв 12984 голов серки. РКХ «Белое море» (Архангельск) было добыто 347 зверей. Таким образом, общая добыча гренландского тюленя в Белом море в 2008 г. составила 13331 животных (серок).

Промысел зверя производился баграми, отстрелом с судна и с фангботов. Разделка животных проводилась как на льду, так и на палубе судна (рис. 3) После разделки животных, хоровины (шкурки) раскладывали на палубе судна и охлаждали морской водой. Далее их помещали в специальные ёмкости, наполненные высококонцентрированным соевым раствором (рис. 4). Через 24 часа их перекладывали в трюм.

ПСТ «Краснознаменск» в основном вёл промысел в западной и центральной части Бассейна Белого моря. За период 26.03 - 24.04 судном «Краснознаменск» было добыто 4121 зверя.

Наличие на борту судна восьми - десяти зверобоев и одного – двух фангсботов позволяет в среднем за день добывать и обрабатывать до 450-500 животных. Что вполне достаточно для реализации промысловой квоты.

Использование в промысле багров – является наиболее эффективным для добычи зверя. В прессе этот способ называют «варварским». Однако он наиболее гуманный, так как животное погибает практически мгновенно, в отличие от применяемых ранее инъекций дителина. Применение данного способа зависит от ледовых условий и ведётся преимущественно в начале судовой промысловой кампании. Наибольшей сложностью для добычи зверя является период, когда щенки переходят на самостоятельное питание и погружаются в воду. В этом случае животных отстреливали.



Рис. 3. Разделка зверя на палубе судна



Рис. 4. Засолка хоровин в специально сооружённом контейнере

С экономической точки зрения, в связи с высокими ценами на авиационное топливо, судовой промысел по сравнению с вертолётным более выгоден. Но суда типа ПСТ «Краснознаменск» и даже буксира ледового класса «Садко» очень сильно зависят от ледовой обстановки.

Следует отметить, что в конце февраля, к началу массового щенения гренландского тюленя, на акватории Белого моря сформировались обширные ледовые покровы плотностью 7-10 баллов. Толщина льда достигала 60 см. Такие ледовые условия являются благоприятными для воспроизводства щенков гренландского тюленя. Но не самыми подходящими для промысла судами такого класса. Несколько раз суда застревали во льдах, и

приходилось многие часы простаивать в ожидании помощи ледокола, что вносило организаторам промысла дополнительные материальные затраты. Поэтому для работы в этих условиях необходимо использовать суда, более приспособленные к ледовым условиям.

Кроме того, для судового зверобойного промысла необходима авиаразведка, так как она предопределяет успех судовой промысловой кампании. До начала экспедиционных работ в период с 14 по 18 марта сотрудниками ПИПРО были проведены наблюдения за распределением залежек гренландского тюленя в Белом море с борта самолета-лаборатории АН-26 БРЛ «Арктика» в Бассейне, Горле, Воронке, Мезенском заливе Белого моря и Чешской губе Баренцева моря. По результатам наблюдений было выяснено, что плотные ценные залежки тюленей сформировались в Бассейне Белого моря, в Горле и Воронке наблюдали разреженные залежки. Все авиационные данные по распределению залежек были переданы на промысловые суда.

Так же среди плюсов судового промысла можно отметить меньшую зависимость от погодных условий, по сравнению с вертолётным промыслом, а так же объёмные трюма, которые позволяют сохранять не только хоровины добытых животных, но и их туши, которые впоследствии могут быть использованы для корма пушных зверей.

Проведённые в ходе рейса наблюдения позволили определить основные места концентрации залежек гренландского тюленя. Картограмма залежек приведена на рис.5.

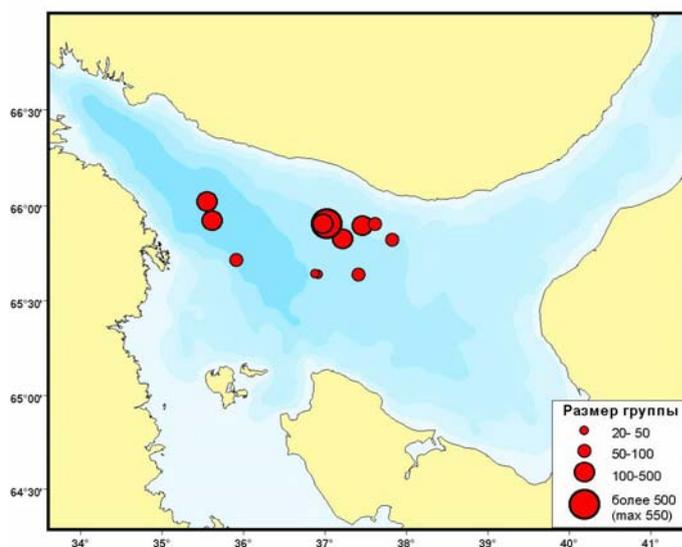


Рис. 5. Массовые залежки гренландского тюленя 14-18 марта 2008 г.

Из рисунка видно, что основные залежки гренландского тюленя находились в западной и в центральной части Бассейна Белого моря, так как именно здесь были наиболее подходящие ледовые условия. Российская Федерация — не единственная страна, в которой осуществляется промысел гренландского тюленя. Ведут такой промысел также Норвегия и Канада. Причем в Канаде масштаб добычи тюленей на порядок больше, чем в России, - до 350 тыс. особей в год.

Промысел гренландского тюленя всегда привлекал большое внимание общественности. В марте 2009 г. состоялась акция протеста, с призывом присоединиться «законодательного запрещения на территории России самого жестокого преступления людей против природы - убийства беззащитных детёнышей тюленя». Администрация Архангельской области обратилась в Госкомрыболовство с просьбой установить запрет на ведение промысла гренландского тюленя в возрасте до одного года. В результате до сегодняшнего дня зверобойный

промысел щенков тюленей не ведется. Кто прав в противостоянии «зеленых» и коренных поморов - трудно сказать.

Но не стоит забывать, что запрет на добычу тюленей ликвидирует зверобойный промысел, дающий средства к существованию сотням жителей поморских сел побережья Белого моря, а также разрушает традиционные производства по выпуску меховых, швейных изделий, жира и кормов для пушных зверей, создает проблемы занятости населения.

**Список литературы:**

1. Попов Л.А. Основные направления промысловых исследований ледовых форм ластоногих и результаты управления их ресурсами // Морские млекопитающие. М.: Наука. 1984. с. 23-39.
2. Сурков С.С. Распределение и запасы лысуна в Белом море. Мурманск: ПИНРО. 1957, 60 с.
3. Хузин Р. Ш. Эколого-морфологические анализ различий и перспективы промысла гренландского тюленя беломорской, ян-маейнской и ньюфаундлендской популяций. Мурманск: Мурманское книжное изд-во. 1972. 174 с.
4. Чапский К. К. Некоторые экологические обоснования сезонной динамики ареала беломорской популяции гренландского тюленя (*Pagophoca groenlandica* Erxl.) // Труды совещ. по экологии и промыслу морских млекопитающих. М.: Изд. АН СССР. 1961. с. 150-163.
5. Яковенко М. Я. Беломорская популяция гренландского тюленя и перспективы ее эксплуатации // Труды ПИНРО. 1967. Вып. 21. с.6-18.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ КАК ФАКТОР, СТИМУЛИРУЮЩИЙ РОСТ И РАЗВИТИЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**Насурлаева З.Ю.** (г. Махачкала, Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, e-mail: zorro.55@mail.ru )

The electromagnetic field makes stimulating impact on growth and development of grain-crops, raises viability of crops.

Электромагнитные поля (ЭМП) и электромагнитные излучения (ЭМИ) не являются чуждыми человеку, они присутствовали на Земле на протяжении всего времени существования планеты. Но за последние 50 лет прошлого XX века произошёл резкий скачок уровня их напряжённости. Это во многом связано с активным развитием и освоением электротехнических и радиоэлектронных комплексов, используемых во всех сферах человеческой деятельности. Поэтому можно считать естественным большой интерес со стороны учёных всего мира к исследованиям биологических эффектов ЭМИ. Электромагнитные поля и излучения служат также в качестве одного из основных факторов природы, синхронизирующих многие жизненно-важные процессы и системы в биосфере и выступающих посредниками космических влияний на неё (3). ЭМП и ЭМИ природных источников играют незаменимую роль, определяющую жизнеспособность организмов. Благоприятное действие, укрепляющее жизнеспособность растительных и других организмов, могут оказывать и технические источники электромагнитных полей и излучений. Среди всего спектра ЭМП и ЭМИ радиоволнового диапазона наиболее выраженным биологическим действием обладают микроволны. Необходимость проведения теоретических и экспериментальных разработок по влиянию низко интенсивных микроволн на растительные и животные организмы предполагает изучение соответствующих путей и закономерностей действия радиоизлучений с учётом биологических особенностей облучаемой культуры и режимов облучения, выявление возможного стимулирующего эффекта. Подобные разработки позволяют получить конкретные данные для практического использования микроволн. Так, выявлено существенное стимулирующее влияние флуктуирующих ЭМП малой напряжённости на прорастание семян пшеницы, кукурузы и амаранта (1). Значительно меньше исследований по изучению всего цикла роста и развития растений. Помимо изучения возможного стимулирующего эффекта, нами исследована также динамика роста и развития растений в контроле и при воздействии электромагнитного поля.

Целью проводимого исследования было действие непрерывного низко интенсивного микроволнового излучения на рост и развитие зерновых культур в зависимости от длины волны и частотных характеристик действующего поля при облучении радиоволнами посевного материала.

### Методика

Опыты проводили с использованием растительного материала - семян озимой пшеницы сорта «Безостая 1» и семян кукурузы «Зубовидной». Изучали действие микроволн 18 см, 20 см и 21 см диапазона на частотах 1665 МГц, 1667 МГц. Действию микроволн был подвергнут посевной материал растений: замоченные семена пшеницы и кукурузы. Интенсивность облучения составляла  $0,5 \text{ мВт/см}^2$ . Длительность облучения составляла 7 и 10 минут для пшеницы и кукурузы в каждом варианте. После облучения сразу проводили посев семян на опытном участке. Все культуры выращивали до получения урожая. В течение всего периода выращивания определяли характерные показатели роста и развития растений: размеры стебля и листьев, высоту растений, урожайность.

## Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали: в течение всего вегетационного периода от посева до сбора урожая, основным микроволновым эффектом является стимулирующее, благоприятное действие низко интенсивных микроволн на пшеницу, кукурузу, что выражается в лучшем, чем у необлучённых растений формировании вегетативных органов и намного большей урожайности культур.

Кроме того проявляется здесь и специфический стимулирующий эффект, в связи с биологической особенностью этих культур. Так у растений пшеницы, в опытных вариантах на стадии кущения тормозится развитие вторичных побегов, и хорошо развиваются основные продуктивные стебли, дающие зерно.

Как видно из таблицы 1 наиболее благоприятное влияние на рост растений озимой пшеницы оказывают микроволны 18 см диапазона.

Таблица 1. Влияние низко-интенсивного УВЧ-облучения семян на рост растений озимой пшеницы по ярусам.

№ п/п	Варианты (длина волны)	Высота стеблей пшеницы по ярусам, см.		
		Верхний ярус	Средний ярус	Нижний ярус
1.	Контроль (Без облучения)	98,3±0,1	83,2±0,2	60,6±0,2
2.	18 см	103,2±0,2	85,7±0,1	72,7±0,2
3.	20 см	101,3±0,2	85,3±0,1	69,9±0,1
4.	21 см	100,4±0,1	82,8±0,1	63,6±0,1

Также, улучшается всхожесть семян и растения в опытных вариантах оказываются более стойкими к условиям суровой зимы и жизнеспособными в сравнении с контролем (необлучёнными).

При исследовании воздействия микроволн на пшеницу и кукурузу выявлено, что рост и развитие данных культур происходит по одному и тому же принципу. Вначале растения в опытных вариантах отстают в росте и развитии от контрольных, но в последующем у них существенно ускоряются процессы роста и развития и они в итоге имеют лучшие показатели.

Влияние электромагнитных волн 18 см диапазона, которое хорошо просматривается на рисунках 2 и 3, отображающих графически динамику микроволновых эффектов во времени относительно контроля. На рисунках 2 и 3 отчётливо видно, что в действии УВЧ излучения на растения имеется 2 фазы: вначале облучённые растения имеют немного меньшие показатели, чем контрольные. Затем наступает фаза стимулирующего, благоприятного действия микроволн на растения, которая устойчиво сохраняется уже до полного завершения вегетационного периода и получения урожая. Однако, как видно из рисунка 2 - действие микроволн 18 см диапазона на частотах 1665 МГц и 1667 МГц отклоняется от общей закономерности, в своём начальном развитии растения не отстают от контрольных как в других опытных вариантах, а опережают.

Таким образом, все проведённые эксперименты по влиянию низко интенсивного УВЧ-излучения на культурные растения пшеницы и кукурузы ещё раз доказывают:

1. Стимулирующее влияние на рост и развитие растений
2. Закономерное воздействие – сначала наблюдается отставание облучённых растений от контрольных, а через некоторое время происходит мобилизация жизненных сил и они существенно опережают в развитии контрольные (необлучённые) растения.

Рис.2 Изменение площади зеленого листа  $S$  по мере роста и развития кукурузы в течение времени  $t$  при действии микроволн диапазона:  
 1а. 21см;  
 1б. 20см;  
 2. 18см(1665МГц);  
 3. 18см(1667МГц);  
 К – необлученные

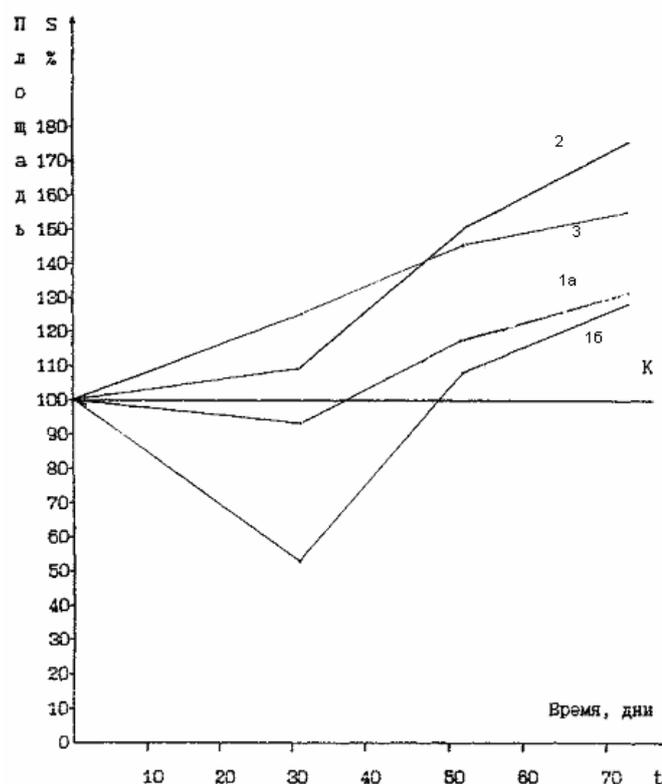
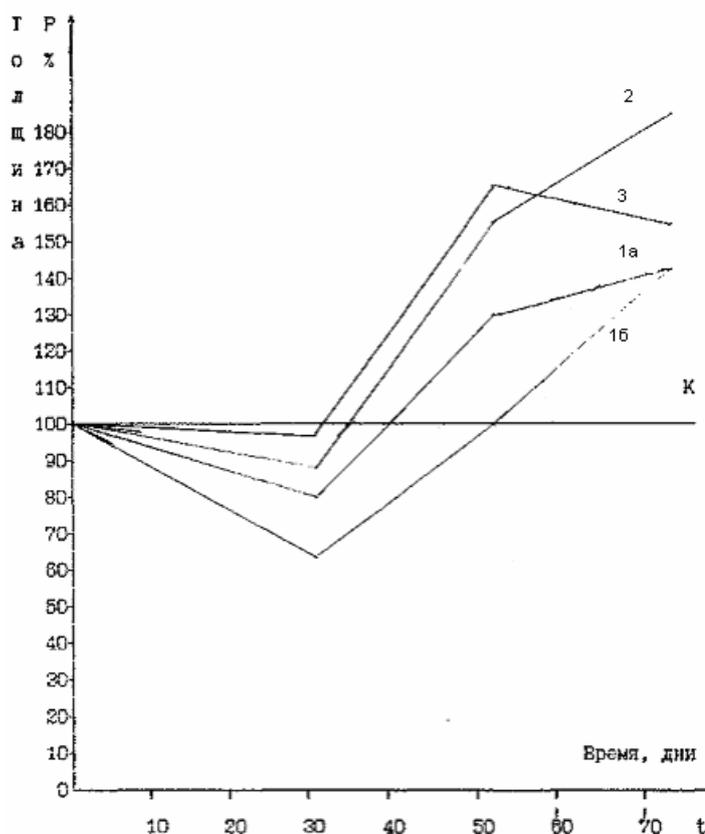


Рис.3 Изменение толщины стебля  $P$  по мере роста и развития кукурузы в течение времени  $t$  при действии микроволн диапазона:  
 1а. 21см;  
 1б. 20см;  
 2. 18см(1665 МГц);  
 3. 18см(1667МГц);  
 4. К - необлученные.



Проведённые исследования показали также, что наибольшее стимулирующее влияние оказывают низко интенсивные микроволны 18 см и 21 см диапазона с частотами 1665 МГц и 1667

МГц от искусственных источников (генераторов). Благоприятное действие низко интенсивного микроволнового излучения вызвано тем, что частотные параметры ЭМП близки к природным и это подтверждает то, что в электромагнетизме солнца и других источников ЭМП и ЭМИ небесной сферы, играющим незаменимую, жизненно важную роль в космосе и в земной среде обитания радиоизлучения, микроволны занимают существенное место и активно участвуют в нормальном функционировании и эволюции биологических систем и процессов на земле(2).

Полученные данные дают возможность практического использования микроволн 18 см и 21 см диапазона от технических источников для стимулирования нормальных процессов роста и развития культурных растений и повышения их урожайности.

**Список литературы:**

1. Апашева Л.М., Лобанов А.В., Комиссаров Г.Г. Влияние флуктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений. //Доклады академии наук 2006. т.406, №1. с.108-11
2. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д. Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. Махачкала: Дагучпедгиз, 1993. 159 с.
3. Шноль С.Э. Третий Международный симпозиум по космогеофизическим корреляциям в биологических и физико-химических процессах. \Биофизика 1995. т.40 вып.4. с.725-731

## ОБЩАЯ ОЦЕНКА ЗАРАЖЁННОСТИ ЛИТОРАЛЬНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ *LITTORINA SAXATILIS* ПАРТЕНИТАМИ ТРЕМАТОД НА ЛИТОРАЛИ ГУБЫ ЯРНЫШНАЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Пантелеева И.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биологии)

Для трёх районов губы Ярнышная (кут, середина, устье) получены данные по степени заражённости трематодами поселений брюхоногих моллюсков *Littorina saxatilis*.

Литторины являются одними из массовых видов животных в данных районах и через них проходят жизненные циклы большинства паразитов. Наличие паразитов в организме литторин отрицательно сказывается на их физиологии. Трематоды, паразитирующие в моллюсках, локализуются в печени и гонадах. Заражение печени спороцистами приводит к подавлению функции пищеварения, так как спороцисты обкладывают печень со всех сторон, сжимая ее канал и препятствуя ее нормальному функционированию. В результате возникает явление аутолиза и происходит дегенерация клеток печени. В оставшихся неповрежденных клетках усиливается функция пищеварения и увеличивается число экскреторных клеток, возможно, работающих на удаление экскретов паразитов. У зараженных *L. saxatilis* наблюдается также отсутствие гликогена в печени, что свидетельствует о редукции основных физиологических функций печени, связанных с синтезом гликогена (Аракелова, 2003).

Качественные пробы моллюсков были собраны в августе 2009 г. во время отливов. Заражённость определяли при вскрытии живого материала, используя методику С. А. Подлипаева (Подлипаев, 1979), всего было просмотрено 917 экземпляров моллюсков. При идентификации вида паразита обращали внимание на окраску висцерального мешка, которая меняется при высоком уровне зараженности моллюска. В случае наличия в организме литторины большого количества *Microfallus pygmaeus* висцеральный мешок, в норме коричневого оттенка, становился желтым; при инвазии *M. piriformes* приобретал ярко-розовую окраску; у особей, пораженных *M. pseudopygmaeus*, висцеральный мешок был сероватого цвета.

В просмотренном материале обнаружено 10 видов трематод: *Microphallus pygmaeus*, *M. piriformes*, *M. pseudopygmaeus*, *M. triangulatus*, *Podocotyle atomon*, *Himasthla sp.*, *Renicola sp.*, *Cryptocotyle lingua*, *Notocotylus sp.*, *Cercaria quadriramis*. Обнаруженные паразиты делятся на две экологические группы: *Podocotyle atomon*, *Renicola sp.*, *Himasthla sp.*, *Cryptocotyle lingua*, *Notocotylus sp.* - относятся к паразитам со вторичной дисперсией в жизненном цикле, а виды *Microphallus pygmaeus*, *M. piriformes*, *M. pseudopygmaeus*, *M. triangulatus*, ввиду сходства их морфологии и жизненных циклов (до стадии метацеркарии развиваются внутри дочерней спороцисты, второй промежуточный хозяин отсутствует) объединили в единую группу микрофаллид «*pygmaeus*» (Гранович, 1987).

Анализ видовой структуры трематод, паразитирующих в моллюсках, обитающих на литоралих губы Ярнышная, выявил, что в течение исследованного периода в процентном отношении, безусловно, доминировали трематоды сем. *Microphallidae*. Заражение популяций литторин партенитами *Microphallus* различно: *Microphallus pygmaeus*, *M. piriformes* и *M. pseudopygmaeus* встречались постоянно и в высокой концентрации (от 12 % до 47 %, 28 % до 59 % и от 19 % до 37 % соответственно), случаи обнаружения *M. triangulatus* редки (от 1 % до 3 %). Все виды паразитов со вторичной дисперсией в жизненном цикле встречались в популяциях литторин с более низкой частотой (от 5 % до 13 %).

Устье губы Ярнышная характеризовалось высокой экстенсивностью инвазии в целом по поселению – 67,7 %, в середине и куту губы данный показатель составил 24,8 % и 24,5 % соответственно.

В куту и на середине литоралей губы Ярнышная были отмечены единичные случаи двойного заражения особей *L. saxatilis*: *M. piriformes*+ *Himasthla sp.* и *M. piriformes*+ *M. pseudopygmaeus* соответственно.

Однако, несмотря на выявленные некоторые черты сходства заражённости поселений литторин из трёх районов, в целом исследуемые популяции достоверно отличались одна от другой по степени инвазии поселения, характеру распределения трематод по размерно-возрастным группам самцов и самок.

#### **Список литературы:**

1. Аракелова, Е. С. Об адаптационных изменениях скорости потребления кислорода и липидного метаболизма у *Littorina saxatilis* при паразитических инвазиях / Е. С. Аракелова, М. А. Чеботарева, С. А. Забелинский // Журнал эволюционной биохимии и физиологии - 2003. – 39 - №5 – С. 416-423.
2. Гранович, А. И. Возрастные особенности зараженности моллюсков *Littorina obtusata* и *L. saxatilis* партенитами трематод / А. И. Гранович, Н. А. Михайлова, С. О. Сергиевский // Паразитология. - 1987.- 21- № 6 – С. 721-729.
3. Подлипаев, С. А. Партениты и личинки трематод литоральных моллюсков Восточного Мурмана. В кн. : Экологическая и экспериментальная паразитология / С. А. Подлипаев. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1979, С.47-101.

## О РИТМЕ РАЗВИТИЯ РДЕСТА АЛЬПИЙСКОГО В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. МУРМАНСКА

**Приймак Е.В.** (г. Мурманск, МГТУ, каф. биологии, [cassiopa@yandex.ru](mailto:cassiopa@yandex.ru))

Presented article is devoted to the research of a development rhythm of northern pondweed. Development begins later, in connection with features of a thermal mode of lakes of Kola peninsula. But the development maximum falls on the end of July - the beginning of August. The vegetative period comes to an end in the beginning of September. Only wintering buds pass the winter.

Изучение эколого-биологических особенностей отдельных видов продолжает оставаться актуальным на протяжении последних десятилетий, особенно в условиях Крайнего Севера. И хотя водная среда характеризуется более консервативными условиями обитания, короткий вегетационный период, круглосуточные условия соляции за полярным кругом накладывают свой отпечаток на биологию видов. В этом плане удобным объектом изучения является рдест альпийский (*Potamogeton alpinum* Valb.). Летнезелёный длиннокорневищный с бахромчатой корневой системой малолетник; геофит. Прикрепленный погруженный гидрофит, аэрогидатофит. Циркум-бореальный, арктическо-умеренный вид. Широко распространен в Евразии, в том числе и в России. На Кольском п-ве (Цинзерлинг, 1935) встречается местами: от Кандалакши и до южной тундры. Благодаря широкому ареалу вид встречает большой набор условий внешней среды оказывающих влияние на особенности развития.

Цель работы – изучить ритм развития рдеста альпийского на северной границе его ареала в районе г. Мурманска.

Озера Кольского полуострова свободны от ледяного покрова всего 4-5 месяцев, вскрываются в конце мая – июне и замерзают - в конце октября – начале ноября, не менее чем на 2 месяца раньше северо-западных озер. Запаздывание в прохождении первых этапов термических циклов не сказывается на сроках достижения летнего температурного максимума этих озер так как процесс нагревания протекает интенсивнее, чем в озерах средних широт, что связано с круглосуточным поступлением солнечной радиации. И как в озерах Северо-запада термический максимум этих озер наступает в конце июля - начале августа. После 10-15 августа начинается охлаждение, и к началу сентября средняя температура водной массы небольших озер опускается до 10-12 градусов, а иногда и до 8. В первой половине октября озера проходят состояние осенней гомотермии (при 4 град.).

Методика. Исследования ритма развития рдеста альпийского проводились в период вегетации 2007-2008 на мелководье о. Семеновское в черте г. Мурманска, где он образует сплошные заросли на расстоянии 1,5-4 м от уреза воды на глубине от 0,6 до 1 м. С мая по сентябрь отбиралась группа растений (1 раз в месяц) для морфологического анализа (всего 150 экз.). Отбирались в сентябре и мае зимующие почки, впоследствии они обрабатывались в лаборатории при помощи микроскопа МБС-10 для определения ёмкости зимующих почек и динамики покоя.

### Результаты:

1. Прорастание зимующих почек и начало формирования побегов.

В ходе наблюдений к первым числам мая у зимующих почек наблюдается удлинение первых междоузлий от основания и вынос верхней части почки над поверхностью ила. Далее следует образование придаточных корней от 2-3 узла почки и с дальнейшим прогревом воды

(в мае 2008 г. температура воды в озерах Кольского полуострова составляла в последний день месяца 4-8 °С по данным МУГМС), происходит разворачивание листьев, интеркалярный рост остальной части ортотропного побега. В это время в пазухе чешуевидного листа расположенного в 3-4 (5) узле формируется почка и развивается в плагиотропный, геофильный симподий. После развития 2(1)-х узлов побег укореняется и изменяет свое направление роста, выходя на поверхность субстрата и формируя ассимилирующий побег, определяемый как побег закрепления по Л.Е Гатцук (1974). Длина метамеров симподиев может составлять от 3 до 10 см длиной, количество метамеров не определено, побеги обрывались на максимальной длине 90-125 см.

## 2. Особенности формирования генеративной сферы.

К концу июня высота ортотропных побегов составляет около 17-22 см. При этом максимальный рост растения, как и у представителей в центральной полосе приходится на середину июля – начало августа, когда размеры главного ортотропного побега достигают 60-100 см, количество метамеров составляет 10-12 (13). В дальнейшем, при формировании соцветий рост резко замедляется: идет лишь небольшое увеличение высоты растения на 0,5-2 см до окончания вегетации. Цветение и плодоношение длится с середины июля до начала сентября, вплоть до отмирания – сначала вертикального побега, а затем и корневища. На главном ортотропном побеге формируется от 1 до 3 соцветий, при этом семена успевают сформироваться и созреть только на одном, самом раннем.

## 3. Особенности формирования зимующих почек.

3.1. С середины августа до начала сентября на ортотропных побегах в узлах последовательно (с 4-го по 8-й метамеры) формируются почки возобновления. Размер стеблевых турионов не превышает 3 см. Самые крупные – в нижних узлах. Формирование почек продолжается до начала периода отмирания. На этот момент емкость почек составляет

В первых числах сентября начинается отмирание ортотропных побегов и оседание их на дно с почками возобновления. Некротические участки сначала появляются в основании стебля, то есть отмирают самые старые клетки ортотропного побега. Та же закономерность проявляется и в некрозе листьев.

3.2. С середины августа до начала сентября на плагиотропных побегах так же в узлах укоренения формируются почки возобновления. Формирование почек продолжается до начала периода отмирания. Отмирание системы симподиев в грунте начинается позже, чем надземной части и продолжается с сентября по ноябрь. При этом зимующие почки, образованные от корневищ, гораздо крупнее стеблевых: до 6 см длиной.

Весьма вероятно, что формирование турионов на корневищах продолжается и в то время, когда и стебли, и, собственно, корневища интенсивно разлагаются. Так, в первых числах ноября, перед установлением ледового покрова на водоеме, в иле обнаруживаются остатки корневищ побегов с мелкими зимующими почками от 0,5 до 1 см. длиной.

3.3. Таким образом, почки возобновления (турионы) можно разделить на две группы – образующиеся в толще воды и в грунте: первые впоследствии оседают на дно. Сравнение размерных характеристик, сроков формирования турионов позволяет предположить существенное отличие и биологических особенностей при прохождении периодов покоя.

3.4. Учитывая указанные выше различия стеблевых и корневищных турионов, был поставлен эксперимент по определению сроков окончания физиологического покоя турионов. Результаты проведенных опытов показали, что, в общем случае, физиологический покой корневищных турионов сменяется вынужденным покоем раньше, чем у стеблевых.

3.5. Емкость зимующих почек составляет в конце вегетационного периода 13 (15) метамеров в среднем. К весне число листовых зачатков практически не увеличивается,

изменяется лишь степень дифференциации зачаточных листьев на листовую пластинку и прилистник.

### Список литературы

1. Лапиров А.Г. Биология рдеста гребенчатого (автореферат). – М., Московский ордена Ленина государственный педагогический институт имени В.И. Ленина, 1988.
2. Лапиров А.Г., Петухова Л.В. К ритму развития побегов рдеста гребенчатого на Угличском водохранилище./ А.Г. Лапиров, Л.В. Петухова // Биология внутренних вод.1985. - Вып.66.-С. 10-13.
3. Лелекова Е.В. Биоморфология водных и прибрежно-водных семенных растений Северо-востока европейской России. Автореферат дис. к.б.н.: 03.00.05, Пермь, 2006.-21с.
4. Лисицына Л.И., Папченков В.Г. Флора водоемов России: определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000.- 237 с.
5. Шилова Н.В. Ритмы формирования вегетативных побегов многолетних растений Северо-востока Азии // Жизненные формы: структура, спектры и эволюция (сборник статей) М.: Наука, 1981. С. 232-249.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОЛН В БИОТЕХНОЛОГИИ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Исмаилов Э.Ш., Шахмарданова Э.И., Буганов Х.А., Загирова Д.З., Дибирова М.М.**

*(г. Махачкала, Дагестанский государственный технический университет, кафедра химии,  
td\_10@mail.ru)*

We, at the Dagestan state university, in cooperation with the department of Moscow state university have discovered that at certain parameters of existing field the microwaves generated by technical sources, are able to cause the explicit favorable, normalizing effects in a live objects and systems, strengthening their vitality. They can directly change the properties and functions of exposed to rays objects, stimulate their growth and development and increase productivity.

This or other data show that at purposeful work of researchers and specialists the microwave membrane-active radiations can be used rather effectively in agricultural technology and crop sector a good perspective has also the use of microwaves in biotechnology and food technology.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых было определено, что их электромагнитные поля и излучения радиочастотного диапазона оказывают существенное влияние на живые объекты и системы. Весьма выражено такое влияние в диапазоне микроволн, включающем в себя дециметровые, сантиметровые и миллиметровые радиоволны [1, 2]. Одним из основных механизмов биофизического действия микроволн является их выраженная мембранная активность [3, 4, 5, 6, 7]. В зависимости от интенсивности, длительности, диапазона волн, модуляционно-временных параметров и других характеристик действующего поля мембранно-активные микроволны способны оказывать различное действие на облучаемые системы. Излучения большой интенсивности могут повреждать биологические объекты, а средней и малой интенсивности – существенно воздействовать на различные функции биосистем. Характерно, что эффекты действия микроволн зависят также и от структуры и свойств самих биосистем. Избирательное действие электромагнитного поля на биомембраны связано с электрическими и другими физико-химическими свойствами этих живых наноструктур, которые обладают слоистым строением и повышенной концентрацией электрических зарядов на их внешних и внутренних поверхностях.

Нами, в Дагестанском государственном техническом университете совместно с кафедрой биофизики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова выявлено, что при определенных параметрах действующего поля микроволны, генерируемые техническими источниками, способны вызвать в живых объектах и системах явно выраженные благоприятные, нормализующие эффекты, укрепляющие их жизнеспособность. Они могут направленно изменять свойства и функции облучаемых объектов, стимулировать их рост и развитие и повышать продуктивность [8, 9, 10].

Первичные и последующие эффекты избирательного взаимодействия микроволнового излучения с биологическими мембранами реализуются в живых объектах и системах с активным участием молекулярных компонентов, соответствующих биохимических соединений: белков, липидов, нуклеиновых кислот, ферментов, витаминов, а также молекул воды, минеральных веществ и других соединений, выступающих в качестве осцилляторов. Проявлению благоприятных эффектов действия мембранно-активных излучений от технических источников во многом способствует явление синхронизации колебательных процессов и молекулярных осцилляторов биосистем в микроволновом электромагнитном поле [1, 4, 5].

Во второй половине XX столетия были начаты целенаправленные исследования действия микроволн на рост, развитие и продуктивность растений. Экспериментальные данные показали, что к электромагнитным полям и излучениям весьма чувствительны растущие клетки и ткани растений. Было выявлено, что под влиянием микроволн наблюдается увеличение энергии прорастания семян и повышение их всхожести, стимулирование ростовых процессов, увеличение биомассы растений и повышение их устойчивости и жизнеспособности [2, 8, 13]. Наблюдается также существенное повышение урожайности растений при хорошем качестве получаемого продукта.

Исследование действия непрерывных микроволн дециметрового диапазона сравнительно низкой интенсивности при плотности потока мощности  $\sim 0,5$  мВт/см<sup>2</sup> выявило весьма существенное стимулирующее действие радиоизлучения на растения кукурузы и лука при облучении предварительно замоченного в воде посевного материала. В исследованном диапазоне радиоволн от 16 до 20 см наиболее выраженный стимулирующий эффект наблюдается при действии микроволн 18 см диапазона на частотах 1665 МГц и 1667 МГц. Эти частоты электромагнитного излучения, генерируемого техническими источниками (генераторами), близкородственны природному мазерному излучению компактных источников небесной сферы, излучающих дублетом на той же волне  $\sim 18$  см.

В последующем экспериментальные исследования показали, что мембранно-активное микроволновое излучение диапазона 18 см на частоте 1667 МГц оказывает весьма выраженное стимулирующее действие и на растения пшеницы. Наблюдается значительное увеличение энергии прорастания и всхожести замоченных семян пшеницы. Причем выраженность такого благоприятного действия микроволн в определенной мере зависит от степени насыщения влагой облучаемых зерновок.

Эти и другие данные показывают, что при целенаправленной работе исследователей и специалистов микроволновые мембранно-активные излучения могут быть достаточно эффективно использованы в сельскохозяйственной технологии и растениеводстве. Хорошую перспективу имеет также применение микроволн в биотехнологии и пищевом производстве. В этом плане уже получены интересные данные по направленному воздействию электромагнитного поля на рост, развитие и продуктивность полезных микроорганизмов и на некоторые технологические процессы, во многом определяемые биофизическими и биохимическими механизмами действия микроволн [1, 2, 4, 5, 11, 12, 13].

С помощью специально подобранных режимов микроволнового облучения от технических источников можно достичь сохранения оптимального содержания влаги и других полезных компонентов в используемом пищевом растительном сырье. Действие микроволн вызывает существенную стабилизацию алкогольных и безалкогольных напитков с одновременным повышением качества получаемой продукции. Микроволновая обработка дикорастущих плодов повышает выход из них необходимых экстрактивных веществ. В таких экстрактах лучше сохраняются витамины и другие биологически активные вещества, улучшаются ароматические и вкусовые качества продукта.

В ходе экспериментальных исследований выявлена перспективность мембранно-активных излучений для выделения антоцианов из растительного сырья и получения целебных компонентов из листьев и плодов ореха и других лекарственных растений. При этом экстракты, полученные действием микроволн, обладают значительно более выраженными целебными свойствами, которые сохраняются при хранении в течение нескольких лет.

Многолетними исследованиями достоверно установлено, что микроволновые мембранно-активные излучения оказывают существенное стимулирующее действие на дрожжевые микроорганизмы. Было показано, что микроволны диапазона 18 см частотой

1667 МГц способны существенно повысить бродильную энергию, жизнеспособность и продуктивность дрожжей. Одновременно намного увеличивается число почкующихся клеток и биомасса дрожжей при их выращивании в аэробных условиях по сравнению с необлученными образцами микроорганизмов. Ко времени завершения брожения сохраняется большое количество живых клеток. С помощью хроматографического анализа показано, что в процессе спиртового брожения облученные микроволнами дрожжи дают существенно более лучший по компонентному составу конечный продукт.

В целом, полученные теоретические и экспериментальные данные по влиянию мембранно-активных излучений микроволнового диапазона с успехом могут быть использованы для разработки и внедрения новых высоких технологий.

### Список литературы:

1. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д. Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. Махачкала, Дагучпедгиз, 1993, 159 с.
2. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Исмаилова Г.Э. Действие физических полей. Неионизирующие излучения, М., Экономика, 2007, 184 с.
3. Исмаилов Э.Ш. Инфракрасные спектры теней эритроцитов в области полос амид I и амид II при микроволновом облучении. Биофизика, том 21, вып. 5, 1976, с. 940-942.
4. Исмаилов Э.Ш., Хачиров Д.Г., Исмаилова Г.Э., Кудряшов Ю.Б. Механизмы биологического действия микроволн. Радиационная биология. Радиоэкология, том 38, вып. 6, 1998, с.920-923.
5. Исмаилова Г.Э., Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие микроволн. Матер. Международного совещания «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование», Geneva, 1999, с. 347-354.
6. Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучений. Москва, Энергоатомиздат, 1987, 144 с.
7. Исмаилов Э.Ш. Действие микроволн и лазерного излучения на живые системы. Основные научные направления ДагГТУ, Махачкала, 2002, с. 166-170.
8. Исмаилова Г.Э. Действие УВЧ излучения на рост и развитие культурных растений. Дисс. канд.биол.н., Москва, МГУ, 1996, 160 с.
9. Исмаилова Г.Э., Исмаилов Э.Ш., Даудова Т.Н., Магомедов А.А. Радиоизлучения, их биологическое действие. Сб. «Перспективные направления развития междисциплинарных научных исследований», вып.1, Махачкала, 2006, с.45-49.
10. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Исмаилова Г.Э., Наврузова Ш.М. Использование мембранно-активных излучений для стимуляции роста и развития культурных растений. Сб. «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе». Ставрополь, 2005, с. 159-161.
11. Исмаилов Э.Ш., Шахмарданова Э.И., Буганов Х.А., Сулейманова З. Г., Абдулмагомедова З.Н., Дибирова М.М. Разработка способов выращивания активных штаммов дрожжей. Вестник ДГТУ, технические науки, № 10, Махачкала, 2008, стр.114-117.
12. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Стародуб А.Н. Использование микроволновых мембранно-активных излучений в биотехнологии. Труды V российско-японского семинара, том 1, Саратов, 2007, с. 500-509.
13. Исмаилова Г.Э., Бурлакова Е.Б., Кудряшов Ю.Б., Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие низкоинтенсивных микроволн. Матер. III международного симпозиума «Механизмы действия сверхмалых доз», М., 2002, с. 181.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И РАЗНООБРАЗИЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Шошина Е.В., Малавенда С.С., Кравец П.П., Анохина В.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра  
биологии, shoshinaev@mstu.edu.ru)

**Abstract.** Data about abiotic factors' variability influence the species diversity and species forms of marketable hydrocoles, inhabiting and cultivating at coastal waters of the Barents Sea, are presented.

Прибрежные воды Баренцева моря занимают площадь 60-70 тыс. км<sup>2</sup>. Продукционный потенциал южных районов Баренцева моря, включая обширную прибрежную зону, значителен и способен обеспечить дополнительный прирост биопродукции в масштабах, превышающих ее настоящий уровень.

Хорошо известно, что воды прибрежной зоны Баренцева моря отличаются своеобразием вследствие большой сезонной изменчивости, особенно до глубины 20 – 30 м. Разность температуры на поверхности и в глубинных слоях может достигать в летний период 7,5 °С. В отдельные годы еще в середине июля наблюдается примерно метровый приповерхностный слой практически пресной воды (от 0,5 до 8 ‰), тогда как ниже галоклина соленость воды более 30‰.

Изменчивость факторов среды в прибрежных районах Баренцева моря, как следствие колебания уровней теплового запаса, солёности вод и антропогенного загрязнения, приводит к значительным колебаниям продуктивности сообщества обитающих здесь гидробионтов и изменяет его структурно-функциональные характеристики отдельных представителей сообщества.

Эти положения хорошо иллюстрируют исследования в различных сочетаниях абиотических факторов структурно-функциональных характеристик промысловой макроводоросли *Fucus distichus*. Для фукусовых водорослей одними из ведущих абиотических факторов являются соленость и интенсивность движения воды. На Мурманском побережье Баренцева моря у *Fucus distichus* снижается продуктивность годовых приростов на участках литорали с интенсивностью движения воды и солёности ниже установленных оптимальных значений (10-20\*10<sup>-3</sup> мг CaSO<sub>4</sub>/г\*ч и 25-34 ‰, соответственно) (Малавенда, 2009). В оптимальных условиях наибольшей физиологической активностью обладает средняя часть таллома *Fucus distichus*, морфологические и физиологические параметры элементов которой имеют максимальные значения. В условиях пониженной интенсивности движения воды и солёности уменьшаются абсолютные и увеличиваются удельные морфологические параметры элементов средней части таллома.

При уменьшении интенсивности движения воды снижаются и основные характеристики плотности популяции. Однако, высокие значения интенсивности движения воды также приводят к снижению плотности поселений *Fucus distichus*. При значительных колебаниях солёности численность растений в поселениях *Fucus distichus* возрастает за счёт ювенильных особей. При этом наблюдается низкая выживаемость растений старших возрастных групп. Видимо, в более «жестких» условиях плотность фертильных особей ниже, что позволяет прикрепиться большему числу зигот на субстрате под покровом немногочисленных крупных растений. Однако, выживаемость проростков в таких поселениях не высока, поэтому большая часть молодых особей, не достигнув фертильности, погибает.

Распространение прибрежных вод в условиях арктического климата оказывает значительное влияние на характер распределения макроводорослей. В частности, в арктических

районах отсутствует литоральный пояс макрофитов, так как водоросли *Fucus distichus* опускаются из промерзающей солоноватоводной зоны в более солёные воды сублиторали (Малавенда, 2009). Сублитораль предпочитают и ламинариевые водоросли, имеющие достаточно узкий толерантный диапазон по отношению к солёности.

Изменчивость основных пластических признаков, связанных с увеличением биомассы промысловых водорослей, контролирует температура. Между температурой, фотосинтезом и интенсивностью вегетативного роста водорослей имеется тесная связь. Адаптация к холоду требует более высокого количества фотосинтетических ферментов для компенсации влияния низкой температуры на скорость химических реакций, а также синтеза и активизации ферментов с модифицированными свойствами, что показано на примере промыслового вида - ламинарии (*Laminaria saccharina*).

Температура оказывает влияние и на длительность пелагической жизни зооспор *Laminaria saccharina*. В частности, наиболее длительное время зооспоры находятся в подвижном состоянии при отрицательной температуре воды ( $-1^{\circ}\text{C}$ ) - 51 час, что способствует расселению ламинарий и дает время спорам для выбора субстрата для оседания. Длительность пелагической жизни зооспор ламинарии существенно меньше при высокой температуре ( $20^{\circ}$  и  $27^{\circ}\text{C}$ ) - соответственно 4 и 2 часа, причем при высокой температуре споры после оседания плохо закрепляются на субстрате (Шошина, 2003).

В связи с температурой водоросли, встречающиеся в Арктике, можно отнести к двум группам. Среди них есть холодолюбивые виды, например, *Laminaria solidungula* - вид, который за пределы арктической зоны практически не выходит. И есть группа холодовыносливых видов, к которым можно отнести широко распространенные бореально-арктические виды, например, *Laminaria saccharina*. Бореально-арктические виды достаточно распространены в высокобореальных условиях Мурманского побережья, где среднемесячная температура воды на поверхности изменяется в губе Дальнезеленецкой (Мурманское побережье) от  $1,5$  (февраль) до  $+9,3^{\circ}\text{C}$  (август).

Экспериментальные исследования показывают, что на увеличение интенсивности вегетативного роста водорослей и, соответственно, их продуктивности наряду с температурой воды оказывает влияние длина светового периода и интенсивность света (Шошина, 2003). На Мурманском побережье вегетационный период макроводорослей составляет около 9 месяцев (губа Дальнезеленецкая,  $68^{\circ}$  с.ш.). В связи с коротким и холодным вегетационным периодом у видов макроводорослей, обитающих в северных районах Арктики, наблюдаются меньшие размеры слоевища, чем у видов из южных районов баренцевоморского побережья. В южных районах моря с повышенным теплосодержанием водных масс наблюдается увеличение интенсивности фотосинтеза, скорости вегетативного роста и репродуктивного потенциала водных растений. Существенные различия абиотических факторов среды формируют разные биогеографические структуры. Так, бореальные виды макрофитов, для которых восточные районы Мурманского побережья являются северо-восточной границей распространения, лишь изредка отмечаются в некоторых крупных губах Восточного Мурмана, тогда как в губах Западного Мурмана они встречаются в заметных количествах.

Разнообразие фауны на каждом отдельно взятом участке прибрежных районов моря тесно взаимосвязано не только с гидрологией вод, но и с рельефом дна и сопряжённой с ним структурой донных осадков. Исследования видового разнообразия зообентоса в разных частях Кольского залива, например, показали, что сообщества бентоса в куту южного колена залива, в условиях низкой солёности и интенсивности движения воды, имели обеднённый видовой состав и низкую биомассу при высоких значениях численности организмов. Известно, что литораль южного колена залива испытывает на себе значительное антропогенное влияние, а характер грунта этого участка (илисто-песчаная литораль) способствует его засе-

лению детритофагами (олигохеты и гаммариды). Доминирующие виды - *Macoma balthica*, *Littorina saxatilis*.

В среднем колене залива илисто-песчаную литораль пересекает на среднем горизонте каменисто-валунный пояс, что способствует развитию прикрепленных форм (бальянуса) и активному формированию зарослей фукоидов, служащих местом обитания для большого количества видов. Видовой состав донной фауны в среднем и северном колене Кольского залива более разнообразен, доминирующими видами в ценозе среднего колена являются моллюски *Macoma balthica* (L.), *Littorina saxatilis* (Olivi), *Mytilus edulis* (L.). Помимо доминирующих видов на литорали среднего колена залива часто встречаются изоподы *Jaera marina*, а также *Idotea balthica*, *Nereis pelagica*, *Arenicola marina*.

Северное колено залива характеризуется высокими значениями солёности (29-30 ‰), валунным типом литорали и хорошим водообменом, что обусловило наибольшее разнообразие видового состава и высокие значения биомассы. В северном колене были обнаружены виды, отсутствовавшие в районах южного и среднего колена залива (*Mytilus trossulus*, *Jaera albifrons*, *Cerebratulus barentsi*). На литорали северного колена присутствуют *Jaera albifrons*, *Tubifex tubifex*, планарии и немертины *Cerebratulus barentsi*, доминирующими видами являются *Mytilus edulis* и *Mytilus trossulus*. На литорали южной и северной частей залива обнаружены моллюск *Acmaea testudinalis*, пескожил *Arenicola marina*.

Значительно более высокая плотность поселений мидий на каменистой литорали, по сравнению с участками губ, покрытых мягкими грунтами, отмечена для Кольского залива, губ Тюва, Печенга и Ярнышная. В численном выражении плотность поселений мидии в разных губах различна и составляет в губе Тюва - 6350 экз./м<sup>2</sup>, в губе Печенга - 9840 экз./м<sup>2</sup>, в губе Ярнышная - 9320 экз./м<sup>2</sup>.

Наиболее крупные мидии в губе Тюва (длиной 3,12 см и массой 4,17 г) и в губе Ярнышная (2,8 см и 2,73 г) обитают в куту. В губе Печенга моллюски с наибольшей длиной 5,23 см и массой 9,73 г. заселяют среднюю её часть, образуя обширные друзы.

Общей закономерностью распределения моллюсков на всех участках литорали исследуемых губ является тенденция увеличения биомассы и снижения плотности поселений к нижнему горизонту, при этом основу поселений мидий в данных губах и, соответственно, запасов моллюсков, составляют банки, но не разреженные литоральные поселения. Во всех губах наиболее крупные моллюски населяют нижний горизонт литорали, поскольку на этих участках повышенный водообмен, обусловленный приливно-отливными течениями, способствует процессам самоочищения и обеспечивает поступление питательных веществ (Кравец, Толкачёва, 2006).

Изменчивость среды оказывает существенное влияние не только на биоразнообразие населения прибрежных районов Мурмана, но и на продуктивность биологических сообществ. Биомасса сообществ и их отдельных представителей увеличивается с формированием более благоприятных условий для морских организмов. В Кольском заливе такие условия создаются по мере продвижения от кута (южное колено) к устью залива, а также по горизонтам литорали. Например, в южном колене залива и в бухте Белокаменка (среднее колено залива) происходит уменьшение биомассы бентоса в направлении от нижнего к верхнему горизонту литорали, тогда как на других участках биомасса изменяется в соответствии с гидрологическими и геоморфологическими условиями в противоположном направлении.

Исследования показали, что формирование широкого диапазона изменчивости форм гидробионтов, населяющих прибрежные районы Мурмана, является следствием особенной чувствительности северных экосистем к внешнему воздействию и может быть показателем неоднородности условий среды и экологического благополучия на тестируемых участках акватории. В частности, в Кольском заливе в условиях загрязнения морфологические парамет-

ры годовых приростов у *Fucus distichus* выше, чем у растений из экологически чистых районов. Под влиянием интенсивности движения воды, солёности и загрязнения отмечены изменения морфологических параметров годовых приростов и целых талломов водорослей. В поселении *Fucus distichus* Кольского залива загрязнение вызывало элиминацию молодых особей, снижение численности и увеличение биомассы водорослей.

Неоднородность условий среды в прибрежных районах Баренцева моря формирует многообразие видов и внутривидовых форм гидробионтов вследствие высокой пластичности особей, позволяющей в естественных условиях обитания переносить изменчивость среды в пределах видового диапазона действующих факторов. Вместе с тем, значительные колебания основных абиотических параметров являются фактором риска для большинства объектов культивирования. В условиях искусственного ограничения жизненного пространства критически низкие значения температуры воды в зимний период и резкие изменения солёности в поверхностном горизонте в весенне-летние месяцы приводят к дестабилизации физиологических функций и могут быть причиной функциональных изменений, несовместимых с жизнью организмов. Как показали эксперименты, при культивировании в морских садках высокая продуктивность особей атлантической трески сопряжена с нарушением генеративных процессов у части особей. В искусственных условиях далеко не все половозрелые особи атлантической трески ежегодно дают потомство, около 30% рыб не приступают к нересту. В это число входят как особи, пропускающие нерест, так и зрелые рыбы с гонадами IV стадии зрелости. Для атлантического лосося и одомашненных форм форели, которые выживают и относительно быстро набирают массу на акватории Западного Мурмана, районы Восточного Мурмана являются зоной особо рискованного лососеводства.

Существенные различия прибрежного рельефа, климатических и гидролого-морфологических характеристик прибрежных районов Баренцева моря, являются основой выделения на Мурмане двух зон рыбоводства, соответствующих экологической терпимости разных объектов культивирования (Анохина, 2002).

I-я баренцевоморская зона рыбоводства – *Западный Мурман*, прибрежная акватория и прилегающие территории вдоль берега Баренцева моря от норвежской границы до Кольского залива и его правый берег. На акватории Западного Мурмана имеются богатейшие возможности для культивирования и организации полносистемных хозяйств по товарному выращиванию атлантического лосося, трески, палтуса, пикши, арктического гольца и морской камбалы, здесь с определённым риском возможно сезонное выращивание породных групп холодноводной форели, реально пастбищное выращивание трески, культивирование мидий и водорослей, дорастивание до требуемой кондиции камчатских крабов.

II-я баренцевоморская зона рыбоводства – *Восточный Мурман*, включает акваторию юго-восточной части Баренцева моря с прилегающими территориями на суше и простирается вдоль государственной границы от левого берега Кольского залива практически до Горла Белого моря. Жесткие природно-климатические условия Восточного Мурмана оказывают лимитирующее влияние на процессы размножения бореальных и аркто-бореальных видов. Гидрологические условия восточного побережья Мурмана особенно благоприятны для разведения холодолюбивой и не совершающей протяженных миграций мурманской прибрежной трески. Здесь перспективны все формы искусственного разведения с целью пополнения запасов холодноводных рыб, беспозвоночных и моллюсков, в том числе тресковых, зубаток, камбаловых.

### Список литературы:

1. Анохина В. С. Марикультура 21 века и её ведущая роль в рыбохозяйственном освоении побережья Кольского полуострова / Сб. ВНИЭРХ, Москва, 2002, - Вып.2.- 6 с.

2. Кравец П.П., Толкачева В.Ф. К вопросу развития марикультуры мидии (*Mytilus edulis*) в Северном бассейне / Кравец П.П., Толкачева В.Ф. - Первая международная научно-техническая конференция «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов».- Москва: ВНИРО, 2006.-С. 109-111.
3. Малавенда С.С. Морфофизиологические особенности бурой водоросли *Fucus distichus* L. в экосистемах Баренцева моря. / С.С. Малавенда. - Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук. - М.: МГУ, 2009. – 23 с.
4. Шошина, Е. В. Фитоценозы Баренцева моря. Физиологические и структурные характеристики / Л. Л. Кузнецов, Е. В. Шошина. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. – С. 182 - 276.

## **БИОРАЗНООБРАЗИЕ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ И ФАКТОРЫ СРЕДЫ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ**

**Шошина Е.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биологии, shoshinaev@mstu.edu.ru*)

Biodiversity of seaweeds in connection with environmental factors in Arctic (Franz Josef Land) and high Boreal regions (Murman coast) is analyzed. Short light windows, long dark period, low water temperature, ice conditions are the main factors which determine low diversity of seaweeds and low productivity of their communities along arctic coasts of the Barents Sea.

Биологические и энергетические ресурсы Арктики привлекают внимание и политиков, и исследователей. Фундаментальный интерес представляет изучение адаптации животных и растений к суровым арктическим условиям. Трофическая емкость среды для макроводорослей в северных районах Баренцева моря существенно ниже, чем в южных. Для высоких широт характерно: короткий период доступности световой радиации и длительный темновой период, низкая температура воды и низкое содержание биогенов в период «светового окна». На распространение макроводорослей влияют и другие факторы: распреснение в связи с таянием снега и льда, преобладание мягких грунтов, на которых макроводоросли не произрастают. Задачей работы является сравнение биоразнообразия макроводорослей на побережье Мурмана (высокобореальная подзона) и Земли Франца-Иосифа (арктическая зона) и выяснение характерных особенностей арктических видов в связи с факторами среды. Материалом для работы послужили собственные исследования: обработка коллекций из арктических районов (Виноградова, Шошина, 1994; Шошина, Макаров, 1995; Шошина и др., 1997) и экспедиционные и лабораторные исследования на Мурманском побережье Баренцева моря (Кузнецов, Шошина, 2003).

Основными трофообеспечивающими факторами, определяющими рост и развитие морских водорослей, являются свет, температура, биогены. Световой период на протяжении годового цикла в условиях Арктики является весьма непродолжительным. На Мурманском побережье вегетационный период макроводорослей составляет около 9 месяцев (губа Дальнезеленецкая, 68° с.ш.); на широте Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа (около 80° с.ш.) - не более 3-4 месяцев. Из особенностей светового окна в высоких широтах следует отметить относительно высокую интенсивность света (при открытой воде), длинный световой день (полярный день). Характерным является низкое положение солнца над горизонтом, постоянная облачность, высокая влажность, что влияет на спектральный состав света. Важным представляется то, что световое окно приходится на период уменьшения фотопериода. Открытая вода на побережье Земли Франца-Иосифа наблюдается после летнего солнцестояния, когда начинается уменьшение фотопериода, что воспринимается водорослями как сигнал для снижения ростовых процессов. Макроводоросли, обитающие в Арктике, приспособлены к прохождению стадий жизненного цикла в течение короткого светового окна, т.е. за это время они успевают достичь определенного вегетативного развития и произвести споры.

Макроводоросли Арктики способны переживать длительный темновой период. В высоких широтах встречаются однолетние и многолетние виды, но преимущественное распространение получают многолетники. Зимуют однолетники в виде фрагментов слоевища, микростадий или спор. Многолетние виды сохраняют слоевище в течение всего года. В полярную ночь при низкой температуре воды и отсутствии света процессы деструкции слоевища замедляются; при образовании мощного ледяного покрова водоросли не подвергаются и механическому повреждению. В результате многие многолетние виды

имеют относительно крупное слоевище. Вегетативные ткани, споры, зиготы, микроскопические стадии водорослей, живущих в Арктике, способны длительное время находиться в темноте. Показано, что одноклеточные гаметофиты ламинарии способны выживать в темноте в лабораторных условиях 6 месяцев (Lüning, 1990).

В условиях сезонного климата среди наземных растений есть виды, которые сбрасывают листья перед наступлением неблагоприятного сезона, но многочисленными являются и другие, которые остаются «вечнозелеными». Много вечнозеленых кустарничков встречается в тундре Кольского полуострова. Подобные явления характерны и для водорослей, образующих подводные леса в умеренных и высоких широтах. Например, в арктических районах бурая водоросль *Desmarestia aculeata* сбрасывает ветви, и только старые части слоевища сохраняются зимой, на которых формируются новые побеги ранней весной. Другая бурая водоросль *Laminaria solidungula* сохраняет пластины разных лет образования. Наличие сформированных вегетативных тканей позволяет многолетним растениям Арктики начинать фотосинтез и активную вегетацию сразу при появлении света.

Водоросли, встречающиеся в Арктике, холодоустойчивы; они способны жить при температуре ниже 0°C на протяжении всего года. Среднемесячная температура воды на поверхности изменяется в губе Дальнезеленецкой (Мурманское побережье) от -1,5 (февраль) до +9,3°C (август), на побережье о. Хейса (Земля Франца-Иосифа) - от -1,8°C зимой до -0,7°C в конце лета. В арктических районах Баренцева моря обитают виды макроводорослей, встречающиеся и в умеренных водах Атлантики. В литературе обсуждается вопрос, насколько водоросли, распространенные в арктической и бореальной зонах, генетически идентичны в отношении адаптации к различным режимам температуры. Известны температурные экотипы среди водорослей, имеющих широкое широтное распространение (Lüning, 1990). Зимой низкая температура воды и образование льда встречаются и в северных районах бореальной зоны. Например, Белое море полностью покрывается льдом зимой. В целом, литоральные виды более устойчивы к воздействию низких зимних температур (как и высоких летних температур) по сравнению с сублиторальными. Холодоустойчивость зависит от возрастной стадии, более уязвимы водоросли на ранних стадиях развития; более чувствительны к холоду водоросли в период активной вегетации.

Между фотосинтезом, интенсивностью вегетативного роста и температурой имеется тесная связь. Интенсивность фотосинтеза удваивается при увеличении температуры на 10°C при условии отсутствия лимитирования по свету и доступности углерода. Оптимум фотосинтеза водорослей, растущих в Арктике, находится при температуре около 20°C (Lüning, 1990), которая гораздо выше той температуры, что наблюдается в естественных условиях обитания. Адаптация к холоду требует более высокого количества фотосинтетических ферментов для компенсации влияния низкой температуры на скорость химических реакций, а также синтеза и активизации ферментов с модифицированными свойствами, что показано на примере ламинарии (*Laminaria saccharina*). Подобные факты известны и для наземных арктических растений. Согласно экспериментальным данным, оптимум температуры для роста макроводорослей находится в пределах 5-10°C для высокобореально-арктических видов и 10-15°C – широко распространенных бореально-арктических. Температурный оптимум для вегетативного роста также выше той температуры, при которой обитают водоросли в высоких широтах. Кроме того известно, что диапазон оптимальных температур для фотосинтеза и роста всегда шире диапазона температуры, при которой осуществляется формирование органов размножения (Hoek van den, 1982).

Низкая температура оказывает влияние на разные стороны жизнедеятельности водорослей, например, на длительность пелагической жизни зооспор *Laminaria saccharina*.

Показано, что наиболее длительное время зооспоры находятся в подвижном состоянии при отрицательной температуре воды ( $-1^{\circ}\text{C}$ ) - 51 час, что способствует расселению ламинарий и дает время спорам для выбора субстрата для оседания. Длительность пелагической жизни зооспор ламинарии существенно меньше при высокой температуре ( $20^{\circ}$  и  $27^{\circ}\text{C}$ ) - соответственно 4 и 2 часа, причем при высокой температуре споры после оседания плохо закрепляются на субстрате (Макаров, Шошина, 1998).

В связи с температурой водоросли, встречающиеся в Арктике, можно отнести к двум группам. Среди них есть холодолюбивые виды, например, *Laminaria solidungula* - вид, который за пределы арктической зоны практически не выходит. Холодолюбивыми являются многие из группы высокобореально-арктических видов. И есть группа холодовыносливых видов, к которым можно отнести широко распространенные бореально-арктические виды, например, *Laminaria saccharina*.

Экспериментальные исследования показывают, что увеличение температуры воды, длины светового периода и интенсивности света приводит к увеличению интенсивности вегетативного роста у нижней границы оптимального диапазона данных факторов при отсутствии лимитирования (Шошина, 2001). Продемонстрирован усиливающий эффект на ростовые процессы одновременного увеличения длины фотопериода и температуры, что особенно ярко проявилось на примере видов, имеющих широкое распространение в высокобореальных и арктических районах. Показано, что интенсивность роста макроводорослей пропорциональна дозе света, составляющими которой являются длина светового периода и интенсивность света (при условии увеличения светового периода в экспериментах). Длинный световой день может компенсировать в определенной степени неблагоприятное воздействие низкой температуры воды на метаболизм водорослей. Если быть точнее, то важен не просто продолжительный фотопериод, а увеличение длины светового дня при низкой температуре воды (Кузнецов, Шошина, 2003).

В связи с коротким и холодным вегетационным периодом у видов макроводорослей, встречающихся в Арктике, наблюдаются меньшие размеры слоевища, отмечается уменьшение интенсивности фотосинтеза и скорости вегетативного роста, снижение репродуктивного потенциала растений. В сообществах в арктических районах наблюдается уменьшение видового разнообразия, снижение биомассы и плотности поселения макроводорослей, снижение продуктивности видов водорослей и их сообществ (Lüning, 1990, Кузнецов, Шошина, 2003).

Удивление и особый интерес вызывает способность морских растений и животных выдерживать воздействие отрицательной температуры воды и воздуха, способность литоральных макроводорослей к промерзанию и последующему размораживанию без потери жизнеспособности. Характерной чертой арктических районов является отсутствие литорального пояса макроводорослей; они опускаются в сублитораль. Их отсутствие на литорали связывают с подвижками льда, сильным распреснением, низкой температурой. В северных морях литоральные водоросли подвергаются влиянию низких температур и воздуха. Из литературы известно, что бурые водоросли - фукусы (*Fucus distichus*, *Fucus vesiculosus*), покрываясь ледяной коркой, выдерживают температуру до  $-40-60^{\circ}\text{C}$  зимой на побережье Северной Америки (Lüning, 1990). Опасность низких отрицательных температур для растений заключается в том, что вода замерзает - сначала в межклетниках, затем внутри клеток с образованием кристаллов льда, которые механически повреждают клетки и ткани, что часто может служить непосредственной причиной гибели растений от холода. Кроме того, образование льда ведет к обезвоживанию и повышению концентрации солей в клетках, в результате нарушаются обменные процессы. Холод оказывает неблагоприятное воздействие через торможение основных физиологических процессов - рост, фотосинтез,

дыхание, образование хлорофилла, поглощение питательных веществ. Отрицательное влияние холода усиливается с увеличением продолжительности его действия. Механизм способности водорослей в природе к замораживанию и размораживанию остается неясным.

Насколько биогены могут лимитировать рост водорослей в Арктике? Сезонная динамика трансформации биогенов в арктических районах Баренцева моря остается мало исследованной. Предполагается, что общая схема та же, что и на Мурманском побережье (Кузнецов, Шошина, 2003). В осенне-зимний период идет накопление биогенов за счет регенерации и конвективного перемешивания; поступление биогенов также идет при таянии снега и льда, а в летний период биогены активно поглощаются автотрофами – фитопланктоном и макроводорослями. Вегетативный рост макроводорослей в Арктике идет на фоне дефицита биогенов.

Ледовые условия определяют встречаемость водорослей и распределение подводной растительности в арктических районах. На мелководье архипелага Земли Франца-Иосифа в районах, полностью покрытых льдами на протяжении всего года, макроводоросли не встречаются (Голиков, Аверинцев, 1977). Но даже в суровых климатических условиях этого архипелага макроводоросли являются важным компонентом прибрежных сообществ в местах, освобождающихся летом ото льда на короткое время (1-1,5 месяца). Припайные льды и айсберги механически удаляют подводную растительность на больших пространствах с любого типа субстрата. На участках побережья, подвергающихся их действию, бентосные сообщества сильно обеднены. Помимо чисто механического воздействия, таяние айсбергов и льдов приводит к распреснению верхних горизонтов воды. Кроме того, сходящие ледники несут массу частиц с берега, увеличивая мутность воды и уменьшая освещенность.

Распреснение поверхностного слоя воды в результате таяния снега льда может оказывать значительное влияние на распределение макроводорослей. Известно, что у побережья Гренландии в бухтах при таянии айсбергов солёность воды у нижней поверхности льдин может снижаться до 3-4 ‰ на некоторое время. Это критическая солёность для обитания морских видов (Lüning, 1990). Видимо, значительные колебания солёности являются одной из основных причин, почему фукусовые водоросли опускаются с литорали в сублитораль в северных районах, где устанавливается зимой ледовый покров. Литоральные водоросли, в целом, приспособлены к значительным колебаниям солёности на протяжении суток и года, как впрочем, и многих других факторов среды, в том числе и к смене самой среды. Ламинариевые водоросли, имеющие достаточно узкий толерантный диапазон по отношению к солёности, образуют пояс глубже в сублиторальной зоне. В прибрежных арктических районах распространение получают те виды водорослей, которые обладают достаточно широким толерантным диапазоном по отношению к солёности.

Таким образом, узкое световое окно и длинный темновой период, низкая температура воды (около точки замерзания морской воды) на протяжении короткого и холодного вегетационного периода, ледовые условия и распреснение поверхностного слоя воды – главные факторы, определяющие встречаемость видов и низкую продуктивность макроводорослей и их сообществ в арктических районах Баренцева моря.

### **Список литературы:**

1. Виноградова К.Л., Шошина Е.В. Водоросли // Окружающая среда и экосистемы Земли Франца Иосифа (архипелаг и шельф). – Апатиты: изд-во КНЦ АН СССР, 1994. - С.109-116.
2. Голиков А. Н., Аверинцев В. Г. Биоценозы верхних отделов шельфа архипелага Земля Франца-Иосифа // Исслед. фауны морей, 1977, вып. 14 (22). - С.5 - 54.

3. Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). - Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2003. - 308 с.

4. Макаров В. Н., Шошина Е. В. Динамика и стратегия сезонного роста // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1998. - С. 97-115.

5. Шошина Е.В. Динамика ростовых и репродуктивных процессов у водорослей Баренцева моря. – Автореф. дис... докт. биол. наук.- С-Петербург, 2001. - 30 с.

6. Шошина Е.В., Макаров В.Н. Растительность // Среда обитания и экосистемы Новой Земли. Архипелаг и шельф. - Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1995. - С. 172-175.

7. Шошина Е.В., Макаров В.Н., Макаров М.В. Биологические особенности ламинариевых Земли Франца-Иосифа // Биология моря (Владивосток), 1997, N 5.- С. 286-292.

8. Hoek C. van den. The distribution of benthic marine algae in relation to the temperature regulation of their life histories // Biol. J. Linn. Soc., 1982, № 18: - P. 81-144.

9. Lüning K. Seaweeds, Their Environment, Biogeography and Ecophysiology. - John Wiley, New York, 1990. – 527 p.

---

# ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ



## **БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗРАСТНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

**Гасанов Р.Б.** (*г. Мурманск, МГТУ, Ботанический сад*)

The researches in the sphere of plants adaptation in conditions of technogenic pollutions has long held. Of particular interest are the works devolved to studies on the age variation of vascular plants in the Kola Peninsula. In some plants, a decrease in the content of green pigments in the zone of heavy pollution high resistance to industrial pollutants differed bearberry and gold cared.

В растительном организме существует периодическая цикличность. Н.П. Кренке назвал этот процесс циклическим старением и омоложением растений. Показателем этой цикличности является периодическое отмирание и новообразование листьев, старение, рост и новообразование побегов, корней. Данный процесс осуществляется неравномерно, а в виде ритмических колебаний, приводящих, в конце концов, к полному затуханию жизненного процесса. Поскольку при наступлении старости интенсивность новообразования идет на убыль (Чернов, 1963).

«Одним из путей дальнейшего развития основополагающих идей Н.П. Кренке является изучение взаимоотношений между морфологической изменчивостью высших растений и вариациями их физиологического возраста при адаптации к неблагоприятным условиям внешней среды» (Жиров, 2001).

Особый интерес в данной области представляют работы по адаптациям растений в условиях техногенного загрязнения. Поскольку эффекты повреждающих факторов, в том числе антропогенного загрязнения среды, проявляются на различных уровнях структурной иерархии фитогенных систем. (Жиров, 2006).

В Мурманской области исследования, посвященные влиянию техногенных факторов на возрастную изменчивость фитоценоза, проводятся уже давно. На данный момент область представляет собой промышленно развитый регион России с доминированием горнорудной и горно-обогатительной отраслей. К основным промышленным предприятиям, оказывающим наиболее заметное воздействие на окружающую среду, следует отнести: «Североникель», «Печенганикель», АООТ «Апатит», Кандалакшский алюминиевый завод, Ковдорский ГОК. Основными компонентами аэротехногенного загрязнения являются сернистый ангидрид, окислы азота, окись углерода, углеводороды, металлы, соединение фтора (Жиров, 2001).

Исследования по влиянию комбината «Североникель» проводились на единично встречающихся особей березы, некоторых доминирующих видов растений травянокустарничкового яруса, принадлежащим к разным жизненным формам.

В листьях растений изученных видов наблюдалось существенное уменьшение содержания зеленых пигментов в зоне сильного загрязнения по сравнению с растениями, произрастающими в условно-фоновой зоне. Степень уменьшения зависела от видовой принадлежности растений.

Высокой устойчивостью к промышленным поллютантам отличались толокнянка и золотарник. В листьях этих растений снижение хлорофиллов не превышало 35%. Средний уровень устойчивости был характерен для вороники, вереска и березы. Деградация пигментов составляла 53-58%. Наиболее чувствительная пигментная система оказалась у брусники. Деградация пигментов составляла 62 %.

По содержанию каротиноидов самая устойчивая вороника (24%), средняя устойчивость у вереска, золотарника и толокнянки (42-46%), слабая устойчивость – у березы и брусники (56-61%).

Следует отметить, что основную фотосинтетическую нагрузку у вечнозеленых несут листья второго и третьего годов жизни, передающие фотоассимиляты в репродуктивные и запасающие органы (Костюк, 2009).

Проведен анализ влияния комбината «Североникель» на возрастной статус фотосинтетического аппарата гороха сорта Чижимский 39. Который был пророщен в экологически чистых условиях и затем помещен в зону загрязнения.

Три опыта проводились с разницей в две недели. Во время двух опытов, распределение содержания хлорофиллов описывалось ломанной кривой с выраженной тенденцией к повышению по мере удаления от источника загрязнения, причем различия между первой и последней точками были максимальными во втором опыте. Во время первого опыта исследуемые растения практически не различались по содержанию малонового диальдегида (МДА). Через две недели распределение содержания этого соединения изменилось: на 40 и 70 километровом удалении от комбината его уровень был заметно меньше, чем на других точках. В целом тот же тип распределения был заметно меньше, чем на других точках. Тот же тип распределения был зарегистрирован в третьем опыте. Уровень отношения Х/С плавно возрастал с увеличением расстояния до комбината «Североникель» во время первого опыта, а во втором его распределение приобретало циклическую форму с максимумом на точке, находящейся от г. Мончегорска. В третьем опыте цикличность распределения вновь отсутствовала, причем величины Х/С были существенно больше, чем в первых двух.

В целом можно отметить тенденцию к увеличению содержания зеленых пигментов по мере снижения интенсивности техногенного воздействия, которая более отчетливо проявляется при продолжительном экспонировании растений в зоне загрязнения. А интенсивное техногенное воздействие на первых порах способно оказывать относительно омолаживающее действие на растения, по-видимому, в результате торможения ростовых процессов.

Техногенное загрязнение наиболее заметно влияет на связь между структурами мембранного и пластидного уровней организации, существенно ослабляя ее по мере приближения к источнику промышленных выбросов (Жиров, 2001).

Нельзя исключить влияние и других факторов на процессы старения растений. Помимо техногенного фактора не менее важными являются: пониженные температуры, засуха, высокоинтенсивная радиация. Тем самым комплекс факторов действует на увеличение возрастности растений.

Техногенное воздействие является одним из основных, в связи с этим исследования вопроса о возрастных модификациях растений в техногенно-нарушенной среде представляют не только теоретический, но и практический интерес, поскольку их результаты позволяют подойти к разработке физиологических методов диагностики и повреждений, вызванных токсическими отходами промышленных производств (Жиров, 1991).

### **Список литературы:**

1. Жиров В.К. Возрастные модификации растений в связи с адаптациями и стрессом. В.К. Жиров, Апатиты, Изд. Кольского научного центра АН СССР. - 1991. - 106с.
2. Жиров В.К. Адаптации и возрастная изменчивость растений на севере (часть 1) / В.К. Жиров, А.В. Кузьмин, С.М. Руденко, В.И. Костюк, П.А. Кашулин, П.М. Жибоедов, И.В. Рапотина, С.В. Литвинова. - Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. - 2001. – 350с.

3. Жиров В.К. Адаптации и возрастная изменчивость растений на севере (часть 2) / В.К. Жиров, А.В. Кузьмин, С.М. Руденко, В.И. Костюк, П.А. Кашулин, П.М. Жибоедов, И.В. Рапотина, С.В. Литвинова. - Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. - 2001. – 350с.
4. Жиров В.К., Хаитбаев А.Ф., Говорова А.Ф., Гонтарь О.Б. Взаимодействие структур различных уровней организации и адаптационных стратегий растений, Вестник МГТУ.- 2006.- том 9.- №5.-С. 725-728.
5. Костюк В.И. Состояние ассимилирующих органов растений в условиях техногенного загрязнения / Костюк В.И., Мельник Н.А., Шмакова Н.Ю. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. - 2009. – 82 с.
6. Чернов Г.Н. Н.П. Кренке и его теория старения и омоложения / Г.Н. Чернов. – М.: Изд. Академия наук СССР. - 1963. – 120 с.

## **ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ Г. МУРМАНСКА**

**Гасанов Р.Б.** (*г. Мурманск, МГТУ, Ботанический сад*)

The work presents data of phenological observations from 2007-2009. The results of the general climatic characteristics of the test sites for the studied years. As the main object of research for selected vascular plants typical flora of Murmansk. The results clearly show us the grows, development and reproduction of plants with the thermal regime during the year, when the plants show actively proceed biological processes.

Высшие растения испытывают действие комплекса неблагоприятных факторов, среди которых наибольшее значение для их жизнедеятельности имеют недостаток тепла, бедность почв, антропогенная нагрузка (Головкин, 2009), короткий вегетационный период, а для ряда растений – длинный день (Мазная и др., 2009).

В высоких широтах особенно отчетливо проявляется зависимость сосудистых растений от климатических факторов, определяющих особенности развития растительных сообществ (Шмакова, 2008), которые вынуждены приспосабливаться к различным и быстро меняющимся условиям биотопа (Мерзляк, 1998). В результате чего в них вырабатываются тонкие биохимические механизмы, которые позволяют отслеживать изменения продолжительности, интенсивности и спектрального состава действующего света, с тем чтобы вовремя включать и выключать различные физиологические процессы: развитие листа, хлоропластов, цветение растения и др. явления (Тихонов, 1999). Низкотемпературная устойчивость у высших растений формируется в процессе адаптации при определенных условиях. Например, нормальное формирование ветвей осуществляется только при условии воздействия на растения пониженными температурами в зимний период (Куперман, 1963).

Существует целый спектр различных форм адаптаций (Жиров и др., 2009). «Представления о возрастной цикличности могут послужить ключом к выяснению закономерностей выбора растением «активной» или «пассивной» адаптационных стратегий» (Жиров, 2001). Физиологический возраст организма обусловлен процессом его индивидуального развития и характеризуется морфофизиологическими показателями возрастной изменчивости (Чернов, 1963), интенсивность процессов зависит от факторов внешней среды. Фенологические наблюдения за сезонными изменениями в растительных сообществах в зависимости от климатических условий среды определенно имеют связь с основными представлениями теории Н.П. Кренке.

Цель работы: провести фенологические наблюдения за отдельными видами сосудистых растений в зависимости от условий биотопа.

В работе представлены данные фенологических наблюдений с 2007-2009 гг. Приведены результаты общей климатической характеристики пробных площадок за исследуемые годы. В качестве основного объекта для исследований выбраны сосудистые растения типичной флоры г. Мурманска.

Погодные условия 2008 г. отличались от предыдущих лет, в частности 2007 г, который был охарактеризован как самый холодный за предшествующие десять лет. Динамика среднесуточных температур приземного воздуха за апрель, май, и июнь 2007 и 2009 гг. представлены на рисунках 1, 2, 3.

Как видно из рисунка 1, практически, за исключением нескольких дней в начале апреля температуры в 2008 г были намного ниже, чем в 2007 г. Минимальная температура составила -10° С 13 апреля, затем было повышение, но в целом в течение всего апреля температуры не

поднимались выше  $0^{\circ}\text{C}$  (Гасанов и др., 2009). В апреле 2009 г. по-сравнению с 2007, 2008 гг. максимальная температура 13, 25 апреля составила  $+8^{\circ}\text{C}$ , минимальная температура 6 апреля составила  $-6,5^{\circ}\text{C}$ . В целом температура воздуха равномерно повышалась на протяжении всего месяца.

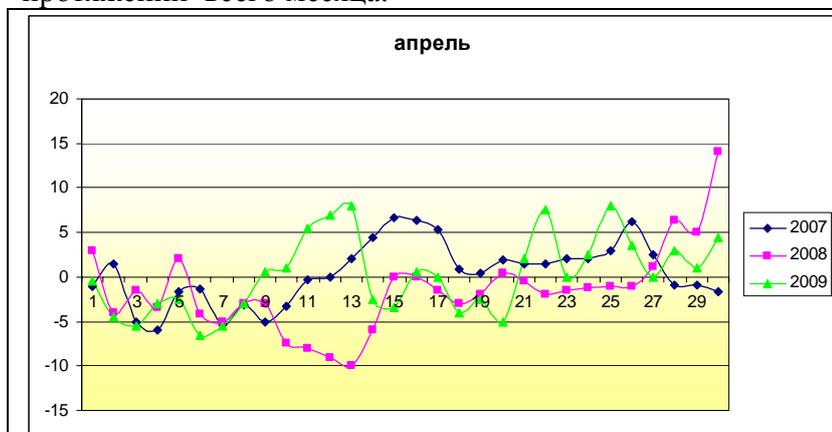


Рис. 1. Среднесуточные температуры приземного воздуха в апреле 2007-2009 гг.

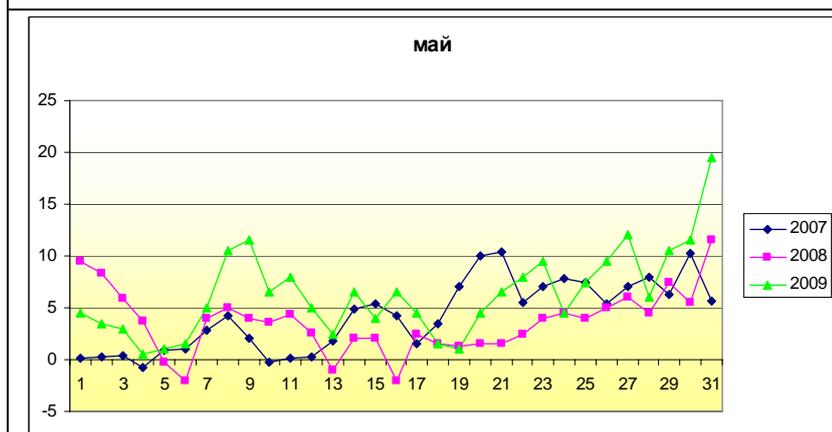


Рис. 2. Среднесуточные температуры приземного воздуха в мае 2007-2009 гг.

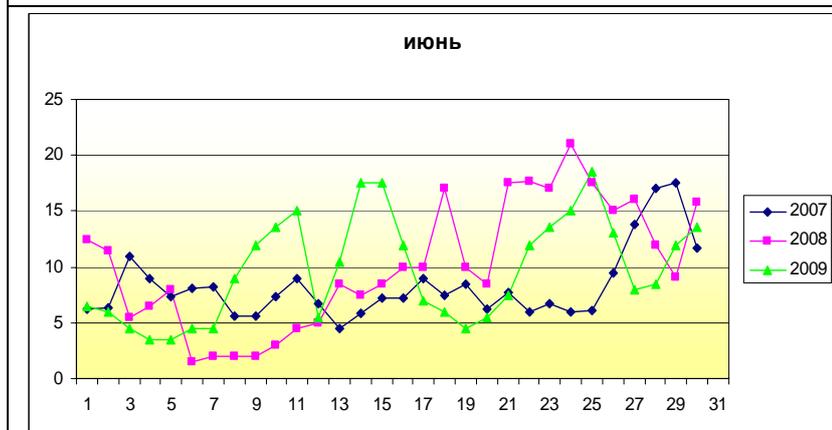


Рис. 3. Среднесуточные температуры приземного воздуха в июне 2007 – 2009 гг.

Повышение температуры воздуха в последних числах апреля сохранилось до первых чисел мая, в дальнейшем в течение мая температура воздуха колебалась от  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$  в последние дни мая отмечено повышение температуры воздуха. Среднемесячная температура в мае составила  $1,3^{\circ}\text{C}$  (рис. 2). Кроме того май 2008 года отличался от всех предыдущих годов выпадением большого количества атмосферных осадков в виде снега (Гасанов и др., 2009). В мае 2009 г отмечено заметное повышение температуры воздуха по-сравнению с 2007 и 2008 гг. Максимальная температура воздуха составила  $+19,5^{\circ}\text{C}$ . Минимальная температура  $+3,5^{\circ}\text{C}$ . По-сравнению с другими годами в 2009 г отсутствуют отрицательные температурные значения со знаком «-».

В июне 2007 года температура воздуха в первую половину месяца была выше нуля (рис. 3), однако, за исключением нескольких дней она не поднималась, выше  $10^{\circ}\text{C}$ . Во второй половине мая (рис. 2) наметилась тенденция к повышению температуры воздуха. Отмеченные нами особенности теплового режима 2008 года отразились на начале и развитии вегетационного периода у растений. По сравнению даже с холодным 2007 годом начало вегетации сдвинулось почти



**Список литературы:**

- 1.) Гасанов, Р.Б., Пахомова Н.А. Сезонные изменения растительных сообществ в зависимости от климатических условий [Электронный ресурс] / МГТУ. Электрон. Текст дан. Мурманск: МГТУ, 2009. 1 опт. Компакт-диск (CD-ROM). Материалы международной научно-технической конференции «Наука и образование. 2009» - электронный текст подготовлен ФГОУВПО «МГТУ» НТЦ «Информрегистр». С. 593 – 596.
- 2.) Головкин, Т.К. Физиолого-биохимические механизмы адаптации растений на севере: фотосинтез и сопряженные процессы // Физико-химические механизмы адаптации растений к антропогенному загрязнению в условиях крайнего севера. Тезисы докладов. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2009. С. 94-95.
- 3.) Жиров, В.К., Гонтарь О.Б. Физиологический возраст растений и классификация фиторазнообразия // физико-химические механизмы адаптации растений к антропогенному загрязнению в условиях крайнего севера. Тезисы докладов. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2009. С. 7-9.
- 4.) Жиров, В.К., Кузьмин А.В., Руденко С.М., Костюк В.И., Кашулин П.А., Жибоедов П.М., Рапотина И.В., Литвинова С.В. Адаптации и возрастная изменчивость растений на Севере (Монография, Ч.1).- Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2001. – 350 с.
- 5.) Жиров, В.К., Кузьмин А.В., Руденко С.М., Костюк В.И., Кашулин П.А., Жибоедов П.М., Рапотина И.В., Литвинова С.В. Адаптации и возрастная изменчивость растений на Севере (Монография, Ч.2).- Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2001. – 350 с.
- 6.) Куперман, Ф.М. Экспериментальный морфогенез (материалы по морфофизиологии растений) / Ф.М. Куперман. – Москва: изд. Московского университета. – 1963. – 416с.
- 7.) Мазная, Е.А., Лянгузова И.В. Механизмы толерантности растений к аэротехногенному загрязнению: организменный и популяционный уровни // Физико-химические механизмы адаптации растений к антропогенному загрязнению в условиях крайнего севера. Тезисы докладов. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2009. С. 220-222.
- 8.) Мерзляк, М.Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений // Соревский образовательный журнал. 1998. №4. С. 19-24.
- 9.) Тихонов, А.Н. Защитные механизмы фотосинтеза // Соревский образовательный журнал. 1999. №11. С. 16-21.
- 10.) Чернов, Г.Н. Н.П. Кренке и его теория старения и омоложения / Г.Н. Чернов. – М.: Изд. Академия наук СССР. - 1963. – 120 с.
- 11.) Шмакова, Н. Ю., Ушакова Г.И., Костюк В.И. Горно-тундровые сообщества Кольской Субарктики (эколого-физиологический аспект) (Монография) – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2008. – 167 с.

## ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ АДАПТАЦИЙ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ К УСЛОВИЯМ УРБАНИЗИРОВАННЫХ СЕВЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

**Гасанов Р.Б.** (г. Мурманск, МГТУ, Ботанический сад)

**Пахомова Н.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии)

**Жиров В.К.** (г. Апатиты, ПАБСИ)

In this work are produce the result of the analysis of species composition of plant communities in Murmansk. Observation were conducted at 2 lest sites. Under the influence at anthropogenic and other a biotic environmental factors in plant communities not only changes the species composition, but also morphological, physiological and biochemical characteristics of plants. Depending on the conditions of the biotope composition and structure of plant communities is constantly changing.

«Согласно закону относительной независимости адаптации, «высокая адаптированность к одному из экологических факторов не дает такой же степени приспособления к другим условиям жизни (наоборот, она может ограничивать эти возможности в силу физиолого-морфологических особенностей организмов)» (Реймерс, 1994). Следовательно, биотические явления в северных широтах, особенно при резкой выраженности экстремальности среды обострены, северная флора словно находится в условиях «острого» эксперимента (Шмакова, 2008).

Под действием факторов среды состав и структура растительных сообществ постоянно изменяется. Одни виды сменяются другими, тем самым происходит изменение биотопа в целом. В результате городская флора пополняется за счет аборигенных видов, которые адаптируются к условиям урбанизации и существуют в городе со стабильной или увеличивающейся численностью. При смене биотопов происходит вселение в городские экосистемы, прежде всего видов, заселяющих, нарушенные территории, - рудералов. Они имеют высокий потенциал адаптации к условиям жизни в городе (Лештаев; Николаев, 2005).

В работе представлены результаты по анализу видового состава растительных сообществ в г. Мурманске. Наблюдения велись на двух пробных площадках. Первая расположена в черте города (ул. Кильдинская). Вторая площадка – это лесная зона вдоль оз. Среднее. Всего был определен 21 вид цветковых растений (Гасанов; Пахомова, 2008). Для каждой пробной площадки был характерен свой видовой состав. Соотношение видов на пробных площадках соответственно равно 12:13. Исследования проводились в 2007-2009 гг.

Общими для обеих территорий были четыре вида: *Sorbus gorodkovil Pojak.*, *Betula sp.*, *Salix caprea L.*, *Pyrola sp.*

Кроме того, на первой площадке было определено еще 8 видов растений: *Tussilago farfara*, *Achillea millefolium L.*, *Pyrola sp.*, *Taraxacum officinale*, *Urticaceae dioica*, *C. bursa – pastories (L) Medik*, *Trifolium repens*, *Chamaenerion angunifolium*. По своей эколого-фитоценотической стратегии они относятся к растениям, способным заселять территории, подвергшиеся значительному воздействию в сторону усиления нарушений и ухудшения условий обитания.

На второй пробной площадке – 12 видов растений: *Betula sp.*, *Salix caprea L.*, *Sorbus gorodkovil Pojak*, *Vaccinium myrtilus*, *Vaccinium vitis – idaea L.*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustris L.*, *Chamaepericlymenum suecicum (L.) Aschers. Et Graebn*, *Trientalis europaea L.*, *Andromeda polifolia L.*, *Linnaea borealis L.*, *Solidago lapponica With.* Доминирующими видами из древесной растительности являются береза и ива, из кустарничков черника, брусника, дерен шведский и другие типичные для лесотундровых фитоценозов растения.

Существенное влияние на формирование фитоценозов оказывает экотоп и, в первую очередь, почвы. На первой пробной площадке в городе почвы скудные, их основу составляют песчаный грунт, камни разных размеров (щебень, галька, песок) и искусственно созданные обрывы, образовавшиеся во время застройки территории (высотой 1-10 метров). На второй пробной площадке в лесу почвы отличаются большим разнообразием: в сухих местах сформированы маломощные примитивные зернистые почвы, чередующиеся со скальными обнажениями. Из-за обилия голых пятен растительный покров носит мозаичный характер.

Результаты наблюдений указывают на кардинальное изменение фитоценоза в условиях антропогенного воздействия. Вторичная сукцессия связана с процессами новообразования почв и растительности. На этом участке в основном представлены виды, устойчивые к условиям нарушенных экосистем. В период застройки микрорайона исчезают привычные ландшафты лесной экосистемы, и на смену им приходят фитоценозы, основу которых составляют адвентивные виды.

Под действием антропогенных и других абиотических факторов среды в растительных сообществах изменяется не только видовой состав, но и морфологические, физиологические и биохимические характеристики растений. Эти изменения могут интерпретироваться в терминах классических представлений о циклическом старении и омоложении растений Н.П.Кренке (1940). Показателем этой цикличности является периодическое отмирание и новообразование листьев, старение, рост и новообразование побегов, корней. Данный процесс осуществляется неравномерно, в виде ритмических колебаний, в конце концов, приводящих к полному затуханию процессов жизнедеятельности (Чернов, 1963). В северных широтах такие перестройки происходят более интенсивно (Жиров и др., 2001). В связи с этим при изучении поведения растений в условиях высоких широт и антропогенного воздействия целесообразно использование основных положений теории Н.П.Кренке.

### **Список литературы:**

1. Гасанов, Р.Б., Пахомова, Н.А. Оценка видового разнообразия флоры антропогенного и природного ландшафтов в г. Мурманске / Р.Б. Гасанов, Н.А. Пахомова. – Мурманск.: МГТУ, Материалы СНТК. – 2008. – С.
2. Жиров В.К. Адаптации и возрастная изменчивость растений на севере (часть 1) / В. К. Жиров, А.В. Кузьмин, С.М. Руденко, В.И. Костюк, П.А. Кашулин, П.М. Жибоедов, И.В. Рапотина, С.В. Литвинова. - Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. - 2001. – 350 с.
3. Жиров В.К. Адаптации и возрастная изменчивость растений на севере (часть 2) / В. К. Жиров, А.В. Кузьмин, С.М. Руденко, В.И. Костюк, П.А. Кашулин, П.М. Жибоедов, И.В. Рапотина, С.В. Литвинова. - Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. - 2001. – 350 с.
4. Лештаев, А.А. Николаев, А.В. Влияние урбанизации на окружающую среду и здоровье человека в условиях Крайнего Севера / А.А. Лештаев, А.В. Николаев: Учебно-методическое пособие. – Мурманск: МГПУ, - 2005. – 85 с.
5. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. — М.: Журнал «Россия Молодая». – 1994. — 367 с.
6. Чернов Г.Н. Н.П. Кренке и его теория старения и омоложения / Г.Н. Чернов. – М.: Изд. Академия наук СССР. - 1963. – 120 с.
7. Шмакова Н.Ю., Ушакова Г.И., Костюк В.И. Горно-тундровые сообщества Кольской Субарктики (эколого-физиологический аспект) / Н.Ю. Шмакова, Г.И. Ушакова, В.И. Костюк. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, - 2008. – 167 с.

## ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ РЫБЫ НА МАКСИМАЛЬНОЕ СУТОЧНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ГРЕНЛАНДСКИМИ ТЮЛЕНЯМИ

Гладких А.С. (*г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, gladkikh@list.ru*)

Количество потребляемого живым организмом корма зависит от его типа и доступности. (Emlen, 1966; Perr, Pianka, 1997). В соответствие с этим количество пищи зависит от качества добычи (Schoener, 1971) и плотности ее распространения (MacArthur, Pianka 1966). Способность организмов быстро адаптироваться к новым пищевым условиям часто является основной многих биоэнергетических моделей. Они, в свою очередь, могут предсказать теоретические ежедневные потребности организма в энергии на различных стадиях жизни и при различных условиях окружающей среды (Winship et al., 2002). Однако эти модели часто опускают вопрос о том, может ли животное удовлетворить свою повседневную потребность в пище в реальной окружающей среде, учитывая также ограничения, связанные с особенностями пищеварительной физиологии животных (Karasov, Diamond 1988).

В связи с этим необходимы данные о том, как животные могут изменять свой рацион питания, чтобы компенсировать изменение доступности добычи или ее типа. Кроме того, важно знать, когда необходимый уровень потребления корма животными выходит за пределы их физиологических возможностей в данных условиях добывания пищи. Эти вопросы представляют особый интерес применительно к беломорской популяции гренландского тюленя. Резкое уменьшение запасов мойвы в Баренцевом море способствовало снижению значимости этой разновидности как добычи. После этого гренландские тюлени переключились на другие объекты питания, в частности, полярную тресочку (сайку) (Lawson et al. 1998).

Целью данного эксперимента было определить максимальный суточный рацион питания гренландского тюленя и его изменения в зависимости от типа пищи и сезона.

Работы проводились на четырех гренландских тюленях, содержащихся на экспериментальном полигоне ММБИ в г.Гаджиево. В качестве размерной характеристики рыбы определяли ее объем при помощи мерного цилиндра с водой. Вес животных устанавливали путем их взвешивания на электронных весах один раз в неделю. Животных кормили два раза в сутки. Эксперимент заканчивали после того, как животное в течение 3 мин. отказывалось выйти на помост за предъявляемой рыбой. Использовались четыре вида корма: мойва, сайка, селедка и путассу. Данные о составе рыбы были получены из литературных источников (Дивеева и др., 1985; Ерохина, 1994). Энергетическую ценность рассчитывали с использованием следующих энергетических эквивалентов: для белка (протеина) – 5.7 ккал/г и для жира – 9.5 ккал/г.

Между собой сравнивались только данные, полученные отдельно для каждого месяца. Рассчитывалось отношение между количеством потребления различного корма. После этого полученные данные приводились к среднему значению. Это позволило избежать сезонного влияния.

Максимально возможное потребление рыбы в сутки в различные сезоны существенно изменялось. До апреля животные питались интенсивно. Потом, когда начиналась линька, происходило уменьшение количества требуемого корма, что продолжалось до июня. В мае (наиболее активная фаза линьки) питание происходило на минимальном уровне или часто наблюдались отказы. Затем наблюдалось постепенное возрастание потребления корма, и в сентябре оно достигло уровня периода, предшествовавшего линьке. Полученные результаты

согласуются с данными о питании гренландских тюленей в естественных условиях за исключением осеннего периода, когда происходят миграции.

Потребление рыбы за одно кормление слабо зависело от калорийности ( $r=0.65$ ) и содержания белков в рыбе ( $r=-0.62$ ). Но на дневное насыщение влияние энергетической ценности рыбы было уже значимо ( $r=-0.80$ ). Так же выросло значение коэффициента корреляции для зависимости между содержанием белков и максимальным потреблением корма в день тюленем и равнялось  $-0.75$ .

Если рассматривать питание животных на длительном промежутке времени (около года и более), то на него влияет изменение рациона добычи и массы тела (толщины жировой прослойки). Исследования, проведенные на тюленях в неволе, показали, что они регулируют свою потребность в энергии в различное время года, даже когда имеют неограниченный доступ к пище. Продолжительность этих сезонных циклов увеличивается с возрастом, так как снижаются темпы роста и соответственно количество потребляемой валовой энергии уменьшается. (Rosen and Trites, 2004).

В нашем исследовании у тюленей потребление пищи было больше осенью и зимой (4.94 и 5.21 кг/день), чем весной и летом (3.36 и 2.88 кг/день). Кроме того, что весной у животных была линька, часть изменения в количестве потребленной пищи объясняется различием в средней массе тела. Если выразить в процентах от массы тела, то потребление весной (8.91 %) было ниже, чем летом (11.77 %). Осенью незначительно отличалось от летнего периода (12.09%). Максимальным потреблением было зимой (13.75%) (рисунок 1).

Непосредственно во время питания контроль количества потребляемой пищи осуществляется сложным набором физиологических механизмов обратной связи, в частности, вызванных растяжением желудка и составом пищи. Насыщение между приемами пищи регулируется долгосрочными биохимическими сигналами, которые связаны с физическим состоянием и балансом питательных веществ (Rosen and Trites, 2004). В исследованиях на крысах и полевках (*Microtus ochrogaster* (Wagner, 1842)) было показано, что они увеличивали количество потребленного корма, если получали менее калорийную пищу. В свою очередь, эксперименты на других грызунах *Thomomys bottae* (Eydoux и Gervais, 1836) показали, что их питание, наоборот, снижалось в течение дня при получении менее энергетически ценной пищи. Но важно отметить, что в течение первого кормления значение массы поглощенного корма незначительно выростала (Rosen and Trites, 2004).

Рисунок 1  
Изменение  
максимального  
суточного рациона  
в течение года

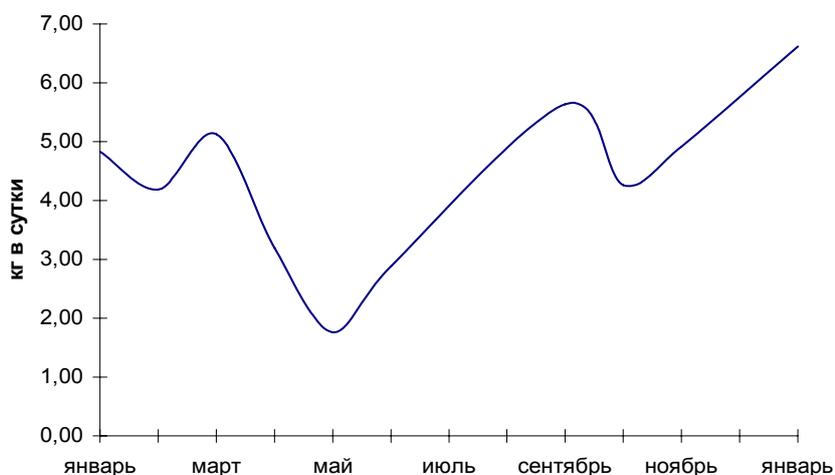
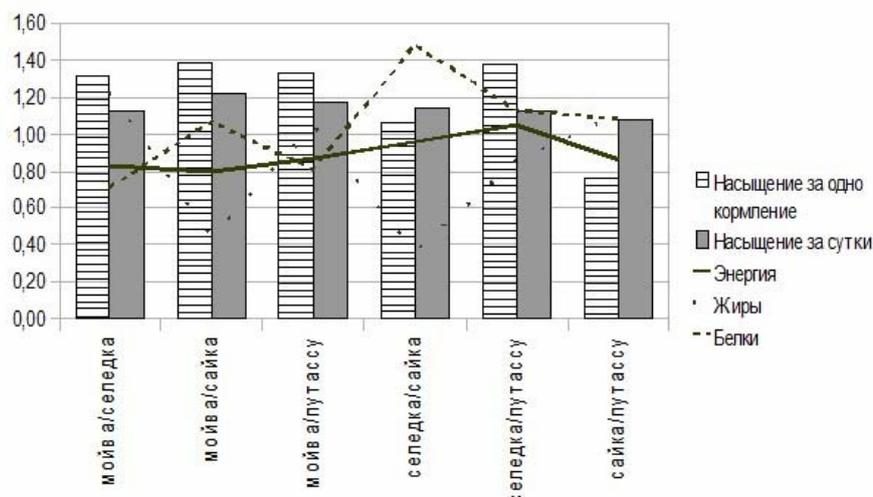


Рисунок 2  
Зависимость количества максимально съеданного корма за одно кормление и за день от его типа



Данные, полученные в естественных условиях, являются противоречивыми. Изменение в природе состава доступной добычи, как было показано, неблагоприятно затрагивало нормы выживания птенцов и репродуктивные свойства у многих разновидностей морских птиц. Но так же имеются данные о том, что количество содержащихся липидов в пище никак не влияло на количество потребляемого корма (Rosen and Trites, 2004).

Во время исследования первичного насыщения выявить роль достоверно значимо влияющего фактора нам не удалось. Наибольшие коэффициенты корреляции с показали калорийность и содержание белков в рыбе (рисунок 2). Вероятно, это объясняется тем, что сам механизм наступление насыщения является достаточно сложным и, из-за значимости совокупности факторов, выявить один из них на данном этапе исследований не представилось возможным. Кроме того, значимость индивидуальных пищевых предпочтений мы не учитывали изначально. Но есть ряд работ в которых указывается о возможности существования избирательности в употреблении того или иного вида корма среди тюленей. Если рассматривать дневное насыщение, то появляется четкая зависимость между изменением потребления корма и его энергетической ценностью. Вероятнее всего это возникает в результате попытки компенсировать недостаток полученной во время первого кормления энергии.

### Список литературы:

1. Emlen, J.M. (1966) The role of time and energy in food preference. *Am. Nat.* 100: 611–617.
2. Karasov, W.H., and Diamond, J. (1988) Interplay between physiology and ecology in digestion. *BioScience*, 38: 602–611.
3. Lawson J.W., Anderson J.T., Dalley E.L., Stenson G.B. (1998) Selective foraging by harp seals *Phoca groenlandica* in nearshore and offshore waters of Newfoundland, 1993 and 1994 // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 163. p. 1 – 10.
4. MacArthur, R.H., and Pianka, E.R. 1966. On optimal use of a patchy environment. *Am. Nat.* 100: 603–609.
5. Perry, G., and Pianka, E.R. (1997) Animal foraging: past, present and future. *Trends Ecol. Evol.* 12: 360–364.
6. Rosen D.A.S. and Trites A.W. (2004) (Satiation and compensation for short-term changes in food quality and availability in young Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) *Can. J. Zool.* Vol. 82. p. 1061-1069.

7. Schoener, T.W. 1971. Theory of foraging strategies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 2: 369–404.
8. Weiner, J. (1992) Physiological limits to sustainable energy budgets in birds and mammals: ecological implications. *Trends Ecol. Evol.* 7: 384–388.
9. Winship, A.J., Trites, A.W., and Rosen, D.A.S. (2002) A bioenergetic model for estimating the food requirements of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 229: 291–312.
10. Дивеева Г.М., Кучерова Э.В., Юдин В.К. (1985) Учебная книга зверовода. Учеб. для средн. сел. проф.-техн. училищ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат. – 415с.
11. Ерохина И.А. (1994) Проблемы кормления тюленей в условиях океанариума. Апатиты, – 46 с.

## ВЫРАЩИВАНИЕ ОДНОЛЕТНИКОВ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ МГТУ В 2009 ГОДУ

**Горбунова С.И.** (*Мурманск, ботанический сад МГТУ*)

Видовой состав растений, применяемых для озеленения Мурманска: древесных, кустарниковых и цветочно-декоративных относительно беден. В Мурманске сравнительно тёплая, хотя и длинная зима, короткое и прохладное лето. Погода здесь неустойчивая, с высокой влажностью, частыми туманами, штормами, резкими колебаниями температуры. В этих условиях возможность введения в северную флору новых видов однолетних цветочно-декоративных растений, которые могут вырастать из семян и цвести осенью в условиях Мурманска, приобретает особый интерес.

Однолетние цветочно-декоративные растения могут быть получены при выращивании из семян рассадой или у части растений прямым посевом в открытый грунт.

В закрытом грунте были посеяны 2 марта 2009 года семена

1. лобелии «Хрустальный дворец» (производитель семян фирма «Гавриш»);
2. лобелии *rhynchopetalum* из ботанического сада Гётеборга,
3. сальвии сверкающей «Амор» (производитель семян фирма «Гавриш»);
4. сальвии сверкающей «Вулкан» (производитель семян фирма ООО Агрофирма «Аэлита»);
5. статице «Абрикос» (производитель семян фирма ООО «Агроника»);
6. статице «Борнтальская смесь» (производитель семян фирма «Гавриш»);
7. гайлардии красивой «Лоренциана» (производитель семян фирма «Гавриш»);
8. астры американской кустовой (производитель семян фирма ООО «Агроника»); 9. астры «Бирюсинка» (производитель семян Агрофирма «Седек»);
10. астры «Голубка» (производитель семян Агрофирма «Седек»);
11. астры «Принцесса» (производитель семян фирма «Гавриш»).

Из посеянных 2 марта семян не взошли семена лобелии «Хрустальный звон», лобелии *rhynchopetalum*, сальвии сверкающей «Амор», агератума розового и голубого, собранные в ботаническом саду МГТУ, погибли сеянцы статице «Абрикос» и статице «Борнтальская смесь». Из полученных из семян сеянцы астры «Принцесса», гайлардии, сальвии «Вулкан» продолжали расти в закрытом помещении. В открытый грунт были высажены сеянцы астры и сальвии. Сеянцы сальвии не выжили, астры цвели в начале сентября.

15 апреля были посеяны семена

1. мимулюса «Магия любви» (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
2. мимулюса *surgeus* из ботанического сада Гётеборга;
3. ипомея «Красный сюрприз» (производитель семян фирма ООО «Агроника»);
4. лобелии «Кристалл Палас» (производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»); 5. лобелии «Красный каскад» (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
6. вербены гибридной «Новалис» (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
7. колеуса «Визард» (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
7. кобеи фиолетовой (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
8. агератума мексиканского белого (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
9. агератума мексиканского розового (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
10. аммобиума крылатого (производитель семян фирма «Гавриш»);
11. лобулярии фиолетовой «Королева» (производитель семян фирма «Гавриш»);
12. сальпиглоссиса «Супербиссима» (производитель семян фирма «Гавриш»);
13. куфеи «Мозаика» (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);
14. годееции азалиевоцветковой (производитель семян ООО Агрофирма «Аэлита»);

15. брахикома «Маргарита» (производитель семян ООО фирма «Гавриш»);
16. клеома *serrulata*,
17. амарантус *caudatus*,
18. целозии серебристой из ботанического сада Ringle.

Из такого большого количества высеванных семян всхожесть наблюдалась у колеуса и амарантуса, что говорит или о незрелости собранных семян, или о просроченности срока их хранения.

В почве закрытого грунта была выращена рассада бархатцев, которая в третьей декаде июня высаживалась в открытом грунте на территории МГТУ. Осенью цвели бархатцы тонколистный «Джем» красные (производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»); бархатцы отклонённые сортов: «Кармен», «Фаворит» красные, «Фиеста»; бархатцы прямостоячие «Купидон» жёлтые. Все эти семена произведены Центром Оптовой Торговли «Дом семян».

Семена портулака махрового жёлтого и смеси портулака махрового «Воздушный зефир» были посеяны в ёмкостях закрытого помещения 19 апреля. Семена произведены ООО Агрофирма «Аэлита». Средняя температура в помещении находилась в пределах 25 °С. Ёмкости стояли на солнечном окне. Семена начали прорасти 23 апреля. У первого растения взошло 3 штуки семян. Полученные из них сеянцы в рассадке не выжили. У второго растения всхожесть наблюдалась массовая. Часть полученных сеянцев была высажена в почву открытого грунта 11 июня, где сеянцы погибли. Другая часть была высажена в почву открытого грунта 2 июля, где высаженные сеянцы прижились, набрали бутоны, одно растение зацвело. Цветение наблюдалось бы и у других растений, если бы сеянцы не находились в условиях сильной затенённости.

На территории МГТУ в открытый грунт были посеяны 2 июня семена:

1. фацелия пижмолистная (производитель семян фирма «Гавриш»). Наблюдалась хорошая всхожесть семян 15 июня. Осенью полученные растения очень красиво цвели. Это растение может использоваться в качестве фонового, прекрасно выглядит в куртине, хорошо сочетается с другими растениями;
2. василька «Зарево» (производитель семян Агрофирма «Седек»). У этого сорта соцветия – одиночные корзинки, ярко-розовые до 4 см в диаметре;
3. василька «Голубая диадема» (производитель семян Агрофирма «Седек»). Относится к лучшим срезочным сортам;
4. василька «Флоренция белая» (производитель семян Агрофирма «Наш сад»);
5. василька «Чародей» (производитель семян Агрофирма «Седек»). Растение прекрасно растёт на любых почвах;
6. василька махрового смеси «Брусничный джем» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»). Растение прекрасно растёт в вазонах, контейнерах, балконных ящиках, бордюрах, хорошо переносит понижение температуры;
7. василька «Бордюрная смесь» (производитель семян фирма «Гавриш») растение прекрасно растёт в клумбах, в группах, миксбордердерах и рабатках, а также для срезки;
8. василька «Махрового холодка» (Центр Оптовой Торговли «Дом семян»). Всхожесть наблюдалась у всех сортов василька кроме сорта «Флоренция белая» 15 июня, 16 июня растения распикировали. Осенью наблюдалось цветение растений;
9. смеси кларки изящной (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);
10. кларки ноготковой (производитель семян фирма «Гавриш»);
11. смеси кларки махровой (производитель семян ООО «Плазмас»). Семена кларки изящной не взошли, а двух других видов дали всхожесть 15 июня и цвели осенью.

12. льна крупноцветкового «Рубрум» (производитель семян фирма «Гавриш»). Всхожесть семян наблюдалась в середине июня, цветение осенью;

13. немofilы «Голубые глазки» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»). Всхожесть семян наблюдалась в середине июня, цветение наблюдалось до заморозков;

14. мака пионовидного «Белый бархат» (Производитель семян ООО «Агроника»). Всхожесть семян наблюдалась в середине июня, цветение наблюдалось до заморозков;

15. капусты декоративной «Каменный цветок» (производитель семян Агрофирма «Наш сад»). Всхожесть семян наблюдалась в конце июня, цветение наблюдалось до заморозков;

16. капусты декоративной «Красный букет» (производитель семян Агрофирма «Наш сад»). Всхожесть семян наблюдалась в конце июня, цветение наблюдалось до заморозков;

17. хризантемы девичьей «Белые звёзды» (производитель семян ООО «Плазмас»);. Всхожести семян не наблюдалось;

18. хризантемы килеватой махровой «Дунетти» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»). Всхожесть семян наблюдалась в конце июня, цветение наблюдалось до заморозков;

19. календулы «Денди» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);

20. календулы «Оранжевый король» (Семена произведены ведущими фирмами Европы);

21. календулы «Каблуна» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);

22. календулы «Зелёное сердце» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);

23. календулы «Индийский принц» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);

24. календулы лекарственной из ботанического сада Ringle;

25. календулы лекарственной из Марийского ботанического сада – института;

26. Люпин «Розовая стрела» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»).

У всех видов наблюдалась всхожесть и цветение до заморозков.

В почву открытого грунта ботанического были высеяны 8 июня семена однолетников:

1. гелиптерума крупноцветковая смесь (производитель семян фирма «Гавриш»);

2. эшшольция калифорнийская «Балерина» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);

3. смесь василька «Том» (Семена произведены ведущими фирмами Европы);

4. кореопсиса карликового «Талисман» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);

5. агrostеммы изящной «Снежная королева» (Производитель семян ООО РС «Овощи и цветы»);

6. гипсофилы изящной «Белая» (Производитель семян ООО РС «Овощи и цветы»); 7. лаватеры «Серебряная чаша» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);

8. календулы лекарственной (Семена произведены ведущими фирмами Европы);

9. календулы лекарственной «Гейша» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);

10. календулы лекарственной «Каблуна» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);

11. календулы лекарственной «Лимонная красавица» (Семена произведены ведущими фирмами Европы);

12. календулы лекарственной «Фиеста» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);

13. смеси амаранта изящного (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);

14. смеси амаранта «Близнецы» (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);

15. кохии (летний кипарис) (производитель семян Агрофирма «Аэлита»);
16. космеи серножёлтой «Красный ковёр» (Производитель семян Центр Оптовой Торговли «Дом семян»);
17. космеи дваждыперистой из Марийского ботанического сада – института;
18. смеси эхиума «Майя» (производитель семян фирма «Гавриш»);
19. мака «Пурпурное облако» (Производитель семян ООО РС «Овощи и цветы»);
20. василька «Мулат» (Производитель семян ООО РС «Овощи и цветы»);
21. резеда *odorata* из Ringle ботанического сада.

Не взошли семена гипсофилы, кохии, мака, василька. Очень долго всходили семена кореопсиса. Очевидно, им не хватало тепла для прорастания. Не успели зацвести в полную силу лаватера и эшшольция. Космея не смогла набрать силу для роста.

При выращивании однолетних цветочно-декоративных растений на территории МГТУ необходимо учитывать то, что она находится большей частью в затенении, и солнца здесь для развития однолетников явно не хватает. Надо учитывать при выращивании рассады, что для прорастания семян необходимо соблюдать условия, прежде всего, необходимо достаточное освещение и закалка полученных сеянцев перед высадкой в открытый грунт.

## ВЫРАЩИВАНИЕ ЖИМОЛОСТИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ МГТУ

Горбунова С. И. (Мурманск, ботанический сад МГТУ)

Интерес к выращиванию жимолости привлекает внимание ботаников, озеленителей, лесоводов и садоводов. Жимолости представляют большую группу растений, распространённую главным образом в северном полушарии. Многие их виды произрастают в Европе, Азии, Америке и Северной Африке, отдельные встречаются в тропических лесах Юго-Восточной Азии.

Жимолость может быть использована как для озеленения, так и для садоводства. Её начали культивировать в ботанических садах ещё в 18 веке. Жимолость приспособлена к различным экологическим условиям, декоративна. Для неё характерны разнообразные виды и формы. Отдельные её виды рекомендованы для зелёного строительства и садоводства. Устойчивость к жаре, морозам, возобновление порослью даже на слабозасолённых и уплотнённых почвах позволяет использовать жимолость в защитном лесоразведении, при облесении оврагов и балок. Плоды некоторых жимолостей съедобны.

Жимолость относится к порядку Ворсянковые (Dipsales) семейству жимолостных (Caprifoliaceae), включающему 15 родов и 500 видов. Род жимолость (*Lonicera*) насчитывает более 200 видов и состоит из двух подродов: прямостоячих жимолостей (*Lonicera*) – 194 вида и вьющихся жимолостей (*Caprifolium*) – 23 вида.

Подрод прямостоячие жимолости подразделяют на четыре секции, а те, в свою очередь, на 21 подсекцию. Наиболее распространённые виды этого подрода – жимолости Альберта, тангутская, мелколистная, камчатская, Палласа, синяя, съедобная, алтайская, иберийская, альпийская, Шамиссо, Максимовича, татарская, обыкновенная, Рупрехта, Маака, японская.

Цветёт и плодоносит жимолость на третий – восьмой год после посева, наиболее интенсивно в 15-35-летнем возрасте.

Жимолость предпочитает плодородные, умеренно увлажнённые почвы. Некоторые виды переносят переувлажнение почвы (жимолость камчатская), другие – небольшую сухость и засоленность (жимолость татарская). Корневая система стержневая, поверхностная. Морозостойкость различна.

Жимолость светолюбива, многие её виды газоустойчивы, хорошо переносят городские условия, стрижку и пересадку. Возобновляется в естественных условиях семенами и вегетативным путём. Все виды жимолости дают обильную поросль от пня и корневой шейки, многие из них образуют естественные отводки.

Семена жимолости из ягод извлекают в процессе перетирки плодов. Затем семена про-сушивают. Хранят в герметически закупоренных бутылках. Выход семян из плодов 3 ...9 % , не теряют всхожести до 2 лет. При 3-летнем сроке хранения всхожесть семян снижается до 50 %. Через 5-6 лет всхожесть сохраняется на уровне 1-2 %.

Таблица 1. Характеристика семян некоторых видов жимолости

Вид	Размеры, мм			Масса 1000шт семян в 1г	Грунтовая всхожесть в %
	длина	ширина	толщина		
Покрывальная Семена мелкие	3	2	0,3	3,0	15-40
Шамиссо Семена средние	2,5	2,0	0,6	3,5	10-45
Съедобная	-	-	-	1,0	60-70

Наиболее часто используется в практике лесного хозяйства холодная стратификация семян при температуре  $+3...+5^{\circ}\text{C}$  в течение 1 - 4 месяцев. Однако этот способ в ряде случаев не даёт хороших результатов. Так, исследованиями, проведёнными в Центральном сибирском ботаническом саду, установлено, что при холодной стратификации начало массового прорастания семян видов жимолости северного происхождения затягивается: у алтайской, Палласа, покрывальной, татарской – до 35-60 дней, Максимовича, горбатой, обыкновенной, Рупрехта – до 150-180 дней, причём семена некоторых пород при длительной стратификации загнивают. Лучшие результаты даёт тепловая стратификация семян. Так, стратификация семян при температуре около  $20^{\circ}\text{C}$  обеспечила прорастание семян жимолостей алтайской, Палласа, татарской, покрывальной на 6-й, Максимовича, Рупрехта, обыкновенной, чёрной – на 8-15-й, горбатой – на 12-18-й день.

В производстве иногда для стимулирования энергии прорастания применяют снегование семян жимолости татарской в течение 1 месяца. В связи с этим представляет интерес осенние посевы жимолости, которые проводятся с таким расчётом, чтобы семена прошли естественную стратификацию в почве. Семена высевают за 1-1,5 месяца до замерзания почвы, увеличивая норму посева на 20-30 % и мульчируя посевные строчки торфом, опилками. Такой способ оправдал себя в отношении жимолостей обыкновенной, татарской, Альберта, Мака, горбатой и некоторых других. Весной появляются дружные всходы, обладающие повышенной энергией роста. Осенние посевы целесообразно применять в районах, где можно обеспечить сохранность посевов от вымерзания и выпревания.

В связи с тем, что всходы многих видов жимолостей обладают пониженной энергией роста в первый год, не достигая необходимых для пересадки размеров, для производства представляет интерес летний посев (в июне-июле) свежесобранными семенами. Такой способ можно испытать в различных районах для всех голубых жимолостей, плоды которых созревают в ранние сроки, а также для жимолостей покрывальной, альпийской, Шамиссо, Максимовича, Королькова, чёрной и др. В зависимости от вида всходы этих жимолостей появляются через 20-50 дней и уходят под снег. Чтобы обеспечить успешную перезимовку, всходы на зиму укрывают лапником и другим материалом. После таяния снега укрытие снимают, и сеянцы начинают вегетацию, достигая за сезон стандартных размеров. Летние посевы на тяжёлых почвах в районах с холодной зимой выпираются весной при оттаивании почвы, поэтому не могут быть рекомендованы для широкого практического применения. Исключение составляет посев в ящики, которые можно на зиму укрыть от морозов.

Зимний посев в обогреваемой теплице испытан в Сибири на голубых жимолостях (камчатской, съедобной, алтайской и других). В феврале-марте замоченные в течение суток семена были высажены в ящики с субстратом из дерновой земли, торфа, песка с добавлением извести и минеральных удобрений. При поддержании дневной температуры  $20-30^{\circ}\text{C}$  и ночной  $16-18^{\circ}\text{C}$  всходы появляются на 17-20-й день. Пикировка осуществляется через 6 – 10 суток в ящики, где сеянцы доращиваются в условиях теплицы, а с наступлением положительных температур – в открытом грунте. В середине июня сеянцы высаживают в гряды по схеме  $15 \times 30$  см, где они доращиваются 2 года. Зимний посев в условиях Сибири сокращает период выращивания саженцев жимолости съедобной на год.

Быстрым ростом обладают сеянцы жимолостей узкоцветковой, Фердинанда, поздней формы жимолостей покрывальной, Ледебура, Толмачёва, кавказской, Королькова, шерстистой, татарской, Мака, обыкновенной, Рупрехта и всех вьющихся жимолостей подрода каприфоль. Медленно растут сеянцы жимолостей канадской, блестящей, шапочной, душистой, Альмана, щетинистой, Семёнова, альпийской, Глена, Шамиссо, чёрной. Сеянцы остальных видов имеют средний темп роста. Исходя из этого, срок выращивания сеянцев в

открытом грунте колеблется в пределах 1-2 лет, в северных районах он может быть продлён до 3 лет (Лукиша, с 46-47).

Таблица 2. **Всхожесть семян жимолостей в теплице под плёнкой в дендрарии МГТУ**

№ п/п	Вид жимолости	Происхождение семян	Дата посева	Всхожесть
1	Обыкновенная	Финляндия	2. 07. 2001	-
2	Альтмана	Исландия	28. 06. 2001	-
3	Альпийская	Исландия	6.09. 2001	-
4	Альпийская	Калининград	6. 09. 2001	-
5	Чёрная	Исландия	6.09.2001	-
6	Кавказкая	Швеция	6.09.2001	-
7	Шамиссо	Норвегия	6.09.2001	-
8	Шамиссо	Норвегия	6.09.2001	-
9	Узкоцветная	Памир	6.09.2001	-
10	Золотистая	Исландия	18. 06. 2002	-
11	Золотистая	Архангельск	18. 06. 2002	+
12	Webbiana	Исландия	18. 06. 2002	-
13	Ramosissima	Исландия	18. 06. 2002	-
14	Prostrata	Швеция	18. 06. 2002	+
15	Deflexicalus	Исландия	18. 06. 2002	-
16	Сибирская	Архангельск	18. 06.2002	-
17	Альпийская	Архангельск	8. 06. 2004	-
18	Алтайская	Алтай	8. 06. 2004	+

Из всех видов жимолостей, семена которых были высеяны в теплицу под плёнку, всхожесть наблюдалась у золотистой из Архангельска, prostrata из Швеции и алтайской с Алтая. Плохое прораствание семян может объясняться разными причинами. Это может быть потеря всхожести из-за длительного срока хранения или неправильного их хранения. Возможно, что семена этих жимолостей не созрели. Возможно, нужны другие условия для их прораствания. Жимолость алтайская, которая была выращена из семян, поступивших из Алтая, в условиях Мурманска в ботаническом саду цветёт каждый год. Она даёт съедобные плоды, что говорит о возможности выращивания этой жимолости в условиях Мурманска из семян.

Выращивание жимолости в условиях Мурманска возможно и вегетативным путём. В 1999 году в дендрарии МГТУ были пересажены с территории Первомайского дома творчества жимолости покрывальная, Шамиссо, съедобная. Здесь растёт и жимолость чёрная, которую пересадили из Полярно альпийского ботанического сада. Все они успешно прижились. Жимолости каждый год цветут и образуют плоды.

Жимолости – вид растений, которые нужно использовать для озеленения Мурманска. Это быстрорастущие и красивоцветущие кустарники. Есть среди них те, которые образуют съедобные плоды.

В ботаническом саду МГТУ растёт жимолость съедобная.

Это кустарник высотой до 1,2 м. Листья зелёные простые, продолговатые. Цветки собраны попарно в соцветия бледно-жёлто-розовые располагаются в пазухах нижних листьев. Цветение ранневесеннее. Плоды съедобные, некрупные, продолговатые с ровной поверхностью, тёмно-голубые с синим налётом, кисло-сладкие. Созревают раньше всех ягод (через 25-50 дней после цветения), но не одновременно. В плодах содержатся витамины В2,

В9, С, Р, а также сахар, кислоты, пектин. Плоды жимолости очень богаты J2, Mn, Fe, Cu. Легко поддаётся стрижке. Размножается семенами и корневыми отпрысками. Зимостойка. Используется для обсадки участков, цветников (Тавлинова, 1998).

Семена жимолостей съедобной и Шамиссо, собранные в 2002 году, были высеяны 3 июня 2004 года в теплицу под плёнку. Их всхожести не наблюдалось. Эти же семена, а также семена жимолости покрывальной были высеяны в ёмкости закрытого помещения 5 декабря 2005 года. До 20 февраля 2006 года ёмкости стояли в одном помещении, а потом были перенесены в другое.

Таблица 3. **Всхожесть семян жимолости**

№ п/п	Вид жимолости	Средняя температура почвы		Всхожесть семян
		1 помещение	2 помещение	
1	Покрывальная	4,2	12,7	10.03. 2006
2	Съедобная	0,4	10,3	9. 03. 2006
3	Шамиссо	4,7	12,2	2. 03. 2006

Всхожесть семян жимолостей, растущих в Мурманске, может наблюдаться, если обеспечить условия для их прорастания. Всего вероятней, здесь необходима для их прорастания тёплая стратификация. Так семена жимолости съедобной, собранные в дендрарии МГТУ, были высеяны 21 марта 2006 года в закрытом помещении. Они проросли 3 апреля.

В условиях Мурманска можно выращивать и другие виды жимолости.

#### **Список литературы:**

1. Лукиша В. В. Жимолость. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 64 с.
2. Погиба С. П. Жимолость. – М.: Агропромиздат, 1987. – 48 с.
3. Тавлинова Г. К. Цветоводство. – СПб.: Агропромиздат, ТОО Диамант, 1998. – С. 269.

## **ОЦЕНКА СОХРАННОСТИ БИОКОМПОНЕНТОВ ЕЖЕВИКИ И ОБЛЕПИХИ ПРИ ШОКОВОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ХОЛОДОВОМ ХРАНЕНИИ**

**Гусейнова Б.М., Даудова Т.И.** (г. Махачкала, Дагестанский государственный технический университет, кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях и экологии, e-mail: dstu@dstu.ru. Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН, лаборатория эколого-биохимических основ рационального использования биоресурсов, e-mail: pibrdncran@iwt.ru ).

The biochemical structure of berries of a blackberry and the sea-buckthorn berries, growing in Dagestan is investigated. It is found out, that fast freezing ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) and storage within three months ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) promote good safety in the researched berries of vitamins C and P, and also pectins. Besides it is certain, that the applied technological receptions of processing have slightly changed in a blackberry and sea-buckthorn berries the contents of sugars and titrating acids, basically these berries causing taste. Experiment has shown, that shock freezing and long storage ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) can be used with success in manufacture of various kinds of production of a dietary and treatment-and-prophylactic feed from berries of wild-growing plants for all-the-year-round consumption by the population.

Одним из основных регионов России по получению плодово-ягодной продукции, вследствие наличия благоприятных почвенно-климатических факторов, больших площадей садов и богатой базы дикорастущего растительного сырья, является Дагестан. Однако ресурсные возможности республики в настоящее время в полной мере не используются. Современность диктует необходимость уделения особого внимания применению плодов и ягод дикорастущих растений при формировании самостоятельной отрасли пищевой и аграрной индустрии – производству натуральных продуктов питания.

Важнейшей составляющей рациона питания человека вполне обоснованно являются ягоды (в том числе и дикорастущие). Это связано, в первую очередь, с высоким содержанием в них жизненно важных биоконпонентов. Не случайно для обеспечения здоровья населения признано необходимым потребление плодовой продукции в течение всего года.

Одним из доступных и достаточно эффективных способов, используемых в настоящее время для сохранения в пищевых продуктах важнейших биологически ценных веществ, считается быстрое замораживание, при котором резко замедляются биохимические процессы, блокируется участие в них окислительных ферментов и почти полностью прекращается разрушительное действие микроорганизмов.

Шоковое замораживание и длительное низкотемпературное хранение плодов и ягод, позволяющие обеспечивать население страны высокопитательной продукцией круглогодично, в нашей республике еще не нашли должного внимания, несмотря на то, что эти способы консервирования являются весьма перспективными и экономически выгодными[1].

Учитывая выше сказанное, мы задались целью исследовать химический состав дикорастущих ежевики и облепихи, широко распространенных в различных почвенно-климатических зонах Дагестана. Кроме того, возник интерес изучить изменение содержания биоконпонентов этих ягод под влиянием шоковой заморозки и длительного холодового хранения.

Показатели биохимического состава ягод определяли при достижении их съемной зрелости: массовую концентрацию сахаров по ГОСТ 27198-87, титруемых кислот по ГОСТ 25555-82. Пектиновые вещества исследовали карбазольным методом, содержание витамина

P – колориметрически после предварительной экстракции 96% этиловым спиртом, а витамин C йодометрически.

В Дагестане ежевика и облепиха, являвшиеся объектами наших исследований, произрастают, как на равнине, так и в предгорной и горной зонах.

Ежевика принадлежит к семейству розоцветных (Rosaceae), роду Rubus, подроду Eubatus. Насчитывается более 200 видов ежевики, которые встречаются в Азии, Европе и Америке. Это полукустарник со стелящимися или прямостоячими побегами. Плод сложная костянка. Ягоды ежевики несравненны на вкус и имеют целебные свойства. Благодаря высокой урожайности, неприхотливости, простоте и лёгкости размножения, её с успехом можно выращивать практически повсеместно.

Облепиха (Hipporhae L.) – колючий кустарник из семейства лоховых, имеет узкие продолговатые листья и мелкие желтые цветки; плоды округлые костянки, сидящие непосредственно на ветках, как бы облепляя их. Растет облепиха преимущественно во влажных местах, образуя густые заросли. Плоды созревают в августе, сентябре, октябре и имеют своеобразный горьковатый с кислинкой вкус. Они чрезвычайно ценятся из-за отлично выраженных диетических и лечебных свойств. При употреблении в свежем или консервированном виде она не только нормализует обмен веществ, но и освобождает организм от токсинов, способствует долголетию. Выжимки из плодов облепихи являются ценным сырьем для производства образующего желе пектина и пищевых волокон с высокими сорбционными свойствами.

В таблице представлены показатели биохимического состава опытных образцов свежих ягод ежевики и облепихи, а также результаты анализов, проведенных после быстрого замораживания ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) и трехмесячного холодового хранения ( $-18^{\circ}\text{C}$ ).

Известно, что сахара очень важные, наиболее распространенные природные соединения, содержащиеся в растениях. Они являются главным продуктом фотосинтеза, основным дыхательным материалом и чаще всего накапливаются в плодах [2]. Кроме того, такой представитель углеводов, как сахароза имеет большое народнохозяйственное значение. Она, наряду с фруктозой и глюкозой, обуславливает важный показатель вкуса – сладость.

Ягоды	Массовая концентрация				
	Сахара, г/100см <sup>3</sup>	Титруемые кислоты, г/дм <sup>3</sup>	Пектиновые вещества, %	Витамин С, мг/дм <sup>3</sup>	Витамин Р, мг/дм <sup>3</sup>
<i>Свежие:</i>					
<b>облепиха</b>	5,2	33,6	1,31	1800,1	349,2
<b>ежевика</b>	6,9	14,6	1,72	216,5	187,4
<i>После замораживания (<math>-30^{\circ}\text{C}</math>):</i>					
<b>облепиха</b>	5,8	33,0	1,25	1690,2	313,6
<b>ежевика</b>	7,0	14,2	1,55	194,4	176,9
<i>После трехмесячного хранения (<math>-18^{\circ}\text{C}</math>):</i>					
<b>облепиха</b>	5,6	32,5	1,27	1556,7	293,5
<b>ежевика</b>	6,7	13,8	1,65	171,5	167,7

Мнения исследователей об изменении содержания сахаров в растительном сырье при замораживании и последующем хранении разноречивы. Одни считают, что общее количество сахаров в таких случаях практически не изменяется [3], а, по мнению других - происходит незначительное уменьшение или увеличение концентрации этих компонентов [4], отмечается инверсия сахарозы [5], глюкоза частично переходит в более сладкую форму - фруктозу [6].

Результаты наших исследований показали, что содержание сахаров в ягодах ежевики и облепихи после быстрого замораживания ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) увеличилось соответственно на 2,3 и 12,7%. Трехмесячное хранение быстрозамороженных опытных образцов ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) привело к незначительному снижению концентрации сахаров – на 3,5-4,7%. Вероятно, изменение количества этих компонентов в ягодах объясняется некоторым повышением активности ферментов, обладающих гидролитическими и транспортными свойствами, которые не ингибировали холодовой стресс.

Как видно из таблицы содержание титруемых кислот в опытных образцах понизилось, как после быстрого замораживания, так и в результате последующего хранения, в пределах 0,74-1,06 г/дм<sup>3</sup>. Это, вероятно, было вызвано разобщенностью между не прекратившимися реакциями окисления и фосфорилирования. Незначительное уменьшение кислотности не повлекло за собой ухудшения вкуса ягод.

В соответствии с основами рационального питания содержание пектиновых веществ, обладающих желеобразными и протекторными свойствами, направленных на выведение из организма радионуклидов и канцерогенов, в суточном рационе человека должно составлять 5-6 г. Наибольшее количество этих важных для здоровья соединений углеводного класса выявлено в ежевике - 1,72%, (табл.). Как показал эксперимент, пектиновые вещества, неадекватно реагировали на быстрое замораживание и продолжительность хранения. Температурный шок ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) спровоцировал снижение уровня содержания пектиновых соединений в ежевике и облепихе. Однако последующее трехмесячное хранение привело к увеличению количества пектинов от 0,02 % (облепиха) до 0,1% (ежевика) по сравнению с результатами, полученными после шоковой заморозки. Такой процесс можно объяснить тем, что нерастворимые в воде протопектины перешли в растворимое состояние. Они содержатся главным образом в стенках растительных клеток и в результате размораживания, перед проведением анализов, повлекшего за собой деструктивные процессы в тканях ягод, успешно идентифицировались.

Витамин С оказывает влияние на кроветворение, обмен углеводов и содержание холестерина, имеет большое значение в профилактике остеопороза, так как непосредственно участвует в синтезе важнейшего белка костной ткани коллагена и транспортной формы витамина D [7]. Поэтому ягоды, содержащие значительное количество этого важного антиоксиданта, обладают способностью усиливать иммунитет организма. Являясь наиболее лабильным представителем химического состава, витамин С способен служить индикатором, характеризующим шадящий эффект их технологической обработки.

Исследованные нами ягоды облепихи были значительно богаче витамином С по сравнению с ежевикой. Но самая незначительная потеря этого витамина после трехмесячного хранения при температуре минус  $18^{\circ}\text{C}$ , по сравнению с эффектом обработки низкотемпературным замораживанием, выявлена в ежевике – 11,8 %.

Как видно из таблицы, наивысшая концентрация витамина Р (рутина), имеющего большое значение в поддержании стенок капилляров кровеносных сосудов в упругом проницаемом состоянии, и как следствие, способствующего нормализации процесса кровообращения, была обнаружена в облепихе – 349,2 мг/дм<sup>3</sup>. Известно, что наиболее полно биологическая роль витамина Р проявляется в присутствии витамина С и наоборот, т.е.

между ними существует функциональная связь - синергизм. По полученным нами данным, уменьшение содержания витамина Р в исследованных ягодах под действием быстрого замораживания (-30<sup>0</sup>С) и последующего трехмесячного хранения при температуре (-18<sup>0</sup>С) было незначительным – от 10,8 (ежевика) до 16,6% (облепиха).

Таким образом, результаты эксперимента показали, что ягоды дикорастущих ежевики и облепихи, содержат значительные количества витаминов С и Р, пектиновых веществ, а соотношение сахаров и титруемых кислот обуславливает их приятный вкус. Примененный для хранения ягод метод быстрого замораживания (-30<sup>0</sup>С) и трехмесячное холодное хранение (-18<sup>0</sup>С) позволили обеспечить высокую сохранность основных компонентов биохимического состава опытных образцов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ягоды дикорастущих ежевики и облепихи, произрастающих в Дагестане, могут быть рекомендованы для круглогодичного потребления в лечебно-профилактических целях, как ценный источник витаминов и пектиновых соединений. Снабжение населения продукцией, в состав которой входят облепиха и ежевика, будет способствовать устранению дефицита жизненно важных для организма человека веществ, а также позволит успешно решать проблему сбалансированного питания.

#### **Список литературы:**

1. Мукайлов М. Д., Гусейнова Б. М. Низкотемпературное замораживание – фактор, обеспечивающий сохранность жизненно важных компонентов плодов и ягод // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. - №7. – С.40-42.
2. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 1980. – 495с.
3. Иванченко В.И., Дженева Э.Л., Беленко Е. Л., Дерновой С. Ю. Влияние режимов замораживания на качество плодов нектарина /// Пищ. пром-сть. — М., 1993. №8.
4. Мельник А.В. Современные способы послеуборочной обработки и длительного хранения плодов: Обзор, информ. ВНИИТЭИ Агропром. — М., 1988. — Изд. № 34.
5. Метлицкий Л. В. Основы биохимии плодов и овощей. — М.: Экономика, 1976.
6. Могилевский И. М., Бровченко А. А. Консервы из замороженных плодов //Консервная и овощесушильная промышленность. 1966. №12.
7. Гудковский В. А. Антиокислительные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения //Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. - №4.

## О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ОТ КОРЫ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В УСТАНОВКАХ БАРАБАННОГО ТИПА

Девятникова Л.А., Никонова Ю.В. (г. Петрозаводск, ПетрГУ, кафедра САПР, juli4455@mail.ru)

This paper presents the technological process of clearing of round wood in debarking drum. It is established that with increase in length of balances the probability of losses of wood decreases.

Очистка круглых лесоматериалов от коры является необходимым звеном в технологии подготовки древесины к дальнейшему использованию. В настоящее время по условиям технической возможности и экономической целесообразности очистка круглых лесоматериалов от коры на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности осуществляется в корообдирочных барабанах. Такой способ очистки требует больших затрат металла на изготовление оборудования и энергии на реализацию технологии очистки. Поэтому параллельно с исследованиями по совершенствованию конструктивно-технологических параметров корообдирочных барабанов ведутся поиски новых способов очистки, что отражено в литературе [1–13].

Один из недостатков технологии очистки от коры круглых лесоматериалов в установках барабанного типа выражается в «размочаливании» торцов балансов, что является следствием избыточно большой силы взаимодействия балансов друг с другом и с корпусом корообдирочного барабана. Повреждение торцов нежелательно, так как приводит к увеличению потерь деловой части древесины (рис. 1).

В этой связи появляется многоплановая проблема, различные грани которой исследованы в указанных выше работах [1–13]. Однако по причине сложности задач, непосредственно связанных с данной проблемой, ряд аспектов требует продолжения исследований. В представленном сообщении в продолжение комплекса работ [2–4, 7, 10, 11, 13] рассматриваются закономерности технологического процесса очистки от коры круглых лесоматериалов в установках барабанного типа, связанные с технико-экономическими аспектами проблемы.

Рассмотрим баланс как прямой круговой цилиндр длиной  $L$  и диаметром  $D$ . Балансы в процессе их очистки подвергаются случайным соударениям. Характеристики случайного процесса соударений балансов достаточно подробно рассмотрены в литературе [1, 12]. Очевидно, для отдельно взятого баланса вероятность удара по торцу будет тем меньше, чем больше отношение площади боковой поверхности



Рис. 1. Балансы после очистки в корообдирочном барабане [7].

$A_1 = \pi DL$  к сумме площадей двух его торцов  $A_2 = 2 \cdot \pi D^2 / 4$ . Это отношение равно  $A_1 / A_2 = 2 \cdot L / D$ . Таким образом, размеры повреждений поверхности торцов балансов убывают с увеличением длины балансов.

**Таблица 1.** Геометрические параметры, характеризующие закономерности взаимодействия балансов

Диаметр баланса, м	Параметры площади	Длина баланса, м				
		1,2	2,4	3,6	4,8	6
0,15	$A_1, \text{ м}^2$	0,565	1,131	1,696	2,262	2,827
	$A_2, \text{ м}^2$	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
	$A_1 / A_2$	<b>16,0</b>	<b>32,0</b>	<b>48,0</b>	<b>64,0</b>	<b>80,0</b>
0,20	$A_1, \text{ м}^2$	0,754	1,508	2,262	3,016	3,770
	$A_2, \text{ м}^2$	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
	$A_1 / A_2$	<b>12,0</b>	<b>24,0</b>	<b>36,0</b>	<b>48,0</b>	<b>60,0</b>
0,25	$A_1, \text{ м}^2$	0,942	1,885	2,827	3,770	4,712
	$A_2, \text{ м}^2$	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
	$A_1 / A_2$	<b>9,6</b>	<b>19,2</b>	<b>28,8</b>	<b>38,4</b>	<b>48,0</b>
0,30	$A_1, \text{ м}^2$	1,131	2,262	3,393	4,524	5,655
	$A_2, \text{ м}^2$	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141
	$A_1 / A_2$	<b>8,0</b>	<b>16,0</b>	<b>24,0</b>	<b>32,0</b>	<b>40,0</b>

Конкретные значения рассматриваемых параметров приведены в таблице 1. Например, при увеличении длины баланса от 1,2 м до 6 м потери по причине повреждения торцов уменьшатся в пять раз независимо от диаметра баланса.

Выразим площадь боковой поверхности баланса  $A_1$  и сумму площадей двух его торцов  $A_2$  через объем баланса  $V = \pi D^2 L / 4$ . Получим:

$$A_1 = 4 \cdot V / D; \quad A_2 = 2 \cdot V / L.$$

Отсюда следует, что при одном и том же значении  $V$  уменьшение диаметра баланса приводит к увеличению площади его боковой поверхности  $A_1$  и, соответственно, к увеличению продолжительности очистки от коры, а значит и к росту затрат энергии, труда персонала, к снижению производительности и т. д.

Увеличение длины  $L$  при одном и том же значении  $V$  влечет уменьшение площади торцов  $A_2$  и, следовательно, уменьшение вероятности соударений торцов и их частичного разрушения.

Отмеченные закономерности процесса очистки от коры круглых лесоматериалов в установках барабанного типа, дополняя другие известные в данной области результаты прикладных исследований [1–13], подтверждают целесообразность перехода к окорке длинномерных сортиментов как одного из направлений совершенствования технологии подготовки древесины к её дальнейшему эффективному использованию.

**Список литературы:**

- 1) Бойков С.П. Теория процессов очистки древесины от коры. Л.: ЛГУ, 1980. 152 с.
- 2) Васильев А.С., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Математическое моделирование технологического процесса очистки древесины в корообдирочном барабане // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2008. № 1. С. 117–119.
- 3) Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Влияние локальной жесткости корпуса корообдирочного барабана на изменение силы соударений и величину потерь древесины // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2008. № 4. С. 84–91.
- 4) Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Исследование закономерностей изменения силы соударений с целью снижения потерь при окорке древесины в барабане // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2008. Вып. 185. С. 258–264.
- 5) Локштанов Б.М. Исследование процесса окорки березовой древесины в барабанах: Дис. ... канд. техн. наук. Л., 1972. 188 с.
- 6) Матюнин В.Я., Коперин Ф.И. Некоторые вопросы теории окорки древесины в корообдирочных барабанах // Известия вузов. Лесной журнал. 1972. № 2. С. 64–69.
- 7) Никонова Ю.В. Обоснование конструктивно-технологических параметров корообдирочных барабанов с применением численного моделирования динамического взаимодействия балансов // Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Петрозаводск, ПетрГУ, 2009. 20 с. [http://petrsu.karelia.ru/files/2009/06/f1919\\_1.pdf](http://petrsu.karelia.ru/files/2009/06/f1919_1.pdf)
- 8) Оскерко В.Е. Новый принцип окорки лесоматериалов // Строительные и дорожные машины. 2007. № 3. С. 13–16.
- 9) Пигильдин Н.Ф. Окорка лесоматериалов (теория, технология, оборудование). М.: Лесная промышленность, 1982. 192 с.
- 10) Раковская М.И., Никонова Ю.В. Численное моделирование и определение сил контактного взаимодействия длинномерных сортиментов в корообдирочном барабане // Системы управления и информационные технологии. № 1.3 (31). Воронеж: Научная книга, 2008. С. 397–401.
- 11) Раковская М.И., Никонова Ю.В., Васильев А.С. Об алгоритме метода дискретных элементов применительно к исследованию технологического процесса очистки древесины в окорочном барабане // Информационные технологии моделирования и управления. № 1 (44). Воронеж: Научная книга, 2008. С. 119–124.
- 12) Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Гумерова О.М., Козлов Д.В., Газизов А.М., совершенствование метода расчета параметров окорки круглых лесоматериалов трением // Леса России в XXI веке [Текст]: Материалы первой международной научно-практической интернет-конференции. Июнь 2009 г. / Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М. Кирова – Санкт-Петербург, 2009. С. 219–223.
- 13) Шегельман И.Р., Васильев А.С., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В. Моделирование технологического процесса очистки древесины в корообдирочном барабане с применением метода дискретных элементов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2008. Вып. 184. С. 258–264.
- 14) Varoth R. Literature review of latest development of wood debarking // Report A № 27. Control Engineering Laboratory, University of Oulu. 2005. 29 p. <http://ntsat.oulu.fi/file.php?353>

## ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Дроздова Е.И. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии; E-mail: ellenium@bk.ru)

The author identified on environmental aspects of different species economic activity of enterprises, classed the significance of environmental aspects for region and formed The Registry of environmental aspects in this report.

Вследствие экстенсивного использования природно-ресурсного потенциала Мурманская область отнесена к зонам экологического неблагополучия России, как по характеру использования природных ресурсов, так и по качеству окружающей среды, питьевой воды и здоровью населения.

Антропогенные процессы загрязнения окружающей среды в большинстве случаев поддаются управлению. Поиск экономически приемлемых и эффективных способов управления привел к осознанию необходимости внедрения экологического менеджмента хозяйствующих субъектов, основой которого является экологическая политика. Приоритетное значение в реализации экологической политики предприятия имеет идентификация экологических аспектов (ЭА) и оценка их значимости, где значимый экологический аспект – аспект, который оказывает или может оказать значительное воздействие на окружающую среду.

Основными показателями эффективности идентификации экологически значимых аспектов являются:

- снижение отрицательного воздействия на окружающую среду путем поэтапного сокращения выбросов и сбросов загрязняющих веществ за счет современных очистных сооружений, использования в горно-рудном, металлургическом производствах и других видах деятельности предприятий новых технологий и технических решений и достижение показателей по всем загрязнителям, не превышающих нормативных значений;

- соблюдение нормативно-правовых требований при обращении с опасными отходами производства, заключающееся в наличии проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, наличие лицензии на осуществление деятельности по обращению с опасными отходами, паспортов на опасные отходы и заключенных договоров на размещение отходов на предприятиях, имеющих лицензии на указанный вид деятельности, а также не превышении нормативных значений.

Идентификация экологических аспектов деятельности предприятия ведется с целью выявления элементов деятельности, которые оказывают или могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду. Для проведения оценки значимости все реестры экологических аспектов для отдельных подразделений предприятия объединяются в Сводный реестр экологических аспектов с соответствующей разбивкой по категориям и группам.

Все аспекты объединяются в несколько крупных категорий с разделением на группы. Например, категория «Выходные потоки» включает следующие группы: «Экологические аспекты, связанные с выбросами в атмосферу»; «Экологические аспекты, связанные со сбросами промышленных сточных вод в поверхностные, подземные водные объекты»; «Экологические аспекты, связанные с загрязнением почв, земель, размещением отходов»; «Прочие экологические аспекты, связанные с обращением с отходами»; «Прочие экологические аспекты» – аспекты, связанные с готовой продукцией и оказанием услуг (перечисляются аспекты, которые могут возникнуть в процессе доставки готовой продукции (отходы упаковки, пыление при транспортировке и т.д.), и от ее использования, потребления (отходы и т.д.)), а также аспекты, которые не входят в другие категории, например: шум, электромагнитное и

Таблица 1. Реестр значимых экологических аспектов региона

№ п. п	Наименование экологического аспекта	Процесс (операция / вид деятельности)	Основные характеристики (воздействие)	Значимость ЭА, %
1.	Выбросы пыли неорганической, содержащей тяжелые цветные металлы и другие загрязняющие вещества	Добыча руды открытым способом, ее обогащение; производство цветных металлов и их соединений	Загрязнение атмосферы и последующее оседание загрязняющих веществ в грунт	63,3
2.	Образование промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод	Хозяйственно-бытовая деятельность, складирование хвостов обогащения, производство цветных металлов	Загрязнение водных объектов	60,8
3.	Загрязнение окружающей среды отходами горнодобывающих и горноперерабатывающих производств	Добыча и обогащение черных и цветных металлов	Загрязнение грунта и водных объектов	53,5
4.	Добыча сульфидных, медно-никелевых и других руд	Очистные, горно-капитальные, горно-подготовительные, вскрышные работы; добыча руды	Использование природных ресурсов	68,4
5.	Сброс стоков шахтных и карьерных водоотливов в поверхностные воды	Шахтный и карьерный водоотлив	Загрязнение водных объектов	50,6
6.	Образование и размещение нефтешлама резервуаров мазута	Выработка тепловой энергии, очистка резервуаров мазута	Загрязнение грунта, образование отходов	52,3
7.	Аварийные выбросы сернистого газа, сернистого ангидрида в металлургическом производстве	Аварийные ситуации, отступление от параметров ведения технологических процессов	Повышенное загрязнение атмосферы, грунта, водной среды	67,1
8.	Загрязнение окружающей среды радиоактивными отходами	Хранение радиоактивных отходов	Загрязнение грунта, водных объектов	63,5
9.	Загрязнение окружающей среды воздействиями физической природы	Шум, вибрация, электромагнитное излучение	Шумовое, электромагнитное загрязнение среды	53,2
10.	Загрязнение окружающей среды опасными отходами металлургических производств (бериллиевые отходы, медицинские отходы и т.д.)	Несанкционированные свалки отходов	Загрязнение грунта и водных объектов	55,1

радиационное излучение, запахи и т. д.). Категория «Входные потоки» включает группу «Использование сырья, природных ресурсов и вспомогательных материалов» - здесь указываются аспекты, связанные с потреблением ресурсов: сырья, химикатов, энергии, воды, земельных ресурсов и т.д.. Категория «Аварийные ситуации» включает группу «Аспекты, связанные с возникновением аварийных ситуаций» (потенциальные аспекты) – здесь перечисляются аспекты, связанные с потенциальными экологическими проблемами – авариями и инцидентами, существенными отклонениями от технологического режима и т.д., т.е. те аспекты, которые обычно не происходят, либо не должны происходить, но не исключена вероятность их появления. Для определения значимости аспектов деятельности предприятия устанавливаются специальные критерии, каждый из которых оценивается в баллах.

После идентификации экологических аспектов составляется Реестр значимых экологических аспектов. В таком реестре указывается наименование экологического аспекта, процесс и подразделение, в котором наблюдается или может возникнуть данным аспект, а также значимость ЭА в процентах. В дальнейшем Реестр используется при постановке экологических целей и задач, подготовке целевых программ, разработке предупреждающих и корректирующих мер.

Автором проведена идентификация экологических аспектов предприятий Мурманской области различных видов экономической деятельности: горнодобывающей и горно-металлургической - ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (ГМК «Североникель», ГМК «Печенганикель»), ОАО «Оленегорский ГОК», ОАО «Ковдорский ГОК», энергетической - ОАО «Мурманская ТЭЦ», транспортной - ОАО «Автоколонна 1118», ОАО «Мурманский морской рыбный порт».

В данном исследовании проведена оценка значимости ЭА для региона, и составлен Реестр значимых экологических аспектов (Табл. 1.)

Таким образом, в условиях активизации экономического развития региона необходим учет Реестра экологических аспектов при разработке системы природоохранных мероприятий по снижению техногенного воздействия предприятий на окружающую среду и население.

#### **Список литературы:**

ИСО 14001:2004 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по использованию».

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭТИОПАТОГЕНЕЗА ЗАБОЛЕВАНИЙ КРАСНОЙ КАЙМЫ ГУБ**

**Егоров М.А., Мухамеджанова Л.Р.** (г. Казань, ГОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет Росздрава», кафедра терапевтической стоматологии, *maiky@li.ru*)

The article is devoted to the symptomatology of red lips' edging diseases, its dependence upon weather factors and the ecological condition in the republic of Tatarstan.

Проблема деградационных изменений среды обитания человека в XXI веке приобретает все большую актуальность; при этом медицинские (в частности, онкологические) её аспекты имеют особое значение. Модификация сложившейся экологической, термодинамической и биогеохимической структуры региона инициирует каскад метаболических реакций, протекающих в организме людей, проживающих в районах с экстремально высоким и критическим уровнем загрязнения атмосферы, почв, надземных и подземных вод. Именно этими вескими причинами обусловлена экологическая направленность многих научных медицинских исследований в области офтальмологии, оториноларингологии, педиатрии, дерматологии и др. Известно, что экополлютанты и ксенобиотики попадают в организм с воздухом, водой и пищей, следовательно, кожа и слизистые оболочки – первый защитный барьер, принимающий на себя «удар» повреждающих факторов внешней среды.

Хронические воспалительные заболевания красной каймы губ (ККГ) – группа полиэтиологических заболеваний, в патоморфогенезе которых значимую роль играют факторы внешней среды. Так, исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что наиболее значимыми факторами, влияющими на состояние ККГ, являются метеорологические: уровень инсоляции и осадков, химический состав атмосферного воздуха, направление ветра, температура воздуха и т. д. Так, ещё в 1924 г. Aures и в 1970 г. А.Л. Машкиллейсон описали поражение ККГ, обусловленное воздействием повышенной или пониженной влажности, запылённости воздуха, ветра, холода, солнечной радиации. Избыточное солнечное излучение оказывает фототоксический эффект, изменяет ионный состав клеток базального и мальпигиевого слоя эпителия, провоцирует гиперплазию и паракератоз эпителия ККГ, усиление проницаемости сосудистой стенки и скопление гомогенизированных эластических волокон. Достаточно быстро реагируют клетки эпителиального слоя на повышение температуры и дефицит влаги: значительно снижается активность ферментов синтеза белка, активируются гидролазы, снижается количество РНК, возрастает активность рибонуклеаз, распадаются полирибосомные комплексы, возрастает вязкость цитоплазмы и, как следствие, уменьшается объём эпителиальной клетки.

Маркерами химического загрязнения атмосферы являются 3,4 – бензпирен, диоксид азота, аммиак и формальдегид. Этот ксенобиотический химический комплекс неизбежно воздействует на рецепторы ККГ и кожи, оказывает также раздражающее действие. Установлена сильная корреляционная зависимость канцерогенного поражения кожи и ККГ от уровня загрязнения атмосферы формальдегидом. В литературе встречаются единичные сведения о влиянии экологических факторов на состояние кожи, поэтому целью настоящего исследования явилось детальное изучение их влияния на течение хронических воспалительных заболеваний красной каймы губ.

**Материал и методы исследования.** Исследуемую группу составили 34 пациента (28 мужчин, 6 женщин) в возрасте от 34 до 67 лет, отягощенные хроническими воспалительными заболеваниями губ. Исследования были проведены на базе лечебно-

хирургического отделения стоматологической поликлиники Казанского государственного медицинского университета и поликлинического отделения Приволжского филиала Российского научного онкологического центра им. акад. Н.Н. Блохина. Нами выявлены: хроническая центральная трещина нижней губы – у 25 человек, хроническая парацентральная трещина верхней губы – у 1 человека, ангулярный хейлит - у 6 человек, эксфолиативный хейлит - у 14 человек, хроническая трещина губы и эксфолиативный хейлит – у 19 человек. Пациенты не имели аллергологической отягощенности; длительность течения заболевания составила от 2 до 12 лет. Критериями включения пациента в исследуемую группу служили: а) проживание в г.Казани - крупном промышленном городе Волго - Вятского региона; б) род профессиональной деятельности, не связанный с пребыванием на открытом воздухе; в) отрицание злоупотребления табакокурением; г) использование (в том числе и нерегулярное) гигиенических средств по уходу за губами; д) отрицание применения мазей противовоспалительного действия, содержащих кортикостероидные гормоны. Контрольную группу составили 35 пациентов сходного возраста и пола, обратившиеся с целью санации в стоматологический центр «Dentalux» г. Чистополя - экологически чистого города Республики Татарстан. О состоянии ККГ судили по цвету, рельефу, чёткости границ между ККГ и кожей периоральной области, наличию чешуек, трещин и других дефектов эпителия. Дополнительно была использована люминисцентная диагностика (свечение в лучах Вуда). Об экологической обстановке судили по данным, изложенным в Государственном докладе о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2008 году. Статистическая обработка результатов исследования была проведена с использованием критерия Стьюдента.

Результаты проведённых нами исследований показали, что 85% пациентов исследуемой группы и 80% пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ) жаловались на выраженное ощущение стянутости губ, особенно в период осенне-весеннего межсезонья. При объективном осмотре выявлено снижение эластичности и блеска губ, сухость, чётко выявляется граница между ККГ и зоной Кляйна, что создаёт определённую выраженность рельефа этого участка. Результаты люминисцентной диагностики свидетельствуют о наличии единичных мелкоочаговых очагов свечения белесоватым цветом.

По данным Госдоклада, в период межсезонья (сентябрь-ноябрь) отмечались усиления ветра, порывами до 15 - 20 м/с и сильные дожди с количеством выпавших осадков за 12 часов – 11 - 24 мм. Осадков лишь за сентябрь выпало 46 – 74 мм (85 – 150% нормы). В ноябре отмечалась неустойчивая погода, временами с осадками (дождь, мокрый снег, снег), в отдельные дни ветер усиливался до 15 – 20 м/с, местами отмечались слабые метели и туманы. При этом средние месячные температуры превысили на 5 – 6 °С средние многолетние значения и составили 1 – 2 °С тепла. За всю историю метеорологических наблюдений в РТ подобной теплой погоды не отмечалось. Отметим, что эпителий ККГ особенно чувствителен к ветреной погоде, при этом происходит усиление трансэпителиальной потери влаги поверхностных слоёв эпителия.

Шелушение (наличие мелких чешуек разного размера) выявлено у 48% пациентов исследуемой и 32% пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Сопоставление с данными Госдоклада позволяет предположить, что частота проявления описываемого клинического симптома зависит от дисперсного состава пыли и воздуха. В 2008 году в г. Казани наблюдалось превышение допустимых значений загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по пыли в 12% исследованных проб. Сочетание влияния порывистого ветра, осадков и пыли приводит к состоянию ознобления ККГ, при последнем в 100% случаев наблюдаются явления дискератоза. Данные люминисцентной диагностики выявляют штриховидные и крупноточечные очаги гиперкератоза, люминисцирующие насыщенно-

белым цветом и локализующиеся в области боковых возвышений нижней губы и бугорка верхней губы.

Дефекты эпителия (в том числе хронические трещины) выявлены у 17% пациентов исследуемой и 2% пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Эти элементы поражения предположительно могут иметь ассоциацию с химическим загрязнением атмосферного воздуха. Уровень загрязнения химическими экополлютантами и ксенобиотиками атмосферы в г. Казани характеризуется как «высокий». Средние годовые концентрации превышали предельно допустимые по 4 загрязняющим веществам: 3,4 - бензпирену – в 2,1 раза, диоксиду азота – в 2,0 раза, аммиаку – в 1,5 раза, формальдегиду – в 2,7 раза.

Одна из болевых точек современной экологической ситуации – возрастание радиационного уровня в районах, не связанных с производством и хранением радиоактивных материалов. Так, радиационная обстановка на территории РТ формируется в результате воздействия естественных (природных) и искусственных источников радиации, которые вносят свой вклад в радиационный фон. Средние годовые значения показателей радиационной обстановки в 2008 г. не претерпели значительных изменений по сравнению с 2007 г. и варьировались в пределах 9 – 13 мкР/ч, что соответствовало естественным значениям. Однако зарегистрированы колебания радиационного фона в г. Казани в феврале - марте. Отметим, что при наличии дефектов эпителия ККГ и кожи (в различных участках тела) возникает повышенный риск инкорпорации радионуклидных частиц.

Таким образом, изучение роли отдельных экофакторов и их сочетаний, несомненно, внесёт вклад в понимание сложных этиопатогенетических связей, приводящих к развитию заболеваний ККГ. Экологическая ситуация по Республике Татарстан и г. Казани имеет тенденцию к ухудшению, следовательно, заболевания ККГ в ближайшем будущем пополнят список экологически обусловленных болезней современного человека.

#### **Список литературы:**

1. Боровский Е.В. Биология полости рта / Е.В. Боровский, В.К. Леонтьев – М.: Медицина, 1991. – 304 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2008 году - С. 1-8.
3. Данилевский Н.Ф. Заболевания слизистой оболочки полости рта / Н.Ф. Данилевский, В.К.Леонтьев, А.Ф. Несин, Ж.И. Рахний – М.: ОАО «Стоматология», 2001. – С. 123 – 131.
4. Онопченко Н.В. Дифференциальная диагностика опухолей и предраковых процессов нижней губы: Учеб.-метод. пособие / Н.В. Онопченко, М.А. Немировский – Краснодар, 1981. – 62 с.
5. Рыбалкина Е.А. Повышение риска развития хронических заболеваний губ у пациентов в результате психоэмоционального напряжения / Е.А.Рыбалкина– М., 2001. – С. 243 – 244.
6. Тимофеева Л.В. Влияние нарушений экологического баланса окружающей среды на состояние твердых тканей зубов / Л.В.Тимофеева // Труды 9-й Международной научно-практической конференции «Экономика, экология и общество России в XXI-м столетии». 22-24 мая 2007 г. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2007. – С. 112-114.
7. Тимофеева Л.В. Микроэлементный профиль костной ткани челюстей как показатель эндоэкологического состояния макроорганизма / Л.В.Тимофеева // VIII Международная научно-практическая конференция «Экология и жизнь». 24-25 ноября 2005 г. Сборник статей. – Пенза. – 2005. – С. 108.

## МОРФОЛОГИЯ ТИМУСА ТРЕСКИ НА РАННИХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

**Журавлёва Н. Г.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии)

**Оттесен О.** (г. Будё, Bodo College University, Норвегия)

**Островский А. С.** (г. Мурманск, ПИНРО)

**Ивакина Ю.И.** (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт)

The thymus is located in the opercular cavity, which is positioned at the superior edge of the gill cover on the supracleithrum bone of the pectoral girdle. The thymus, kidney and spleen are regarded as being the major immune – organs in fishes, albeit with slightly variant roles between species.

Согласно современным представлениям антигенная реактивность позвоночных в значительной степени обусловлена функцией тимуса и плазматических клеток. Вместе с тем литературные данные, несмотря на большие успехи, достигнутые в последние десятилетия по исследованию тимуса рыб, весьма отрывочны. Цельная гистологическая картина строения вилочковой железы и анализ ее гистологических особенностей, взаимоотношение тканевых элементов, наличие или отсутствие телец Гассала, а также изменения ее структуры под влиянием биотических и абиотических факторов среды практически отсутствуют.

Нами исследовались морфогенетические перестройки тимуса в ходе раннего онтогенеза трески. Комплексное исследование структуры и функции тимуса позволяет не только судить о механизмах, обеспечивающих устойчивость организма при действии различных неблагоприятных факторов, особенно биотических факторов среды, но и составить представление о закономерностях эволюционных преобразований иммунологической реактивности.

Тимус (вилочковая или зубная железа – *glandula thymus*) – своеобразный орган, относящийся по своей структуре и функциям одновременно к эндокринной и лимфоидной системе.

Анализ изменений строения и функции тимуса у различных рыб, в частности ценных промысловых, имеет особый интерес в связи с практикой их рыборазведения. Одним из факторов, вызывающих гибель икры и молоди семги, является действие патогенной и сапрофитной микрофлоры. Рыбоводные заводы имеют богатый арсенал химических веществ, губительно действующих на грибы и бактерии, поселяющиеся на зародышевых оболочках и тканях. Однако появляются сообщения о том, что эти вещества далеко не безразличны для эмбрионов и личинок рыб.

В то же время накапливается все больше данных о том, что взаимоотношения рыб и микроорганизмов в значительной степени определяются деятельностью тимуса.

Основным объектом исследования явилась вилочковая железа, или тимус атлантической трески *Gadus morhua morhua* L. Материалом для изучения морфологии тимуса и его гистохимических особенностей служили предличинки в возрасте 4-5 суток после вылупления, личинки, молодь в возрасте 1 и 3 месяцев.

Молодь трески была собрана на рыбоводных фермах Норвегии, Шотландии, Исландии, Оркнейских, Лофотенских, Шетландских островов, России (Восточный Мурман).

В качестве фиксирующих веществ применяли 10% нейтральный формалин,

Проведенные исследования показали, что в ходе онтогенеза трески происходят морфологические перестройки тимуса.

У предличинок трески в первые дни после вылупления из эмбриональных оболочек зубная железа в виде небольших парных бугорков выступает в жаберную полость (Рис. 1),

нередко с какой-либо одной стороны зубная железа бывает более развитой. Тимус предличинки не ограничен эпителием. Не отмечено подразделение тимуса на корковое и мозговое вещество. Эпителиальный слой, отделяющий тимус от полости глотки и омывающей воды, содержит крупные клетки, напоминающие бокаловидные. Этот слой является продолжением глоточного эпителия.

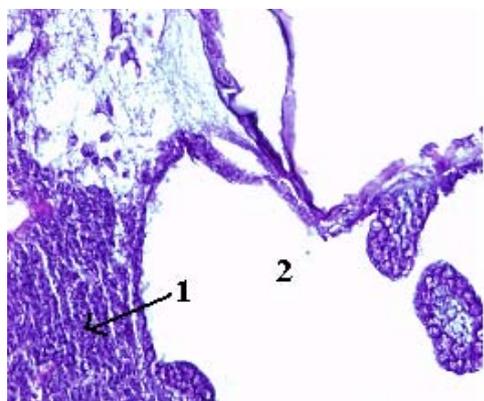


Рис. 1. Часть сагиттального среза личинки трески в возрасте 21 сут. Гематоксилин Гарриса, эозин. Увел: об. 20, ок. 20  
1 – тимус, 2 – жаберная полость.

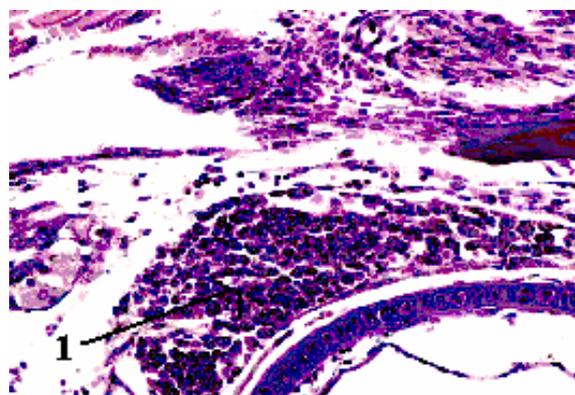


Рис. 2. Часть сагиттального среза личинки трески в возрасте 22 сут. Гематоксилин Гарриса, эозин. Увел: об. 40, ок. 20.  
1 – зачаток тимуса.

В возрасте 22 суток у личинок трески тимус также ещё не сформирован, имеется зачаток коркового и мозгового вещества. Кровеносных сосудов нет. Базальная мембрана имеет "окно". В состав коркового слоя тимуса у личинок кроме крупных клеток, входят лимфоидные элементы (Рис.2).

У личинок трески длиной 6 мм тимус выстлан однослойным фарингальным эпителием. Электронно-микроскопические исследования позволили выявить большие эухромосомы, ядра с постоянными ядрышками, плотной цитоплазмой, которая имеет большие цитоплазматические выросты, многочисленные рибосомы, пузырьчатые кристы. Они являются промежуточными филаментами. Небольшое число нейтрофильных гранулоцитов расположены в паренхиме.

У 14-суточных личинок трески тимус на гистологических срезах представлен в виде парных бугорков, выступающих в жаберную полость. Корковый слой занимает большую часть органа и состоит из синцитиально связанных клеток и большого количества лимфоцитов. Мозговой слой в этот период все ещё находится в зачаточном состоянии. У двухнедельной личинки размеры тимуса длиной 36-45 мкм и шириной 10-12 мкм. При различных заболеваниях в этот период тимус реагирует уменьшением своего объема до 21-25 x 7-10,5 мкм. В этом случае лимфоциты имеют неясные контуры.

В тимусе мальков трески в возрасте 2,5-3 мес. условно можно выделить не резко ограниченные друг от друга три слоя - периферический, зачатки коркового и мозгового вещества.

Таким образом, тимус считается ключевым органом иммунной системы у позвоночных. Это уникальный орган, его развитие может быть прослежено на протяжении эволюции, начиная с древних видов рыб в виде разрастания эпителия фарингальной области желудочно-кишечного тракта. Тимус является специализированным органом для производства Т – клеток. В настоящее время тимусу приписывают становление и развитие иммунологических реакций.

## **К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ ДЕФОРМАЦИЙ НОТОХОРДА МОЛОДИ ТРЕСКИ *GADUS MORHUA* L., ВЫРАЩИВАЕМОЙ В САДКАХ И БАССЕЙНАХ НА ФЕРМАХ СЕВЕРНЫХ СТРАН ЕВРОПЫ**

**Журавлёва Н. Г., Ларина Т.М.,** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкология)

**Оттесен О.** (г. Будё, Vodo College University, Норвегия)

This study describes a malformation that frequently occurs in Atlantic cod *Gadus morhua* in intensive culture systems. Chronic overinflation of the swim bladder or pathological dilatation of the digestive tract may cause the lesions, and aetiology may be related to factors that influence the function of these organs.

Подавляющее большинство развитых стран уже более 25 лет постепенно заменяют традиционный вылов рыбы и морепродуктов на их производство. Комплексы, где выращиваются мидии, крабы, морские ежи, рыба расположены практически вдоль всего побережья стран Европы.

В некоторых странах, в частности в Юго-Восточной Азии (Китай, Таиланд, Вьетнам и т.д.), объемы аквакультуры уже превышают объемы вылова. Причем стоимость продукции аквакультуры в мире практически сравнялась со стоимостью добываемых водных биоресурсов.

На фоне всего этого великолепия в России за последние 20 лет производство аквакультуры сократилось почти в пять раз — с 500 тыс. до 114 тыс. т в год.

Прибрежье Западного Мурмана, Баренцево море и Белое море – это огромные площади акваторий, на которых могут быть организованы морские хозяйства для разведения трески. Основной барьер, сдерживающий устойчивое развитие мариккультуры трески – это массовое выращивание жизнестойкой молоди, которое зависит от достижений в области биотехнологий её разведения. При выращивании молоди отмечена низкая выживаемость личинок и мальков, она составляет около 20%. Для совершенствования биотехнологий выращивания необходимо знание морфофункциональных характеристик ранних стадий онтогенеза. Это позволит лучше понять причины многих патологических процессов, возникающих при выращивании личинок.

Цель исследования - выяснить причины возникновения деформаций нотохорда при развитии молоди трески.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Проанализировать морфологию пищеварительного тракта трески на ранних стадиях онтогенеза.
- Выяснить причины возникновения повреждений стенки желудка и кишечника у молоди трески.
- Выявить особенности развития плавательного пузыря трески в раннем онтогенезе.
- Дать характеристику патологических изменений в плавательном пузыре и определить причину переполнения плавательного пузыря.
- Установить причины возникновения деформаций нотохорда, а в дальнейшем – кифоза позвоночника, при выращивании молоди трески

Формообразовательные процессы у личинок трески при развитии дефинитивного состояния плавательного пузыря являются элементом метаморфоза и сопряжены с иммунологическими явлениями. Дегенерация отдельных клеток пневматического дукта, их апоптоз начинается рано с 7-9 дня после вылупления

Хроническим воспалительным процессам, в которых отмечены пролиферация и гиперпластические разрастания эпителия плавательного пузыря молоди способствуют переходный тип эпителия плавательного пузыря, который в норме выстлан одновременно плоским, кубическим и призматическим типами эпителиев.

Никаких отклонений не было выявлено в нотохорде на этапе предличинки, пока не резорбирован желточный мешок. Этап длится приблизительно одну неделю. Деформация нотохорда выявляется при переходе на этап смешанного питания. Это происходит приблизительно с 7 дня после вылупления, спустя 4- 5 недель начинается формирование костных компонентов позвоночного столба. В течение этого периода у большинства особей наблюдалось искривление нотохорда в области позади черепа, в районе над плавательным пузырем.

Выявлены четыре типа нарушений развития плавательного пузыря, выражающиеся в переполнении его газами, как в начальный период наполнения, так и на разных этапах раннего развития молоди (до 2 месяцев) как в результате развивающегося воспаления так и вследствие нарушений биотехнологии выращивания.

Предопухольевые процессы в плавательном пузыре молоди трески представляют собой нарушения соотношения воспалительных реакций и регенерации (избыточная и атипичная пролиферация), в сочетании с накоплением транссудата и воспалительными изменениями в окружающей плавательный пузырь соединительной ткани.

Появлению опухоли у молоди трески, могут предшествовать процессы резорбции провизорного пневматического дукта, продолжающиеся длительный срок и сопровождающиеся как размножением, так и гибелью клеток. Опухоли образуются из эпителия плавательного пузыря путем гиперплазии. Различную степень гиперплазии в эпителии плавательного пузыря наблюдали у 37 личинок.

Выявляемые на препаратах опухоли были связаны с эпителием плавательного пузыря узкой, длинной или короткой ножкой. В большинстве случаев опухоль растет в просвет плавательного пузыря в виде узла, который постепенно увеличивается в размерах. В таком случае можно говорить об одиночном, или уницентрическом, возникновении опухоли. Однако, иногда возникает два узла опухолей в просвете плавательного пузыря в его проксимальной и дистальной частях. Узлы могут иметь неодинаковое строение. Такое множественное, или мультицентрическое, возникновение опухолей наблюдали в двух случаях.

Эпителий разрастается и образует несколько слоев, располагается атипично, клетки принимают неправильную форму. Цитоплазма клеток светлая, мелкозернистая, ацидофильная, хорошо окрашивается эозином. Иногда более крупные клетки со светлым и широким ободком цитоплазмы приобретают вытянутую форму. В опухоли могут наблюдаться дистрофические изменения в виде некроза, отложения извести, участков мукоидизации. Аденомы наблюдали в 19 случаях. Они были хорошо различимы и варьировали в размере от 1 до 2 мм.

В одном случае на дистальном конце плавательного пузыря в соединительной ткани, окружающей *tunica externa*, выявлены грануломатозные повреждения в виде очагового разрастания воспалительного происхождения клеток молодой соединительной ткани в виде небольшого узла. Гранулома состояла по периферии из эпителиоидных клеток с пузырьчатыми ядрами и маленькими ядрышками, а центральная её часть была представлена некрозом.

Простая и частично папиллярная гиперплазия, аденомы и грануломы приводят к перманентному значительному расширению плавательного пузыря, что в свою очередь вызывает постоянное механическое давление на нотохорд. В результате наблюдается искривление нотохорда и в дальнейшем деформация осевого скелета в виде кифоза

позвоночника. Кроме того, сами выявленные доброкачественные опухоли оказывают негативное влияние на организм, что приводит к летальному исходу и является одной из причин низкой выживаемости молоди трески на ранних стадиях развития.

Перманентно переполненный пищей кишечник также оказывает непосредственное и постоянное механическое давление на ното хорду, возникает его изгиб или курватура. Кровеносные сосуды и почки прижаты переполненным кишечником к ното хорду. Поскольку эпителий кишечника личинки растянут пищей, эпителиальные клетки располагаются в один ряд и имеют кубическую форму, а в некоторых местах ширина основания эпителиальной клетки превышает её высоту. Нарушается структура, а, следовательно, и функции выделительной и кровеносной систем. В брюшной полости накапливается полостная жидкость. Покровный эпителий на вентральной стороне тела также растянут скопившимся транссудатом и переполненным пищей кишечником, клетки его становятся кубическими либо плоскими, напоминая клетки мезотелия.

Второй тип повреждения кишечника, когда слишком крупные ракообразные, захваченные и проглоченные личинкой, своими острыми конечностями нарушают целостность эпителиального пласта стенки кишечника.

В районе повреждения кишечника развивается комплекс защитно-регенерационных процессов, приводящих к ликвидации нанесенного дефекта. Эпителиальный слой через некоторое время восстанавливается полностью, особенно в тех случаях, когда его нарушения незначительны и не затрагивают базальную мембрану. Таким образом, при незначительных ранениях эпителиальной выстилки кишечника через некоторое время наступает полное восстановление нарушенных структур.

В том месте, где произошло значительное повреждение стенки кишечника, обнаруживаются скопление остатков дегенерирующих клеток и некротизированные мышечные волокна. Здесь происходит как бы расплавление коллагеновых и увеличение количества аргирофильных волокон (Рис 1).

При третьем типе, когда отмечаются значительные повреждения слизистой кишечника или желудка грубой пищей и нарушается не только эпителиальный слой клеток, но и подлежащая базальная мембрана, что приводит к накоплению транссудата в абдоминальной полости (Рис.2).

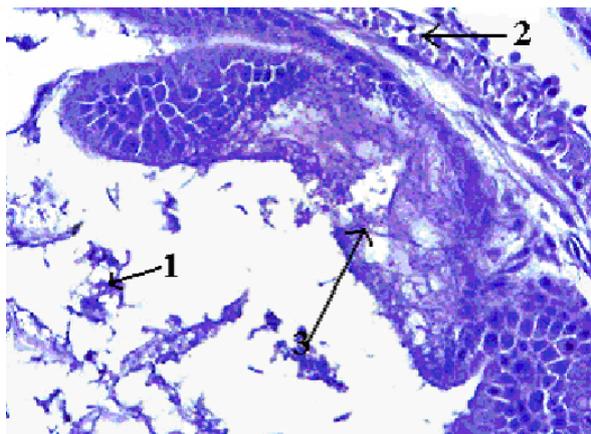


Рис.1. Часть сагиттального среза тела личинки трески в возрасте 22 дней. 1- скопление остатков дегенерирующих клеток; 2 - некротизированные мышечные волокна; 3 - поврежденный участок складки кишечника. Гематоксилин Гарриса, эозин. Увел: об. 40, ок. 10. Лофотенские острова.

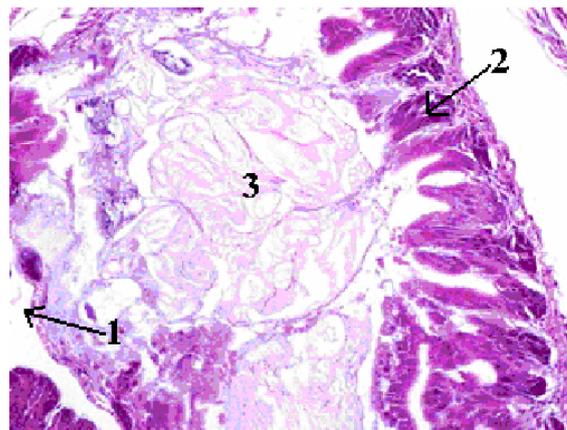


Рис.2 Часть сагиттального среза тела личинки трески в возрасте 62 дней. 1-повреждение слизистой кишечника; 2-складки кишечника; 3- науплии артемии. Гематоксилин Гарриса, эозин. Увел: об. 60, ок. 10. Шотландия

В брюшной полости накапливается значительное количество трансудата и дебриса неизвестной природы. Чаще всего личинки с подобными нарушениями не способны к дальнейшему росту и развитию. Эти нарушения несовместимы с жизнью и приводят к гибели особи.

Четвертый тип повреждения кишечника, когда слишком крупные организмы, захваченные личинками, с трудом перемещаются по кишечнику, сильно растягивая эпителиальную выстилку, что в ряде случаев приводит к разрыву эпителиального слоя. Такого типа повреждения кишечника инициируют накопление отечной жидкости в абдоминальной полости. При этом содержимое кишечника попадает в абдоминальную полость и как следствие возникает воспалительный процесс, который всегда приводит к гибели особи.

В настоящей работе проведен гистологический анализ развития плавательного пузыря и кишечника трески в раннем онтогенезе. Выявлены конкретные причины, которые приводят к возникновению деформаций ното хорда. Установлено, что переполнение кишечника пищей и повреждение эпителиальной выстилки его стенки приводят к возникновению деформаций ното хорда. Показано, что развитие плавательного пузыря – критический период в раннем онтогенезе трески. Выявлено, что переполнение плавательного пузыря и его новообразования также являются причиной возникновения деформаций ното хорда.

Полученные данные позволяют усовершенствовать биотехнологии массового выращивания качественной молоди для устойчивого развития марикультуры на Северо-Западе России и в северных странах Европы. Массовое выращивание качественной молоди будет способствовать росту объемов товарного выращивания и устойчивому развитию марикультуры трески.

Выявлены четыре типа повреждений кишечника, выражающиеся в скарификации эпителия кишечника, в повреждении эпителия и подлежащей соединительной ткани острыми конечностями ракообразных, переполнении кишечника пищей, а также его непроходимости и прободении крупной пищей, что приводит к воспалению и накоплению отечной жидкости в абдоминальной полости, которые инициируют искривление ното хорда, либо вызывают гибель молоди трески.

Выявлены четыре типа нарушений развития плавательного пузыря, выражающиеся в переполнении его газами, как в начальный период наполнения, так и на разных этапах раннего развития (до 2 месяцев) в результате развивающегося воспаления вследствие нарушений биотехнологии выращивания.

Впервые у выращиваемой на фермах молоди трески выявлены доброкачественные или зрелые опухоли. Первоначально они не оказывают губительное влияние на организм, растут медленно, характеризуются экспансивным ростом и обычно остаются в виде одного основного узла, сдавливают, но не разрушают окружающие ткани.

Простая и частично папиллярная гиперплазия, аденомы и гранулемы приводят к перманентному значительному расширению плавательного пузыря, что в свою очередь вызывает постоянное механическое давление на ното хорд. В результате наблюдается искривление ното хорда и в дальнейшем деформация осевого скелета в виде кифоза позвоночника.

На разных этапах массового выращивания молоди трески необходимо проведение гистологической экспертизы (гистологический мониторинг), что позволит своевременно оптимизировать диеты, режимы подачи пищи и условия содержания молоди и приведет к увеличению выживаемости особей на ранних стадиях развития.

## **РАЗРАБОТКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ**

**Зайцева М.И.** (*г.Петрозаводск, ПетрГУ, кафедра ВВуГ, kfamily@onego.ru*)

In the present conditions, the problem of forest resources in Europe is exacerbated. To address this problem we need to carry out reforestation. The proposed technology could be used for growing pine seedlings with closed root system. It meets the conditions of technical possibilities, economic feasibility and environmental safety.

Процесс заготовки круглых лесоматериалов неизбежно сопровождается образованием порубочных остатков. Кроме того порубочные остатки образуются при расчистке трасс нефте- и газопроводов, воздушных линий электропередач, что необходимо в целях обеспечения надежности энергообеспечения регионов.

К порубочным остаткам относят сучья, ветви, вершины и обломки стволов деревьев. В большом количестве представлена древесная зелень лиственных пород – березы, ольхи, ивы, осины. При существующих способах переработки древесного сырья в России полезно используется около половины биомассы дерева. Основные потери приходятся на древесную зелень (лесосечные отходы) -20-25 %, кору, опилки и стружки (отходы лесопиления) -20-25 % от общей массы [1]. Ежегодно на Северо-Западе России в современных условиях образуется около 16 млн куб. м древесных отходов. [3]

Целесообразность использования порубочных остатков рассматривается в статье [2], в которой, в частности, отмечается, что «кора и древесная зелень являются эффективными источниками микро- и макроэлементами ... (калий и магний)». Однако для реализации появляющихся в этой связи новых возможностей необходимы, в частности, исследования по разработке технологии использования порубочных остатков при выращивании сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой.

В дополнение к изложенному выше следует отметить, что в современных условиях в Европе обостряется проблема получения лесных ресурсов. По прогнозам дефицит круглого леса в странах Евросоюза в 2015 году составит 77 млн. куб. м [4].

Лесовосстановление имеет позитивные последствия не только для экономической безопасности страны, но и для улучшения экологической обстановки. Например, в Финляндии на протяжении длительного периода сохраняется тенденция к опережению прироста лесосырьевых ресурсов над их убытием за счет посева и посадки. Например, с 1995 по 2005 год площади лесовосстановления в Финляндии возросли с 23 до 33 тыс.га. За тот же период в Российской Федерации суммарная площадь лесовосстановления сократилась почти в два раза, с 367 до 187 тыс. га [4].

В то же время, согласно данным «Ведомственной целевой программы «Воспроизводство лесов на территории лесного фонда Республики Карелия» на 2008-2010 годы» лесовосстановление на площади Республики Карелия велось стабильно с тенденцией к росту. Так, в 2003 г. площадь лесовосстановления в республике составила 21,8 тыс. га, в 2005 г. — 27,6 тыс. га и в 2007 г. — 25,7 тыс. га., что сопоставимо с указанными выше показателями лесовосстановления в Финляндии.

Согласно указанной выше ведомственной целевой программе, для проведения работ по искусственному лесовосстановлению в Карелии, ежегодно требуется около 30 млн. шт. сеянцев хвойных пород, выращиваемых на лесных питомниках, из этого числа более 6 млн. шт. выращивается с закрытой корневой системой в тепличных комплексах. В

лесопитомнических комплексах Карелии в настоящее время применяется технология выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой. Реализация этой технологии требует использования специально подготовленных субстратов. Для приготовления субстратов используется верховой торф, комплекс минеральных удобрений и доломитовая мука (или иные подщелачивающие компоненты). Ежегодная потребность указанных тепличных комплексов в субстрате торфа составляет около 200 тонн.

В этой связи становятся актуальными вопросы, связанные с совершенствованием технологии приготовления субстратов, включая подбор системы соответствующих машин и оборудования. И сокращение потребления невозобновляемого ресурса – торфа. С учетом необходимости решения этих задач представляет практический интерес исследование возможности применения порубочных остатков в качестве компонента субстрата. Комплекс указанных задач исследован в известной нам литературе недостаточно полно. Актуальность появляющихся в этой связи вопросов обусловлена тем, что порубочные остатки неизбежно образуются не только при заготовке леса, но и при расчистке трасс воздушных линий электропередач, трасс нефтепроводов и газопроводов, обочин автомобильных и железных дорог и в других случаях. Пути использования порубочных остатков достаточно разнообразны: получение биотоплива, строительство временных лесовозных дорог, мульчирование и т.д. [5]. Однако технологии использования порубочных остатков при выращивании сеянцев хвойных пород с учетом региональных почвенно-климатических особенностей исследованы в известной нам литературе недостаточно полно.

По этой причине нами были проведены в 2005-2009 годах технологические и вегетационные эксперименты по изучению влияния объемного, фракционного и породного состава порубочных остатков на рост сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой. Полученные результаты частично представлены в статье [6].

Вид участка с порубочными остатками после заготовки леса показан на рисунке 1.



Рис 1. Порубочные остатки на участке после заготовки леса (Республика Карелия, фото автора).



Рис 2. Комплект сит и результаты сита измельченных порубочных остатков

В данном сообщении рассматриваются результаты экспериментов, в которых были использованы порубочные остатки, образующиеся при расчистке воздушных трасс линий электропередач. Было установлено, что порубочные остатки после предварительной подготовки по разработанной технологии могут использоваться в качестве компонента субстрата.

Для этого необходимо порубочные остатки предварительно подготовить, а именно дополнительно измельчить до требуемого гранулометрического состава и подвергнуть компостированию. Доизмельчение порубочных остатков проводилось в лабораторных условиях на ударно-дисковой электромельнице. После измельчения для определения пригодности образцов используемых в приготовлении субстратов, выполняли сев каждого образца, тем самым определяли фракционный (гранулометрический) состав. Пригодными для использования остатков в качестве компонента субстрата являются фракции от 3 мм и меньше.

Представляет практический интерес исследование зависимости роста сеянцев от породного состава порубочных остатков. По результатам указанных выше экспериментов было установлено, что использование порубочных остатков ивы козьей оказалось наиболее эффективным. При этом важно отметить, что некоторые видовые примеси могут оказывать угнетающее действие на прирост сеянцев. Было установлено, что, в частности, примеси рогоза, грубые листья которого в наименьшей степени успели разложиться в процессе трехнедельного компостирования в лабораторных условиях, оказывают угнетающее воздействие на рост сеянцев сосны обыкновенной [3]. Отсюда следует, что технология использования порубочных остатков при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой должна исключать попадание рогоза.

Касаясь экологических аспектов комплекса рассматриваемых задач, следует отметить, что применение порубочных остатков частично замещает торф в субстрате, тем самым позволяет уменьшить потребление торфа как невозобновляемого ресурса. Соответственно, уменьшаются затраты ресурсов на добычу, подготовку (обезвоживание), хранение, транспортировку торфа. Кроме того, оценивая экологическую и технико-экономическую эффективность использования порубочных остатков по предлагаемой технологии, следует

принимать во внимание следующее: своевременная утилизация порубочных остатков сокращает риск возникновения лесных пожаров, предотвращает размножение энтомофитов и грибных заболеваний.

Общий вид однолетних сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой после пикировки, выращенных в условиях защищенного грунта, представлен на рисунке 3.

Практическое значение таких исследований обусловлено тем, что предлагаемая технология [6] использования порубочных остатков при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой отвечает условиям технической возможности, экономической целесообразности и экологической безопасности.



Рис. 3. Однолетние сеянцы сосны обыкновенной, для выращивания которых применена предлагаемая технология

#### Список литературы:

1. Степень, Р.А. Репах С.М. Альтернативные пути рациональной переработки древесных отходов // Инновационный потенциал лесопромышленного комплекса Красноярского края : сб. докл. науч.-практ. конф. – Лесосибирск, 2001. – С. 116-121.
2. Иванов И.С. Развитие инновационных экотехнологий, базирующихся на использовании древесных отходов // Экономика и управление 2009. №12. С. 64-69.
3. <http://www.spbgid.ru/index.php?news=56185>
4. Шлямин В.А. Российско-финляндские экономические отношения. Проблемы и перспективы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 292 с.
5. Галактионов О.Н., Васильев С.Б. Обоснование технологии переработки порубочных остатков // Изв. Санкт-петербургской лесотехнической академии. СПб ГЛТА, 2006. Вып. 178. С. 144-151.
6. Робонен Е.В., Аюкаев Р.И., Зайцева М.И., Степанов С.А. Приготовление субстратов для выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой из отходов коммунального хозяйства и лесопромышленного комплекса, Материалы Международного симпозиума «Экология-2006». Бургас (Болгария), - 2006. С.

## ОСОБЕННОСТИ БИОАККУМУЛЯЦИИ МЕТАЛЛОВ КРАСНЫМИ ВОДОРΟΣЛЯМИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

**Кадникова И.А.** (г. Владивосток, Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр, e-mail:kadnikova@tinro.ru)

The features of bioaccumulation metals by red seaweeds – *Ahnfeltia tobuchiensis*, *Gracilaria verucosa*, *Chondrus armatus*, *Meristotheca papilosa* are investigated. The concentration levels of 13 elements, such as Ca, Na, K, Cu, Fe, Zn, Mn, Co and et.al are shown. The differences in bioaccumulation of metals of agarophytes and carrageenophytes for the production food products are revealed.

Красные водоросли как первичные продуценты играют важную роль прибрежных экосистемах Дальневосточных морей, а также имеют большую практическую значимость как сырье для получения полисахаридов и пищевой продукции. От содержания химических элементов в водорослях зависит качество и безопасность пищевых продуктов и добавок получаемых из них. В связи с этим проведение исследований по накоплению биогенных и токсичных металлов водорослями особенно актуально при разработке технологий пищевых продуктов и структурообразующих добавок.

Целью настоящей работы является исследование особенностей биоаккумуляции металлов красными водорослями - агарофитами и каррагинофитами, используемых для получения полисахаридов.

Результаты исследований промышленной красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis*, на переработку которой ориентирована агаровая промышленность Дальнего Востока, показали, что в химическом составе сухого вещества анфельции приморской и курильской значительных различий не выявлено. Содержание минеральных веществ в анфельции разных мест произрастания - пролив Старка, залив Измены, бухта Славянка - находится на уровне 7,6-8,4-8,7 %, соответственно.

Исследование распределения металлов в водорослях показали, что элементы находятся в тканях в основном в связанной форме с полисахаридами, а также с белками и липидами (Золотухина и др., 1992). В таблице 1 показаны концентрации макро-и микроэлементов в анфельции. Установлено, что анфельция аккумулирует больше кальция, концентрация которого достигает 2,0 %. Среди микроэлементов в тканях водоросли анфельции преобладают железо, марганец, цинк. По уровню накопления железо и марганец занимают первое место в тканях анфельции.

Следует отметить, что концентрация марганца в анфельции в 2 раза ниже, чем в грацилярии и составляет 0,4 %. Очевидно, высокое содержание кальция и марганца характерно для водорослей синтезирующих агар. При этом содержание цинка на порядок ниже, чем в грацилярии – 0,004 %. Таким образом, для водорослей агарофитов порядок убывания концентраций металлов в тканях имеет следующий вид: Mn > Fe > Zn > Sn > Cu > Pb. Многие авторы считают (Захарова, Удельнова, 1977; Бойченко, Удельнова, 1986; Христофорова, 1989), что механизмы сорбции элементов, таких как Mn, Zn, Fe, Cu связан с фотосинтетическими и дыхательными процессами, происходящими в водорослях. Полученные данные хорошо согласуются с исследованиями состава другого промышленного вида анфельции складчатой – *Ahnfeltia plicata*, произрастающей в Северных морях России (Коренников, 1982; Titlyanov et al., 1995; Суховеева, Подкорытова, 2006).

Красные водоросли рода *Gracilaria* - занимают второе место в мире по добыче как источник агара. Грацилярии заготавливают больше, чем остальных агароносов, поскольку ее успешно культивируют. Продукция агара из грацилярии составляет 53 % от объема производимого в мире (Суховеева, Подкорытова, 2006).

Таблица 1. Макро- и микроэлементный состав агарофитов

Элемент	Содержание, % сухого вещества	
	<i>A. tobuchiensis</i>	<i>G. verrucosa</i>
Ca	2,0	0,1
Na	0,3	0,3
K	0,3	0,3
Mg	0,2	0,5
Fe	0,4	0,3
Mn	0,4	0,9
Cu	<0,0005	0,0009
Ni	<0,0005	0,0005
Zn	<0,004	0,03
Pb	<0,002	0,0007
Sn	<0,0002	0,002
Sr	0,008	0,0008
Co	0,0001	0,0006

Содержание минеральных веществ в грацилярии в 3-4 раза выше, чем в анфельции. Максимальное количество минеральных веществ отмечено для грацилярии из залива Восток 37,7 %. Несколько ниже их уровень у грацилярии из Амурского залива (32,0 %) и района о. Попова (30,7 %).

По накоплению одновалентных металлов *калия* и *натрия* грацилярия имеет сходство с анфельцией (табл. 1). Что касается двухвалентных металлов, в частности *кальция*, то в данном виде водоросли его содержание в 20 раз меньше, чем в анфельции.

Грацилярия характеризуется повышенным содержанием микроэлементов Mn, Fe Zn, Cu, Co, которые выполняют специфические функции в обмене веществ и играют роль в синтезе полисахарида. Среди агарофитов грацилярия больше всего аккумулирует Mn – до 0,9% (табл. 1). Концентрация железа в грацилярии аналогична анфельции, но содержание цинка на порядок выше.

Химический элементный состав живых организмов отражает минеральный состав среды их обитания (Виноградов, 1944). В тканях грацилярии марганец, занимающий в ряду по уровню концентрации в морской воде пятое место, перемещается на первое, железо с первого на второе, цинк со второго на третье.

Из сопоставления данных по среде обитания и тканей водоросли, ясно, что последовательность убывания концентраций элементов морской воды в тканях водоросли не сохраняется, что определяет специфические особенности растения. Очевидно, что элементный состав грацилярии не отражает минеральный состав среды, а зависит от ее физиологических особенностей.

В технологиях получения полисахаридов высокое содержание минеральных веществ в водорослях обычно устраняется деминерализацией сырья кислотой или основанием (Подкорытова, 1985; Ковалева, 2000). В результате уменьшается содержание части минеральных веществ и повышается содержание полисахарида в сырье. Для повышения качества микробиологического агара из грацилярии необходимо проведение ее деминерализации

Полученные данные о химическом составе агарофитов свидетельствуют, что при получении агара основными технологическими задачами являются деминерализация сырья при минимальной деполимеризации основного полисахарида.

Таблица 2. Макро- и микроэлементный состав каррагинофитов

Элемент	Содержание, % к сухому веществу	
	<i>C. armatus</i>	<i>M. papilosa</i>
K	4,5	0,1
Na	2,2	0,5
Ca	0,5	0,4
Mg	0,05	0,05
Fe	0,05	0,04
Mn	0,02	0,008
Cu	0,0005	0,0005
Ni	0,0005	0,0005
Zn	0,003	0,007
Pb	<0,001	<0,002
Sn	0,02	0,02
Sr	0,005	0,01
Co	0,0005	0,0005

Другим видом морского растительного сырья для производства структурообразующих полисахаридов являются водоросли, содержащие каррагинан или каррагинофиты. Красная водоросль *Chondrus armatus* - относится к потенциально промысловой, произрастает в заливе Измены Южно-Курильского района как на зарослях анфельции, так и образует самостоятельные заросли. По запасам *C. armatus* стоит на втором месте после анфельции и содержит для пищевой технологии структурообразователь - каррагинан.

Содержание минеральных веществ в хондрусе находится в пределах 24,0-24,5%, что в 2 раза выше, чем анфельции и, по-видимому, характерно для каррагинофитов. Высокое их содержание свидетельствует о присутствии кислых полисахаридов типа каррагинана в хондрусе, большая часть анионных групп которых связана с катионами калия и натрия.

В таблице 2 приведены данные о содержании в водоросли основных макро- и микроэлементов. В хондрусе преобладают катионы одновалентных металлов – натрия и калия, содержание которых колеблется в пределах - 2,2 - 4,5 %, соответственно. По уровню концентрирования двухвалентных металлов кальция и магния в тканях каррагинофитов хондрус имеет сходство с другими представителями каррагинофитов, таких как *Meristotheca papilosa*, *Chondrus crispus* (Chapman, 1980).

По содержанию микроэлементов водоросль *C. armatus* аналогична близкородственным дальневосточным видам, например *Chondrus yendoi* (Саенко, 1992). Однако для данного вида водоросли отмечены более высокие значения для *Cu* и *Mn* и более низкие - для *Zn*; особенно примечателен факт сильного концентрирования *Sn*, содержание которого превышает содержание всех остальных микроэлементов, кроме *Fe*. Эти отличия, по всей вероятности, отражают гидрохимические особенности района произрастания исследуемой водоросли.

Исследование химического состава другого представителя каррагинофитов – красной водоросли *Meristotheca papilosa* показало, что содержание минеральных веществ в водоросли несколько ниже - 16,4 %, по сравнению с хондрусом. В составе элементов биомассы *M. papilosa* наблюдается преобладание кальция и натрия над калием и магнием. В *M. papilosa* содержание калия минимально и составляет - 0,1 %, по сравнению с *C. armatus*.

По содержанию микроэлементов *M. papilosa* аналогично водорослям рода *Chondrus* (Саенко, 1992; Подкорытова и др., 1994), хотя для этого вида отмечены более высокие

значения для *Zn* (0,007%) и более низкие - для *Mn* (0,008 %). Также отмечен высокий уровень концентрации *Sn* (0,02%), как и в хондрусе, содержание которого превышает содержание остальных микроэлементов, кроме *Fe* (0,04 %). По-видимому, это определяется не только гидрохимическими условиями среды обитания, но и физиологическими особенностями водорослей каррагинофитов. Таким образом, для водорослей каррагинофитов порядок убывания концентраций металлов в тканях имеет следующий вид:  $Fe > Mn > Sn > Zn > Pb > Cu$ . В работах многих исследователей (Eide et. al., 1980; Bailey, Stokes, 1985; Саенко, 1992; Христофорова, 1989) показано, что уровни концентрации металлов даже у одного вида водоросли могут зависеть от многих экологических факторов, физиологического состояния и времени их сбора.

Таким образом, сравнительные исследования показали, что главными катионами морского растительного сырья являются *кальций, натрий, калий, и магний*. Преобладающим катионом в составе водоросли хондрус является *калий*, содержание которого составляет 4,5 % (табл. 3). Анфельция аккумулирует больше *кальция*, концентрация которого достигает 2,0 %. По-видимому, это объясняется сродством полисахаридов к определенному катиону - каррагинана к *калию*, агара к *кальцию*. Особенно, примечателен факт высокого концентрирования *железа* и *марганца* – у грацилярии и анфельции. Причем содержание *марганца* в анфельции (0,4 %) меньше в 2 раза, чем в грацилярии (0,9 %). Высокое содержание *марганца* и *железа* характерно для водорослей, синтезирующих агар.

Таблица 3. Характеристика полисахаридов по содержанию основных элементов в биомассе водоросли

Элемент (в % сухого вещества)	Полисахариды	
	агар	каррагинан
Калий (4,5 %)	-	+
Натрий 2,2 %	-	+
Кальций (2,0 %)	+	-
Железо (0,3-0,4%)	+	-
Марганец (0,4-0,9 %)	+	-

#### Список литературы:

1. Бойченко Е.А., Удельнова Т.М. Взаимодействие металлов в эволюции фотавтотрофных организмов биосферы//Актуальные вопросы современной палеоальгологии. - Киев. - 1986. - С.11-14.
2. Виноградов А.П. Химический элементный состав организмов моря//Тр. биогеохимической лаборатории.- 1944.- Т.6. - С.4-175.
3. Захарова Л.Н., Удельнова Т.М. Поливалентные металлы в водорослях, процесс и формы их концентрирования // Успехи совр. биологии. 1977. - Т.83.- Вып.2. - С.274-286.
4. Золотухина Е.Ю., Тропин И.В., Кононенко Р.В. Распределение тяжелых металлов в таллуме бурой водоросли *Laminaria saccharina* // Вестник МГУ. Сер.16. Биология. -1992. - №1. - С.72-76.
5. Ковалева Е.А. Разработка технологии пищевых лечебно-профилактических продуктов из ламинарии японской (*Laminaria japonica*) Дис. ...канд...тех...наук. Владивосток, 2000.- 135 с.
6. Коренников С.П. Промысловые водоросли сублиторали Двинского, Онежского и Кандалашского заливов Белого моря (вопросы биологии, распределения и запасы): Автореф. Дис. канд. биол. наук. Л., 1982. - 24 с.

7. Подкорытова А.В., Кадникова И.А., Усов А.И. Красная водоросль *Chondrus armatus* (Harv.) Okam. (Gigartinaceae), ее химический состав, содержание полисахарида // Растительные ресурсы. – 1994.- Вып.1-2. – С.79-85.
8. Саенко Г.Н. Металлы и галогены в морских организмах. - М., 1992.- 19 с.
9. Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего востока: биология, распространение, запасы, технология переработки.- Владивосток: ТИПРО-центр, 2006.-243 с.
10. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг. Л., 1989.-192 с.
11. Bailey R.C., Stokes P.M. Evaluation of filamentous algae as biomonitors of metal accumulation in softwater lakes: A multivariate approach. *Aquat. Toxicol. and Hazard Assessment* . 7-th Symp., Milwaukee Wisc. Philadelphia, 1985, 117 pp.
12. Chapman V.J., Chapman D.J. *Seaweeds and their uses*. - 3 rd London: New York, 1980. – 334 p.
13. Eide I., Myklestad S., Melsom S. Long-term uptake and release of heavy metals by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol (Phaeophyceae) in situ // *Envir. Pollut.* -1980. - V.23. - № 1. - P.19-28.
14. Titlyanov E.A., Titlyanova T.V., Skriptsova A.V. Experimental field cultivation of unattached form of *Gracilaria verrucosa* in Russia // *Russian J. Marine Biology*. - 1995. - V. 21. - №2. - P.124-134.

## HATCHING GLANDS IN EPIDERMIS OF ATLANTIC COD, *GADUS MORHUA* L. LARVAE

**Kozyrenko E.A.** (*Murmansk State Technical University, Bioecology Department, ekaterinakozyrenko@gmail.com*)

**Ottesen O., Amin A.** (*Norway, Bodø, Bodø University College, Faculty of Biosciences and Aquaculture*)

The study of hatching glands has been done on Atlantic cod larvae. The cells were found in the skin of the larvae at hatch, on the head and middle body regions. Similar results were found by other authors in skin of cod and some other species. Presence of hatching glands in the skin of fish of early developmental stages and disappearance of them in elder fish suggest their role in hatching process.

The hatching of many teleost embryos begins with the release of hatching enzymes from unicellular hatching glands (Mabee *et al.*, 1998). The enzymes weaken the chorionic membrane, which is then easily broken by the moving larva.

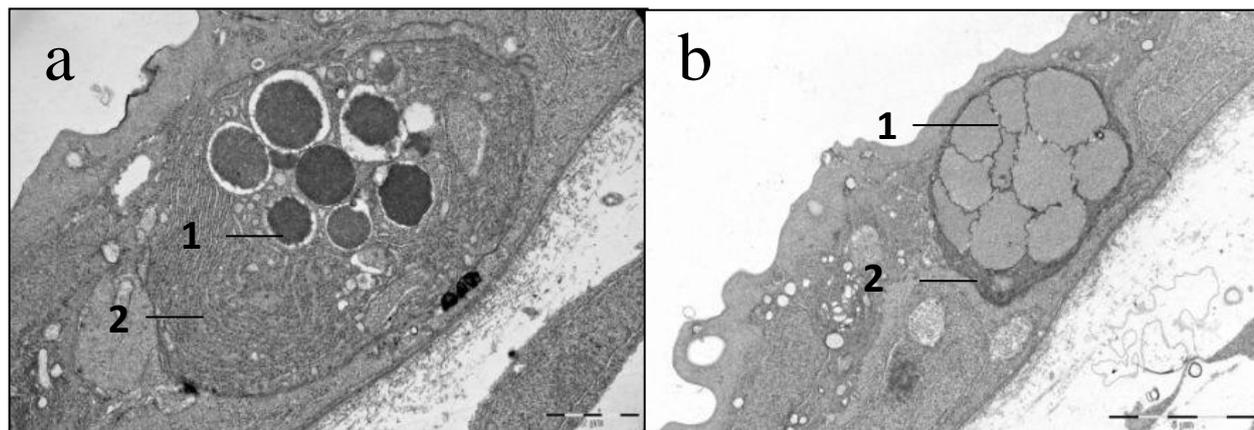
The objective of this study was to study structure of hatching glands in Atlantic cod skin and compare it with previous research done by other authors.

Atlantic cod larvae before hatch, at hatch, 1 week post hatch and 3 weeks post hatch were anaesthetized and then prepared for light and transmission electron microscopic (TEM) studies. Semi- and ultrathin sections were cut on a microtome and stained with haematoxylin-eosin, Periodic Acid Schiff (PAS) and by positive staining, respectively.

Photographs from semithin and thin sections were captured using a digital camera Olympus DP71 (Olympus, Tokyo, Japan) connected with Olympus BX51 microscope (Olympus, Tokyo, Japan). The ultrathin sections were examined and photographed in a JEOL JEM-1010 transmission electron microscope (JEOL, Peabody, MA, USA).

Hatching glands were found in the present work by TEM in the skin of the head and middle body of Atlantic cod larva at hatch. Single cells and cells in groups were seen. Ultrastructurally they were not very different from mucous cells since both types of the cells contained granular endoplasmic reticulum (EPR) and numerous membrane-bound secretory granules (Fig. 1). The nucleus was at the periphery in both types of the cells. The difference was in the character of the granules: they were more electron-dense in hatching glands than in mucous cells, and, in contrast to mucous cells which were found all over the body epidermis, hatching glands were seen only in the head and close to the head region both in the present work and the work of Adoff (1985). Since these cells were observed only in the skin of the larvae at hatch and not in the skin of the juvenile in the present work, it can be assumed that the cells may have a hatching function in Atlantic cod.

Morrison (1993) called the same type of the cell in Atlantic cod larvae at hatch as “goblet cells”, which contain abundant rough EPR and membrane-bound secretory granules with dense contents surrounded by extensive Golgi apparatus. Eosinophilic granule cells (EGCs) which looked like “goblet cells” were reported in the basal layers of juvenile European plaice, *Pleuronectes platessa* L. epidermis (Roberts *et al.*, 1971). The cells were round or ovoid with a marginally placed nucleus and packed with highly eosinophilic electron dense membrane-bounded granules. These cells looked quite similar to the cells with the granules found in Atlantic cod larvae at hatch in the present work. A possible function of EGCs, according to Roberts *et al.* (1971), is as a secretory function for an effector factor for mucus secretion or to facilitate transport of serum and lymph components across the membrane. And EGCs were not found in any of the gadids as it was reported by Reite (2005).



**Fig. 1. Secretory cells in the epidermis of the head of Atlantic cod larva. Age: at hatch. (TEM). 1 – secretory granules, 2 – EPR. (a) Hatching gland. (b) Mucous cell.**

Adoff (1985), Mabee *et al.* (1998) and Helvik (2003) called a very similar type of the cells with dense membrane-bound secretory granules in Atlantic cod, *Gadus morhua*, Siamese fighting fish, *Betta splendens* and Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., respectively, as “unicellular hatching glands”. Adoff (1985) observed the cells in the cod embryo day 8-9 after fertilization and until shortly after hatching. The author found that they appeared at first on the dorso-lateral side of the head in single cells or in pairs and their number were increasing as the embryonic development continued. Yokoya and Ebina (1976), Yamagami (1981), Ishida (1985) and Helvik *et al.* (1991) reported distribution of the cells over the head, yolk sac, body, mouth, and gills of embryonic fishes of salmonids, Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. and other fish, in a species-specific pattern.

Golgi apparatus and rough EPR could be involved in production of vesicles containing hatching enzymes. According to Adoff (1985), hatching enzyme starts to discharge 1 - 2 days prior to hatching. After hatching they rapidly atrophy. This could be a reason why no hatching glands were found in the skin samples of the juvenile fish in this work and in the works of the researchers mentioned above.

#### References:

1. Adoff GR (1985) Anatomical studies of developing eggs and larvae of the cod. In: Jørgen HF (ed) Fish larval physiology and anatomy. Basic research and effects of oil. Final report 1983-1985. Zoological laboratory, University of Bergen., Bergen, pp 53-116
2. Helvik JV (2003) Kveiteeggets klekking. In: Jensen AM, Holm, J.C. (ed) Håndbok i kveiteoppdrett. Havforskningsinstituttet, Austevoll, Norge, pp 30-36
3. Helvik JV, Oppen-Berntsen DO, Flood PR, Walther BT (1991) Morphogenesis of the hatching gland of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. *Development Genes and Evolution* 200: 180-187
4. Ishida J (1985) Hatching Enzyme - Past, Present and Future. *Zoological Science* 2: 1-10
5. Mabee PM, Cua DS, Barlow SB, Helvik JV (1998) Morphology of the Hatching Glands in *Betta splendens* (Teleostei: Perciformes). *Copeia* 1998: 1021-1026
6. Morrison, C.M. (1993) Eleutheroembryo (Yolk-sac larva or prolarva). In Morrison, C.M. (ed.), *Histology of the Atlantic cod, Gadus morhua* Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, Vol. 4, pp. 5-45.

7. Reite, O.B. (2005) The rodlet cells of teleostean fish: their potential role in host defence in relation to the role of mast cells/eosinophilic granule cells. *Fish & Shellfish Immunology*, **19**, 253-267.
8. Roberts, R.J., Young, H. and Milne, J.A. (1971) Studies on Skin of Plaice, *Pleuronectes platessa* L. 1. Structure and Ultrastructure of Normal Plaice Skin. *Journal of Fish Biology*, **4**, 87-98.
9. Yamagami K (1981) Mechanisms of Hatching in Fish: Secretion of Hatching Enzyme and Enzymatic Choriolysis. *American Zoologist* 21: 459-471
10. Yokoya S, Ebina Y (1976) Hatching glands in salmonid fishes, *Salmo gairdneri*, *Salmo trutta*, *Salvelinus fontinalis* and *Salvelinus pluvius*. *Cell and Tissue Research* 172: 529-540

## CHLORIDE CELLS IN EPIDERMIS OF ATLANTIC COD, *GADUS MORHUA* L.

**E.A. Kozyrenko** (*Murmansk State Technical University, Bioecology Department, ekaterinakozyrenko@gmail.com*)

**O. Ottesen, A. Amin** (*Norway, Bodø, Bodø University College, Faculty of Biosciences and Aquaculture*)

Chloride cells in Atlantic cod larvae skin have been studied in the given work. Their size and structure have been analyzed. No chloride cells were found in the skin of juvenile or adult cod, suggesting a very important role of these cells in fish of early developmental stages.

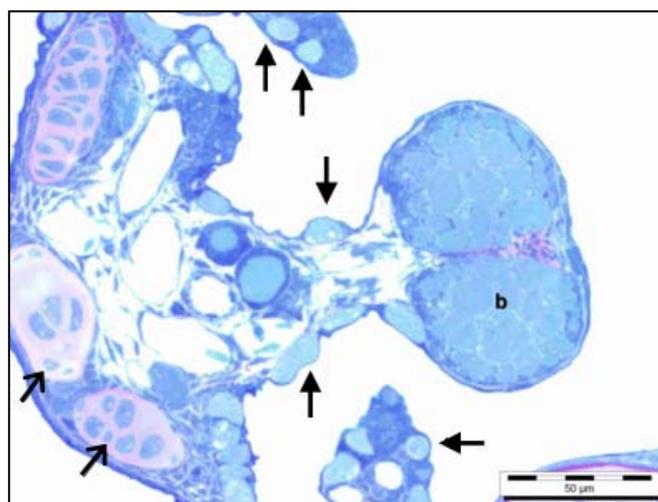
Osmoregulation in animals is a regulation of the osmotic pressure of body fluids by controlling the amount of water and/or salts in the body (Lawrence, 2005). Teleost fish have the possibility of osmoregulation. Gills, gut and renal systems provide osmoregulation in adult fish (Ayson *et al.*, 1994). In fish larvae, however, these organs are underdeveloped (Guggino, 1980b) but the larvae maintain salt balance with help of chloride cells. So, knowledge of chloride cells structure is essential in studies of early development of fish.

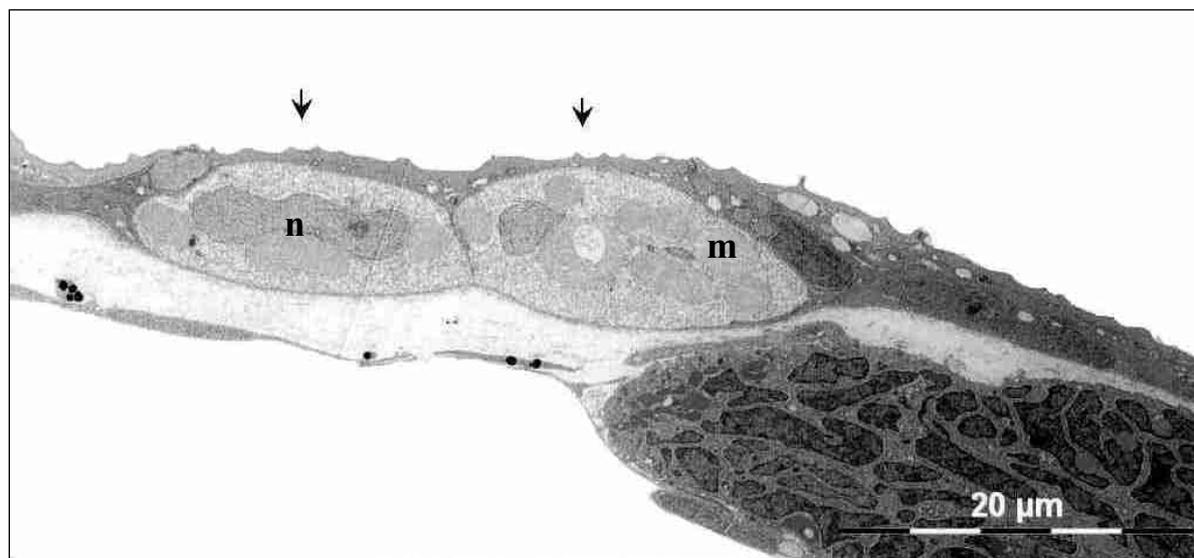
Atlantic cod larvae before hatch, at hatch, 1 week post hatch and 3 weeks post hatch as well as Atlantic cod of 5 month old, 1 year and 1.5 years old were anaesthetized and prepared for light- and transmission electron microscopic (TEM) studies. Ultrathin and semithin sections were cut on a microtome and stained by positive staining and methylene blue (MB), respectively. Photographs from semithin and thin sections were captured using a digital camera Olympus DP71 (Olympus, Tokyo, Japan) connected with Olympus BX51 microscope (Olympus, Tokyo, Japan). The ultrathin sections were examined and photographed in a JEOL JEM-1010 transmission electron microscope (JEOL, Peabody, MA, USA). A computer software Cell<sup>^</sup>B has been used to measure length of chloride cells.

The present study showed that the examined larvae of all ages and embryo possessed chloride cells in the skin. The largest length of the chloride cells in embryo and larvae varied from 10 to 20  $\mu\text{m}$ . By light microscopy, after MB staining, chloride cells were seen as oval cells with light blue cytoplasm with dense granule like contents inside (Fig. 1).

TEM-study showed that the granule like contents of the chloride cells were numerous mitochondria, evenly distributed throughout the cytoplasm. The mitochondria of chloride cells were of round, oval or irregular shape (Fig. 2). Abundant tubular system of the cells with tubules of smooth endoplasmic reticulum (EPR) was spread through the cytoplasm. The cells had irregular shape nuclei.

**Fig. 1. Chloride cells (closed arrows) of round or irregular shape in the head region of Atlantic cod larva. Age: 3 wph. Open arrows show gill arches; b, brain. (MB).**





**Fig. 2. Paired chloride cells in the skin of Atlantic cod larva in the middle part of the trunk. (TEM). Age: 1 wph. Arrows show microridges of squamous epithelial cells. n, nucleus; m, mitochondrion of chloride cells.**

The chloride cells were covered with squamous epithelial cells which formed microridges (Fig. 2). Separate chloride cells were mostly seen but paired were also found. In this case they were divided with a thin intercellular space.

Chloride cells were reported in branchial and opercular epithelia of adult euryhaline fishes (Foskett and Scheffey, 1982), in the yolk-sac membrane of embryos and larvae of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Ayson *et al.*, 1994), guppy (Depeche, 1973), rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Shen and Leatherland, 1978) and killifish (family Cyprinodontidae) (Guggino, 1980a), in larval skin of European plaice, *Pleuronectes platessa* L. (Roberts *et al.*, 1973), red seabream, *Pagrus major* (Yamashita, 1978), northern anchovy, *Engraulis modax* (O'Connell, 1981), molly, *Poecilia reticulata* (Depeche, 1973), ayu, *Plecoglossus altivelis*, flounder, *Kareius bicoloratus* (Hwang, 1989) and zebrafish, *Danio rerio* (Jonz and Nurse, 2006). Chloride cells are also called mitochondria-rich cells since they have numerous mitochondria which supply the cells with energy needed for ion transport.

Ayson *et al.* (1994) and Hwang (1989) reported that chloride cells in the skin of the head, yolk-sac and tail in tilapia and flounder and ayu, respectively, had a flattened shape whereas the shape of these cells near the opening of the gill chamber was round or oval. Chloride cells in skin of the studied embryo and larvae of Atlantic cod of all ages were flat and elongated in comparison to round or irregular shaped chloride cells on the gills arches of the larvae. Ayson *et al.* (1994) and Morrison (1993) explain the shape and height of chloride cells by limitation of thickness of the epidermis in which they are located.

During development of fish larvae the process of osmoregulation becomes more similar to adult type. Gills, gut and kidney take the skin function in ion exchange. This leads to disappearing of chloride cells in epidermis of elder fish. For example, chloride cells in the skin of the larvae of red seabream, *Pagrus major* disappeared in 15 days after hatching (Yamashita, 1978). The same was reported for plaice, *Pleuronectes platessa* L. larvae (Roberts *et al.*, 1973) and in goby, *Chaenogobius urotaenia* larvae, when the chloride cells in the epithelium of the region along the ventral aorta decreased in number and disappeared at the thirtieth day after hatching, while the chloride cells occurred and increased in number in gills (Katsura and Hamada, 1986). Katsura and

Hamada (1986) called the stage of the larvae stated above as a “transitional stage, from yolk feeding to external feeding” when “the organs system develops rapidly”.

Although chloride cells were still present in the epidermis of Atlantic cod larvae at 3 weeks post hatch in the given work, no chloride cells were found in the epidermis of adult fish. The latter points out the importance of these cells in early developmental stages of Atlantic cod.

## References

- Ayson, F.G., Kaneko, T., Hasegawa, S. and Hirano, T. (1994) Development of Mitochondrion-Rich Cells in the Yolk-Sac Membrane of Embryos and Larvae of Tilapia, *Oreochromis mossambicus* in Fresh-Water and Seawater. *Journal of Experimental Zoology*, **270**, 129-135.
- Depeche, J. (1973) Ultrastructure of Yolk-Sac and Pericardial Sac Surface in Embryo of Teleost *Poecilia Reticulata*. *Zeitschrift Fur Zellforschung Und Mikroskopische Anatomie*, **141**, 235-253.
- Foskett, J.K. and Scheffey, C. (1982) The Chloride Cell - Definitive Identification as the Salt-Secretory Cell in Teleosts. *Science*, **215**, 164-166.
- Guggino, W.B. (1980a) Salt Balance in Embryos of *Fundulus Heteroclitus* and *Fundulus Bermudae* Adapted to Seawater. *American Journal of Physiology*, **238**, 42-49.
- Guggino, W.B. (1980b) Water-Balance in Embryos of *Fundulus Heteroclitus* and *Fundulus Bermudae* in Seawater. *American Journal of Physiology*, **238**, 36-41.
- Hwang, P.P. (1989) Distribution of Chloride Cells in Teleost Larvae. *Journal of Morphology*, **200**, 1-8.
- Jonz, M.G. and Nurse, C.A. (2006) Epithelial mitochondria-rich cells and associated innervation in adult and developing zebrafish. *Journal of Comparative Neurology*, **497**, 817-832.
- Katsura, K. and Hamada, K. (1986) Appearance and disappearance of chloride cells throughout the embryonic and postembryonic development of the goby, *Chaenogobius urotaenia*. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University*, **37**, 95-100.
- Lawrence, E. (2005) *Henderson's dictionary of biology* Pearson/Prentice Hall, Harlow, England.
- Morrison, C.M. (1993) Eleutheroembryo (Yolk-sac larva or prolarva). In Morrison, C.M. (ed.), *Histology of the Atlantic cod, Gadus morhua* Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, Vol. 4, pp. 5-45.
- O'Connell, C.P. (1981) Development of organ systems in the northern anchovy, *Engraulis mordax* and other teleosts. *American Zoologist*, 429-446.
- Roberts, R.J., Bell, M. and Young, H. (1973) Studies on Skin of Plaice, *Pleuronectes platessa* L. 2. Development of Larval Plaice Skin. *Journal of Fish Biology*, **5**, 103-115.
- Shen, A.C.Y. and Leatherland, J.F. (1978) Structure of the yolksac epithelium and gills in the early developmental stages of rainbow trout, *Salmo gairdneri* maintained in different ambient salinities. *Environmental Biology of Fish*, **3**, 345-354.
- Yamashita, K. (1978) Chloride Cells in Skin of Larval Red Seabream *Pagrus Major*. *Japanese Journal of Ichthyology*, **25**, 211-215.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР И ВКУСОВЫХ ПОЧЕК В ЭПИДЕРМИСЕ АТЛАНТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MORHUA*

**Козыренко Е.А.** (*Мурманский Государственный Технический Университет, кафедра биоэкологии, ekaterinakozyrenko@gmail.com*)

**Отгесен О., Амин А.** (*Норвегия, Будо, Университетский Колледж г. Будо, факультет биологических наук и аквакультуры*)

The distribution and density of sensory structures were determined quantitatively in the epidermis of juveniles and young adults of Atlantic cod, using light microscopy (Haematoxylin-Eosin staining). The sites chosen at the epidermis were the skin of the head and trunk of the fish. The number of sensory structures per 1 cm was counted. Number and structure of taste buds from barbels was studied with light and electron microscopy also. Taste buds were found to be abundant in barbels and head region and were also seen over the trunk in lower densities. Presence of taste buds on the fish body and barbels supports the fact that adult cod are active hunters, with a variety of pelagic and benthic organisms supplementing their diets.

Выращивание атлантической трески в искусственных условиях является развивающейся отраслью. В связи с тем, что кожа отражает состояние здоровья рыб, знания о нормальном строении кожных покровов представляются важными для аквакультуры (Fast, 2002).

Цель данного исследования – изучить распределение чувствительных структур и вкусовых почек в эпидермисе атлантической трески разного возраста.

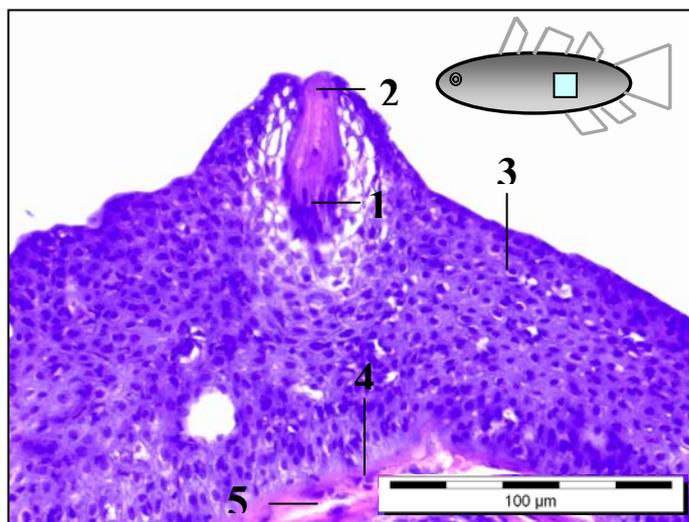
Объектом исследования являлась атлантическая треска. Были выбраны три группы рыб в возрасте 5 месяцев, 1 года и 1.5 лет ( $n=5$  в каждой группе). У глубоко анестезированных рыб были взяты кусочки кожи с 7 участков на теле. Также был взят усик у случайно отобранной особи в возрасте 1.5 лет. Образцы кожи были помещены в формалин. Рыбы в возрасте 5 месяцев в связи с небольшими размерами тела обрабатывались в формалине целиком. Усик был подготовлен для ультратонких срезов и электронной микроскопии. После специальной обработки в спиртах и формалине образцы кожи были залиты в парафин, после чего сделаны продольные срезы толщиной 3-5 мкм. Срезы кожи окрасили гематоксилином-эозином, а для срезов усика в поперечной проекции произвели окраску толуидиновым синим и провели положительное окрашивание для изучения на электронном микроскопе.

Фотографии срезов были сделаны при помощи цифровой фотокамеры Olympus DP71, соединенной с микроскопом Olympus BX51. Подсчет числа чувствительных структур производился на случайно выбранных участках эпидермиса кожи или усика длиной 1 см с использованием компьютерной программы Cell<sup>^</sup>V. Оценка достоверности различий числа указанных структур осуществлялась путем анализа вероятностей с помощью статистической программы JMP 7.

Оценка распределения чувствительных образований, состоящих из чувствительных клеток с базально расположенными ядрами и эозинофильной цитоплазмой в верхней части, показала их наличие в эпидермисе трески разного возраста на всех исследованных участках тела рыб (Рис.1).

Исследование выявило отсутствие статистически достоверной разницы между числом чувствительных образований на всех участках вместе взятых в эпидермисе атлантической трески в зависимости от возраста. Оно варьировало от 2.9 до 4.2 на 1 см эпидермиса рыб из разных групп. Однако наблюдалась определенная тенденция в изменении количества

чувствительных структур в зависимости от положения на теле рыб. Указанные образования преимущественно располагались в эпидермисе головного отдела рыб всех возрастов, вентрально и дорсально: у рыб в возрасте 5 месяцев наибольшее число на одном участке составило  $9.4 \pm 5.3$ , у рыб возрастом 1 год -  $9.80 \pm 5.9$  и возрастом 1.5 года -  $4.40 \pm 2.07$ , где достоверно отличающимися от других участков тела рыб являются данные для двух первых указанных групп. Для сравнения, в хвостовом отделе число чувствительных образований в эпидермисе составляло  $0.75 \pm 0.96$  у рыб в возрасте 5 месяцев,  $0.2 \pm 0.45$  - у рыб одного года и  $1.40 \pm 0.9$  - у рыб в возрасте 1.5 лет.



**Рис.1. Чувствительное образование в эпидермисе боковой линии атлантической трески, состоящее из чувствительных клеток, с базально расположенными ядрами (1) и эозинофильной цитоплазмой (2) в верхней части. 3- эпидермис; 4 – базальная мембрана; 5 - дермис. Возраст: 1.5 года. (Гематоксилин-эозин).**

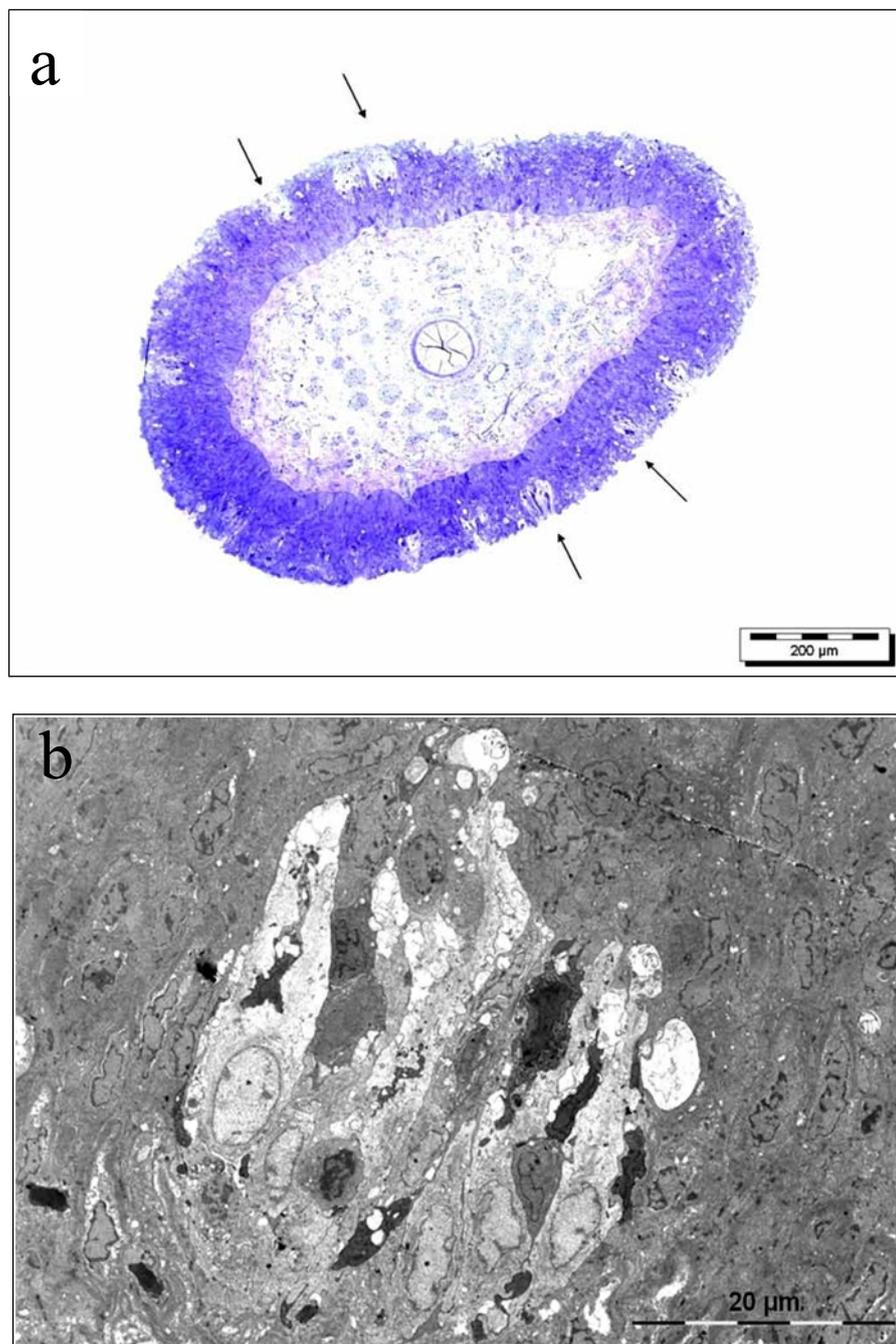
На поперечных срезах усика 1.5-годовалой трески были обнаружены вкусовые почки, имеющие сходную с чувствительными образованиями кожи трески структуру (Рис.2). Количество вкусовых почек на поперечном срезе усика составило около 5.6 на одном мм, или 56 на 1 см вдоль кожного покрова. Такая плотность распределения вкусовых почек на усике примерно в 10 раз больше по сравнению с числом чувствительных структур в эпидермисе кожи трески.

Чувствительным образованиям в коже рыб отводятся разные функции, включая хемо- и механорецепторную (Finger, 1983). В настоящей работе функциональный анализ чувствительных структур в коже атлантической трески не проводился, однако, близость строения данных образований и вкусовых почек на усике позволяют предположить сходство их функций.

Преобладание чувствительных образований в коже головы атлантической трески может быть объяснено тем, что головной отдел играет важную роль в контакте с окружающей средой, поэтому его относительно повышенная чувствительность имеет значение для распознавания рыбами окружающей среды.

Отсутствие статистически достоверной зависимости между числом чувствительных структур и возрастом рыб может быть объяснено небольшой выборкой рыб, так как предполагается, что с возрастом количество данных образований должно увеличиваться.

Относительно высокая хемочувствительность усиков атлантической трески также имеет огромное значение для определения вкусовых стимулов, что особенно актуально для трески как вида, частично обитающего в бентали.



**Рис.2.** Вкусовые почки на усике атлантической трески. Возраст: 1.5 года. (а) Поперечный срез усика с многочисленными вкусовыми почками (стрелки). (Толуидиновый синий); (b) Вкусовые почки. (Трансмиссивная электронная микроскопия).

**Список литературы:**

1. Fast, M. D., Sims, D. E., Burka, J. F., Mustafa, A. and Ross, N. W. 2002. Skin morphology and humoral non-specific defence parameters of mucus and plasma in rainbow trout, coho and Atlantic salmon. *Comparative Biochemistry and Physiology a Molecular and Integrative Physiology* 132: P. 645-657.

2. Finger T.E. The Gustatory System in Teleost Fishes // *Fish Neurobiology*. 1983. V. 1. P. 285–309.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ

Лазуренко В.В. (г. Мурманск, МГТУ, аспирант)

Прежде всего, необходимо помнить, что биологическое исследование изучает не воду, а водоем во всем его целом, как единую экосистему: его воду, дно, берега и т.д. Биологическое исследование строит свои заключения на основании изучения гидрофлоры и гидрофауны водоемов в их целом.

Наибольшее значение при этом имеют так называемые руководящие, или показательные формы растений и животных, распределенные в систему сапробности (см. ниже), а также их комплексы, образующие биоценозы, характерные для той или иной степени загрязнения.

Биологическое исследование отвечает на вопросы:

Какова степень загрязнения водоема?

Каков характер загрязнения водоема?

Как распределяется загрязнение водоема?

Как протекает процесс естественного самоочищения в водоеме?

Всякое заключение по результатам биологического исследования должно строиться лишь на основании совокупности всех имеющихся налицо данных, а отнюдь не на основании единичных находок тех или иных организмов. При всяком биологическом исследовании загрязненного водоема должна быть выяснена, если к этому предоставляется возможность, не только биологическая картина его загрязненной части, но и таковая в части незагрязненной. Это "нормальная биологическая картина служит как бы масштабом для оценки получаемых результатов исследований. Поэтому биологическое исследование выполняется (если к тому есть возможность) на протяжении большем того, на котором перестают замечаться биологические, а также иные признаки загрязнения. Как при выполнении биологического исследования, так и при оценке полученных результатов необходимо иметь в виду возможность случайных, совершенно местных загрязнений в пункте наблюдений. Например, разлагающийся труп лягушки, рыбы, разлагающиеся растительные остатки в пункте проведения исследований могут вызвать соответствующие местные изменения в характере населения водоема.

В связи с этим еще раз повторим, что необходимо всегда быть очень осторожным в оценке результатов исследования и никогда не делать выводы на основании единичных находок того или иного организма.

Также при выполнении биологического исследования необходимо ориентироваться в естественных, иногда довольно сильных загрязнениях водоема (например, прибрежная полоса зарастающих озер). Необходимо иметь в виду возможность "вторичных" загрязнений, происходящих вследствие отмирания и загнивания организмов, в избытке развивающихся в водоемах в процессе их самоочищения.

Итак: Из фактов возможности распределения водных организмов в систему сапробности уже неизбежно вытекает, что нахождение в водоеме каждого показательного организма может рассматриваться с двух сторон.

С одной стороны, он положительно показывает, что в воде имеется та степень загрязнения, которую характеризует данный организм.

С другой стороны, его развитие отрицает возможность наличия более сильного загрязнения.

Итак, мы видим, что биологическое исследование водоема обладает как положительными показателями загрязнения, так и отрицательными (вернее сказать - положительными показателями относительной чистоты воды).

**Список литературы:**

1. Козлов М., Нинбург Е. "Ваша коллекция" (пособие для учащихся). М., "Просвещение", 1971 г., стр. 106-118. Эта книжка была в свое время выпущена большим тиражем и есть практически в каждой школьной библиотеке.
2. Римский-Корсаков, "Биологические экскурсии".
3. "Растения и животные" (руководство для натуралиста), М., "Мир", 1991 г.
4. Г.И.Долгов "Биологическое исследование водоемов"
5. В.И.Зацепин, Л.А.Риттих, Г.Л.Краснова "Списки массовых и характерных форм макрофауны донных биоценозов континентальных водоемов европейской части СССР", М., изд-во МГУ, 1978 г.
6. "Санитарная гидробиология" (учебное пособие). Изд-во Иркутского университета, 1982 г.
7. "Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос)". Л., Гидрометеиздат, 1977 г.
8. В.Б.Калинин "Учебно-исследовательский проект "Мир Воды". Пособие для преподавателей", Обнинск 1993.
9. "Water Quality Indicators Guide: Surface Waters", U.S. Government Printing Office, 1992 г.
10. "National River Watch", серия пособий для проведения исследования водоемов, Великобритания, 1991 г.
11. "Field Manual for Water Quality Monitoring", Thomson-Shore Inc., Michigan, USA, 1992 г.

## **ПОКАЗАТЕЛИ, ОСНОВАННЫЕ НА УЧЕТЕ ТОТАЛЬНОГО МАКРОЗООБЕНТОСА, ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП И ТАКСОНОВ НАДВИДОВОГО РАНГА (БЕЗ УЧЕТА ВИДОВОГО СОСТАВА СООБЩЕСТВА)**

**Лазуренко В.В.** (г. Мурманск, МГТУ, аспирант)

Простейшими количественными показателями являются биомасса макрозообентоса и его численность. Биомасса или численность бентоса и тенденции их изменения иногда позволяют в первом приближении судить о состоянии экосистемы и силе испытываемого ею воздействия. Так, известно, что средние сезонные значения биомассы зообентоса и прочих сообществ гидробионтов (фитопланктон, зоопланктон, ихтиоценоз, и др.) могут приблизительно характеризовать уровень трофности водоема (многочисленные сведения об этом обобщены С.П. Китаевым, 1984).

Состояние экосистемы в условиях антропогенного воздействия может быть оценено также по показателям, характеризующим динамику биомассы бентоса, т.к. диапазон ее сезонных и межгодовых изменений увеличивается пропорционально силе воздействия (Алимов, 1982, 1989).

Кроме того, биоиндикация может быть основана на известном явлении увеличения биомассы, удельной и абсолютной продуктивности сообществ в условиях нетоксичных дестабилизирующих воздействий. В связи с этим, достаточно универсальными индикаторами состояния среды и интегрального антропогенного воздействия на донное сообщество могут служить некоторые характеристики потоков вещества и энергии, проходящих через это сообщество (величины продукции, трат на обмен, ссимилированной энергии, соотношения показателей продукции и биомассы, продукции и трат на обмен, продукции и ассимилированной энергии, и т.д.).

Для получения более надежной и полной информации о качестве среды и состоянии водной экосистемы необходимо использовать более подробные характеристики сообществ.

Так, довольно чувствительными индикаторами воздействий иногда оказываются количественные показатели, учитывающие абсолютное или относительное обилие совокупно учитываемых членов сообщества, обладающих сходной жизненной стратегией. Об ухудшении качества среды свидетельствуют увеличение доли видов "толерантных", по сравнению с "резистентными"; видов - "оппортунистов", "г-стратегов" (всех или только эксплерентов) по сравнению с "К-стратегами", "пациентами"; всех стенобионтных и всех эврибионтных видов; и т.п. Для биоиндикации используется также соотношение биомассы и численности (плотности) макрозообентоса, или средняя масса особи в сообществе. Уменьшение средней массы особи в сообществе зообентоса считается признаком ухудшения качества среды, т.к. оно часто обуславливается увеличением роли видов-оппортунистов со сравнительно небольшими размерами и коротким жизненным циклом.

Распределение потока энергии в экосистеме достаточно надежно характеризуется соотношением общей биомассы всех организмов макрозообентоса с различными стратегиями питания (фильтраторов, собирателей, детритофагов, хищников, и др.). Так, преобладание фильтраторов показывает, что экосистема хорошо справляется с самоочищением, а преобладание детритофагов, наоборот, является признаком прогрессирующего органического загрязнения. В качестве таких индикаторов используются также соотношения биомассы всех потребителей автохтонного и всех потребителей аллохтонного органического вещества, или бентонтов со специализированным и

неспециализированным питанием, и т.п. Более обобщенно состояние экосистемы может быть охарактеризовано показателями "напряженности трофических связей в сообществе" - соотношением показателей обилия или продуктивности хищного и нехищного макрозообентоса.

Установлено, что при многих негативных внешних воздействиях на гидрэкосистему роль хищников в бентосе закономерно уменьшается. Особенно часто для биоиндикации применяются индексы, учитывающие присутствие, обилие и соотношение представителей различных, более или менее крупных таксонов надвидового ранга. Для определения некоторых из этих индексов важны лишь качественные признаки: присутствие в водоеме особей любых видов, относящихся к выделенным таксономическим группам.

Из таких показателей наиболее широко применяется для биоиндикации известный "индекс реки Трент", или "индекс Вудивисса", введенный автором в краткой и в расширенной модификациях. В частности, он используется при классификации качества поверхностных вод по ГОСТ 17.1.3.07-82. Основное достоинство индекса Вудивисса заключается в простоте его определения. Он тоже основан на учете любых представителей крупных и широко известных таксономических групп макрозообентоса. В некоторых случаях его применение может быть весьма эффективным, особенно при использовании его в комбинации с оценкой абиотических условий ("бельгийский метод"). Однако, иногда индекс Вудивисса, наоборот, характеризует качество среды весьма неадекватно. Он отражает, в основном, степень загрязненности органическими веществами. Диагностическая ценность индекса также ограничивается искусственностью выделенных его количественных градаций. Кроме того, применение индекса Вудивисса в авторских модификациях ограничено территориально. При применении в других регионах его структуру приходится несколько изменять соответственно составу местного бентоса по усмотрению исследователя.

Известны также другие попытки судить о чистоте воды по аналогичным качественным признакам - по присутствию особей любых представителей какого-либо таксона надвидового ранга: поденок, веснянок и ручейников двустворчатых и брюхоногих моллюсков, и др. Наличие любых представителей некоторых весьма крупных таксономических групп (от семейств до классов) рассматривается в качестве индикаторного признака токсобности ГОСТом 17.1.2.04-77 "Охрана природы. Гидросфера.

Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов". Соотношения показателей обилия представителей таксономических групп надвидового ранга макрозообентоса также активно применяются для оценки условий среды и их изменения. Так, используются соотношения численности (или биомассы) амфипод и изопод, нематод из различных подклассов; олигохет и тотального бентоса; олигохет и насекомых, олигохет и хирономид, олигохет и гаммарид (Зиновьев, 1987), и др. Значения перечисленных показателей считаются прямо зависящими от степени загрязненности водной среды.

Подобные же индексы часто рассчитываются экологами не только для всего макрозообентоценоза в целом, но и для отдельных таксономических групп бентонтов, делимых на подгруппы по каким-либо систематическим или функциональным признакам. Соответственно, в этих случаях индексы строятся на сопоставлении показателей обилия подгрупп. Таким образом соотносятся показатели обилия подгрупп личинок хирономид, поденок, ручейников, ракообразных, моллюсков, нематод, пиявок и др. Особенно много индексов построено на сопоставлении обилия различных подгрупп олигохет.

Существенным недостатком всех этих индексов является то, что в общие крупные группы объединены виды с очень разными требованиями к среде. Например, трудно согласиться, что присутствие особей любого вида хирономид или любого вида ручейников

одинаково характеризует среду. На самом деле эти большие таксономические группы объединяют виды с очень разными "экологическими валентностями": от весьма требовательных ("стенобионтных") до неприхотливых ("эврибионтных"). Поэтому подобные индексы, привлекательные своей простотой, не всегда обеспечивают достаточную надежность биоиндикации.

Например, при анализе показателей обилия личинок хирономид учитывается, что доля видов подсемейства Orthocladiinae в них обычно находится в обратной зависимости от степени загрязненности, а доля видов подсемейства Tanypodinae - в прямой. Но при загрязнении водотоков описаны видоспецифичная стимуляция некоторых ортокладиин, и, наоборот, лимитирование таниподин, что противоречит привычным представлениям об индикаторной роли этих подсемейств. Аналогично, для биоиндикации среды по состоянию сообщества олигохет часто рассчитываются различные соотношения их толерантных и резистентных таксономических групп (семейств, родов или видов), или избирательно учитываются показатели обилия таких групп.

Но и эти индексы часто дают ошибочную оценку качества среды и т.п. Таким образом, учитывая значительную видоспецифичность требований гидробионтов к условиям среды, для обеспечения приемлемой точности биоиндикации требуется учитывать видовой состав макрозообентоса.

#### **Список литературы:**

1. Алимов А.Ф. Продуктивность сообществ беспозвоночных макрозообентоса в континентальных водоемах СССР: Обзор // Гидробиол. ж. - 1982 -С. 7-18.
2. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию - Л.:Гидрометеиздат,1989 – 152 с.
3. Алимов А.Ф. Основные положения теории функционирования водных экосистем //Гидробиол. ж. - 1990 -Т.26, N6 - С.3-12
4. Алимов А.Ф. Разнообразие в сообществах животных // Биол. разнообразие - подходы к изучению и сохранению: Матер, конф. Биол. ин-та РАН и Зоол. ин-т РАН, Ленинград, 14-15 февр. и 14-15 мая, 1990 -СПб, 1992 - С. 153-162
5. Алимов А.Ф. Разнообразие, сложность, стабильность, выносливость экологических систем // Ж. общ. биол. Т.55. - 1994 - N3 - С. 285.
6. Алимов А.Ф., Тесленко В.А. Структурно-функциональные характеристики речного бентоса в зоне антропогенных воздействий // Гидробиол. ж. - 1988 - Т. 24, N2 - С. 27-31
7. Беляков В.П. Видовая и трофическая структура сообществ макрозообентоса в озерах разного типа // Изменение структуры экосистем озер в условиях возрастающей биогенной нагрузки - Л.:Наука -1988 - С. 245-267.
8. Вахрушев А.А., Раутиан А.С. Исторический подход в экологии: сущность и перспективы //Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. Мат. конф. БИН РАН и ЗИН РАН, 14-15 февр. и 14-15 мая 1990 г., Ленинград - СПбД992 - С. 81-91
9. Верниченко А.А. Обобщение гидрохимических и гидробиологических данных при осуществлении экологического мониторинга качества вод //Пробл. экол. Прибайкалья: Тез. докл. к 3 Всес. науч. конф., Иркутск 5-10 сент., 1988. 4.2 - Иркутск, 1988 - СЮ
10. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Указание Госкомгидромета N250-1163 от 22.09.86г.
11. ГОСТ 17.1.3.07-82 "Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков". 12 с.
12. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и

правила таксации рыбохозяйственных объектов". 17 с.

13. Гусев А.В. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения - М.: Пищевая промышленность, 1975 - 367 с.

14. Долгов Г.И., Никитинский Я.Я. Гидробиологические методы исследования // Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод - М., 1927 - С. 1-76

15. Дьячков А.В. О необходимости создания универсальной классификации качества вод // Гидробиол. ж. - 1984 - Т. XX, N3 - С. 43-45

16. Жерихин В.В. Использование палеонтологических данных в экологическом прогнозировании // Экологическое прогнозирование - М.: Наука, 1979 - С. 113-132

17. Замолодчиков Д.Г. Оценки экологически допустимых уровней антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем - 1993 - Т. 15 - С. 214-233

18. Зимбалева Л.Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ - Киев: Наукова думка, 1981 - 216 с.

19. Зиновьев В.П. Экспресс-методы определения качества вод по зообентосу в реках Восточной Сибири // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод - 1987 - N1 - С. 84-89

20. Зоммер Е.А., Прозоровский В.Б. Реализация принципов общей токсикологии в регламентировании химических веществ в воде рыбохозяйственных водоемов // Охрана природы от загрязнений пром. выбросами предприятий целлюлоз.-бум. пром-сти - Л., 1983 - С. 22 -32

21. Зубкович Э.С., Ешина М.П., Москлева Н.В., и др. Сравнительная устойчивость водных организмов различного трофического уровня к некоторым компонентам сточных вод // Пробл. экол. Прибайкалья: Тез. докл. к 3 Всес. науч. конф., Иркутск 5-10 сент., 1988. Ч. 3 - Иркутск, 1988 - С. 74

22. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон - М.: Наука, 1984 - 207 с.

23. Пареле Э.А., Астапенко Е.Б. Тубифициды - индикаторы качества водоема // Изв. АН ЛатвССР - 1975 - N9 (338) - С. 44-46

24. Пастухова Е.В. Пространственное распределение макробентических сообществ и их трофическая структура в малых долинных водохранилищах // Экология - 1976 - N6 - С. 65-72 Оценка степени загрязнения вод по показателям зообентоса. // Тр. 4

25. Поволж. конф. "Пробл. охраны вод и рыб. ресурсов.", Казань, 9-15 апр., 1990. Т1. - Казань, 1991. - С. 55-58.

## ДИСФУНКЦИЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО НАПОЛНЕНИЯ ПЛАВАТЕЛЬНОГО ПУЗЫРЯ - ОДНА ИЗ ПРИЧИН АНОМАЛИЙ РАЗВИТИЯ МОЛОДИ РЫБ

Ларина Т.М., Журавлёва Н. Г. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «Биоэкологии» )  
Оттесен О. (Ottesen O.)(Bodo College University, Norway)

The functioning of the swimbladder in adult fish presents some unique physiological aspects, which have not been extrapolated backward to early stages of development. With respect to swim bladder inflation, cod are physoclistous larvae which form and fill the swim bladder with air, at first feeding. The duration of the window for swim bladder inflation, has not yet been experimentally defined.

Для выяснения причин аномалий развития плавательного пузыря необходимо разобраться в механизмах его наполнения. Сам по себе плавательный пузырь – это гидростатический орган, расположенный дорзально в брюшной полости у костистых рыб (Рис. 1).

Причем у большей части костистых рыб он является отдельным дорзальным выростом пищеварительного канала (Steen, 1970). Все виды взрослых рыб делятся на открытопузырных и закрытопузырных.

У открытопузырных видов рыб имеется связь между плавательным пузырьём и пищеварительным трактом в форме клапана – пневматического дукта (трубочки), который может быстро менять давление в плавательном пузыре посредством выпуска воздуха, либо сжатия воздуха по каналу. У взрослых закрытопузырных рыб нет клапана между плавательным пузырьём и пищеварительным трактом. Давление в плавательном пузыре регулируется двумя участками – газовой железой и овалом.

Газовая железа – это область в стенке плавательного пузыря, с цилиндрическим и кубическим эпителием. Под эпителием плотно друг к другу лежит двойная сеть капилляров. Газовая железа продуцирует лактат, который распространяется по сети капилляров. Это даёт локальное понижение рН в крови и инициирует эффект Рута, то есть гемоглобин делает кислород более плотным. Это наряду с принципом кровотока в капиллярах обеспечивает высокие концентрации кислорода в газовой железе. Как только частичное давление кислорода и двуокиси углерода в крови станет выше, чем в плавательном пузыре, газ начнет распространяться в плавательном пузыре. Овал реабсорбирующая часть, которая регулируется гладкой мускулатурой. Она богата кровью, расположена дорзально на плавательном пузыре. В области овала стенка плавательного пузыря тонкая, реабсорбция – пассивный процесс, который проникает, так как давление газа в плавательном пузыре всегда выше, чем в крови. Многие закрытопузырные рыбы в раннем онтогенезе являются промежуточно открытопузырными. Можно видеть, что у них есть канал между пищеварительным трактом и плавательным пузырьём на стадии личинки. При раннем развитии газ накапливается и давление устанавливается путем регулирования газовой железой и овалом (Steen, 1970).



Рис 1. Часть личинки трески в возрасте 55 дней. Переполнение плавательного пузыря газами. Шотландия. Ардтое.

Таблица 1. **Время наполнения плавательного пузыря рыб разных систематических групп**

Атлантическая треска <i>Gadus morhua</i>	Наполнение плавательного пузыря происходит на 5 сутки после вылупления (Yin и Blaxter, 1986). Продолжительность наполнения с 6-15 день после вылупления.
Пикша <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Наполнение плавательного пузыря закончилось, когда личинки достигли средней длины 5.0 мм (на 10-12 день после вылупления длина личинки в среднем 4,8мм), при этом овал отсутствовал. Наполнение плавательного пузыря происходит вскоре после резорбции желточного мешка. Кроме того, у личинок в природных условиях длиной 4-4.5 мм пневматическая трубочка закрыта, в то время как у личинок сходного размера в лабораторных условиях пневматическая трубочка оставалась открытой, поэтому состояние пневматической трубочки не даёт ответа относительно способа наполнения. Однако, нельзя исключать, что возможно наполнение происходит посредством заглатывания воздуха (Schwarz, 1971). Интересная альтернатива была предложена Powers о том, что начальное наполнение должно происходить прежде, чем начнет функционировать газовая железа. Хотя автор не уверен, как это происходит, он предположил, что возможен распад некоторых органических материалов эпителия плавательного пузыря, что приводит к выделению углекислого газа в просвет пузыря (Powers, 1932).
Окунь <i>Perca fluviatilis L.</i>	Disler и Smirnov выявили, что у 5-6-дневных личинок окуня, средняя длина которых 8 - 9 мм, наблюдается наполненный воздухом плавательный пузырь (Disler and Smirnov, 1977). Vlavonou наблюдал начальное наполнение через 72 часа после вылупления личинок окуня. Расширение пузыря произошло на 7 день после вылупления, но пневматическая трубочка все еще не функционировала (Vlavonou, 1996). Egloff полагал, что окончание наполнения у евразийского окуня наблюдается на 21 день после вылупления, хотя возможно наполнение до 30 дня после вылупления (Egloff, 1996). Механизмы, вовлеченные в окончание наполнения, остались неизвестными.
Тиляпия <i>Tilapia mossambica</i>	Личинки тиляпии наполняют плавательный пузырь на 5-ые сутки после вылупления. Первоначально пузырь тиляпии не имеет никакой пневматической трубочки, и личинки не заглатывают атмосферный воздух для первоначального наполнения плавательного пузыря. Способ первоначального наполнения плавательного пузыря и функциональная роль пневматической трубочки остаются неясными. Личинки тиляпии завершают наполнение плавательного пузыря между 7- 9-ым днем после вылупления, (Doroshev, S.I., Cornacchia, J.W., 1979).
Полосатый окунь <i>Morone saxatilis</i>	Личинки полосатого окуня наполняют плавательные пузыри на 5-7-ые дни после вылупления. Способ начального наполнения и функциональная роль пневматической трубочки остаются неясными. Процесс наполнения предшествовал или был одновременным с началом перехода личинок на экзогенное питание, что наблюдалось и в естественных условиях (Bulak, Heidinger, 1980).

Полосатый трубач <i>Latris lineata</i>	Начальное наполнение газом произошло на 11 день после вылупления, после резорбции желточного мешка (средний размер личинок- 5.7 мм). Просвет наполненного плавательного пузыря имел эллипсоидальную форму и эпителий был кубическим. В течение начального периода наполнения плавательного пузыря пневматический дукт контактирует с кишечником в области перехода пищевода в желудок. Пневматический дукт имелся у всех личинок, и был расширен у некоторых из них как с наполненным так и без наполнения плавательным пузырем. У таких личинок вакуоли в клетках эпителия кишки вокруг пневматической трубочки были большие и более многочисленные, чем в течение стадии расширения (A.J. Trotter, P.M. Pankhurst, P.R. Hart, 2001).
<i>Stizostedion lucioperca</i>	У личинок <i>Stizostedion lucioperca</i> плавательный пузырь появился между третьим и пятым днем после вылупления, а его наполнение происходит на 9-11 день. Согласно С.И. Дорошеву (Doroshev et al., 1981), наполнение плавательного пузыря совпадает с абсорбцией желтка. Однако, наполнение плавательного пузыря имеет место и в начальной фазе резорбции желтка.
<i>Percina caprodes</i>	<i>Percina caprodes</i> наполняли свои пузыри между 6 и 8 днями после резорбции желточного мешка (Disler and Smirnov, 1977).
<i>Solea solea</i>	Личинки <i>Solea solea</i> наполняли пузыри после 14-ого дня жизни (Boulhic, Gabaudan, 1992).

Период наполнения плавательного пузыря является критическим периодом и различается у рыб разных систематических групп. В таблице 1 представлены данные о времени наполнения плавательного пузыря.

Материалом для исследований служила молодь атлантической трески *Gadus morhua morhua* L. Характеристика кормовых условий выращивания молоди приведена в таблице 1. Личинки трески были собраны на рыбоводных фермах Норвегии, Шотландии, Исландии, а также Оркнейских, Лофотенских островов и зафиксированы по 30 шт. в возрасте 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 суток. Для фиксации материала использовали 10% нейтральный формалин и фиксатор Карновского. Для приготовления препаратов использовали общепринятые гистологические методики.

Дисфункция, а именно переполнение плавательного пузыря газом может происходить вследствие задержки развития овала, который ответственен за освобождение плавательного пузыря от излишних газов при погружении личинок на глубину.

В природных условиях в этот период развития молодь трески обитает в горизонтах от поверхности до 10 – 13 метров. При выращивании же молодь трески вынуждена постоянно держаться в поверхностных слоях воды из-за неглубоких бассейнов (1 – 1,5 м) и для поддержания плавучести иметь наполненный газом плавательный пузырь. Следует учитывать, что переполненный плавательный пузырь, сдавливая, парализует функцию симпатического нерва, ответственного за регуляцию функции опустошения газов овалом в том случае, когда последний уже развит. Переполненный плавательный пузырь оказывает давление на нотохорд, что ведет к его деформации.

Важно подчеркнуть, что вышеуказанные нарушения структуры и функции плавательного пузыря инициируют отклонения в развитии других жизненно важных органов, в частности печени и почек, в которых в ряде случаев отмечены воспалительные процессы.

**Список литературы:**

1. Boulhic M. and Gabaudan J., 1992 Histological study of the digestive system and swim bladder of the Dover sole, *Solea solea* (Linnaeus 1758), *Aquaculture* 102, pp. 373–396.
2. Bulak J.S. and Heidinger R.C., 1980 Developmental anatomy and inflation of the gas bladder in stripes bass, *Morone saxatilis*, *Fish. Bull.* 77 (4), pp. 1000–1003.
3. Disler N.N. and Smirnov S.A., 1977 Sensory organs of the lateral-line canal system in two percids and their importance in behaviour, *J. Fish. Res. Board Can.* 34 (1977), pp. 1492–1503.
4. Doroshev S.I. and Cornacchia J.W., 1979 Initial swim bladder inflation in the larvae of *Tilapia mossambica* (Peters) and *Morone saxatilis* (Walbaum), *Aquaculture* 16 (1979), pp. 57–66.
5. Egloff M., 1996 Failure of swim bladder inflation of perch, *Perca fluviatilis* L. found in natural populations, *Aquat. Sci.* 58 (1), pp. 15–23.
6. Fange R (1983) Gas exchange in fish swim bladder. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* Springer-Verlag. 97:112-158
7. Schwartz A., 1971 Swim bladder development and function in the haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. *Biol Bull (Woods Hole)* 141: 176-188.
8. Steen J.B., 1970. The swim bladder as a hydrostatic organ. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. (Eds.), *Fish Physiology* vol. IV. Academic Press, New York, pp. 413-443.
9. Trotter A.J., Pankhurst P.M., Hart P.R., 2001. Swim bladder malformation in hatchery-reared striped trumpeter *Latris lineata* (Latridae). *Aquaculture* 198, 41-54.
10. Yin M.C., Blaxter J.H.S., 1986. Morphological changes during growth and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 104, 215-228.

## СЛОЖНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЖИЗНЕСТОЙКОЙ МОЛОДИ ТРЕСКИ *GADUS MORHUA L.* НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ

Ларина Т.М., Журавлёва Н. Г. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии), Оттесен О. (Ottesen O.)( Bodo College University, Norway)

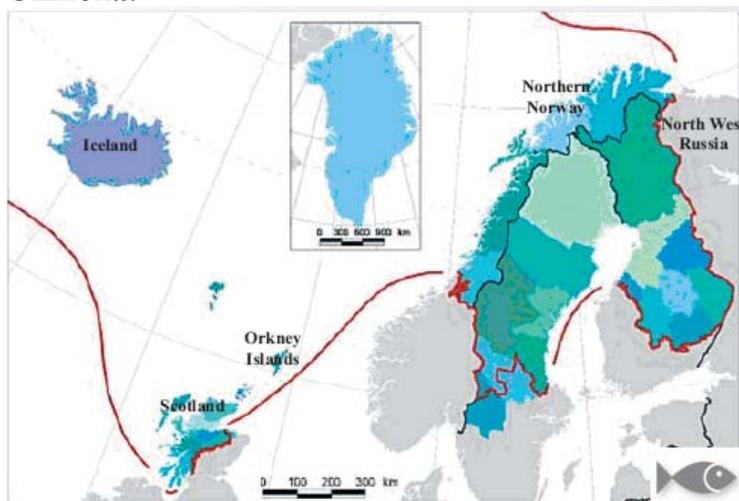
Notochord deformities and curvatures may appear due to distended intestine resulting from a large intake of food that put pressure on the notochord. The expertise will allow an optimization of the diets, regimes of feed supply and rearing conditions of the juvenile that will lead to the increase in survival of the fish at the initial development stages.

В настоящее время разведение морских рыб - это сложная задача, сопряженная в каждом отдельном случае с большими трудностями, а также с огромными затратами труда и материальных ресурсов. Сложнейший этап этих работ - получение жизнестойкой молоди, так как личинки малы, и подобрать подходящий для них состав искусственного корма очень трудно (Таблица 1).

Таблица 1. Характеристика кормовых условий выращивания молоди трески на рыбоводных фермах

Рыбоводные фермы	Коловратки, шт./мл	Науплии <i>Artemia salina</i> , шт./мл	Естественный зоопланктон (160-500мкм), шт./мл
Шотландия Ardtoe, Viking Ltd	1-7	0,1-0,5	
Норвегия Lofilab			0,1-0,5
Исландия IceCod		0,1-0,5	
Оркнейские о-ва Nufish	1-7	0,1-0,5	
Норвегия Morkvedbuchta			0,1-0,5

### Ошибка!



Молодь трески была собрана на фермах Шотландии, Исландии, Норвегии, а также Оркнейских и Лофотенских островов (Рис.1).

Опыты проводили на серии состоящей из постепенно развивающихся личинок трески, пробы собирались еженедельно. В нашей серии были собраны личинки, начиная с особей в возрасте 0 дней после вылупления и до личинок в возрасте 55 дней после вылупления.

В качестве материала для исследования служили также личинки трески, выращенные в

условиях бассейнов аквариальной базы ММБИ в пос. Дальние Зеленцы (Восточный Мурман) и экспериментальной базы университета Бодэ (Норвегия). Температура воды, поступающей в бассейны в период выращивания личинок, соответствовала температуре воды в природных условиях и составляла на Восточном Мурмане 4-6<sup>0</sup> С, в средней части Норвегии 10-12<sup>0</sup> С. В период инкубации икры на Восточном Мурмане температура воды была 2-3<sup>0</sup> С. В качестве корма использовали однодневных науплий артемий. Личинок фиксировали на 8,10,13,18, 40 и 46 сутки. В качестве фиксирующих веществ применяли жидкость Буэна, 10% нейтральный формалин, абсолютный спирт и смесь Ценкера. Изготавливали сагиттальные фронтальные гистологические срезы толщиной 3 мкм. Парафиновые срезы окрашивали классическими методами, использовали ряд гистохимических методов для выявления гликогена, нейтральных и кислых мукополисахаридов. Срезы окрашивали триоксигематеином Ганзена, по Маллори, галлоцианином, тионином и альциановым синим.

В таблице 2 приведены обобщенные данные по количеству выявленных нарушений.

Таблица 2

Выявленные нарушения:	Количество случаев выявленных нарушений			
	Оркнея Orknea	Ардтое Ardtoe	Исландия Iceland	Лофотены Lofilab
<b>Артефакт (Artefact)</b>		<b>4</b>		
<b>Норма (Normal)</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>6</b>
Асцит (Ascit)	10	6	4	6
Оэдима (Oedema)	6	6	5	14
Аденома (Adenoma)	5	6	4	4
Герния (Hernia)	1		1	1
Повреждение кишки (Injury of gut)	3	3	2	15
Гиперплазия (Hyperplasia)	8	14	1	14
Воспаление (Inflammation)	4	1	1	12
Гранулёма (Granuloma)	1			
Изгиб (Curvatura)	4	5	1	11
Переполнение Кишечника (Overfilled gut)	1		1	
Переполнение плавательного пузыря (Overfilled of swim bladder)				1

Одним из факторов, влияющих на выживаемость молоди рыб, могут быть нарушения обмена и роста, приводящие к развитию опухолей в плавательном пузыре. У выращиваемой на фермах молоди трески выявлены доброкачественные или зрелые опухоли (Рис 2).

Подобные изменения приводят к перманентному значительному расширению плавательного пузыря, что в свою очередь вызывает постоянное механическое давление на нотохорд. В результате наблюдается искривление нотохорда и в дальнейшем деформация осевого скелета в виде кифоза позвоночника.

Кроме того деформации нотохорда у молоди трески в ряде случаев наблюдаются, когда в кишечнике отмечены слишком крупные ракообразные, которые своими острыми конечностями могут травмировать эпителий стенки кишки, либо нарушать целостность мукозы. Последнее может приводить к асциту брюшной полости. Продолжительное клинически выявляемое воспаление брюшной полости, совместимое с жизнью, в дальнейшем ведет к кифозу позвоночника у молоди трески.

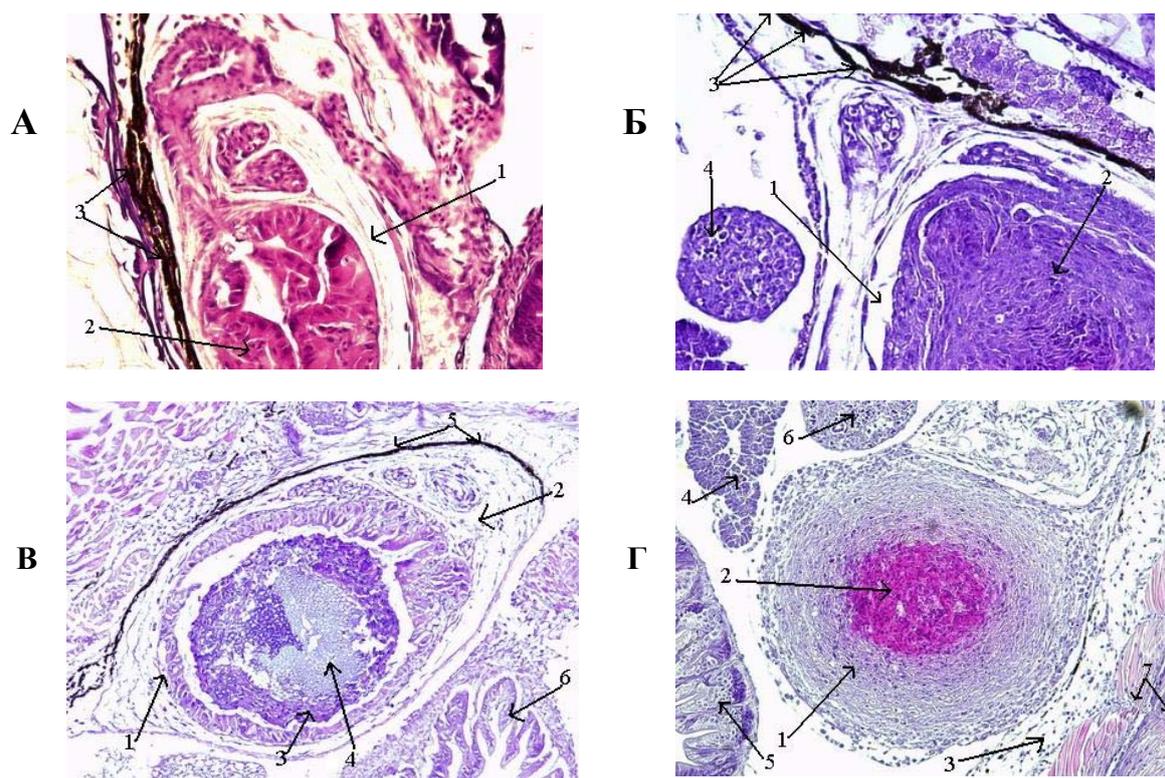


Рис 2.

- А** - Часть сагиттального среза личинки трески в возрасте 42 сут. Гиперплазия. Гематокилин Ганзена, эозин. Увел: об. 40, ок. 10. Оркнейские о-ва. 1 – плавательный пузырь; 2 - гиперплазия; 3 – пигментные клетки.
- Б** - Часть сагиттального среза личинки трески в возрасте 42 сут. Аденома в плавательном пузыре. Гематокилин Ганзена, эозин. Увел: об. 40, ок. 10. Оркнейские о-ва. 1 – плавательный пузырь; 2 - аденома; 3 – пигментные клетки; 4 – селезенка.
- В** - Часть сагиттального среза личинки трески в возрасте 34 сут. Аденома с кальцификацией в плавательном пузыре. Гематокилин Ганзена, эозин. Увел: об. 40, ок. 10. Исландия. 1 – плавательный пузырь; 2 – оэдима; 3 – аденома; 4 – кальцификация; 5 – пигментные клетки; 6 – кишечник.
- Г** - Часть сагиттального среза личинки трески в возрасте 42 сут. Гранулёма. Гематокилин Ганзена, эозин. Увел: об. 10, ок. 20. Оркнейские о-ва. 1 – гранулёма; 2 – некротические изменения в клетках; 3 – воспаление соединительной ткани; 4 – поджелудочная железа; 5 – кишечник; 6 – селезёнка; 7 - мышцы.

У личинок баренцевоморской трески, выращенной на Восточном Мурмане, до 14 дня плавательный пузырь не имеет просвета. Начиная с 15 дня, у большинства личинок виден просвет в плавательном пузыре. К 21 дню плавательный пузырь наполнен газами, формируется газовая железа.

Переуплотнение плавательного пузыря газами и его воспаление приводят к деформации ното хорда. Переуплотнение плавательного пузыря газами, происходящее вследствие задержки развития овала, который ответственен за освобождение плавательного пузыря от излишних газов при погружении личинок на глубину. Переуплотненный плавательный пузырь, сдавливая, парализует функцию симпатического нерва, ответственного за регуляцию функции опустошения газов овалом в том случае, когда последний уже развит.

## СУДЕБНАЯ ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ РОСПРИРОДНАДЗОРА ПО МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДЕЛАМ ОБ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЯХ

Мартемьянова Е.С. (Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии, [axday@mail.ru](mailto:axday@mail.ru))

Рассмотрены штрафные санкции Управления Росприроднадзора по Мурманской области по видам государственного контроля, эффективность судебной практики, соотношение затрат и оспариваемых штрафов. Дан анализ причин обращений граждан.

Судебная практика Управления Росприроднадзора по Мурманской области по делам об административных нарушениях направлена на защиту правовых основ государственной политики, исходя из которой ценность сохранения природных комплексов при решении социально-экономических задач находилась бы в устойчивом балансе интересов субъектов хозяйственной деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду региона. На территории региона расположено 350 объектов природопользования, подконтрольных Управлению Росприроднадзора по Мурманской области: по геологическому контролю и охране недр; по надзору за водными и земельными ресурсами; по экологическому контролю, контролю за ООПТ и разрешительной деятельности. Расположение потенциально опасных из них, входящих в федеральный перечень государственного контроля, представлено на (рис.1). Государственный контроль в сфере природопользования региона свидетельствует о преобладании правонарушений водного законодательства и в территориальных водах РФ,

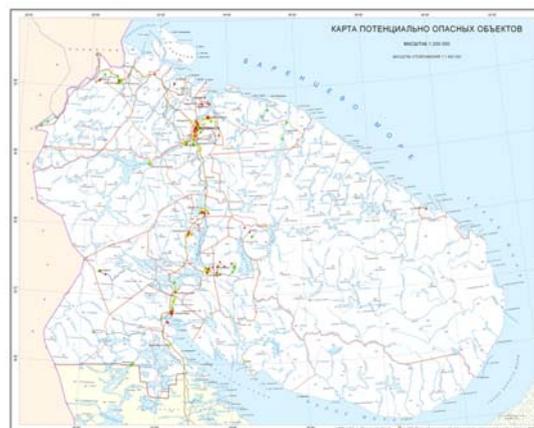


Рис. 1. Потенциально опасные производственные объекты.

прилегающих к побережью Баренцева моря. Подробнее эти вопросы были рассмотрены ранее в работах автора [2,3]. Динамика взыскания штрафов за экологические правонарушения по-казывает, что объем взыскиваемых сумм в сфере недропользования остается примерно на одном уровне, а возросло число нарушений и штрафных санкций в сфере водо- и землепользования. Анализ данных рис. 2 по комплексному загрязнению почв региона указывает о наибольших загрязнениях в зоне влияния ГМК "Печенганикель" и ЗАТО Североморск. В 2009г. было вынесено решение суда в пользу Управления Росприроднадзора за загрязнение почв и водных объектов подразделениями Северного флота. В ходе длительного судебного разбирательства сумма взыскания составила 40.8 млн. рублей. Из них 10 млн. рублей направлено в муниципальное образование г. Североморск на экологические цели, а остальные средства, согласно представленным планам работ, пойдут на восстановление нарушенной природной среды береговых подразделений Северного Флота. Значительные средства затрачены на проведение работ по восстановлению нарушенной природной среды в районе дислокации топливного комплекса Северного флота. Также много нарушений экологических требований на других промышленных предприятиях региона, незаконной деятельности на особо охраняемых территориях (рис.3). По сравнению с предыдущими годами 2009г. характеризовался заметным увеличением количества рассматриваемых дел в судах и возросшим количеством судебных заседаний (рис. 3, 4). Общее количество судебных решений, вынесенных в

пользу Управления Росприроднадзора по итогам года составляет 96 %, по обжалованным постановлениям по штрафным санкциям - 91%. Предприятия и организации значительно укрепили свои юридические службы и, располагая серьезными финансовыми возможностями, оспаривают в судах практически каждое постановление о применении штрафных санкций. Например, ОАО «РЖД», не считаясь со своими судебными расходами в 2009г. судилось с Управлением до третьей инстанции (Федеральный арбитражный суд Московского округа) по обжалованию постановления о штрафе в размере 50 тыс. руб. В итоге принято судебное решение в пользу Управления Росприроднадзора по Мурманской области.

Рис. 2. Ранжирование региона по показателю суммарного загрязнения почвы (Ксум) в 2009г.

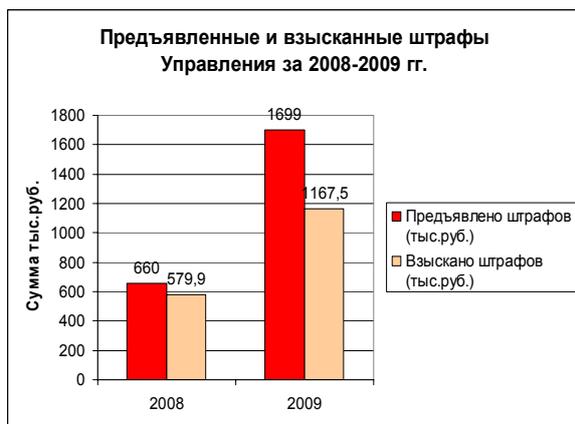
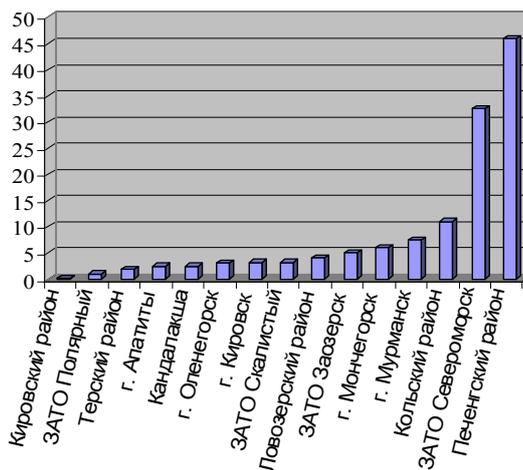


Рис.3. Штрафные санкции Управления Росприроднадзора по видам контроля

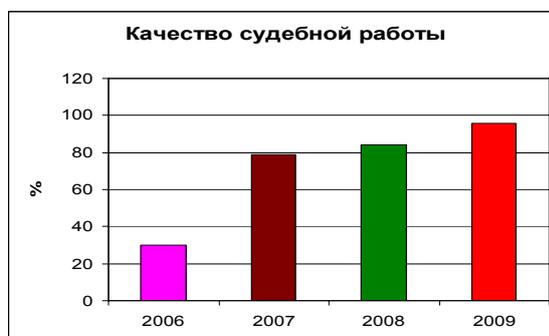
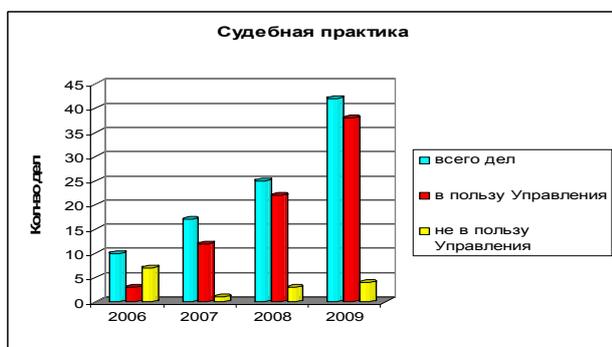


Рис. 4. Динамика эффективности судебной практики Управления Росприроднадзора по Мурманской области

Из анализа судебных дел следует отметить значительно возросшую требовательность судей к качеству подготовки административных материалов (определений, протоколов, постановлений). Самому тщательному изучению со стороны судей подвергаются материалы, приводимые в качестве доказательной базы. Малейшие упущения, к примеру по процессу отбора проб, описанию расположения ливневой канализации на производственной площадке предприятия, по приобщению к материалам дела тех или иных доказательств, в том числе фото- и видеоматериалов, по отсутствию понятых и т.д., неизменно приведут к проигрышу в процессе судебного разбирательства. Судами к государственному экологическому инспектору предъявляются те же высокие требования, что и к дознавателю или следователю. Государственному инспектору, не обладающему юридической подготовкой, сложно успешно решать свои профессиональные задачи. Не случайно каждое второе дело по стране решается не в пользу Федеральной Службы Росприроднадзора РФ, а это значит что виновный природопользователь избежал ответственности из-за того, что государственный инспектор «забыл» включить в протокол осмотра территории двух понятых или включил всего одного, или должным образом не известил природопользователя о времени и месте рассмотрения дела, или природопользователь явился к инспектору на рассмотрение дела с доверенностью, текст которой не был проверен инспектором, а затем в судебном заседании судьей такая доверенность была признана недействительной.

В качестве примера можно привести Арбитражное дело по механизированной колонне № 46 (г. Кандалакша), где на типовом бланке получения материальных ценностей, было рукописно написано и заверено подписью руководителя, печатью организации, что данная доверенность выдана для участия в административном деле с Управлением Росприроднадзора по Мурманской области. Судьи не только посчитали такую доверенность недействительной, но и приняли решение, что природопользователь должным образом не извещен о времени и месте рассмотрения административного дела, а ведь в Постановлении Пленума Высшего Арбитражного суда № 10 от 2 июня 2004г в п.24 прямо указано, что наличие доверенности, выданной законным представителем юридического лица для участия в конкретном административном деле у представителя лица, привлекаемого к административной ответственности, явившегося на рассмотрение дела, свидетельствует о должном уведомлении природопользователя о времени и месте рассмотрения дела. Тем не менее озвученный факт судебного решения имел место. Данное судебное дело обжаловалось Управлением в Высшем Арбитражном суде РФ.

Поэтому в Управлении Росприроднадзора регулярно проводятся занятия с государственными инспекторами всех подразделений службы (рис. 5). На занятиях рассматриваются примеры из судебной практики арбитражных судов, судов общей юрисдикции, судебные решения с участием Управления Росприроднадзора по Мурманской области, разъясняются спорные ситуации, вырабатываются алгоритмы действий в той или иной ситуации; изучаются изменения в законодательстве, а также руководящие и информативные документы, поступающие из Правового Управления ФС Росприроднадзора. Анализируются причины обращений граждан [1, 4]. Из проанализированных автором письменных обращений 19 - жалобы на состояние атмосферного воздуха, 5 - жалобы, касающихся нарушения законных прав (с просьбой разъяснения прав, законов), 4 - сообщения о свалках. В 2009 году был зафиксирован значительный рост обращения граждан с жалобами на состояние атмосферного воздуха в городах Мурманск, Североморск, п. Сафоново, Росляково. Как показало расследование, причинами этих обращений послужили действия энергетиков при выпаривании остатков топлива из железнодорожных цистерн, а также испарения при постоянной перевалке углеводородного сырья на рейдовых перегрузочных комплексах в Кольском заливе.

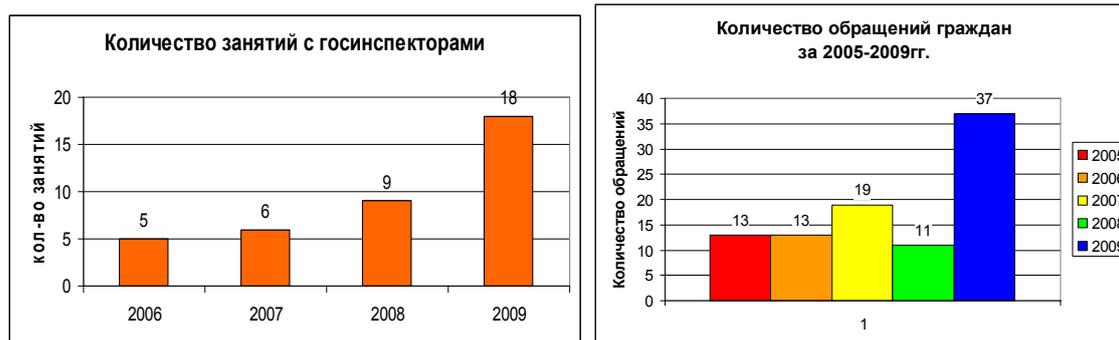


Рис.5. Динамика занятий с госинспекторами и обращений граждан.

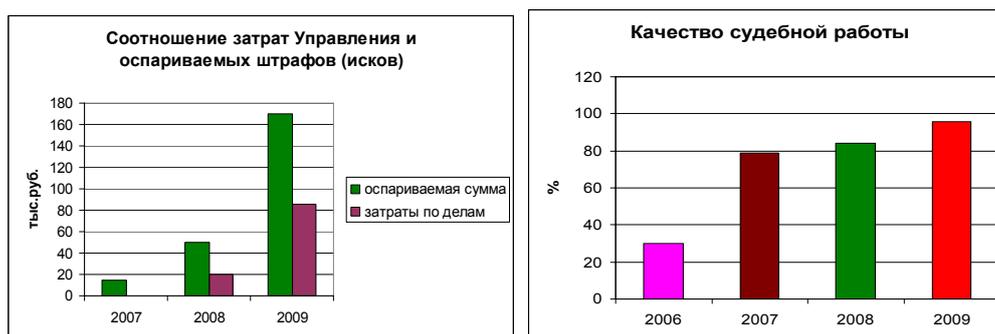


Рис. 6. Соотношение затрат Управления Росприроднадзора и оспариваемых штрафов.

В целом соотношение затрат на ведение дел по экологическим правонарушениям в арбитражных судах и оспариваемых сумм штрафов свидетельствует об экономической эффективности работы правового отдела (рис. 6). А если учесть предотвращенный экологический ущерб, который мог иметь место в случае бездействия службы государственного экологического надзора, то становится очевидной необходимость увеличения числа внеплановых проверок, технического, лабораторного оснащения инспекционных служб, повышения их юридической подготовки. Так число рассмотренных дел за 3 года возросло в 3 раза. На каждое дело приходится по 2-3 судебных заседания. Из них в пользу Управления Росприроднадзора по Мурманской области разрешено 85- 90 % дел (табл. 1). Остальные - не в пользу Управления, судебные решения по которым обжалуются в различных судебных инстанциях в том числе в Высшем Арбитражном Суде РФ.

В 2008г. сформирована Мурманская межрайонная природоохранная прокуратура, в состав которой входит Межведомственный совет по борьбе с экологическими преступлениями и правонарушениями в сфере защиты окружающей среды и экологических прав граждан. Совместные проверки с прокуратурой более продуктивны, так как полномочия прокурора гораздо шире, чем у государственного экологического инспектора.

Таблица 1. Динамика ведения экологических административных дел

Показатель	2007г.	2008г	2009г
Количество рассмотренных дел	14	25	42
Количество судебных заседаний	36	66	128
Количество решений в пользу Управления Росприроднадзора	12 (85,7 %)	22 (88 %)	38 (90,5 %)

Следовательно, изучив механизм правонарушений, уровень реагирования природопользователей на предписания, на судебные решения по устранению нарушений и возмещению ущерба, можно поднять на более качественный уровень сохранение окружающей среды и природноресурсного потенциала региона для обеспечения его устойчивого развития.

**Список литературы:**

1. Ведомственные материалы Управления Росприроднадзора по Мурманской области, 2003-2009гг.
2. Мартемьянова Е.С. Правоприменительная практика и эффективность мер предупреждения экологических правонарушений в деятельности предприятий и отраслей региона // Межд. научно-технич. Конф. "Современные проблемы экономики, управления, юриспруденции". Мурманск, МГТУ, 2009.
3. Мартемьянова Е.С. Земельный контроль и земельные правонарушения в регионе// Межд. научно-технич. Конф. "Современные проблемы экономики, управления, юриспруденции". Мурманск, МГТУ, 2009.
4. Как защитить ваши экологические права: Руководство для граждан и неправительственных организаций / Под ред. В.Л. Мищенко. М. : Эколайн, 2005.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО “КАЗ – СУАЛ”

**Мартемьянова Е.С.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии, [axday@mail.ru](mailto:axday@mail.ru))

Изучены экологические аспекты деятельности кандалакшского алюминиевого завода. Применяемая при производстве алюминия технология Содерберга является источником негативного воздействия на окружающую среду. Предприятие занимается модернизацией технологических процессов, внедряет ресурсосберегающие и малоотходные технологии, снижает экологические риски.

28 января 1951 г. был получен первый заполярный алюминий марки “КАЗ”. Производство алюминия осуществляется методом электролиза криолит-глиноземного расплава в электролизерах с самообжигающимися анодами. Сырьем для получения алюминия является фторированный глинозем, основным поставщиком которого является Богословский алюминиевый завод. В производстве используют криолит и магнезит, которые поставляет Полевский криолитовый завод. В соответствии с данными о годовом расходе сырья и материалов, используемых для производства алюминия-сырца расход сырья и материалов IV класса опасности (глинозем и обожженные аноды) составляет около 99 %, расход материалов II класса опасности (фтористые соли) – около 1%. Источником негативного воздействия на окружающую среду (ОС) является широко применяемая в России технология Содерберга, включающая электролизное и электролитное производства, а также вспомогательное производство: кремнево-преобразовательная подстанция, электрослужба, тепловодоснабжение (участок технического обслуживания и ремонта сетей), механическая служба основного производства, служба по изготовлению и ремонту оборудования, служба пылегазоочистки, автотранспортный, железнодорожный, ремонтно-строительный участки, складское хозяйство, объекты непромышленной сферы (профилакторий и столовая). Использование этой технологии приводит к выделению загрязняющих веществ (ЗВ) от электролизеров (фтористые соединения, пыль неорганическая, диоксид серы, оксид углерода и смолистые вещества, включая бенз(а)пирен), которые через системы газоходов поступают на два блока ”сухой” газоочистки. В электролитном отделении осуществляется разливка жидкого алюминия на цилиндрические слитки, катанку и Т-образные крупногабаритные чушки.

Экологическая политика предприятия направлена на достижение стратегической цели компании - занять лидирующее положение среди алюминиевых компаний России в области экологической безопасности и охраны ОС. КАЗ-СУАЛ стремится к выполнению всех принятых обязательств, применимых к экологическим аспектам деятельности: предотвращению образования газообразных ЗВ, твердых отходов и других факторов негативного воздействия на ОС при производстве слитков из алюминия и сплавов на его основе путем внедрения ресурсосберегающих и малоотходных современных технологий, модернизации существующих технологических процессов, разработок экологических программ и других мероприятий, направленных на улучшение результатов экологической деятельности на основе мониторинга экологических показателей, распространению экологических требований на подрядные организации и поставщиков услуг, ведущих свою деятельность на алюминиевом заводе.

В 1996-1998гг. завод приобрел и установил системы электростатических фильтров “Совплим” на стационарные сварочные посты. Эффективность очистки воздуха составила 95 %. В 1998г. введена в эксплуатацию система аспирации воздуха на складе глинозема с улавливанием мелких глиноземных фракций. Эффективность очистки воздуха составила 98%. При этом уменьшились потери глинозема при разгрузке. В 2003-2005гг. разработаны и установлены системы автоматического питания глиноземом (АПП) на четырех электролизерах.

В 2002г. введена в эксплуатацию первая очередь сооружений. При фильтрации фторсодержащих газов через слой глинозема завершается процесс хемосорбции фтористого водорода оксидом алюминия, а также происходит улавливание фторидов и смолистых веществ. В результате наблюдается уменьшение запыленности рабочей зоны и снижение объемов выбросов. В 2005г. завершено строительство газоочистных сооружений электролизного производства. Стоимость реализованного проекта составляет \$ 20 млн. Результаты испытаний показали, что эффективность газоочистных сооружений составляет 98 % (табл.1). Завод приобрел пылеуборочную машину "HENCOM". Собираемая промышленная пыль возвращается в производственный процесс. В результате модернизации снизилось негативное воздействие на окружающую среду и уменьшилась плата за загрязнение воздуха (рис.1-6).

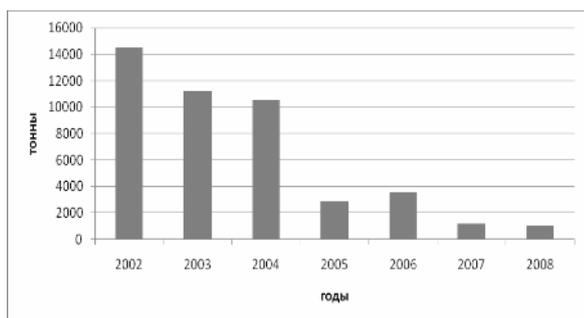


Рис.1 . Динамика выбросов в атмосферу не очищенных ЗВ.

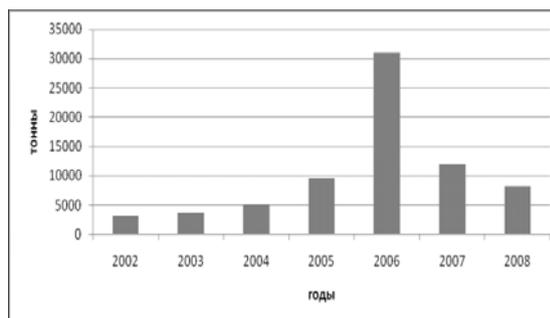


Рис.2. Динамика утилизируемых ЗВ (обезврежено, использовано в производстве серной кислоты).

Динамика снижения выбросов специфических загрязняющих веществ

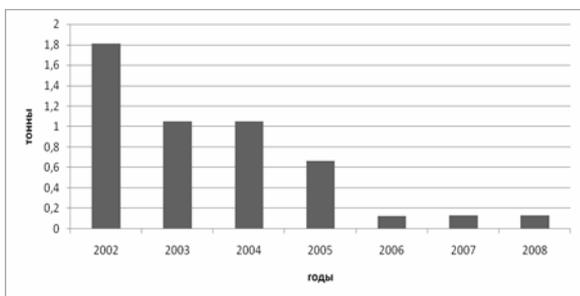


Рис.3 . Бенз(а)пирен.

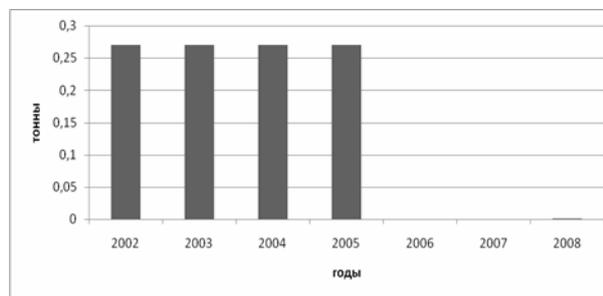


Рис.4 . Пары серной кислоты.

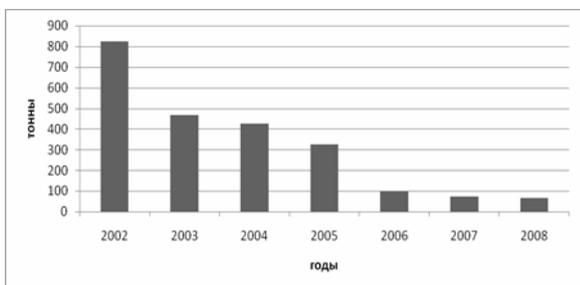


Рис.5. Фториды твердые.

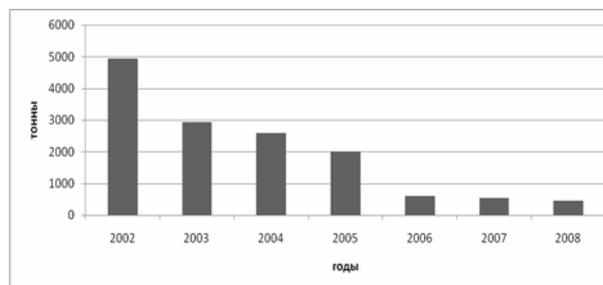


Рис.6 . Взвешенные твердые вещества.

Таблица 1. Показатели степени улавливания загрязняющих веществ из электролизных газов

Бенз(а)пирен	HF (фторводород газообразный).	F (фтор твердый)	Пыль неорганическая	Смолистые вещества
99,4 - 99,6 %	99,0 - 99,1	99,3 - 99,4 %	98,4 - 98,9 %	95,5 - 95,7 %

*Охрана водного бассейна.* Весь объем промышленных сточных вод сбрасывается не достаточно очищенным. Состав сточных вод: БПК, нефтепродукты, взвешенные вещества, сухой остаток, азот аммонийный, нитрат-ион, нитрит-ион, алюминий, фтор, железо (рис.7,8).

Анализ материалов статотчетности предприятия по форме № 2-ТП. Водхоз по фактическим объемам сброса ЗВ в промышленных сточных водах и лимитам на сброс по согласованным разрешениям за исследуемый период времени указывает на неэффективную работу эксплуатируемых очистных сооружений. За счет выделенных капвложений построена система оборотного водоснабжения и очистных сооружений промышленных ливневых стоков, проложены канализационные коллекторы и осуществлено доленое участие в строительстве общегородских очистных сооружений хозяйственно-бытовых стоков. Природоохранные объекты были введены и надежно эксплуатируются, что подтверждается снижением сбросов отдельных загрязняющих веществ, однако полной очистки стоков нет (рис.7, 8).

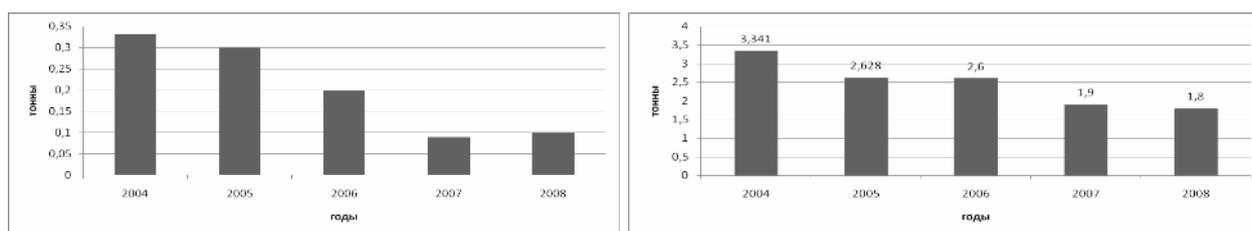


Рис. 7. Динамика сброса нефтепродуктов и БПК в сточных водах.

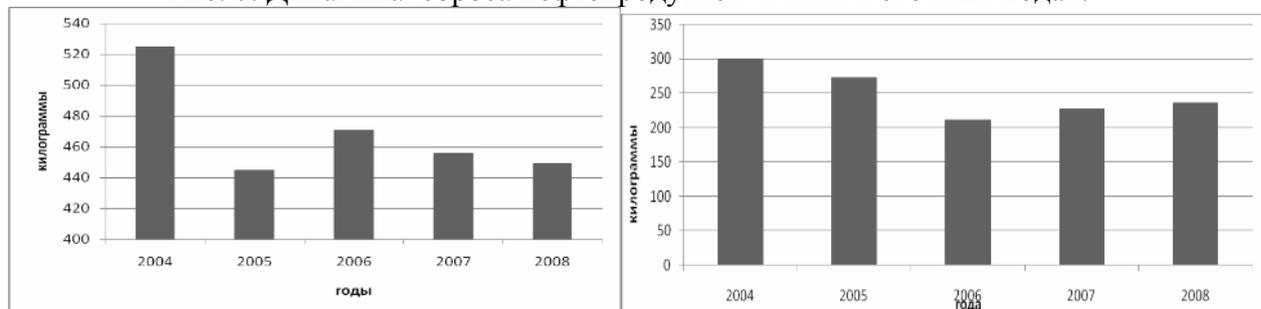


Рис. 8. Динамика сброса фтора и азота аммиачного в сточных водах.

В 1998г. введена в эксплуатацию система оборотного водоснабжения с проектной мощностью 17,5 тыс.м<sup>3</sup>/сутки. В составе оборотной системы: насосная станция, двухсекционная градирня, флотаторы для очистки горячей воды от нефтепродуктов и система трубопроводов. В 1998г. осуществлен перевод агрегатов с водяного на воздушное охлаждение. За счет этого сокращен объем водопользования и водоотведения на 300 тыс. м<sup>3</sup>/год. В 2006г. введена в эксплуатацию автоматическая система мониторинга водооборотно-го снабжения. Экологическая эффективность выполненных природоохранных мероприятий в масштабе завода достаточно высока: существенно уменьшен объем сброса загрязненных хозяйственных и производственных стоков, в 2,5 раза сокращено водопотребление свежей воды на промышленные нужды предприятия. В перспективе водоохранных задач - реконструкция действующих очистных сооружений, так как сточные воды сбрасываются не достаточно очищенными.

Производство алюминия сопровождается образованием отходов основного и вспомогательного производств. На предприятии образуется 48 видов отходов всех классов опасности. Доля чрезвычайно и высоко опасных отходов (1-2 класс) составляет около 10% и в динамике не наблюдается снижения их объемов (рис.9, 11). По мере снижения класса опасно-

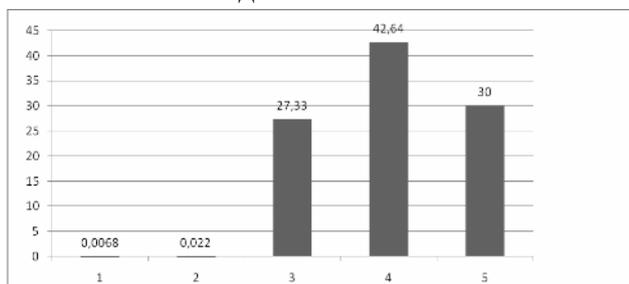


Рис. 9. Соотношение отходов по классам опасности (тонн).

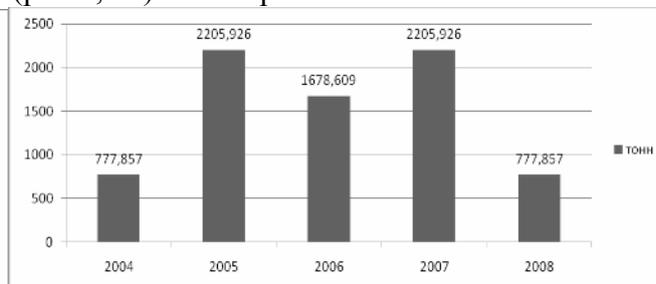
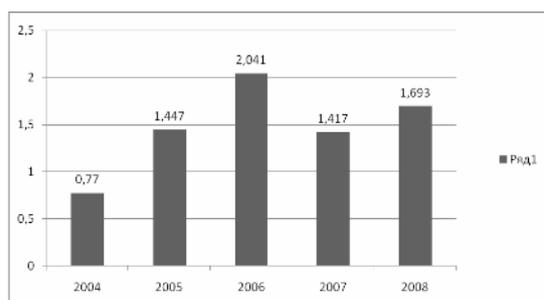
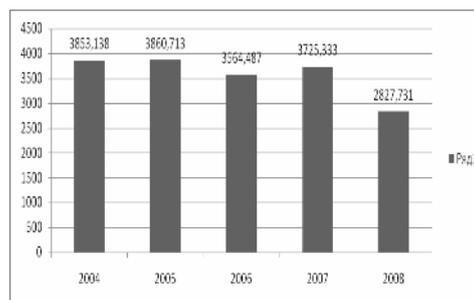


Рис.10. Динамика образования неопасных отходов (5 класс)

сти отходов (рис.10, 11) уменьшаются с годами объемы их образования. Самое заметное снижение отходов потребления на предприятии (5 класс) в 2008г. обусловлено исключением из основных активов непрофильных производств.



а) отходы 1-2 класса опасности;



б) отходы 3-4 класса опасности

Рис.11. Динамика образования отходов предприятия.

Законодательство об отходах запрещает совместное размещение отходов производства и потребления. Однако предприятие не располагает полигоном для хранения промышленных отходов, отвечающих требованиям СНиП и СанПиН [1-3]. В тоже время в Кандалакше уже существует законсервированное в 1990-х гг. хранилище (могильник) бериллиевых отходов 1 класса опасности в количестве 816,2 т., принадлежащие ранее Кандалакшскому алюминиевому заводу. Но алюмзавод стал филиалом международного концерна ОАО «СУ-АЛ. КАЗ- СУАЛ», а могильник в 2000г. перешел в федеральную собственность согласно «Свидетельству № 0500360 о внесении в реестр федерального имущества». Другие отходы являются собственностью предприятия и подлежат дальнейшему обращению: транспортирование на собственном транспорте и последующее захоронение на полигонах промышленных отходов, сдача на переработку другим предприятиям - 3004,4 т/год, повторное использование, обезвреживание, временное хранение на собственном предприятии - 70,3 т/год. Количество опасных отходов, размещаемых на полигоне промышленных отходов МУП «Вторсырье» составляет 4557,4 т/год. Контроль деятельности по обращению с опасными отходами заключается в следующем:

- При сборе, хранении, транспортировании, использовании, обезвреживании и захоронении должны соблюдаться действующие экологические, санитарно-эпидемиологические, технические нормы и правила обращения с отходами;

- За сбор, учет, размещение, обезвреживание, использование, транспортирование, захоронение отходов несут ответственность лица, назначенные приказом по предприятию.
- Учет образования, хранения, размещения, обезвреживания и вывоза отходов с предприятия производится в журнале ответственным лицом.

Контроль атмосферного воздуха проводится в процессе разработки нормативов ПДВ, контроль водных ресурсов выполняется санитарно-промышленной группой Службы Качества предприятия.

Таким образом, любое промышленное производство, особенно металлургическое, сопряжено с экологическим риском. Экологическая политика предприятия предполагает ведение комплексного мониторинга за экологическими показателями основных производств, а снижение риска требует регулярных природоохранных мероприятий и значительных финансовых средств.

**Список литературы:**

1. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления.
2. СанПиН 2.17.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов.
3. СНиП 2.01.28-85. “Проектирование полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов”.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР ЗА РАЦИОНАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ НЕДР В РЕГИОНЕ

Мартемьянова Е.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии, axday@mail.ru)

*Аннотация.* Дана оценка эффективности геологического контроля и государственного надзора в сфере недропользования Мурманской области.

Вода, земля, леса и минералы в значительной степени определяют жизнеспособность общества. От того, как мы используем эти ресурсы, зависят наше здоровье, безопасность, экономика и благосостояние. Минеральные ресурсы являются минерально-сырьевой базой промышленного потенциала, обеспечивают экономическую и оборонную безопасность страны. Полученные в результате их добычи и последующей переработки минеральное сырье и минерально-сырьевые продукты составляют основную статью российского экспорта. Геологоразведочные работы, добыча полезных ископаемых, их обогащение сопровождаются негативным воздействием на все природные среды, флору, фауну и жизнедеятельность человека. Кроме того, от того, как добываются и перерабатываются эти ресурсы, зависит устойчивое экономическое развитие региона. Например, *бездействующий и законсервированный фонд скважин составляет по стране 60 %, что приводит к разбалансированию системы разработки, снижению конечной нефтеотдачи, т.е. безвозвратной потере нефти.* Поэтому необходимо и законодательно закреплен геологический контроль и государственный надзор за деятельностью в сфере недропользования.

Основу экономики региона составляет горнопромышленный комплекс, в состав которого входят предприятия добывающей промышленности и металлургии (рис.1). По состоянию природно-ресурсного потенциала Мурманская область относится к наиболее перспективным регионам страны, имея 150 разведанных месторождений. К наиболее крупным из них относятся: хромитовое месторождение (более чем 10 млн.т.), платиновое месторождение (около 500т.), платинометалльное месторождение в районе возвышенности Федорова тундра на юге Ловозерского района (рис.2), освоение месторождения титановых руд в Гремихе и Сопчеозерского месторождения хромитов. Крупные запасы глины (более 50 млн. т.), обнаруженные в Терском районе, могут быть использованы для производства цемента. ОАО "Газпром", французская "Total" и норвежская "StatoilHydro" создали в феврале 2008г. совместную компанию "Штокман Девелопмент", которая является отправной точкой в практической реализации освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения.



Рис.1. Основные предприятия добывающей промышленности и металлургии региона.

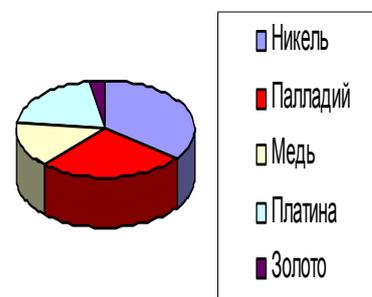


Рис. 2. Доля стоимости компонентов в руде месторождения "Федорова тундра".

Согласно Положению, государственный контроль за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр состоит из контроля за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр; проведения государственной экологической экспертизы объектов недропользования; организации выдачи недропользователям лицензий на поиск, разведку, добычу полезных ископаемых, подземных вод и для других целей; контроля за выполнением недропользователями условий лицензионных соглашений; за ликвидацией разведочных горных выработок и скважин, не подлежащих использованию; за прохождением материалов по выявленным нарушениям в судах и правоохранительных органах [1].

По состоянию на 01.01.2010г. на территории Мурманской области работают 59 предприятий - недропользователей, которым в 2009г. выданы 92 лицензии. Число положительных заключений государственных экологических экспертиз и выданных лицензий на недропользование составляет в среднем 78%, отозванных – 13%, аннулированных – 4 %, остальное - отказ в выдаче лицензии (рис.3). Сроки пользования недр по разрешению (лицензии) для:

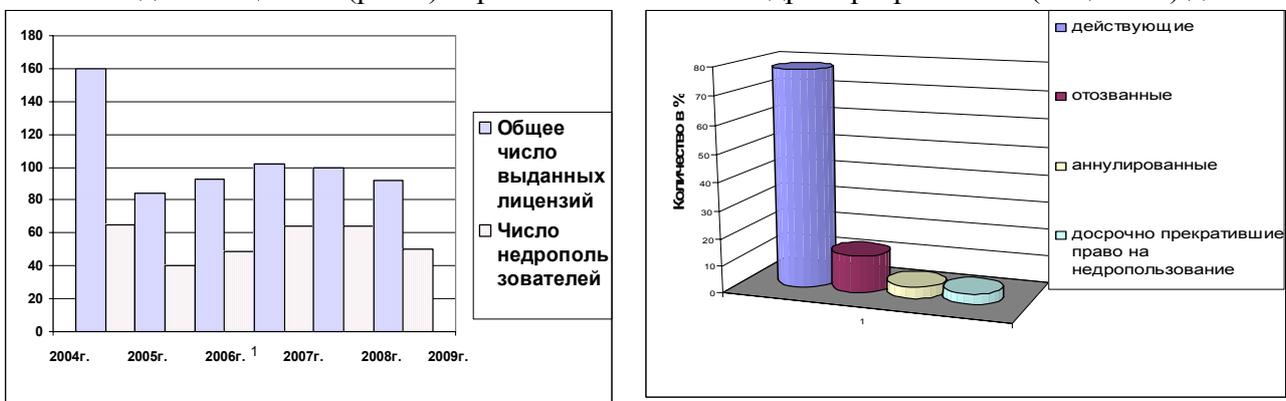


Рис. 3. Динамика недропользователей, выдачи им лицензий и контроля за их исполнением.

краткосрочной добычи чего-либо – до 1 г.; геологического изучения – до 5 лет; добычи подземных вод - до 25 лет; добычи полезных ископаемых – на срок отработки месторождения, исходя из технико-экономического обоснования; бессрочное пользование - для строительства, эксплуатации подземных сооружений, нефте- и газохранилищ [3]. Поэтому динамика числа плановых проверок соответствует видам недропользования, а внеплановых - зависит от количества выданных предписаний на устранение правонарушений (рис. 4).

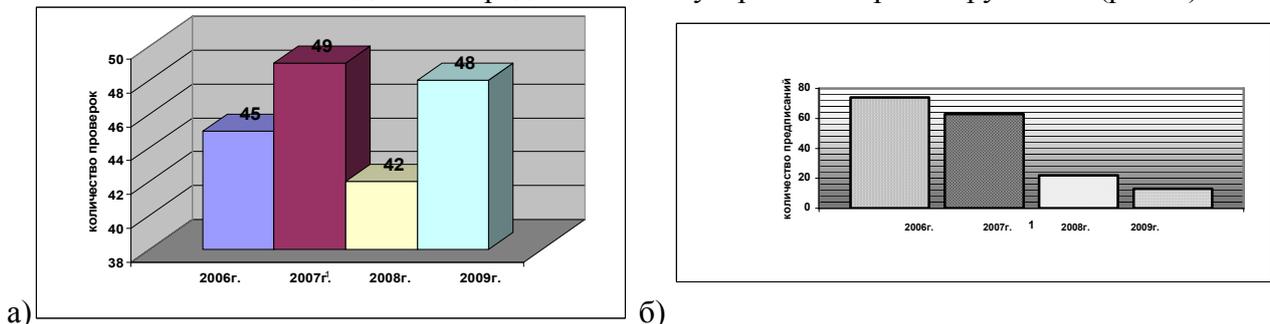


Рис.4. Динамика проверок деятельности недропользователей (а) и выданных предписаний (б) по устранению административных правонарушений.

Объекты недропользования, материалы по которым представляются на экологическую экспертизу, относятся к самым различным видам деятельности, например:

- Проект на поиски и оценку восточной части массива Панских тундр на платинометальное оруденение в 2001-2005 гг.». Общая сметная стоимость – 49500 тыс. руб.
- Проект на проведение поисков и оценки месторождения подземных вод для водоснабжения пос. Зеленоборский-1 (ст. Княжая) в 2002-2003 гг., стоимостью 19264,788 тыс. руб.
- ФГУП «АМНГР». Индивидуальный рабочий проект на строительство поисковой скважины № 3 на площади Медынская – море 1» Общая сметная стоимость – 270000 тыс. руб.
- ООО «Кола-Гранит «Рабочий проект первой очереди (2003-2013 гг.) разработки карьера блочного камня на Шонгуйского месторождения диоритов»» 39792,5 тыс. руб.
- «МСРЗ РФ», 2008г. Материалы, обосновывающие проведение дноуглубительных работ на участке акватории Кольского залива в районе причалов № 1, № 2.
- ЗАО «Рудпромвест», 2009г.- Добыча и обогащение руд цветных металлов, кроме урановой и ториевой руд.

Нарушения законодательства о недрах или лицензионных соглашений заключаются в следующем: не соблюдены сроки, объемы, виды геологоразведочных работ; не внесена плата за право недропользования, отсутствуют лицензии на недропользование, разрешения на земельный участок под горным отводом. За исследуемый период наблюдается уменьшение количества выявленных нарушений и рост устраненных, снижается число рассматриваемых в арбитражных судах административных дел, но увеличиваются суммы взысканий с учетом недоимок прошлых лет (рис.5,6). В тоже время ликвидация разведочных горных выработок и скважин, не подлежащих использованию, проводится в полном объеме.

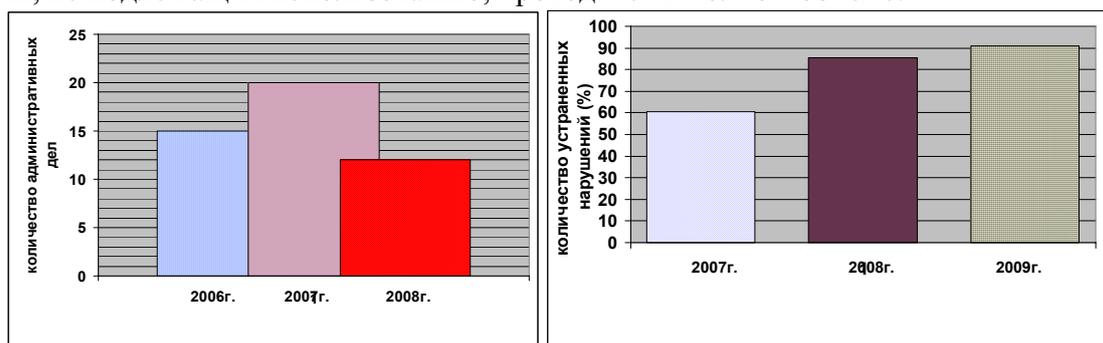


Рис. 5. Динамика ведения дел по административным правонарушениям в сфере недропользования региона

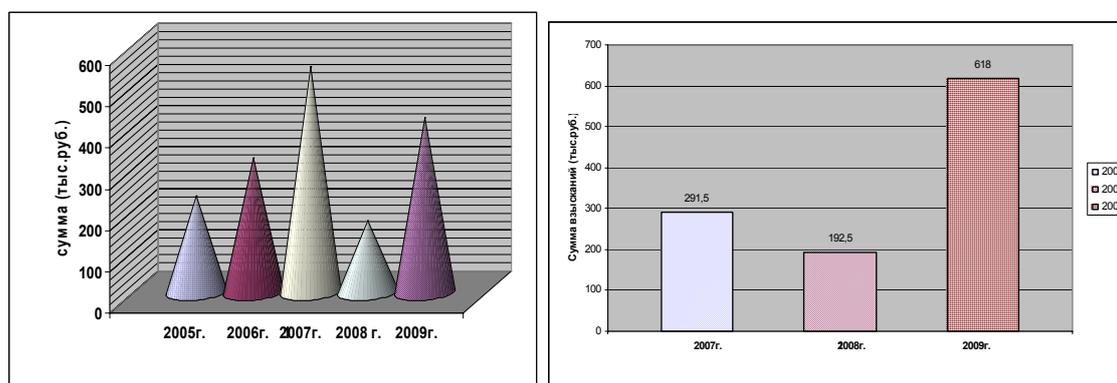


Рис. 6. Динамика наложения и взыскания штрафов с предприятий-недропользователей

Общее количество хозяйствующих субъектов - «злостных нарушителей» в сфере недропользования, выявленных за 2009 года - 5, в 2008 году - 10. Количество «злостных нару-

шителей» уменьшилось в 2009 году на 50%. Уменьшение количества рассмотренных административных дел (по 15 в 2005 и 2006гг., 20 – в 2007г., 12 – в 2008г.) и сумм наложенных штрафов (234,0 тыс. руб. в 2005 году, 325,0 тыс. руб. в 2006 году, 545,0 тыс. руб. в 2007 году, 172,5 тыс. руб. в 2008 году) в 2008 году объясняется тем, что большинство предприятий проверялось не впервые, ранее либо были привлечены к административной ответственности, либо получили предписания об устранении нарушений, соответственно нарушения от проверки к проверке устраняются, особенно это относится к крупным предприятиям-недропользователям. У 4 из 17 хозяйствующих субъектов при плановой проверке в 2009г. не было выявлено ни одного нарушения, что составляет 23,5 %. Перечень недропользователей - «злостных нарушителей» (к которым ранее уже были применены административные меры воздействия):

1. МУ «СЭЗ МО п. Пушной» - невыполнение условий лицензии на право пользования недрами; безлицензионное пользование недрами с целью добычи подземных вод; невыполнение предписаний.
2. ЗАО «Реформа» - невыполнение условий лицензии на право пользования недрами; невыполнение предписаний (лицензия отозвана).
3. ОАО «Апатитыводоканал» - невыполнение условий лицензии на право пользования недрами, невыполнение предписания.
4. ЗАО «Блэк Фокс Ресорсез» - невыполнение условий лицензии на недропользовани.
5. ЗАО «Рудпроминвест»- невыполнение условий лицензии на право пользования недрами.

В соответствии с приказом Федерального агентства по недропользованию от 01.02.2005 № 98 « О перечне форм государственного и отраслевого статистического наблюдения» сбор, обобщение и представление данной формы отчетности по выполнению условий лицензионных соглашений возложен на территориальные органы управления Роснедра на соответствующей территории (Мурманскнедра). При выявлении случаев невыполнения условий лицензионных соглашений, Мурманскнедра извещает Управление Росприроднадзора по Мурманской области, которое проводит контрольные проверки недропользователей.

Анализ эффективности надзорной деятельности Управления Росприроднадзора по Мурманской области по видам контроля показал, что в сфере недропользования поступление взыскиваемых штрафов самое стабильное по сравнению с другими видами деятельности, что обусловлено длительностью сроков действия лицензий (в основном на добычу природных ресурсов сроком 20-25 лет) и повышением ответственности основных недропользователей. Особенно заметно возросло (в 4,8 раза) взыскание штрафов за правонарушения земельного и водного законодательства (рис.7). В этих сферах больше случаев краткосрочного пользова-



Рис. 7. Взыскание штрафов по видам контроля.

ния или пользования водной акваторией, артезианской скважиной туристическим комплексом, которые пытаются осуществлять без получения разрешений (на землеотвод, ..).

Таким образом, контрольно-надзорная деятельность в сфере недропользования в регионе проводится в полном объеме и свидетельствует о наличии правонарушений в этой сфере. Высокая эффективность надзорных мероприятий способствует повышению рационального использования недр, сохранению природных богатств, поддержанию устойчивого эколого-экономического развития региона.

**Список литературы:**

1. Об утверждении Положения о государственном контроле за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр: Пост. Правит. РФ. № 293 от 12.05.2005.
2. Об утверждении Положения о федеральном агентстве по недропользованию: Пост. Правит. РФ № 293 от 17.06.2004 (в ред. № 736 от 14.09.2009).
3. О недрах: фед. Закон РФ от 21.02.1992 г. № 2395-1 (в ред. от 18.07.2008 № 120-ФЗ).

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ И ЛИМИТОВ НА ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА

**Мартемьянова Е.С.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии, [axday@mail.ru](mailto:axday@mail.ru))

Для предприятий региона разработаны проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР), дана оценка методики по учету характера производственной деятельности.

Проблема управления отходами актуальна не только для России, но и для любой страны мира. Рост отходов приводит к загрязнению окружающей среды (ОС) и свидетельствует о неиспользованных возможностях рециклинга. Особенно актуальна проблема отходов в индустриально развитых районах РФ, к числу которых относится и Мурманская область. Известно, что природная среда Севера плохо ассимилирует отходы, способствуя их накоплению. В то же время в регионе отсутствуют полигоны для захоронения, соответствующие СНиП и СанПиН, как для ТБО, так и для промышленных отходов. Поэтому управление отходами с помощью нормирования их образования и лимитов на размещение с учетом характера производственной деятельности предприятий представляется весьма актуальным. В методическом плане эта процедура разработана достаточно хорошо и закреплена законодательно [1-6]. В выполненном исследовании использованы статистические методы инвентаризации отходов предприятий и метод расчета нормативов образования по удельным отраслевым нормативам.

В исследуемом регионе объем обезвреживания опасных отходов постоянно возрастает, но он ниже (25%), чем по России (40%) (табл. 1).

Таблица 1. Среднее многолетнее соотношение структуры отходов по классам опасности и обращения с ними в Мурманской области (тыс. т)

Вид отходов	Образование	Использование, обезвреживание	Захоронение	использование, обезвреживание	
				Мурм. Обл.	РФ (*)
1 класс	63,3	98,2	0,0	155,1 %	
2 класс	91,3	31,1	0,0	34,1 %	
3 класс	85793,2	61625,7	2433,3	71,8 %	
4 класс	202448,8	138209,9	194297,0	68,3 %	
5 класс	203352400,6	51183969,9	152128494,4	25,2 %	
Итого	203640797,2	51383934,8	152325224,7	25,2 %	39,7 %

\*) Росстатежегодник, 2008г.

*Объекты исследования:* ГОУДОД «Мурманский областной загородный стационарный оздоровительно-образовательный лагерь «Гандвиг» (Кандалакшский район); работает в круглогодичном режиме; ООО «Кола Трейд» (г. Мурманск), специализируется на производстве пиломатериалов и торговле стройматериалами; ООО «PCY» (г. Мурманск). Основными видами деятельности являются: ремонтно-строительные работы; техническое обслуживание и ремонт инженерного оборудования (систем отопления и вентиляции, горячего и холодного водоснабжения, канализации, энергоснабжения) жилищного фонда.

*Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР)* включает в себя следующие разделы:

1. *Аннотация* - общие сведения о количестве отходов, образующихся у индивидуального предпринимателя или юридического лица, с указанием их класса опасности для ОС, общее количество площадок (мест) временного накопления отходов и краткая информация о планируемых мероприятиях в области обращения с отходами.
2. *Введение* - представляется перечень основных документов, на основании которых проводилась разработка проекта ПНООЛР.
3. *Общие сведения об индивидуальном предпринимателе или юридическом лице.*
4. *Характеристика производственных процессов как источников образования отходов.*
5. *Паспорт опасного отхода* с указанием кода отхода согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО).

Особо подчеркнем, что паспорта составляются только на опасные отходы, причем на каждый вид отхода свой паспорт. *ФККО – федеральный классификационный каталог отходов* - это перечень образующихся в РФ отходов, систематизированных по совокупности приоритетных признаков: происхождению, агрегатному состоянию, опасным свойствам, степени вредного воздействия на окружающую среду.

Динамика заявок на разработку ПНООЛР в целом для предприятий региона мало меняется со временем. А доля утвержденных проектов со временем возрастает, свидетельствуя о повышении качества материалов, подаваемых на разработку ПНООЛР ( рис. ). Наибольшее количество поданных (328) и утвержденных заявок (305) приходится на 2008г., а наименьшее -на 2006 (133 и 105 соответственно). Число утвержденных заявок колеблется от 79 % до 93% от рассмотренных. Пики активности подачи заявок связаны с периодом их действия, т.е. раз в 5 лет (2003г, 2008г.).

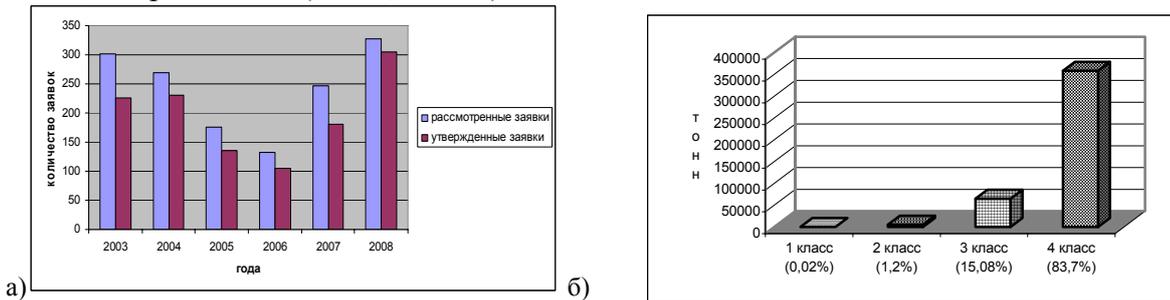


Рис.1. Динамика заявок на разработку ПНООЛР (а) и структура образования отходов по классам опасности (б) в регионе.

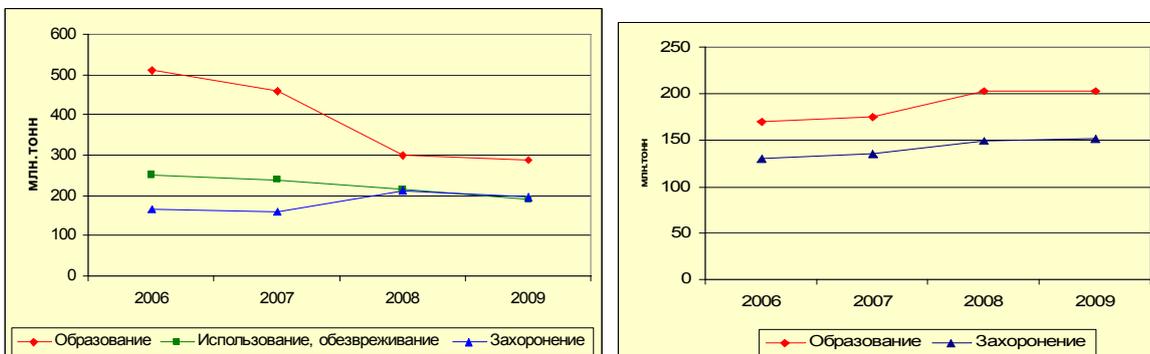


Рис.2. Динамика обращения с опасными (а) и не опасными (б) отходами

*Норматив образования* отходов определяет установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции. *Лимиты на размещение отходов* уста-

навливают предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которые разрешается размещать определенным способом на установленный срок в объектах размещения отходов с учетом экологической обстановки данной территории. Они разрабатываются в соответствии с нормативами предельно допустимых вредных воздействий на ОС, количеством, видом и классами опасности образующихся отходов и площадью (объемом) объекта их размещения. В табл. 2 и на рис. 3 приведены рассчитанные автором нормативы образования ртутьсодержащих отходов, отходов аккумуляторов свинцовых отработанных не поврежденных, с не слитым электролитом и отходов потребления, которые должны соблюдаться на предприятиях с учетом специфики их производственной деятельности.

Таблица 2. Расчет норматива образования ртутьсодержащих отходов

Объект	Тип установленных ламп	Кр.л., шт	Чр.л., Час	С, дней	Нр.л., час	Ор.л., шт	Р, шт	М, т\г
ГОУДОД «Гандвиг»	ЛБ-20	500	8	365	15 000	97	170	0,0165
	ЛБ-40	112	8	365	12 000	27	210	0,0057
	ДРЛ-400	25	8	270	15 000	4	400	0,0014
<b>Итого:</b>		637				128		0,0237

Таблица 3. Расчет образования отходов аккумуляторов свинцовых отработанных неповрежденных, с не слитым электролитом ГОУДОД «Гандвиг»

Наименование автотранспортного средства	Ni	Марка АКБ	Ка.б.и, шт.	Ма.б.и, кг	На.б.и, лет	М, т
УАЗ-3962	1	62 AS	1	24,7	2	0,012
ПАЗ-32053	1	6СТ-132П	1	51,2	2	0,026
ГАЗ-2705	1	6СТ-66	1	19,0	2	0,010
ГАЗ-3221	1	6СТ-66	1	19,0	2	0,010
ГАЗ-3110	1	6СТ-72	1	31,3	2	0,016
ГАЗ-31105	1	6СТ-55А3	1	16,5	2	0,008
<b>Итого:</b>	6		6			0,082

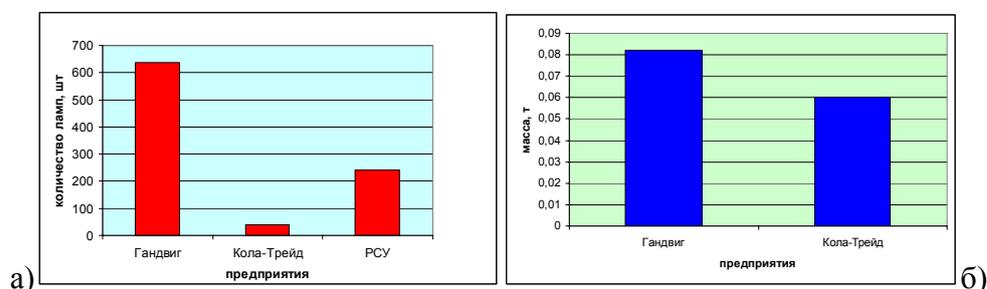


Рис.3. Нормативы образования ртутьсодержащих отходов (а) и отходов свинцовых аккумуляторов (б) для предприятий региона

Таким образом, наибольшее количество отходов на предприятии ГОУДОД «Гандвиг» относится к отходам потребления, подобных коммунальным -31,25 т, а наименьшее

приходится на отработанные и трансмиссионные масла -0,006 т. Это связано со спецификой деятельности предприятия - обеспечением отдыха учащимся в круглогодичном режиме. На предприятии ООО «Кола Трейд» наибольшее количество отходов приходится на древесные отходы натуральной древесины -54 т, а наименьшее -на тормозные колодки, ртутные отходы, моторные трансмиссионное и гидравлическое масла. Данное соотношение оправдано, так как основной профиль деятельности предприятия – производство и торговля пиломатериалами. В табл. 4-6 приведены примеры нормативов по соблюдению требований, обеспечивающих экологическую безопасность хозяйственной деятельности (рис.4).

Таблица 4 . Коды системы защиты окружающей среды на объектах размещения отходов

Виды обустройства объекта размещения отходов	Код
1. Для площадок, земельных участков и свалок	
Грунтовые экраны (глиняный однослойный, глиняный двухслойный с дренажной прослойкой, грунто-битумно-бетонный)	01

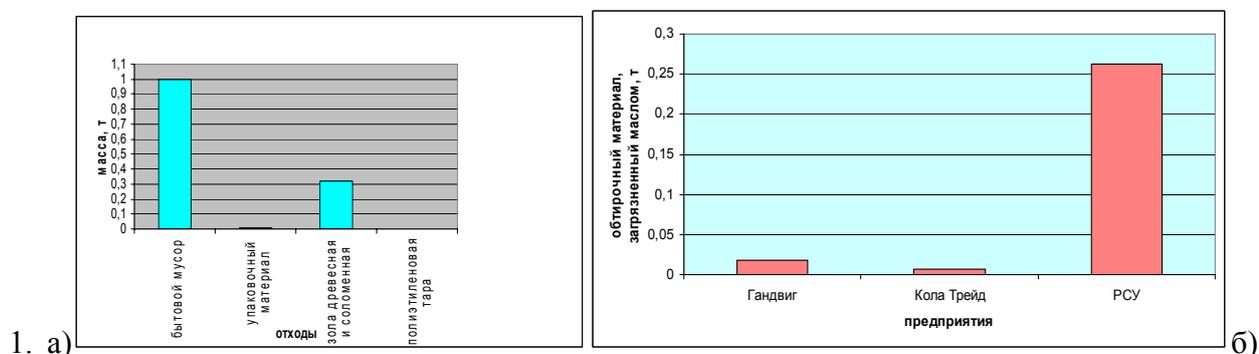


Рис. 4. Нормативы образования отходов потребления, ООО «Кола Трейд». (а) и обтирочного материала, загрязненного маслом на предприятиях (б).

Таблица 5. Коды систем мониторинга окружающей среды на объектах размещения отходов

Виды систем мониторинга окружающей среды	Код
Мониторинг грунтовых вод (наблюдательные скважины)	01
Мониторинг поверхностных вод	02
Мониторинг почвенного покрова	03
Мониторинг атмосферного воздуха	04

Таблица 6. Коды способов хранения отходов

Наименование способа хранения отходов	Код
Открыто:	
без тары (навалом, насыпью и пр.) отдельно	01
без тары (навалом, насыпью и пр.) в смеси	02

В результате использования методики разработки проектов ПНООЛР для предприятий региона с учетом их отраслевой специфики можно заключить следующее.

2. Методика разработки проектов ПНООЛР является универсальной и позволяет определять нормативы образования и лимиты размещения отходов несколькими способами [1-4].
3. Разработанные проекты нормативов отходов учитывают специфику производственной деятельности предприятий и позволяют контролировать весь процесс обращения с отходами.
4. Динамика количества поданных и утвержденных заявок на разработку ПНООЛР в регионе обусловлена периодом их действия – 5 лет. Число утвержденных заявок колеблется от 79 до 93 % от общего количества поданных заявок.
5. Лимиты на размещение опасных отходов близки по величине к нормативам их образования; по неопасным отходам могут составлять 10% от норматива образования, подчеркивая возможность их рециклинга.

**Список литературы:**

1. Об отходах производства и потребления: Федер. Закон № 89-ФЗ от 24.06.1998.
2. О порядке ведения государственного кадастра отходов и проведения паспортизации опасных отходов: Постановление Правительства РФ № 818 от 26.10.2000.
3. О правилах разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение: Постановление Правительства РФ № 461 от 16.06.2000.
4. О внесении изменений в правила разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение: Пост. Правит. РФ от 29 августа 2007 г. № 545.

## **ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ АНТРОПОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ**

**Минчёнок Е.Е.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии, e-mail: elena\_minchenok@mail.ru)

In the given work a study of microzooplankton community of some of the freshwater reservoirs of Murmansk city has been conducted. The results can be used for evaluation of the level of anthropogenic eutrophication.

В результате хозяйственной деятельности происходит повсеместное эвтрофирование водоемов, которое характеризуется поступлением биогенных элементов – азота и фосфора. Для каждого водоема существует индивидуальная нагрузка, при которой система способна сохранять свой статус без перехода в качественно новое состояние. Степень трофности (олиготрофный, мезотрофный и т.д.) водоемов дает полное представление об экологических условиях существования организмов. В качестве критериев трофности могут использоваться различные показатели – содержание биогенов, растворенный кислород, наличие индикаторных организмов, суммарное количество фитопланктона и др. (Волкова и др., 2009).

В представленной работе в качестве показательной группы организмов, характеризующих трофность водоема, было выбрано микрозоопланктонное сообщество. Основу этого сообщества составляют инфузории и коловратки – непосредственные потребители взвешенной органики сточных вод, бактерий и водорослей. Они выполняют огромную роль в процессах самоочищения вод. Одним из наиболее ценных свойств инфузорий и коловраток является наименьшее среди других представителей зоопланктона время генерации. Способность при благоприятных условиях быстро размножаться и, следовательно, быстро реагировать на изменения среды изменениями численности популяции может использоваться для характеристики стабильности условий среды. Простейшие, будучи чувствительными показателями, одни из первых реагируют на эвтрофирование вод и одни из последних исчезают при чрезмерном загрязнении, что делает их более надежными показателями в сравнении с другими группами (Матишов и др., 2003).

Объектами гидробиологических исследований были оз. Семеновское, оз. Ледовое и руч. Варничный.

*Озеро Семеновское* расположено в северной части г. Мурманска, является излюбленным местом отдыха горожан в летнее время. При визуальном осмотре водоема по его периметру обнаружено несколько труб, по которым поступают ливневые стоки с прилегающих территорий. Содержание загрязняющих веществ в водоеме не превышает предельно-допустимый уровень (Доклад по охране окружающей среды..., 2008).

*Озеро Ледовое* окружено автопредприятиями и крупной транспортной артерией города (Кольский пр.), несущими главную антропогенную нагрузку на его водную экосистему. Визуальный осмотр показал наличие нескольких сточных труб по периметру озера. Водоем в значительной степени замусорен промышленными и бытовыми отходами. В озере Ледовом наблюдаются повышенные концентрации металлов: меди, марганца, железа, а также нефтяных углеводородов, соединений азота и органических веществ (Доклад по охране окружающей среды..., 2008).

*Ручей Варничный* берет свое начало в озере Ледовом, затем на протяжении нескольких сотен метров забран в трубы и протекает под землей. На поверхность выходит в районе Долины Уюта при впадении в озеро Варничное. Вновь выходит на поверхность в

районе улиц Радищева и Гвардейской. Урбанизированность ручья составляет 65 %. В последние годы (2002-2006 гг.) в ручье отмечено появление устойчивого неприятного запаха интенсивностью 3-5 баллов. Отмечается стабильно высокое загрязнение соединениями азота, органическими веществами, а также ионами меди и железа (Доклад по охране окружающей среды ..., 2007).

Пробы отбирались в течение сентября 2009г. Отбор проб и камеральная обработка осуществлялись по стандартным методикам. Для экспресс-оценки состояния водоемов использовался индекс антропогенного эвтрофирования Креневых (ИНЭК):

$$\text{ИНЭК} = C/R + 1,$$

где  $C$  – суммарная численность всех видов Ciliata, а  $R$  – суммарная численность всех видов Rotatoria. Естественные колебания ИНЭК находятся в диапазоне от 0 до 2.

Результаты обработки проб микрозоопланктонного сообщества оз. Семеновского представлены в табл.1.

Таблица 1

**Результаты обработки проб микрозоопланктона оз. Семеновского**

Показатели	Станция 1, экз/л			Станция 2, экз/л			Станция 3, экз/л		
	Ciliata, C								
№ пробы	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Численность в пробе, $X_i$ , экз/л	508	86	96	177	1210	100	520	365	303
Среднее значение, $X_{ср}$ .	230			495.6			396		
Rotatoria, R									
№ пробы	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Численность в пробе, $Y_i$ , экз/л	40	14	-	1114	75	193	185	185	27.5
Среднее значение, $Y_{ср}$ .	18			460.6			132.5		
Индекс эвтрофирования, ИНЭК=C/R+1	12			1			3		

Минимальное значение индекса принимает на станции 2 («лодочная станция»), незначительный рост отмечен на станции 3 (дворец творчества «Лапландия»). В районе расположения станции 1 наблюдается сброс ливневой канализации, а также активен поверхностный сток загрязняющих веществ со стороны пр. Героев-Североморцев, что, возможно, и повлияло на его рост (ИНЭК=12).

Результаты обработки проб микрозоопланктонного сообщества оз. Ледового представлены в табл.2.

Таблица 2

**Результаты обработки проб микрозоопланктона оз. Ледового**

Показатели	Станция 1, экз/л			Станция 2, экз/л			Станция 3, экз/л		
	Ciliata, C								
№ пробы	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Численность в пробе, $X_i$ , экз/л	3356	42	1992	20	21.2	36.7	268.4	1980	1003
Среднее значение, $X_{ср}$ .	1797			26			1084		
Rotatoria, R									
№ пробы	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Численность в пробе, $Y_i$ , экз/л	300	-	-	10	15.4	3.3	-	-	-
Среднее значение, $Y_{ср}$ .	100			9.6			-		
Индекс эвтрофирования, ИНЭК=C/R+1	18			2.5			1084		

Таблица 3

## Результаты обработки проб микрозоопланктона руч. Варничного

Показатели	Станция 1, экз/л			Станция 2, экз/л			Станция 3, экз/л		
	Ciliata, C								
№ пробы	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Численность в пробе, $X_i$ , экз/л	208	306	1470	779	2175	1217	505	80	377
Среднее значение, $X_{ср}$ .	661.3			1390.3			320.7		
Rotatoria, R									
№ пробы	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Численность в пробе, $Y_i$ , экз/л	412	23	-	21.5	55	9.9	20	-	2
Среднее значение, $Y_{ср}$ .	145			28.8			7.3		
Индекс эвтрофирования, $ИНЭК=C/R+1$	4.5			48.3			38.6		

Значение ИНЭК изменяется в большом диапазоне: 2.5 – 1084. Станция 1 (место сброса сточных вод автопредприятием и антропогенная нагрузка со стороны Кольского пр.) индекс равен 18. Значение индекса согласуется с визуальной обстановкой в районе станции 1, указывает на хроническое антропогенное эвтрофирование (загрязнение). В районе станции 2 не обнаружен организованный сток загрязнений и ИНЭК чутко реагирует на такую обстановку. На станции 3 значение индекса резко возрастает, т.к. в пробах не обнаружен коловраточный планктон, что указывает на высокую токсичность среды. В районе расположения станции 3 есть сточная труба. Возможно, что в данной точке присутствуют и другие (скрытые) источники загрязнения, которые не обнаружены исследователями.

Результаты обработки проб микрозоопланктонного сообщества руч. Варничного представлены в табл.3.

Значение индекса варьирует от 4.5 до 48.3. Станция 1 – место выхода ручья из трубы в Долине Уюта. Отмечается достаточно быстрое течение ручья, а, следовательно, и хорошая аэрация. Русло ручья заилено.  $ИНЭК=4.5$  указывает на умеренное антропогенное загрязнение, обусловленное поверхностным стоком с прилегающей территории. Станция 2 и 3 находятся в Долине Уюта. В непосредственной близости этих станций обнаружены ливневые канализационные трубы. Рост численности инфузорий указывает на присутствие органики. Низкое содержание коловраточного планктона на станциях 2 и 3 свидетельствует о повышении токсичности среды.

ИНЭК - синэкологический показатель степени нарушенности структуры гидробиоценоза под действием антропогенного влияния. Он прост в использовании, не требует определения организмов до вида, доступен для широкого использования. В то же время ИНЭК чувствителен, имеет большой диапазон колебаний, но практически не зависит от климатической зоны, типа и возраста водоема. ИНЭК отражает в первую очередь отрицательные воздействия как избыточного быстрого эвтрофирования (дефицит кислорода), так и воздействия токсикантов. Начальный этап загрязнения водоема либо увеличение концентрации сточных вод по мере продвижения от фона к источнику загрязнения сопровождается параллельным с инфузориями ростом численности коловраток, при антропогенном эвтрофировании последний начинает быстро отставать в темпах, что и обуславливает рост ИНЭК. Последующее исчезновение коловраток является показателем высокой токсичности. Наконец, резкие скачки и падение численности инфузорий с приближением к источнику загрязнения свидетельствуют о наступлении запороговой острой токсичности - мертвой зоны (Матишов и др., 2003).

Проведенная работа позволила получить первые предварительные данные о степени антропогенного эвтрофирования, устойчивости биоценозов и динамике процессов

самоочищения некоторых пресноводных водоемов, расположенных в черте города Мурманска.

**Список литературы:**

1. Волкова И.В., Ершова Т.С., Шипулин С.В. Оценка качества воды водоемов рыбохозяйственного назначения с помощью гидробионтов. – М.: Колос, 2009. – 352 с.
2. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2006 году / Доклад Комитета по природным ресурсам и охране окружающей среды Мурманской области. – Мурманск, 2007. – 160 с.
3. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2007 году / Доклад Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области. – Мурманск, 2008. – 148 с.
4. Матишов Г.Г., Кренева С.В., Муравейко В.М., Шпарковский И.А., Ильин Г.В. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. – 468 с.

## МОДЕЛЬ ГЕТЕРОТРОФНОЙ СУКЦЕССИИ В КУЛЬТУРЕ СЕННОГО НАСТОЯ

Пахомова Н.А., Минченко Е.Е. (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии*)

Развитие экосистемы, часто называемое экологической сукцессией определяется по некоторым параметрам: развитие видовой структуры во времени, сукцессия происходит в результате изменения среды обитания под влиянием в том числе и предшествующих организмов, т.е. сукцессия контролируется сообществом и происходящими в системе обменными процессами. Кульминацией развития экосистемы является формирование стабильного сообщества.

Смена одних видов другими происходит достаточно быстро и схема смены одних организмов другими обусловлена индивидуальными потребностями организмов. Сукцессия связана с фундаментальным сдвигом потока энергии в сторону увеличения количества энергии, направленного на поддержание системы, в соответствии с «правилом максимума энергии в биологических системах», сформулированным Лотке (Г. Одум, Пинкертон, 1955).

Среди первичной сукцессии можно выделить два типа, в зависимости от источника энергии для живых организмов: автотрофную сукцессию и гетеротрофную сукцессию. В настоящей работе приводятся данные о гетеротрофной сукцессии сеного настоя.

Культура сеного настоя была получена по стандартной методике (Биологический контроль..., 2008). Эксперимент был поставлен в октябре, декабре 2009 г. и феврале 2010 г. и продолжается по настоящее время.

В работе изложены результаты всех трех вариантов получения культуры сеного настоя. Актуальность проведенной работы связана с тем, что полученные в культуре простейшие гетеротрофы широко применяются в качестве биотестов. Эти организмы можно использовать для определения ПДК вредных веществ, а также определения токсичности водоемов.

Однако этим исследованиям должна предшествовать отработка методов получения необходимых тест-объектов и создания необходимых для каждого организма условий для длительного поддержания их жизнедеятельности. В отличие от автотрофной сукцессии длительность гетеротрофной сукцессии определяется количеством энергии, находящейся в мертвой органике сеного настоя. Сеной отвар, называемый в экологии *микрокосмом*, служит хорошей моделью сукцессии, которая в природе происходит, например, в гниющих стволах деревьев, в трупах животных, в фекалиях и на вторичных стадиях обработки (очистки) сточных вод.

В лабораторной модели микрэкосистемы можно скомбинировать автотрофную и гетеротрофную сукцессии, если пробы из уже развитых систем добавить в среду, обогащенную органическим веществом. Это хорошая модель искусственной эфтрофии, которая позволяет изучить роль простейших организмов в процессах самоочищения водоемов.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ *LITTORINA SAXSATILIS* (OLIVI) И *LITTORINA OBTUSATA* (L.) В ГУБЕ ДАЛЬНЕЗЕЛЕНЕЦКОЙ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) В 2008 И 2009 ГГ.

Пахомова Н.А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии)

В работе представлены результаты исследований литорали губы Дальнезеленецкая (Баренцево море) по результатам экспедиции 2008 и 2009 гг. Приводятся данные о морфометрической характеристике двух видов брюхоногих моллюсков рода *Littorina*: *Littorina saxsatilis* (Olivi) и *Littorina obtusata* (L.). Последние данные о распределении этих моллюсков в районе исследования были получены в 60-х годах XX века. Биоценозы в связи с климатическими изменениями последних лет подвержены изменениям и, прежде всего, это касается видов, биогеография которых отличается.

Прибрежные экосистемы важны для сохранения видового разнообразия, поддержания и увеличения биологической продуктивности морских экосистем.

Комплекс неблагоприятных физических факторов, характерных для литорали, как среды обитания, обуславливает относительно небольшое число литоральных видов в северных морях. Часто для оценки состояния водоема достаточно выбрать одну или несколько индикаторных групп и изучать необходимые параметры внутри нее.

В данной работе изложены результаты мониторинга экосистемы литорали губы Дальнезеленецкая (Баренцево море). В качестве индикаторной группы взяты два вида типичных литоральных брюхоногих моллюсков рода *Littorina*: *Littorina saxsatilis* (Olivi) и *Littorina obtusata* (L.).

Изучено распределение литорин по горизонтам литорали и даны некоторые количественные характеристики (плотность распределения на 1 м<sup>2</sup>, размерно-весовые показатели, соотношение полов) популяций *Littorina saxsatilis* (Olivi) и *Littorina obtusata* (L.). Проведено сравнение полученных результатов по двум годам.

Для отбора проб использовался метод пробных площадей, этот метод применяется для мало подвижных и неподвижных особей. Общее количество исследованных проб – 108, которые насчитывали 3177 экземпляров моллюсков.

Весь материал после ранжирования по размеру высоты раковины, и построения вариационных рядов был сведен в гистограммы для *L. saxsatilis* (рис. 1а, б) по выбранным полигонам в 2008 и в 2009 гг.

На рисунке 1 и 2 представлены данные для литорали бухты Оскара.

Как видно из гистограмм, частота повторности одного размерного класса в выборках варьируется как от горизонта к горизонту литорали, так и от года к году, максимальная высота раковин *L. saxsatilis* в бухте Оскара в 2008 и 2009 гг. составила соответственно 20 и 16 мм, минимальная – 3 мм. Популяция *L. saxsatilis* на верхнем горизонте состояла из особей указанного диапазона, однако в пробах преобладали моллюски от 8 до 4 мм. На среднем горизонте литорали в 2008 г. в пробах отмечены размерные группы от 20 до 3 мм, с незначительным преимуществом особей с высотой раковины от 8 до 6 мм в 2008 г. и значительным увеличением числа моллюсков, имеющих высоту раковины 5-4 мм. По сравнению с 2008 г. их количество увеличено в 10 раз. На нижнем горизонте отмечено присутствие в выборках очень мелких особей, максимальный размер раковины был равен 13 мм.

Показатели плотности поселения *L. saxsatilis* в бухте Оскара в 2008 и 2009 гг. приведены на рисунке 2.

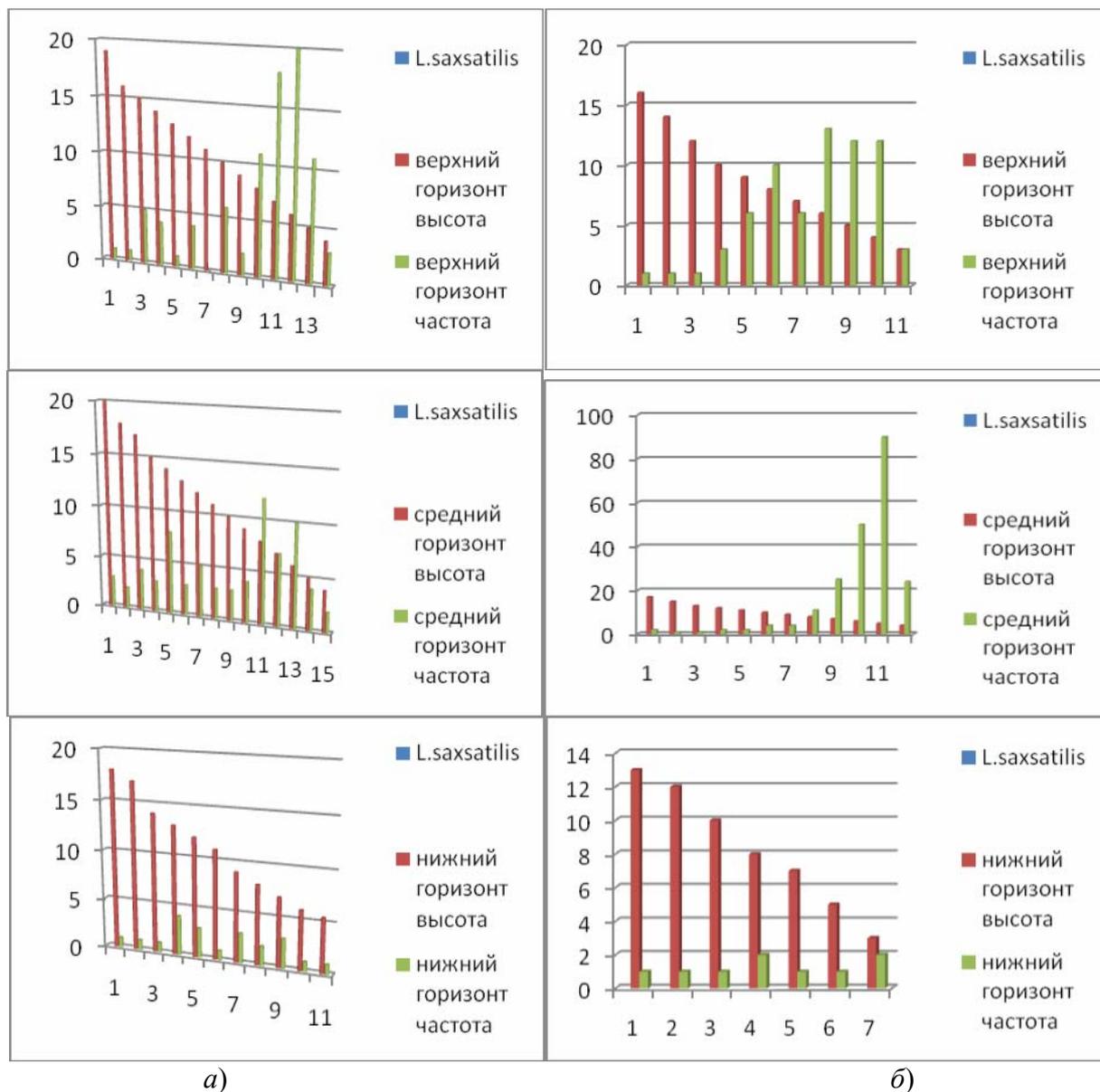


Рис. 1. Линейные показатели выборки *L. saxsatilis* на разных горизонтах литорали бухты Оскара, построенные по высоте раковины моллюсков в 2008 (а) и 2009 (б) гг.

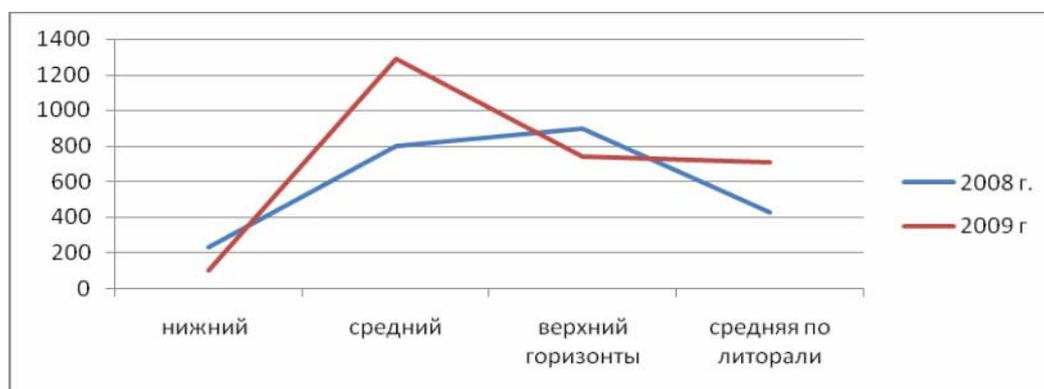


Рис. 2. Плотность поселения *L. saxsatilis* на литорали бухты Оскара в 2008 и 2009 гг. (кол-во экз/м<sup>2</sup>).

Сравнение полученных графиков выявило значительное увеличение в 2009 г. плотности поселения этого моллюска на среднем горизонте литорали уменьшение на верхнем и нижнем горизонтах. То есть в основном *L. saxsatilis* встречалась в фукусовом поясе.

Структура популяции *L. obtusata* по линейному показателю – высоте раковины, показана на рисунке 3. В 2008 и 2009 гг. размер особей колебался в пределах от 16 до 2 мм. Сборы разных лет отличались по частоте повторности в выборках особей одного размерного класса. В 2008 г. отмечено увеличение числа моллюсков с высотой раковины 16-11мм и в диапазонах 8-5 и 4 мм. В сборах 2009 г., преобладали особи размером 5-4 мм. Значительные изменения отмечены для нижнего горизонта литорали – в 2009 г., по сравнению с 2008-м годом, максимальный размер моллюсков был равен 11 мм, пик численности составили особи размером 8 мм и 3-1,5 мм.

Плотность *L. obtusata* по горизонтам литорали показана на рисунке 4.

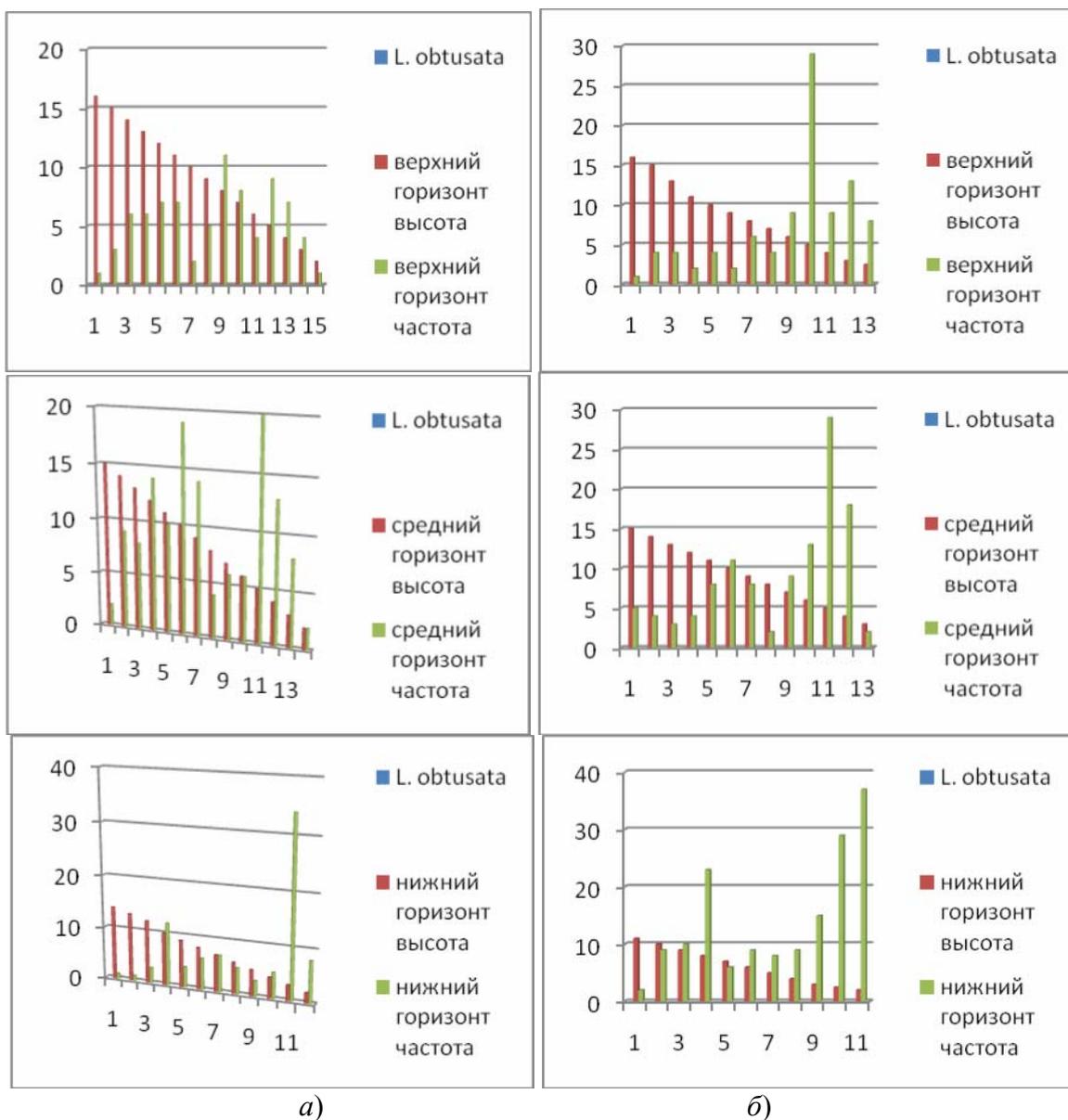


Рис. 3. Вариационные ряды линейных показателей выборки *L. obtusata* на разных горизонтах литорали бухты Оскара, построенные по высоте раковины моллюсков в 2008 (а) и 2009 (б) гг.

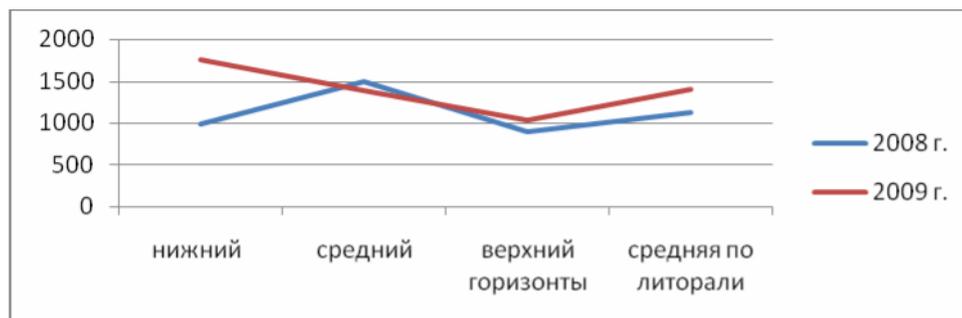


Рис. 4. Плотность поселения *L. obtusata* на литорали бухты Оскара в 2008 и 2009 гг. (кол-во экз/м<sup>2</sup>).

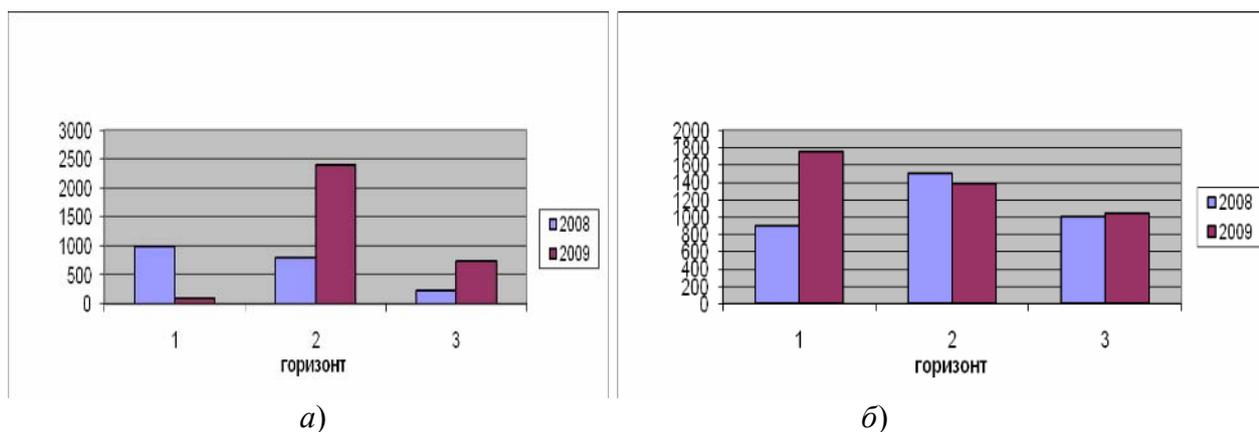


Рис. 5. Плотность поселения *L. saxsatilis* (а) и *L. obtusata* (б) на литорали Бухты Оскара по горизонтам в 2008 и 2009 гг.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- на литорали бухты Оскара в 2009 г. отмечено снижение численности популяции *L. saxsatilis*; в популяции *L. saxsatilis* преобладали особи размером 8-4 мм;
- в 2009 г. в выборках литорин численно преобладала *L. obtusata*; на верхней литорали этот вид занял экологическую нишу *L. saxsatilis*

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- на литорали бухты Оскара в 2009 г. отмечено снижение численности популяции *L. saxsatilis*; в популяции *L. saxsatilis* преобладали особи размером 8-4 мм;
- в 2009 г. в выборках литорин численно преобладала *L. obtusata*; на верхней литорали этот вид занял экологическую нишу *L. saxsatilis*.

Сказанное можно подтвердить данными, показанными на гистограммах (рис. 5а,б).

Причин, объясняющих произошедшие изменения структуры популяций литорин на литорали бухты Оскара, можно назвать несколько. В первую очередь смена биоценозов литорали бухты Оскара может быть результатом запоздалого отклика экосистемы на увеличение теплосодержания вод, отмеченного для Баренцева моря в 2006 и 2007 гг. Во-вторых, претерпевают изменения состояния экосистемы. Например, в бухте Оскара отмечено изменение состав фитоценозов: начиная с 2008 г. на литорали отмечено присутствие сезонных зеленых и нитчатых бурых водорослей, которые, отмирая, каждый год увеличивали содержание органики, таким образом это привело к эвтрофикации вод бухбы Оскара, которая в силу своей топографии характеризуется слабым водообменном, и это не могло не сказаться на литоральной фауне.

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА В РАЙОНЕ МУРМАНСКОЙ СУДОВОЙ ВЕРФИ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ 2005-2007 ГГ.

Храпова Т.А., Перетрухина А.Т., Пахомова Н.А. (г. Мурманск, МГТУ)

Загрязнение арктических морей является *серьезной экологической проблемой*, т.к. из-за низкой температуры воздуха процесс самоочищения в них затруднен. Основными источниками загрязнения Баренцева моря является вынос загрязняющих веществ антропогенного происхождения с речным стоком с берега, а также перенос их морскими течениями из сопредельных морей. Важным абиотическим компонентом морской экосистемы являются донные отложения, участвующие в формировании гидрохимического режима водоема. Донные отложения могут или аккумулировать или выделять растворенные компоненты и служить источниками вторичного загрязнения водоема.

Баренцево море рыбохозяйственный водоем высшей категории, его заливы и прибрежные воды интенсивно загрязняются сточными водами предприятий и флотов Госкомитетов РФ по строительству и рыболовству, министерств обороны, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства.

Состав загрязняющих веществ, поступающих в Кольский залив, отражает преобладающий вклад коммунального сектора, транспорта и предприятий пищевой промышленности.

Загрязнение морской среды различными токсическими веществами антропогенного происхождения приводит к существенным нарушениям физико-химического состава природных вод, оказывает отрицательное воздействие на морские организмы и морские экосистемы в целом.

Основная цель данного исследования – оценить реальность влияния промышленных предприятий, которые расположены на территории Мурманской судовой верфи, на чистоту Кольского залива.

Динамика вод Кольского залива определяется приливными течениями, которые обеспечивают постоянный водообмен с открытой частью Баренцева моря. Приливы охватывают всю водную толщу до максимальных глубин – 200-300 м.

Экосистема Кольского залива уже несколько десятилетий выдерживает значительные антропогенные нагрузки и находится в угнетенном состоянии. Накопление загрязняющих веществ в донных осадках и биоте, продолжение их поступления из атмосферы, с речным стоком, от береговых предприятий и морских судов создают угрозу полной деградации экосистемы.

Основной задачей экологов в настоящее время является количественная оценка вредного воздействия деятельности промышленных предприятия на прибрежные воды Кольского залива.

В основу настоящей работы положены данные, полученные в период с 2005 по 2009 годы на общесплавном выпуске судовой верфи г. Мурманска.

Измерения массовой концентрации нефтепродуктов в пробах сточных вод осуществлялись методом колоночной хроматографии с гравиметрическим окончанием (методика ПНД Ф 14.1:2.116 – 97).

Содержание нефтепродуктов в природных и очищенных сточных водах определяли методом колоночной хроматографии с гравиметрическим окончанием при массовых концентрациях нефтепродуктов от 0,30 до 50,0 мг/дм<sup>3</sup>.

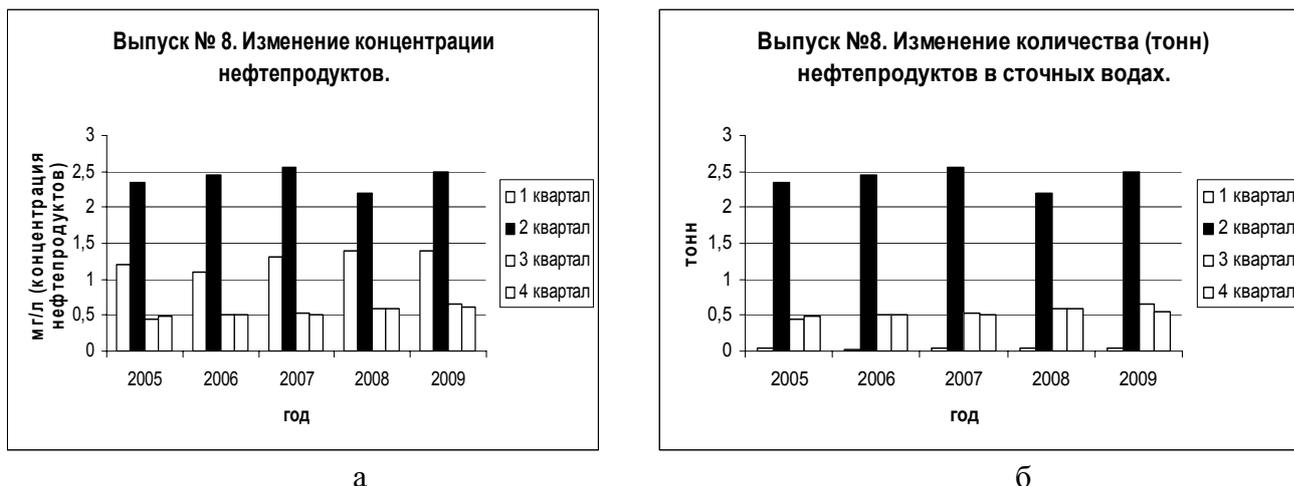


Рис. 1. Изменение концентрации (а) и количества (б) нефтепродуктов в сточных водах судоверфи г. Мурманска в 2005-2009 гг.

Метод определения массовой концентрации нефтепродуктов основан на извлечении нефтепродуктов из анализируемых вод органическим растворителем, отделении от полярных соединений других классов колоночной хроматографией на оксиде алюминия и количественном определении гравиметрическим методом.

Проведенные исследования за период с 2005 по 2009 годы показывают, что количество нефтепродуктов, поступающих в Кольский залив со стоками общесплавного выпуска судоверфи практически год от года держится на одном уровне. Обращает на себя внимание тот факт, что и по концентрации сбрасываемых нефтепродуктов, и по их количеству особенно выделяется второй квартал каждого года (рис. 1, а, б).

Подобная ситуация объясняется, по-видимому, увеличением объема ремонтных работ в весенние месяцы, и дополнительными стоками в залив талых вод, собирающих загрязнители с территории судоверфи. Отсутствие очистных сооружений усугубляет эту картину.

Сравнение полученных нами данных с ПДК показывают их превышение в пятикратном размере.

На рисунке 2 показана динамика количества нефтепродуктов, поступающих со сточными водами в Кольский залив в течение года за период 2005 – 2009 гг.

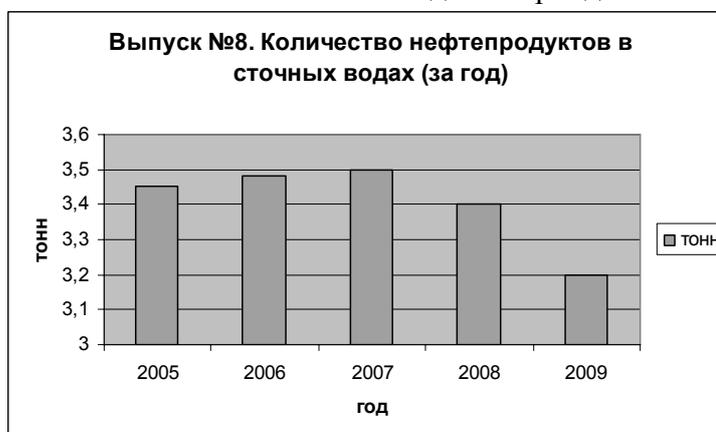


Рисунок 2 Динамика годового количества нефтепродуктов в сточных водах в период 2005 – 2009 г.г.

Проведенная сравнительная оценка показывает некоторую тенденцию к снижению концентрации нефтепродуктов в сточных водах судовой верфи, начиная с 2008 года. Однако объемы сточных вод при этом не уменьшаются, что позволяет говорить о сохранении высокого уровня загрязнения нефтепродуктами акватории Кольского залива в районе судовой верфи.

К настоящему времени обострение экологической ситуации вызвано и тем, что в 90-е годы прошлого столетия экономика региона, как и страны в целом, претерпела существенные изменения. Крупные рыбопромысловые флота, рыбоперерабатывающие и судоремонтные предприятия развалились, но активно стали развиваться малые предприятия, которые считают решение экологических проблем дополнительным финансовым бременем. Наряду с этим, антропогенная нагрузка на окружающую среду прибрежных районов в последние годы резко возросла, что связано, прежде всего, с ростом объемов перевозки различных грузов морским путем, в том числе и нефтепродуктов.

#### **Список литературы:**

1. Государственные стандарты. Сборник. Охрана природы гидросфера. ИПК Издательство стандартов. – М., 2000 г., 115 стр.
2. ГОСТ 17.1.3.05 – 82. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
3. ГОСТ 17.1.3.13 – 86. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОРСКОГО РЫБОВОДСТВА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Салмова Н.А. (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии*)

The coasts of the west of Russia have a potential of development of mariculture. Almost all of the aboriginal cold-water fish species could be in region. Mariculture development will solve a lot of ecological problems.

Значительные возможности для развития марикультуры имеет побережье Северо-Запада России, где для культивирования перспективны все виды аборигенных холодноводных рыб. В Баренцевом море общая площадь акваторий, на которых могут быть организованы морские хозяйства, составляет около 6 тыс. га. По прогнозам, в Белом море можно выращивать 8 тыс. т лососевых, 3 тыс. т мидий, 4 тыс. т водорослей. Мощность рыбоводных хозяйств в прибрежных районах Мурмана может достигать 5 тыс. т/год. Для развития морского рыбоводства наиболее пригодна западная часть Баренцева моря, для которой характерны изрезанность берегов (наличие губ и заливов), повышенная средняя температура воды, значительное содержание минеральных веществ и высокая биомасса планктона и бентоса. Баренцево море в целом - высококормный водоем, всегда служивший зоной откорма вносимой сюда молоди морских рыб.

Согласно Г.И.Несветовой (1989), биомасса фитопланктона в Баренцевом море составляет  $2 \times 10^9$  т, а биомасса зоопланктона достигает  $2,2 \times 10^8$  т. Высокие показатели продукции бентоса в побережье Баренцева моря (Антипова и др., 1974; Дегтярева и др., 1990) позволяют предполагать, что искусственно полученная и выпущенная в побережье молодь морских рыб найдет для питания достаточное количество кормовых организмов. Вместе с тем, полученную жизнестойкую молодь морских рыб можно использовать и для товарного выращивания, исключая тем самым практикуемое в настоящее время губительное изъятие для этих целей дикой молоди.

Давая количественный прогноз потенциала искусственного воспроизводства рыб, Л.А.Душкина (1988) справедливо предлагает ориентироваться на максимальные значения численности естественных популяций. В Баренцевом море, в годы былого обилия биомасса нерестового стада трески составляла около 2 млн.т. В настоящее время, по данным ПИНРО, нерестовый запас трески может быть оценен в 0.85 млн.т. Запас аркто-норвежской трески в последние годы продолжает увеличиваться, однако имеется достаточный потенциал и для ещё большего прироста стада за счет комплекса рыбоводных мероприятий.

Мотовский залив и его губы наиболее пригодны для развития морского рыбоводства в условиях арктических широт. В будущем, в 12-мильной зоне западного побережья Баренцева моря вплоть до Териберки должны быть сосредоточены фермерские хозяйства, занимающиеся одновременно и рыбоводством и рыболовством. Примеры реализации такого подхода к разведению трески уже имеются в Канаде, Норвегии и Японии. Перспективы морского рыбоводства на Мурмане пока явно недооцениваются. Отсутствие материально-технической базы для перевода работ на промышленную основу серьезное препятствие на пути реализации возможностей Заполярной марикультуры. Вместе с тем, как справедливо считают специалисты ПИНРО, "развитие аквакультуры - это эффективное вложение средств и трудовых ресурсов, это новые рабочие места и развитие социальной инфраструктуры баренцевоморского побережья, это новая форма сохранения рыбных запасов" (Анохина, 1994).

Современная позиция России четко обозначена рамками национальной Морской Доктрины, которая, вне всякого сомнения, является одним из самых позитивных актов российской морской политики в последние годы. В документе отражены новые отечественные приоритеты и концептуально обозначены стратегические цели, а также конкретные задачи в области освоения морских природных ресурсов. Отмечено, что в ближайшей перспективе основную часть отечественного рыбного сырья будут составлять водные биоресурсы экономической зоны России. Вместе с тем ведущие специалисты рыбной отрасли справедливо отмечают, что для ее устойчивого развития более недостаточно опираться исключительно на освоение природных запасов традиционных объектов промысла экономической зоны отдельных государств (Макоедов, 2001). Стремление работать на опережение выводит в число актуальнейших проблем современного периода интенсивное развитие марикультуры, и не только в территориальных водах шельфовой зоны прибрежных государств, но и в открытых водах морей и океанов.

Планирование широкомасштабной марикультуры неизбежно ускорит решение ряда экологических проблем. Одна из них — разработка совместно с рядом отраслей народного хозяйства схемы комплексного использования морей России, предусматривающего сохранение естественных биоресурсов и развитие марикультуры.

Однако успешное развитие аква- и марикультуры сопряжено с множеством сложных и часто трудно решаемых проблем, поскольку, во-первых, требуют значительных инвестиций, во-вторых, превращение водных акваторий в рыбоводные фермы наносит ущерб окружающей среде из-за концентрации в местах рыборазведения различных отходов, в-третьих, аквакультура чревата всеми опасностями любой монокультуры, так что для ее создания требуются надежные методы получения устойчивых и продуктивных искусственных ценозов более экологически грамотными путями, чем это практиковалось на суше, и, в-четвертых, по мере развития аква- и марикультуры, возникнут конфликты по использованию воды и земли между различными водопользователями, особенно в прибрежных морских зонах (Liao, 1996 и др.), потребуются решение чрезвычайно важных проблем взаимодействия аквакультуры с природными экосистемами (Report..., 1996; 1997), получения необходимых кормов, генетики и борьбы с заболеваниями.. Поэтому поиск путей рационального, неистощительного использования освоенных морских биоресурсов, дальнейшее вовлечение в промысел слабо используемых или неиспользуемых запасов относится не только к одной из самых актуальных экологических проблем, но и рассматривается в качестве приоритетных задач обеспечения продовольственной безопасности.

В настоящее время в России, как и других странах мира (Report..., 1996), отсутствует единая программа использования шельфов, их водных, биологических и минеральных ресурсов. Невозможно говорить о перспективе развития промышленной марикультуры, например, в Каспийском, Азовском, Баренцевом и других морях, без знания перспектив работы нефтяной промышленности или без учета планирования водопользования. Это серьезный аспект развития аквакультуры в морских водоемах: можно вложить огромные средства в развитие марихозяйств, но не получить желаемого результата из-за несогласованности с другими отраслями народного хозяйства страны (Душкина, 1986, 1996; Душкина, 1986).

Учитывая интересы всех заинтересованных отраслей хозяйства и необходимость сохранения при этом чистоты прибрежных вод, в первую очередь должны охраняться рыбные ресурсы и марикультура. Такие комплексные подходы уже разрабатываются в Канаде, Норвегии, США, Эквадоре, Италии и других странах (Aalvik, 1996; Volte et al., 1996; Calderon, 1996; Heral, 1996; Liao, 1996; Report..., 1996; Shell, 1996). Имеются предпосылки

для создания подобной программы и в отношении прибрежных территориальных вод России, позволяющей в будущем сохранить как биоразнообразие естественных популяций, так и все виды выращиваемых гидробионтов.

### Список литературы:

1. Анохина В.С. 1994. Аквакультура в Мурманской области, ее возможности и пути реализации // Сборник докладов научно-промышленной конференции “Развитие прибрежной промышленности и аквакультуры в Баренцевом море”.-Мурманск: ПИПРО. –С.107-112.
2. Душкина Л.А. 1986. Экосистемные аспекты марикультуры // Тезисы докладов 5 съезда Всесоюзного гидробиологического общества.- Куйбышев.- Ч. 1.- С.76-77.
3. Душкина Л.А. 1988. Биология морских сельдей в раннем онтогенезе.- М.: Наука.- 192 с.
4. Душкина Л.А. 1996. Взаимодействие марикультуры с окружающей средой // Материалы совещания “Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России”.- М.: ВНИРО- С.87-90.
5. Несветова Г.И. О трофических связях и биопродуктивности Баренцева моря.//Оперативная информация материалов к 3 симпозиуму. Трофические связи и продуктивность водных сообществ (Чита, 25-28 сентября). Чита, 1989. С.100-101.
6. Антипова Т.В. Распределение, экология, рост и продукция двустворчатых моллюсков Баренцева и Карского морей: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1979. 18 с.
7. Дегтярева А.А., Нестерова В.Н., Панасенко Л.Д. Особенности формирования кормового зоопланктона в районах нагула мойвы Баренцева моря // Кормовые ресурсы и пищевые взаимоотношения рыб Северной Атлантики. Мурманск: ПИПРО, 1990. С.24-33.
8. Пахомова Н. В., Рихтер К. К. (2001) Экономика природопользования и охраны окружающей среды. - СПб.: Изд-во СПбГУ.
9. Подолян С. А. (2005) Масштабные планы // Рыбные ресурсы, № 1, с. 2-6.
10. Силкин А. Н., Шпаченков Ю. А. (2001) Экономические проблемы развития рыбохозяйственного комплекса России в перспективе // Инф.-аналитический сб. "Мировой океан: использование биологических ресурсов". Вып. 2. - М.: СОПС, 2001, с. 14-41.
11. Aalvik B. 1996. Quality assurance efforts in Norway // Abstr. “World Aquaculture’96”. Bangkok. –P.1.
12. Bolte G.P., Nath S.S., Darakjian Pr., Kapetsky G.M. 1996. Regional-scale analysis of aquaculture development potential // In “World Aquaculture’96”, Bangkok. –P.40.
13. Calderon G. V. 1996. Aquaculture and the environment in the coast of Ecuador // In: “World Aquaculture- 96”. Bangkok. –P.59.
14. Heral M.1996. Environmental concerns related to aquaculture in Europe // Abstr. Congr. “World Aquaculture- 96”. Bangkok. –P.157.
15. Liao I.C. 1996 How can aquaculture help sustain world fisheries? //Proc. 2nd World fish. Congr., Vol 1, Brisbane, 90.
16. Report of the Working Group on “Environmental Interaction of Mariculture”, 1996 // Copenhagen, 238 pp.
17. Report of the Working Group on “Environmental Interaction of Mariculture”, 1997 // ICES, Weymoth, UK, 35p.
18. Shell E.W. 1996. The development of aquaculture: an ecosystems approach // In: “World Aquaculture- 96”. Bangkok. –P.367.

## МАРИКУЛЬТУРА КАК ЭЛЕМЕНТ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Салмова Н.А., Журавлева Н.Г. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии)

Mariculture is a part of nature management. Mariculture has become source of anthropogenic activities in many countries of the world. Depletion of ocean biological resources can be partly compensated by marine and fresh-water aquaculture. Mariculture should become one of the main directions of sustainable coastal fishery management.

Марикультура является составляющей природопользования, одним из ее элементов. В настоящее время марикультура во многих странах мира стала новым направлением антропогенной деятельности, приобрела характер широкомасштабной индустрии с высоким техническим оснащением, большой сетью специализированных предприятий, огромным вкладом капитала и получения высокой прибыли. Как считает академик Н.П. Дубинин (1988), переход от рыболовства к марикультуре — "новая эра в освоении человечеством нашей планеты". Согласно этому высказыванию, аквакультуру ожидает большое будущее.

Предпосылки развития аква- и марикультуры следует начать рассматривать в аспекте изменений международно-правового режима использования биоресурсов в Мировом океане, которые произошли в 1982 г., и самым негативным образом сказались на экономических результатах советского рыболовства. В советский период большая доля капитальных вложений направлялась на развитие рыболовства вдали от собственных берегов. Индустриализация береговой базы значительно отставала от темпов развития океанического флота и роста уловов, отсутствовали финансовые ресурсы, которые можно было бы использовать для модернизации флота и развития аквакультуры.

Под российскую юрисдикцию после распада СССР перешли самые большие по суммарной акватории экономзоны, которые включали наиболее продуктивные моря Мирового океана: Баренцево, Берингово и Охотское. При правильной государственной политике, включающей налоговые льготы, льготные инвестиционные кредиты и т. п., рациональное использование биоресурсов в прибрежных морях России позволяло создать изначальный капитал, достаточный не только для модернизации флота, но и для развития аква- и марикультуры, поскольку морской промысел вплоть до 1992 г. был рентабелен.

После Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) в России, как и в других странах мира, началось активное распространение идей устойчивого развития, которые определяют жизнедеятельность человечества в условиях быстро нарастающих ресурсных и экологических ограничений.

Практическая реализация принципов устойчивого развития особенно важна для рыбного хозяйства. Однако, федеральный закон "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов" (от 20.12.2004 № 166-ФЗ), подтвердив необходимость следования принципам, закрепленным в международных договорах РФ в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов, не отразил суть устойчивого использования и сохранения морских биоресурсов, находящихся под национальной юрисдикцией.

Пробелы в законодательстве о рыболовстве в этом плане в какой-то степени компенсируются Концепцией развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года (одобрена распоряжением правительства РФ № 1265-р от 2.09.2003), которая называет целью заключительного этапа своей реализации (2011-2020 гг.) завершение создания условий для устойчивого развития рыбного хозяйства.

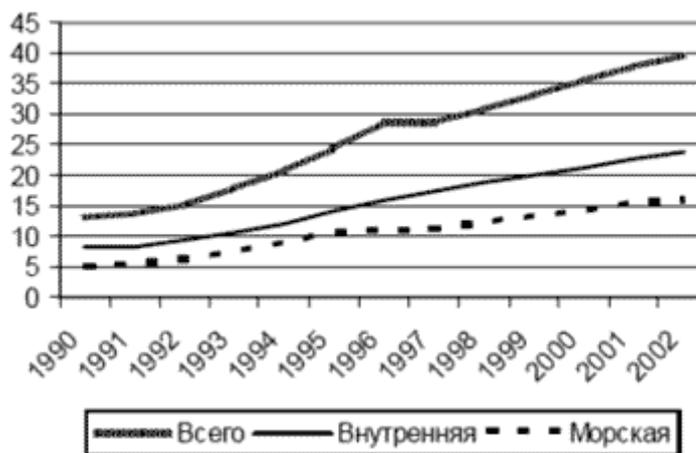


Рис.1. Динамика Мировой аквакультуры в 1990-2002 гг., млн. т. (FAO, 2004)

В условиях глобализации Россия должна значительно расширить арсенал средств, форм и методов управления использованием водных биоресурсов в собственной ИЭЗ для обеспечения национальной, продовольственной и экологической безопасности.

Повсеместный перелов морских биоресурсов наступил при ежегодном улове в 80-85 млн. т. В конце XX века появились убедительные свидетельства того, что такой уровень добычи вызвал истощение примерно 2/3 запасов от общего числа основных объектов промысла (Vitousek, et al., 1997). В связи с чем, биологи вынуждены констатировать, что максимальная продукция, которая доступна мировому рыболовству в Мировом океане в начале XXI века, не может превышать 85 млн. т (Котенев, 2001).

Растущая потребность человека в рыбопродуктах больше не могла далее удовлетворяться за счет океанической рыбы, это дало толчок к разведению водных биоресурсов. Объемы аква- и марикультуры в мире возросли с 13 млн. т в 1990 г. до 39,8 млн. т в 2002 г. (FAO, 2004), а ежегодный прирост составил за указанные годы свыше 11% (рис. 1).

Истощение биологических ресурсов океана отчасти может быть компенсировано за счет морской и пресноводной аквакультуры. Силы, затрачиваемые на поиск рыбы и других морепродуктов, включающие спутниковые, авиационные и корабельно-поисковые методы, огромны и явно несопоставимы с усилиями по разведению полезных водных организмов. Однако промышленное разведение водных организмов сейчас составляет не более 8 — 10% от уловов. Предполагается, что к 2020 г. объемы аквакультуры будут близки объемам вылова естественных популяций (Larkin, 1991).

Масштабы марикультуры будут расти за счет ее экспансии в море (Larkin, 1991) и в открытый океан (Liao, 1996).

Экспансия марикультуры в прибрежные зоны морей требует решения сложных вопросов, связанных, например, с отчуждением части акваторий под выростные устройства (наподобие сельскохозяйственных угодий). На аквакультуру, как и на природные экосистемы, влияет состояние водоемов. Без сохранения чистоты вод нельзя рассчитывать на ее большие масштабы. Марикультура может оказывать на окружающую среду негативное влияние метаболитами выращиваемых гидробионтов на ограниченных территориях.

При промышленных масштабах развития марикультуры возникнет еще одна проблема — ее взаимоотношения с природными экосистемами. В этом направлении идет интенсивное накопление фактов (Report., 1996,1997), однако они находятся на уровне экологических наблюдений.

Размещение марикультурных хозяйств вблизи берегов, особенно на укрепленных конструкциях, когда плотность аквакультурантов в тысячи раз более высокая, чем в природных морских условиях, способствует "аккумуляции" негативных явлений, связанных с антропогенной деятельностью.

Марикультура как компонент прибрежных экосистем подвергается тем же воздействиям окружающей среды, что и природные популяции. В то же время она способствует увеличению антропогенной нагрузки на окружающую среду. Водоемы, которые изначально оценивались в каких-то одних диапазонах параметров, приобретают иные признаки под влиянием антропогенных факторов. Данные, прежде всего по гидрохимическому и биопродукционному состоянию водоемов, отнюдь не являются постоянными величинами, и трудно предсказать, какова будет амплитуда их колебаний в ближайшее время в условиях наращивания объемов марикультуры.

При Комитете марикультуры ИКЕСа была создана "Рабочая группа по изучению взаимодействия марикультуры с окружающей средой ("Working Group on Environmental Interaction of Mariculture")", в которую входит и представитель России. Рабочая группа считает необходимым сосредоточить внимание на планировании марикультуры и управлении ею как конкурентом биологических ресурсов прибрежной зоны. В 1994 г. была создана специальная подгруппа по "Моделированию взаимоотношения марикультуры с окружающей средой". Однако, попытки организовать подгруппу по управлению (комплексному) прибрежной зоной ИКЕС отклонили (Report..., 1996).

Марикультура является тест-объектом состояния живых морских ресурсов. Безусловно, и природные популяции в значительной степени испытывают воздействие видоизмененных морских вод, но эта связь пока не имеет такого четкого определения, как в пресных водоемах (Рыжков, 1995). Поэтому при выборе полигона культивирования необходимо определить его приемную емкость водоема и возможность направленно влиять на нее. Различают экологическую, биотическую, биоценотическую и регуляторную типы приемной емкости экосистем, полигонов (Карпевич, 1975, 1987; Хайлов, 1985).

Проф. П.Ларкин (Larkin, 1991) в докладе на Международном симпозиуме по экологии и аспектам управления экстенсивной марикультурой, проходившем во Франции, отметил, что без решения проблемы загрязнения морей невозможно говорить о развитии марикультуры.

Развитие промышленной марикультуры требует ее рассмотрения в аспекте комплексного использования шельфов (добыча биологических и минеральных ресурсов, размещение в прибрежных зонах промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а главное — водопользование бассейна вместе с речными системами различными отраслями).

Важной проблемой является оценка биоэнергетического потенциала бассейна для развития марикультуры, так как без знания биоёмкости водоема нереально планировать объемы культивирования объектов. Кроме того, требуется учитывать взаимодействие марикультуры с естественными экосистемами (Душкина, 1986, 1996; Dushkina, 1991; Larkin, 1991; Report..., 1996).

При расширении площадей марихозяйств в любом водоеме необходима их экологическая и биоэнергетическая сбалансированность с природными биоценозами и экосистемами. Экосистемные основы развития промышленной марикультуры, в свою очередь, определяют принципы ее эколого-географического и социально-экономического размещения в стране.

В условиях рыночной экономики Россия еще не определила своих приоритетных научных и производственных направлений. В марикультуре всё пастбищное воспроизводство рыб должно находиться под строгим контролем государства. Товарное

выращивание рыб, моллюсков, некоторых других беспозвоночных, водорослей целесообразно сконцентрировать в акционерных, колхозных, частных хозяйствах со строгой выдачей лицензии на акваторию и выращиваемый объект. В этом случае состояние хозяйств и характер проводимых работ должны периодически контролироваться представителями научных организаций.

В России пройден первый этап исследований в области отечественной марикультуры. Однако разработанные биотехнологии по товарному выращиванию гидробионтов еще не обеспечивают эффективного использования потенциальных возможностей роста аквакультурантов и других показателей. Следующий этап в совершенствовании биотехнологий должен быть направлен на поиски различных стимуляторов роста, созревания и т.д. с применением стимулирующих веществ.

Марикультура как форма хозяйственной деятельности человека в море должна стать, и в ряде стран уже стала, одним из основных направлений рационального ведения прибрежного рыбного хозяйства.

### **Список литературы:**

1. Дубинин Н.П. 1988. Генетические аспекты охраны и воспроизводства хозяйственно ценных видов рыб // Рыбное хозяйство.- № 1 – С.9-11.
2. Душкина Л.А. 1986. Экосистемные аспекты марикультуры // Тезисы докладов 5 съезда Всесоюзного гидробиологического общества.- Куйбышев.- Ч. 1.- С.76-77.
3. Душкина Л.А. 1996. Взаимодействие марикультуры с окружающей средой // Материалы совещания “Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России”.- М.: ВНИРО- С.87-90.
4. Карпевич А.Ф. 1975. Теория и практика акклиматизации водных организмов. –М.: ВНИРО.- С.3-25.
5. Котенев Б. Н. (2001) Экосистемная стратегия оценки биоресурсов Мирового океана: мировой вылов и резервы сырьевой базы // Инф.-аналитический сб. "Мировой океан: использование биологических ресурсов". Вып. 2. - М., с. 69-88.
6. Хайлов К.М. 1985. Возможны ли экологические принципы аквакультуры? // Биологические основы аквакультуры
7. Dushkina L.A. 1991. Relations between mariculture and natural population in the seas of the USSR // ICES Mar. Sci. Symp.- 192.- P.68.
8. Langstraat, D. 1999 The Dutch co-management system for sea fisheries // In: Alternative Management System for Fisheries (ed. D. Symes). Fishing News Books. - Oxford: Blackwell Science, pp. 73-78.
9. Larkin P.A. 1991. Mariculture and fisheries: Future prospects and partnership // IKES Mar. Sci. Symp. V .192. P. 6-14.
10. Liao I.C. 1996 How can aquaculture help sustain world fisheries? //Proc. 2nd World fish Congr. Vol. 1. P. 90.
11. Report of the Working Group on “Environmental Interaction of Mariculture”, 1996 // Copenhagen, 238 pp.
12. Report of the Working Group on “Environmental Interaction of Mariculture”, 1997 // ICES, Weymouth, UK, 35p.
13. Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., and Melillo, J. (1997) Human domination of Earth's ecosystems // Science, 277, pp. 494-499.

## **ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ**

**Сташкевич Т.В., Главинская Л.Т.** (г. Калининград, Калининградский государственный технический университет, кафедра «Управление производством», [tatiana-klg@mail.ru](mailto:tatiana-klg@mail.ru))

The article will state the conditions of the small and medium size business in Kaliningrad region. The structure of the small and medium size enterprises will be presented and impact analyses will be conducted on environment.

Малый бизнес – важнейший элемент рыночной экономики, без которого не возможно гармоничное развитие ни одной страны. Малый бизнес во многом определяет темпы экономического роста, структуру и качество валового национального продукта (ВВП).

Более двадцати лет назад произошел взрыв активности малого бизнеса, особенно в западной экономике. Сегодня в большинстве экономически развитых стран на долю малого бизнеса приходится 60-70% ВВП. В Великобритании, Германии, США, Франции, Японии подавляющую долю от общего количества предприятий составляют малые и средние – 99,3% и выше. Эти предприятия характеризуются небольшой численностью персонала (как правило, не более 250 человек) или ограниченным размером основного капитала, но на них производится почти половина объема выпускаемой продукции. Такие предприятия дают 75-80% новых рабочих мест в отличие от крупных производств, где наблюдается сокращение занятости. По данным ООН, в целом на малых и средних предприятиях в мире занято почти 50% трудового населения и производится 33-60% национального продукта [1].

Столь значимая роль малых и средних предприятий определяется классическими задачами, которые в развитых странах решает в первую очередь малый бизнес:

- Сглаживание колебаний экономической конъюнктуры посредством особого механизма сбалансирования спроса и предложения;
- Развитие здоровой конкурентной среды, создающей систему сильных мотивационных стимулов для более полного использования знаний, навыков и трудовой активности населения, что позволяет более глубоко осваивать имеющиеся материальные, кадровые, организационные и технологические ресурсы;
- Формирование диверсификационной и высококачественной системы бытовых, организационных и производственных услуг;
- Создание значительного количества новых рабочих мест;
- Формирование важнейшей прослойки общества – среднего класса;
- Развитие инновационного потенциала экономики;
- Внедрение новых форм организации, производства, сбыта и финансирования.

Характерной особенностью малых и средних предприятий является высокая интенсивность использования всех видов ресурсов и постоянное стремление к оптимизации их количества, обеспечению их наиболее рациональных для данных условий пропорций. Практически это означает, что на малом или среднем предприятии не может быть лишнего оборудования, избыточных объемов сырья и материалов, лишних работников. Данное обязательство является одним из важнейших факторов, открывающих пути и создающих мотивации для внедрения новых организационных форм и средств управления.

Специфика развития малого и среднего предпринимательства (МСП) в Калининградской области определяется эксклавым положением региона. Ввиду этой

особенности, а также благодаря существованию Особой экономической зоны, на протяжении многих лет в регионе развивались, помимо прочего, такие направления, как трансграничная торговля и импортозамещение.

Высокая плотность населения на ограниченной территории и невысокая доля крупного бизнеса, а также резкое сокращение экономической деятельности традиционных для области отраслей, привели к тому, что, начиная с первой половины 1990-х годов МСП в Калининградской области начало развиваться опережающими, по сравнению с другими регионами России, темпами, обеспечивая самозанятость населения и занимая свободные рыночные ниши.

По состоянию на начало 2010 года Калининградская область остается в числе лидеров среди регионов Российской Федерации по уровню развития малого предпринимательства.

Количество субъектов МСП в структуре бизнеса Калининградской области по состоянию на начало 2009 года составило 62,9 тысяч единиц, из них 27,0 тыс. единиц малые предприятия.

Численность работающих на малых предприятиях, с учетом всех категорий занятых, составила более 173,3 тысячи человек или 33,9 % от населения, занятого в экономической деятельности региона. Число субъектов МП на 1 тысячу жителей достигло 28,4.

Более половины всех субъектов МСП (56 %) сконцентрированы в городе Калининграде, а с учетом прилегающих к нему небольших городов Светлый и Гурьевск эта доля составляет 67 %. Таким образом, имеется ярко выраженная территориальная диспропорция в развитии МСП в регионе [2].

По результатам исследований Национального института системных исследований проблем предпринимательства (НИСИП) на 1 октября 2008 г. число зарегистрированных малых предприятий в целом по стране составило 281,7 тыс. единиц. Количество малых предприятий в расчете на 100 тыс. населения в среднем по стране достигло 198,4 единиц. Наиболее высокое число зарегистрированных на 100 тыс. человек МП действует в Северо-Западном федеральном округе - 231,8 единиц, что на 16,9% превышает средний по Российской Федерации уровень.

Структура МСП в Калининградской области устойчива и сформировалась в условиях относительной стабильности внутреннего рынка региона (рис. 1).

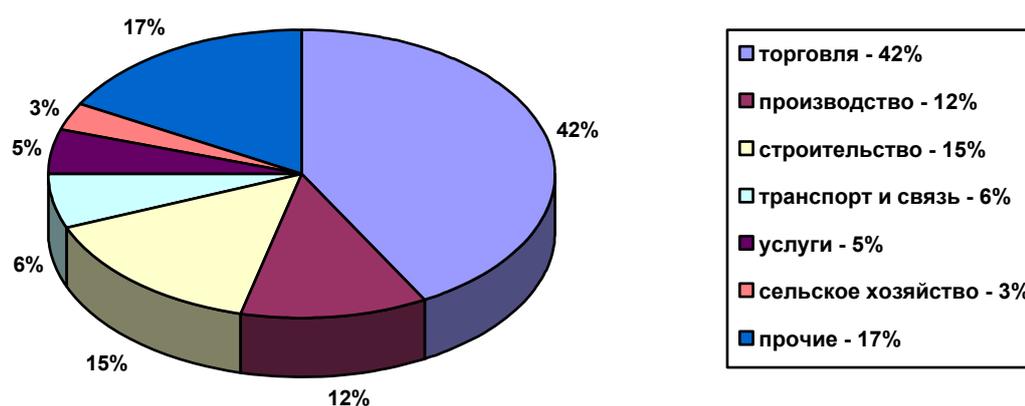


Рис.1. Структура МСП Калининградской области на начало 2009 года

Существуют территориальные различия в структуре МСП, связанные с наличием как городских, так и сельских муниципальных образований.

В целом лидирующим сегментом предпринимательства в регионе является торговля, доля которой в последние два года стабилизировалась и незначительно уменьшилась.

Заметными секторами в последнее время стали строительство и следующие виды деятельности, объединенные в группу «прочие»:

- вспомогательная деятельность в сфере финансового посредничества и страхования;
- операции с недвижимым имуществом;
- деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и информационных технологий;
- научные исследования и разработки;
- виды деятельности, связанные с решением технических задач;
- технические испытания, исследования и сертификация;
- рекламная деятельность;
- наем рабочей силы и подбор персонала;
- проведение расследований и обеспечение безопасности;
- деятельность экстерриториальных организаций.

Каждая организация, будь то крупное предприятие или предприятие среднего и малого бизнеса, осуществляя свою деятельность, образует различные виды отходов.

Основными видами нарушений при обращении с отходами, являются несанкционированное размещение отходов промышленного и бытового характера, загрязнение почвы химическими веществами, сверхнормативное накопление отходов на собственной территории и на контейнерных площадках, несвоевременный вывоз отходов в места утилизации, сжигание отходов и другие виды нарушений.

Особое внимание при контрольно-инспекционных обследованиях территорий города уделяется расследованию возникновения неорганизованных свалок на окраинах и незастроенных территориях, в пределах водоохраных зон, в парковых зонах.

Анализ отходов размещенных на несанкционированных свалках, показывает их принадлежность к сфере бытовых, ремонтно-строительных услуг, гаражно-строительных кооперативов, деятельности торговых павильонов, мини-рынков и предприятий «среднего» и «малого» бизнеса.

Исходя из рассмотренной структуры МСП Калининградской области, самым большим сегментом является торговля, которая составляет 42% от всей остальной деятельности малого и среднего предпринимательства, следующим сегментом является строительство 15% от общего количества предприятий малого и среднего бизнеса.

Торговые предприятия, осуществляя свою деятельность, оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду. Основные отходы, которые возникают при деятельности торговых МСП - *твердые бытовые отходы*, которые состоят из отходов бумаги (газеты, журналы, упаковочные материалы), пластмассы (полиэтилены, пропилены), пищевые и растительные отходы, различные металлы (цветные и чёрные), стекломой, текстиль, древесина, кожа, резина, кости, смёт и прочее.

При рассмотрении деятельности строительных организаций: в районах строительства, особенно промышленного, наблюдается высокий уровень загрязнения воздуха, воды, почвы, а также значительные образования твердых отходов.

Основным отходом при строительных работах является: *мусор строительный*, в который входит остатки цемента, песок, бой керамической плитки, бой кирпичной кладки, лом штукатурки, лом бетона, древесные отходы, отходы шлаковаты, лом дорожного полотна автомобильных дорог, прочее.

Калининградская область является самым западным регионом России, приближенность к Европе еще с давних времен сказывалась на большем количестве автотранспорта в области. Количество автомобилей в Калининграде (при численности городского населения в 430 тысяч человек) приблизилось к 500 тысячам единиц, это только в

городе Калининграде, а автобусный парк областного центра достиг 500 машин. Вследствие этого возросло количество мастерских по ремонту автомобилей и так называемых «разборок». При ремонте автомобилей возникают такие виды отходов как: отработанные аккумуляторы свинцовые, масла автомобильные, масляные фильтры, покрышки, свечи зажигания, тормозные колодки, лом черных металлов, прочее.

В соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) можно определить класс опасности отхода и соответственно определить степень вредного воздействия:

- твердые бытовые отходы, мусор строительный и отработанные покрышки относятся к 4 классу опасности - степень вредного воздействия низкая, но экологическая система нарушена (период самовосстановления не менее 3-х лет);
- отработанные аккумуляторы свинцовые относятся к 2 классу опасности, соответственно степень вредного воздействия высокая - экологическая система сильно нарушена (период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия);
- масла автомобильные и масляные фильтры относятся к 3 классу опасности, соответственно степень вредного воздействия средняя - экологическая система нарушена (период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника);
- свечи зажигания, тормозные колодки и лом черных металлов относятся к 5 классу опасности, степень вредного воздействия очень низкая - экологическая система практически не нарушена [3].

Сейчас в Калининградской области более 40 санкционированных мусорных полигонов, на которых ежегодно утилизируется до 700 тысяч тонн твердых бытовых отходов. По различным оценкам, объем строительных отходов составляет от 100 до 150 тыс. кубометров в год. К этому количеству добавляется и свыше 1,2 тыс. тонн отходов мягкой кровли. Динамика развития Калининградской области подразумевает, что цифры эти будут возрастать.

Малое и среднее предприятия составляют больше половины всех предприятий Калининградской области. Каждое из них наносит малозаметное загрязнение окружающей природной среде, но в совокупности это воздействие очень велико.

#### **Список литературы:**

1. Менеджмент. Горизонты ИСО. 2007, №1. С 1 -33.
2. «Социально-экономическое положение Калининградской области в 2009 году» Федеральная служба государственной статистики. Территориальный орган Федеральной службы госстатистики по Калининградской области. 2010г. С 90 -96.
3. Федеральный классификационный каталог отходов . Дополнения в федеральный классификационный каталог отходов.
4. Федеральный закон от 08.11.2007 N 258-ФЗ «Об отходах производства и потребления»
5. Федеральный закон «Об охране окружающей среды».

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ ТУЛОМА

Мартемьянова Е.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биоэкологии, axday@mail.ru)

По данным гидрохимического, гидробиологического и санитарно-бактериологического мониторинга дана комплексная оценка экологического состояния поверхностных вод бассейна р. Тулома.

*“ Если будет вода и ни одной рыбки, я не поверю воде. И пусть в воздухе кислород, но не летает в нем ласточка, я не поверю и воздуху. И лес без зверей с одними людьми - не лес”.*

*М.М. Пришвин*

Рациональное использование и сохранение водных и биологических ресурсов (ВБР) в условиях динамики естественных и антропогенных факторов невозможны без детального изучения качества водных экосистем. Экологическое состояние водоема складывается в результате взаимодействия факторов самоочищения, прямой и косвенной антропогенной нагрузки. В настоящее время в мировой и отечественной практике контроля за качеством вод наиболее распространенным подходом в классификации уровней загрязнения является деление на семь классов по результатам химических, бактериологических и гидробиологических исследований, оценка которых приведена в табл. 1. Для водоемов, используемых в рыбохозяйственных целях, установлено девять основных показателей состава и свойств воды (содержание взвешенных веществ, плавающие примеси, запахи и привкусы, окраска, температура, рН, растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода, содержание токсичных веществ), в том числе ПДК для 72 веществ (Волкова, 2009).

Таблица 1. Характеристика методов оценки состояния водного объекта [1,8]

Характеристика	Назначение характеристики	Представительность	
		Химические	Биологические
Точность	оценка концентрации ЗВ	Хорошая	Плохая
Разрешающая способность	тип загрязнения	Хорошая	Плохая
Надежность	представительность пробы	Плохая	Хорошая
Измерение воздействия	-	Есть	Есть
Стоимость	-	Относительно Высокая	относительно низкая



Рис. 1. Бассейн р. Тулома

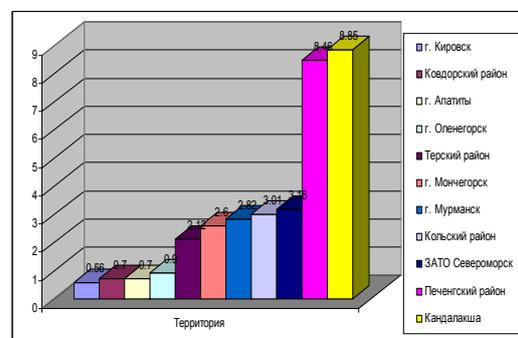


Рис.2. Ранжирование территорий региона по показателю загрязнения воды (K сум)

Обобщенная оценка состояния поверхностных вод бассейна р. Тулома (рис.1), используемого в рыбохозяйственных, питьевых, хозяйственно-бытовых и рекреационных целях, проведена по результатам гидрохимических, гидробиологических наблюдений Мурманск-гидромета [2,3] и санитарно-бактериологических наблюдений ФГУЗ “Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области” за качеством воды водоемисточника в местах водозаборов и местах сброса сточных вод (рис.2) по методике [5]. В исследовании было принято, что к *декларируемым антропогенным факторам воздействия* относятся виды хозяйственной деятельности, имеющие юридического природопользователя (земле-, недро-, водопользователя) и госстатотчетность “2ТП-водхоз” - 17 водопользователей [4]. К *недекларируемым антропогенным факторам воздействия* относятся виды хозяйственной деятельности, по которым не ведется госстатотчетность и/или не имеющие юридического природопользователя. К *латентным факторам* негативного воздействия относятся природные и природно-антропогенные факторы, не регистрируемые в системе мониторинга (поверхностный сток с селитебных территорий, не имеющих канализации; отвалы горнодобывающих и прочих предприятий, не имеющие собственника; сельскохозяйственные угодья, животноводческие комплексы; садово-огородные товарищества). Анализ материалов статистической отчетности предприятий показывает, что основной объем забора воды приходится на р. Тулома и водохранилища. Часть забранной воды (около 62 %) передается за пределы рассматриваемого **района** на удовлетворение потребностей в воде городов Мурманска и Колы. Сточные воды этих городов сбрасываются за пределами бассейна р. Тулома. Анализ данных гидро-биологических показателей, ранжирование комплексной оценки вод (табл. 2, рис.2, Кольский район) показывает, что реки бассейна Тулома являются одними из наиболее чистых в Мурманской области. Расчетный индекс (1.30 - 1.55) характеризует воды водохранилища II - III классами, т.е. воды чистые - умеренно загрязненные. А весь бассейн р. Тулома классифицируется как водоем рыбохозяйственного использования высшей категории (семужьи реки), в связи с чем на 92 реках бассейна установлены лесные нерестовоохраняемые зоны шириной 1000м.

Таблица 2. Характеристика качества вод бассейна р. Тулома по гидробиологическим показателям

N п/п	Наименование водного объекта, створа рек бассейна р. Тулома	Класс качества вод			
		Бактериопланктон	Фитопланктон	Зоопланктон	Зообентос
1.	р. Лотта	II-III	II	III	I-II
2.	р. Акким	II-III	II	III	II
3.	р. Вува	II-III	II	III	I-II
4	р. Нота	II-III	II	III	I-II
5	Р. Тулома	II-III	II	II-III	II
6	вдхр. Верхнетуломское	II-III	II-III	III	II-III
	вдхр. Верхнетуломское1-2 верт.	II-III	II-III	III	III-IV

По большинству гидрохимических показателей качество воды имеет характерные для всего бассейна фоновые концентрации и удовлетворяет требованиям всех водопользователей в соответствии с перечнем ПДК для рек рыбохозяйственного значения. На поверхностные воды постоянно оказываются антропогенные нагрузки и неудовлетворительное качество очистки сточных вод. В р. Тулома осуществляется сброс основного объема сточных вод различной степени очистки от водопользователей, расположенных на территории бассейна. ГОУП Мурманскводоканал сбрасывает нормативно очищенные сточные воды, остальные

водопользователи сбрасывают сточные воды различной степени загрязненности. Поэтому наблюдаются отдельные превышения ПДК по фенолам, меди, железу, никелю, цинку, нефтепродуктам; отдельные высокие загрязнения ртутью. Поверхностные воды р. Тулома не соответствуют требованиям ГОСТ для нужд водоснабжения по цветности, мутности и окисляемости. Повышенное содержание железа в водах бассейна р. Тулома в значительной степени связано с особенностями ландшафта: заболоченностью, озерностью и залесенностью бассейна. Именно оно может влиять на вкус и цвет воды и его практически невозможно убрать из водопроводной воды. Среднее содержание железа по всей территории составляет 0.15 - 0.29 мг/л.

Согласно систематизации водных объектов по комплексности загрязненности воды (7-12%) все водные объекты бассейна относятся к I категории и характеризуются как загрязнённые по единичным ингредиентам и показателям качества. При детальном рассмотрении состава сточных вод, можно отметить, что в р. Тулomu больше всего поступает нитратов, взвешенных веществ, а также органических веществ (по БПК), сухого остатка, хлоридов и сульфатов (рис.3).

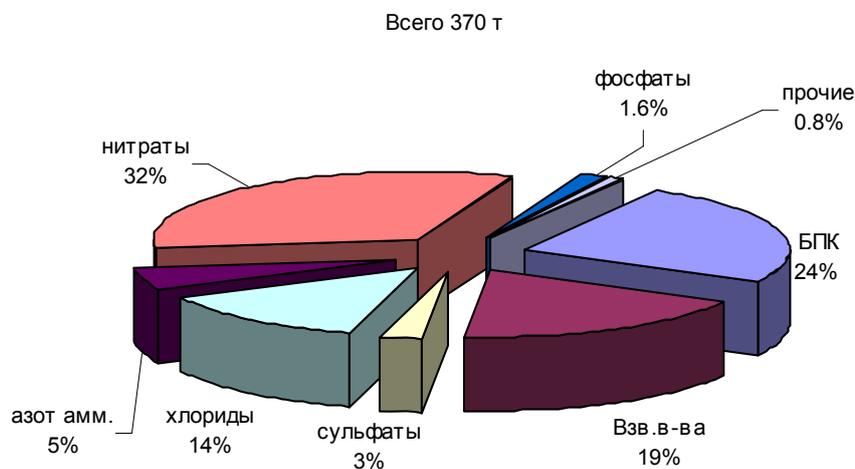


Рис.3.Соотношение ЗВ в сточных водах, сбрасываемых в бассейн р. Тулома

Таблица 3. Пределы бактериального загрязнения воды в р. Тулома в местах водозаборов

N п/ п	Водозабор	2007г.		2008 г.		2009 г.	
		ЛКП	e-coli	ЛКП	e-coli	ЛКП	e-coli
1	С/х «Тулома» КРС	30-230		30-110000		36	
2	Пос. Причальный	30-1600		30-930		-	
3	п.Верхнетуломский	20-1200		-		< 20	
4	Мурмаши	2000		-		20-965	
5	Ст. Тулома	-		36-72		36	
6	Мурманск	30-431	30-430	30-3000	< 30	30-3000	73-3000

При сравнительной оценке показателей бактериологического загрязнения, по пробам, отобраным выше и ниже выпуска сточных вод, можно отметить, что значительного влияния на качество воды поступающие стоки не оказывают. Качество вод характеризуется как чистые, умеренно загрязненные. Суммарные объемы водопотребления и водоотведения по бас-

сейну р. Тулома на 01.01.2009 г. составляют: - *водопотребление* – 33,72 млн. м<sup>3</sup>/год (без водозабора ГОУП «Мурманскводоканал» для городов Мурманск и Кола – 5,18 млн. м<sup>3</sup>/год); - *водоотведение* – 9,842 млн. м<sup>3</sup>/год [2,3,4]. Перечень организованных водопользователей в бассейне реки Туломы по состоянию на 01.01.2010г.:

- 1) ГОУСП «Мурманский тепличный комбинат» (п. Тулома),
- 2) ГОУСП «Тулома» (п. Тулома),
- 3) ГОУП «Мурманскводоканал» (г. Мурманск, г. Кола),
- 4) Мурманская станция гражданских сооружений, водоснабжения и водоотведения отделения железной дороги, (Кольский район),
- 5) ГОУТП «ТЭКОС» (г. Мурманск),
- 6) ОАО «Аэропорт «Мурманск» (п. Мурмаши),
- 7) ОАО «Агросервис» (п. Мурмаши),
- 8) Каскад Туломских ГЭС ОАО «Колэнерго» (п. Верхнетуломский),
- 9) Подсобное хозяйство ФГУП «СРЗ «Нерпа» (п. Мурмаши),
- 10) «Колэнергостройремонт» ОАО «Колэнерго» ,
- 11) ООО «Верхнетуломский рыбзавод» (п. Верхнетуломский),
- 12) ОАО «Агротранс» (п. Мурмаши),
- 13) ГОУП «Мурмансксельхозхимия» (п. Мурмаши),
- 14) МУ «Дирекция единого заказчика Кольского района» (п. Пушной),
- 15) Войсковая часть 64378 (вторая Мурманская КЭЧ) (п. Мурмаши),
- 16) ОАО «Печенгабыт» ОАО «Кольская ГМК» (п. Приречный),  
Мурманский филиал «Евротиви» (г. Кола).

В целом, в настоящее время степень загрязнения поверхностных вод бассейна р. Туломы относится к допустимой. Вода, подаваемая в разводящую сеть после очистки и обеззараживания, пригодна для хозяйственно-бытовых и питьевых нужд водопользователей. Выделение в воде реки *e-coli*, в пробах у водозаборов для г. Мурманска, указывает на фекальный характер загрязнений. Поверхностные воды для нужд водоснабжения допускается использовать, как правило, в случаях, когда исчерпаны ресурсы пресных подземных вод. В долине р. Туломы в 2003-2005гг были проведены поисково-оценочные работы подземных источников пресной воды. В результате выявлено Нижнетуломское месторождение подземных вод, которое по всем показателям соответствует санитарным требованиям и пригодно для питьевого использования. Однако переход на подземные водоисточники не решит проблему качества питьевой воды, так как она подвергается вторичному загрязнению непосредственно в водоводных системах. Поэтому обеспечение безопасного водоснабжения связано как с заменой старых водных коммуникаций, так и с переносом части водовода, проходящего под территорией кладбища в районе п. Мурмаши. Этот участок является зоной экологического риска в случае разрыва металлических труб. Другой угрозой для качества поверхностной воды является помехохранилище местной птицефабрики, которое находится в районе водозабора. Также в настоящее время не в полном объеме учтены организованные водозаборы и объемы водопотребления рекреационных предприятий. Профинансированная из федерального бюджета программа «Организация устойчивого водоснабжения Мурманской области» направлена на выполнение этих организационных мероприятий в ближайшие 3 года [7]. Однако и после решения перечисленных проблем остается устаревший способ обеззараживания воды хлором, который небезопасен для здоровья, но по финансовым возможностям региона безальтернативен.

В целом необходимо ужесточение надзорных мероприятий за водоохранной деятельностью всех водопользователей, ведение мониторинга водопользования, состояния загряз-

ненности поверхностных вод, особенно в паводковые периоды, ликвидация неорганизованных свалок поселков, находящихся в бассейне р. Тулома в соответствии с Постановлением главного государственного санитарного врача по Мурманской области [6].

**Список литературы:**

1. Волкова И.В. и др. Оценка качества воды водоемов рыбохозяйственного назначения с помощью гидробионтов. М.: Колос, 2009. –349.
2. Ведомственные материалы Двинско-Печорского бассейнового водного управления по Мурманской области Федерального Агентства Росводресурсы, 2005 -2009гг.
3. Ведомственные материалы: Ежегодный информационный бюллетень о состоянии водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений. Мурманское УГМС, 2005-2009гг.
4. Госстатотчетность по форме 2-ТП (водхоз). Мурманск: Облкомстат, 2005-2009гг.
5. Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов. М. : Госкомсанэпиднадзор РФ, 1981. – 36 с.
6. Об усилении мероприятий в период паводка: Пост. главного государственного санитарного врача по Мурманской области от 15.03.2007г. № 3.
7. Региональная целевая программа “Водоснабжение Мурманской области” на 2008-2017гг: Пост. Правит. Мурманской области № 639-ПП от 28.12.2007г.
8. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч.III. Методы биологического анализа вод. М., 1996.



---

# МИКРОБИОЛОГИЯ



## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГОНАДАХ ГОЛОТУРИИ CUCUMARIA FRONDOSA БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Анциферова А.В. (Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии)

*Cucumaria frondosa* является одним из перспективных промысловых видов голотурий, обитающих в Баренцевом море. В настоящее время установлено, что органы и ткани этого вида голотурий содержат большой спектр ценных биологически активных веществ, которые обладают противоопухолевой, антимикробной активностью, им присущи иммуномодулирующие и радиозащитные свойства. В связи с этим возникла необходимость изучения репродуктивного цикла этого объекта в различные сезоны.

Цель исследований состояла в изучении репродуктивного цикла самок промысловой голотурии Баренцева моря.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить морфологию гонад и клеточный состав половых трубочек;
- выявить стадии зрелости яичников;
- исследовать сезонную динамику развития гонад.

В основу настоящей работы положены материалы, собранные в различных районах Баренцева моря (рис. 1) научно-промысловыми рейсами ПИПРО и рыболовецкими судами в различные сезоны. Выбор станций обусловлен массовыми скоплениями кукумарии в данных районах. Отлов животных производили путем драгирования и траления на глубинах 76-180 метров. Материал фиксировали в 4% и 10%-растворах формалина.

При камеральной обработке у каждой особи определяли длину и массу кожно-мускульного мешка; описывали морфологию гонад: цвет, длину, массу, общее количество половых трубочек, а также число тонких, средних и толстых трубочек.

При исследовании репродуктивного цикла и стадий зрелости гонад использовали морфометрический и гистологический анализы. У каждой самки отбирали 10-20 трубочек гонады, в каждой трубочке просматривали три участка (по 1 см): концевой, средний и основание трубочки. Измерение диаметра и подсчет разных категорий ооцитов проводили под биноклем при помощи окуляр-микрометра. Значения диаметра ооцитов группировали в размерные классы с интервалом 200 мкм. Развитие гонад классифицировали в 5 стадий.

Для гистологического исследования также использовали основание, средний и концевой сегменты половой трубочки. Парафиновые срезы толщиной 6-8 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, заключали в консервирующую среду "пертекс" или канадский кедр-

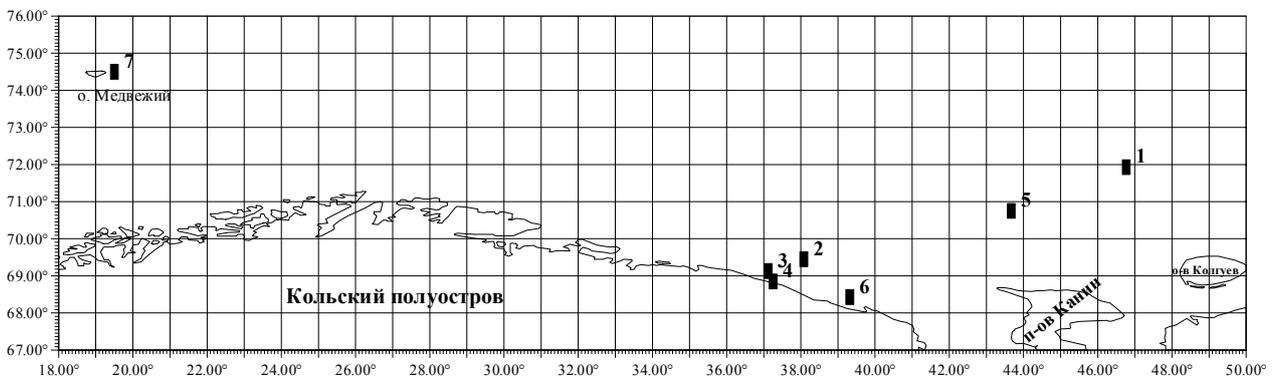


Рис. 1. Станции отбора проб *Cucumaria frondosa*:

1. Северный склон Гусиной банки; 2. Мурманское мелководье; 3. Западный Прибрежный район; 4. Семиостровский район; 5. Северо-Канинская банка; 6. Святоносский район; 7. Восточный склон Медвежинской банки



Рис. 2. Участок яичника.  
V стадия зрелости.  
Июнь. Увел. 10×40

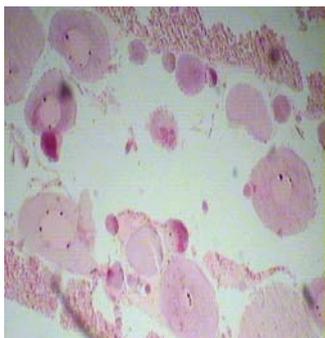


Рис. 3. Участок яичника.  
I стадия зрелости.  
Июль. Увел. 10×40

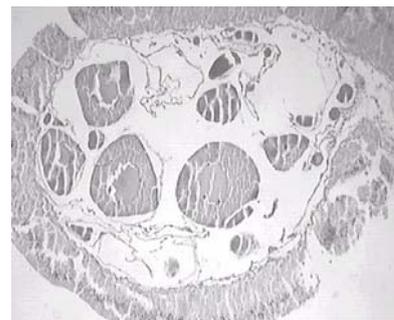


Рис. 4. Участок яичника.  
II стадия зрелости.  
Сентябрь. Увел. 10×40

вый бальзам. Полученные препараты просматривали под микроскопом БИОЛАМ при увеличении 10×8, 10×40 и с помощью окуляр-микрометра измеряли диаметр половых клеток разных генераций. Для получения снимков с гистологических препаратов применяли микроскоп фирмы "МИКМЕД" с комплектом визуализации.

В основном голотурии *C. frondosa* раздельнополые животные. Голотурии имеют непарную гонаду, которая состоит из двух пучков длинных и многочисленных разветвленных и неразветвленных трубочек, заполняющих почти все свободное пространство полости тела. Определить пол особи по внешнему виду невозможно.

В период интенсивного развития гаметогенеза и во время нереста пол легко идентифицировать по цвету гонад после вскрытия. У самцов они бледно-фиолетовые или розовые, у самок – темно-коричневые или бордово-оранжевые. Мужские гонады часто имеют утолщения и перетяжки различной формы и размера. Нами при изучении гонад самок кукумарии Баренцева моря в репродуктивном цикле выделено 5 стадий развития: восстановления, роста, созревания, зрелости и посленерестовая. Необходимо отметить, что границы между стадиями определяются условно и перекрываются.

В начале лета большинство самок имеют гонады на стадии V. Идентификация этой стадии зрелости не вызывает затруднений, так как после нереста половые трубочки спадаются. Стенка трубочек неровная (рис. 2). Половые трубочки яичника содержат половые клетки разных фаз развития. Резорбции подвергаются ооциты различного диаметра.

В июле и августе происходит восстановление гонад, начинается процесс гаметогенеза. Стенка трубочек утолщается. На поперечных срезах трубочек заметна складчатость их стенок. Вдоль внутренней поверхности трубочек появляются оогонии.

Полость трубочек гонады заполнена ооцитами округлой и овальной формы. Большей частью это превителлогенные ооциты – фазы цитоплазматического роста и фазы первоначального накопления полисахаридов (рис. 3). Ооциты цитоплазматического роста имеют базофильно окрашенную цитоплазму. Вителлогенные ооциты немногочисленны. В ядрах половых клеток содержится от 3 до 6 ядрышек. Половые клетки окружены фолликулярными клетками. В основном резорбции подвергаются превителлогенные ооциты.

В осенний период в гонадах продолжают восстановительные процессы, и начинается стадия накопления и дифференциации гамет. Половые трубочки имеют максимальную толщину стенки - 250-350 мкм. В сентябре (рис. 4) и октябре вдоль стенки половых трубочек располагаются оогонии и ооциты цитоплазматического роста размерами от 30 до 210 мкм. В просвете трубочек обнаружены превителлогенные ооциты промежуточных размеров. Цитоплазма их имеет зернистую структуру, ядро округлое с небольшим количеством ядрышек. Развивающиеся ооциты окружены тонкой оболочкой из фолликулярных клеток. Наблюдается резорбция как превителлогенных, так и вителлогенных ооцитов.

В ноябре (рис.5) увеличивается диаметр гонадных трубочек, оогонии отсутствуют, происходит количественное уменьшение ооцитов начальных этапов роста и повышается содержание вителлогенных ооцитов диаметром 475-675 мкм. В больших в сечении трубочках имеются крупные половые клетки, значительная часть которых подвергается резорбции.

Состояние гонад у самок, описанное для осени, в целом характерно для зимних месяцев (рис. 6). Клеточный состав не претерпевает значительных изменений. Часты картины резорбции гамет. К концу зимы толщина стенки трубочек уменьшается до 170-215 мкм, мелкие половые клетки диаметром 25-75 мкм не обнаружены. В ядрах превителлогенных ооцитов насчитывается большое количество ядрышек от 5 до 10, что говорит об активных синтетических процессах. Ооциты окружены фолликулярными клетками.

Весной половые трубочки имеют максимальный диаметр и минимальную толщину стенки 50-80 мкм. К концу марта – началу апреля просвет трубочек в основном заполнен ооцитами диаметром 475-675 мкм (рис. 7). В апреле – мае стенки половых трубочек предельно истончены. Вителлогенные ооциты диаметром 700-900 мкм составляют 40-60 % от общего количества половых клеток в гонаде. Присутствуют ооциты предыдущих фаз развития.

В репродуктивном цикле самок голотурии *Cucumaria frondosa* Баренцева моря самой непродолжительной является посленерестовая стадия (V стадия зрелости). У большинства особей она начинается в мае и заканчивается в июне. Летом осуществляется восстановление гонад, начинается новая волна гаметогенеза. С июля по август и с сентября по октябрь отмечено возрастание числа оогоний и растущих ооцитов. Самой длительной в годовом цикле является стадия роста (II стадия зрелости), обычно она начинается в сентябре и продолжается по февраль. Самки в преднерестовом состоянии (III стадия зрелости) встречаются с февраля по апрель, а с апреля по май происходит нерест (IV стадия зрелости). Следует отметить, что в гонадах баренцевоморской голотурии после нереста остаются половые клетки на разных стадиях развития. Кроме того, на протяжении всего года в яичниках постоянно происходят процессы резорбции как вителлогенных, так и превителлогенных ооцитов.

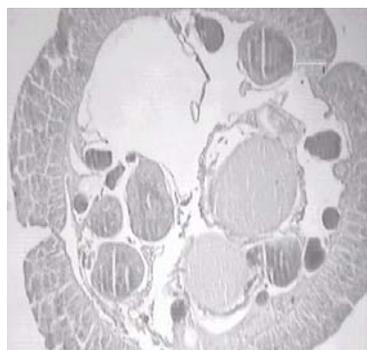


Рис. 5. Участок яичника.  
II стадия зрелости.  
Ноябрь. Увел. 10×40

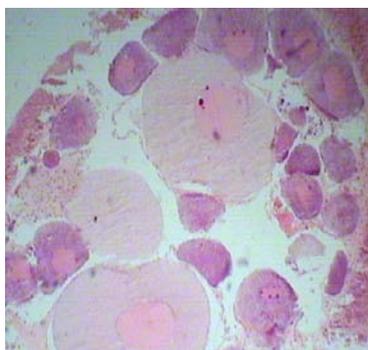


Рис. 6. Участок яичника.  
II стадия зрелости.  
Февраль. Увел. 10×40

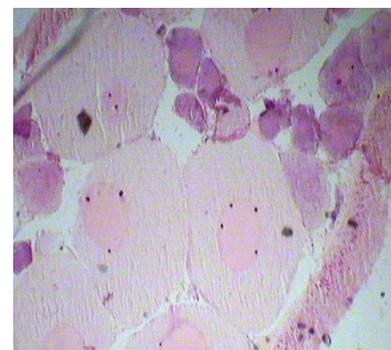


Рис. 7. Участок яичника.  
III стадия зрелости.  
Март.. Увел. 10×40

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенштадт, Т.Б. Цитология оогенеза. – М.: Наука, 1984. – 247 с.
2. Анциферова, А.В. Особенности репродуктивной биологии голотурии *Cucumaria frondosa* Баренцева моря в осенне-зимний период // Докл. Моск. Общества испытателей природы. Т. 39. Биотехнология – охране окружающей среды. – М.: Графикон, 2006. – с. 25 – 28.
3. Гудимова, Е.Н. Голотурия *Cucumaria frondosa* (*Gunner, 1776*) // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей / КНЦ РАН. – Апатиты, 1998. – с. 453 – 528.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Белякова А.С. (МГТУ, кафедра микробиологии, [dracenamagenta@mail.ru](mailto:dracenamagenta@mail.ru))

В 1967 г. при исследовании различных штаммов морских гетеротрофных бактерий в условиях хемостата было установлено, что они способны расти при очень разных концентрациях органических субстратов. На основании полученных данных микроорганизмы были разделены на две группы, одна из которых обладала способностью к росту при очень низком содержании субстрата в среде, а вторая - при высоком. Первая группа бактерий получила название олиготрофных бактерий, вторая до сих пор разными исследователями именуется по-разному - евтрофными, сапрофитными, гетеротрофными или копиотрофными. В настоящее время чаще используется термин - евтрофные бактерии, который наиболее точно отражает особенности стоящей за ним группы микроорганизмов.

Впервые микробиологические исследования морских вод на открытых участках Северного Ледовитого океана были проведены в 1899 году. На основе полученных результатов был сделан вывод о том, что морские воды Северного Ледовитого океана почти стерильны, а пресная вода при тех же географических условиях более сильно обсеменена бактериями.

Применение метода прямого счета бактерий, предложенного Разумовым, позволило получить подробные сведения о численности и распределении бактериопланктона Баренцева моря.

В зависимости от типа водной экосистемы (реки, озера, моря) и времени года распределение и таксономический состав гетеротрофных микроорганизмов в целом, достаточно разнообразен. Состав и численность этих бактерий также зависит от химических и физических факторов среды. Лимитирующим их развитие фактором является концентрация лабильного органического вещества, доступного в качестве источника углерода и энергии. Существенное значение имеют биотические факторы: концентрации в воде метаболитов, стимулирующих или ингибирующих развитие бактерий, рН водной среды, концентрация в ней кислорода. Из абиотических факторов сильное влияние на численность гетеротрофных микроорганизмов в морских водах оказывают концентрации биогенных элементов - азота и фосфора, температура, соленость, мутность, гидростатическое давление, ультрафиолетовая радиация и т.д. Взаимодействие этих факторов определяет скорость размножения и распределение гетеротрофных микроорганизмов в Мировом океане. При этом главную роль обычно играет либо один какой-либо фактор, либо совокупность лишь немногих из них. Выделение таких факторов в каждом конкретном случае является одной из важнейших задач микробиологических исследований в любой акватории.

Гетеротрофные бактерии тесно связаны с другими гидробионтами. Фитопланктон обычно снабжает бактерии органическим веществом либо непосредственно через его экскрецию, либо оно может поступать в среду в виде отмерших клеток фитопланктона. В свою очередь микроорганизмы, разлагая сложные органические вещества аллохтонного и автотонного происхождения, превращают их в простые минеральные соединения ( $\text{CO}_2$ , соли азотной, серной, фосфорной кислот и др.), необходимые для фотосинтеза и питания фитопланктона, и тем самым обуславливают воспроизводство первичной продукции. Таким образом, рост фитопланктона напрямую зависит от бактериальной активности.

При анализе взаимосвязей, гетеротрофные бактерии в первую очередь рассматриваются как источник питания для гетеротрофных микрофлагеллят, которые в свою очередь потребляются представителями более высокого трофического уровня – микрозоопланктоном. Таким образом образуется пищевая цепь: бактерии → флагелляты → микрозоопланктон, ос-

новную роль в которой играют одиночные бактерии размером до 1 мкм, которые недоступны для потребления зоопланктоном напрямую в силу особенностей строения ротового аппарата рачков. В то же время бактерии, образовавшие агрегаты или прикрепившиеся к частицам детрита, становятся доступны крупным планктонным организмам. В этом случае может существовать и более короткая пищевая цепь: бактерии → микрозоопланктон.

В разных климатических зонах связь между продуцентами и консументами выражена в различной степени. Для северных морей в летний период (полярный день) при нормальном развитии фитопланктона сохраняется обычная трофическая цепь пелагиали: фитопланктон - зоопланктон - бактерии. В остальные периоды при слабом развитии фитопланктона эта трофическая цепь нарушается и в период полярной ночи становится преобладающей детритная пищевая цепь, что в свою очередь повышает продуктивность системы, поскольку укорачивается путь использования энергии. Таким образом, бактериопланктон способен восполнять дефицит пищи у фильтрующего зоопланктона при слабом развитии фитопланктона, особенно в длительный период полярной ночи. Следовательно, в это время он может приобретать ведущее значение в трофодинамике полярных морских экосистем.

Изменение состава микробных популяций в загрязненных морских экосистемах обычно происходит в связи с возрастанием численности (либо полным доминированием) той физиологической группы микроорганизмов, которая развивается за счет органических соединений, загрязняющих данную акваторию. При этом увеличивается доля этой группы бактерий от общей численности микроорганизмов, а также от содержания сапротрофных бактерий. Это явление широко используется при проведении микробиологического мониторинга водных экосистем.

Данных о численности в морских водах гетеротрофных бактерий, способных к росту на питательных средах, достаточно много. Однако в основном, в литературных источниках упоминаются лишь евтрофные бактерии. Информация о динамике численности олиготрофных бактерий, способных расти на средах с низким содержанием органического вещества, достаточно скудна. Известно, что в открытых морских водах эти бактерии часто доминируют над евтрофными.

Независимо от региона, численность евтрофных бактерий подвержена значительно более сильным изменениям под действием факторов внешней среды по сравнению с общей численностью гетеротрофных бактерий. Минимальные количества евтрофных бактерий обычно наблюдаются в пелагических водах океана, а максимального обилия они достигают в прибойных зонах, где происходит интенсивное механическое разрушение взвешенного органического вещества.

Вертикальное распределение евтрофных бактерий в водной толще также неоднородно. Наибольшее их обилие обычно наблюдается в фотической зоне, в области высокой численности фитопланктона (на глубинах до 200 м).

В открытых районах Мирового океана общая численность микробного населения в океанической толще колеблется от нескольких тысяч до сотен тысяч в 1 мл, а на больших глубинах снижается до сотен и десятков в 1 мл (Вербина Н.М., 1980).

Такая разреженность морских микроорганизмов обуславливается спецификой среды обитания, плотность бактериального населения находится в прямой зависимости от солёности воды, температуры, гидростатического давления и других факторов, по основным экологическим факторам является количество органического вещества в воде, интенсивность его распада и степень высвобождения биогенных элементов (Вербина Н.М., 1980).

Органическое вещество, находящееся на первых стадиях разложения, распределено в толще воды неравномерно, что определяет очаговый характер, микрizonaльность в распределении гетеротрофных микроорганизмов в воде как по горизонтали, так и по вертикали.

Количество микроорганизмов в морях, как и в озерах, постепенно уменьшается по мере удаления от берегов и с глубиной. В прибрежной зоне численность бактерий больше, чем в открытом море (Вербина Н.М., 1980).

Существенное влияние на распределение евтрофных бактерий могут оказывать и приливно-отливные течения. Мощные приливы способствуют равномерному распространению в водной толще от поверхности до дна взвешенного органического вещества и планктона, соответственно им распространяются и бактерии.

В бухтах и фиордах численность евтрофных бактерий гораздо в большей степени зависит от течений обусловленных ветрами. В зависимости от гидрометеорологических условий, количество евтрофных бактерий в воде за короткое время может изменяться в 10 -100 раз.

Обзор большого количества литературных источников показывает, что в районах Кольского Заполярья были выполнены отдельные исследования микробиологического состояния водных экосистем, испытывающих на себе мощный антропогенный пресс. Систематические исследования Кольского залива не проводились. Большинство микробиологических исследований водных объектов Заполярья были направлены на изучение количественных и продукционных характеристик бактериопланктона, остальным аспектам уделялось недостаточно внимания. Исследования таксономической принадлежности и морфологических свойств бактерий Кольского залива носили отрывочный характер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Байтаз, О.Н. Пространственно-временная изменчивость бактериопланктона Баренцева моря: автореферат дис. ... кандидата биол. наук / О.Н. Байтаз. - М.: МГУ, 1998.
2. Богданова, О.Ю. Пространственно-временная изменчивость гетеротрофных бактериальных сообществ воды литорали Кольского залива: дисс.канд. биол. наук / Богданова Ольга Юрьевна; МГУ им. М.В. Ломоносова. — М., 2003. - 147 с.
3. Вербина, Н.М. Гидромикробиология с основами общей микробиологии: учеб. пособие / Н.М. Вербина. - М.: Пищ. пром-сть, 1980. - 288 с.
4. Макаревич, Е.В. Бактериобентос литорали среднего и южного колен Кольского залива: автореферат дис. ... кандидата биол. наук. - Мурманск: 2004. - 25 с
5. Перетрухина, А.Т. Микробиологический мониторинг водных экосистем Кольского Заполярья: автореферат дис. ... докт. биол. наук. - Мурманск: 2002. - 60 с.
6. Перетрухина, И.В., Гетеротрофный бактериопланктон литорали Кольского залива и его роль в процессах естественного очищения вод от нефтяных углеводородов: дисс.канд. биол. наук / И.В. Перетрухина - Мурманск, 2006 - 230 с.
7. Fuhrman, J.A. Thymidine incorporations as a measure of heterotrophic bacterial production in marine surface water: evaluation and field results / J.A. Fuhrman, F. Azam // *Mar. Bio*], 1982. - V. 66. -P. 109-L20.
8. ZoBell, C.E. *Marine microbiology*. / C.E. ZoBell // Waltham, Mass.: Chron. Bot. Press, 1946. – 240 p.

## САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ Г. МУРМАНСКА

**Гераськин В.С., Перетрухина А.Т.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии*)

Условно-патогенные микроорганизмы широко распространены в окружающей среде. Они способны развиваться и длительно храниться при низких температурах. В почвенных экосистемах эти бактерии могут сохраняться длительное время, используя эту экологическую нишу как фактора передачи заразного начала.

Условно-патогенные микроорганизмы можно использовать в качестве индикаторов для мониторинга почвенных экосистем.

Почва - важнейший компонент в круговороте веществ. Большое количество веществ подвергаются минерализации, часть из них ассимилируется в ней. Антропогенное воздействие окружающей среды оказывает огромное влияние на микробиологический состав. Коренные изменения его повлекут за собой необратимые реакции.

Почва является благоприятной средой для развития любой микрофлоры, в том числе и патогенной. Основной целью санитарно-микробиологических исследований почвы является гигиеническая оценка с точки зрения инфекционной опасности для человека. Современный методический уровень позволяет успешно выявлять возбудителей инфекционных заболеваний в почве.

Санитарно-микробиологические исследования почв - это контроль за состоянием почвенной микрофлоры, но его нужно сочетать в комплексе с биохимическими, физическими и др. показателями. Только зная степень воздействия человеческого фактора на почвенные экосистемы, можно предотвратить необратимые последствия.

Появление очень крупных и достаточно грязных городов делает проблему санитарной микробиологии городских почв особенно острой. Появление стай бездомных животных и людей без определённого местожительства, среди которых много больных туберкулёзом, желудочно-кишечными и грибковыми заболеваниями, неряшливое отношение к помойкам приводит к накоплению в почвах, в том числе на детских площадках, патогенных и условно-патогенных микробов, токсинообразователей, аллергенов. Формирование оптимальных условий жизни населения в городе Мурманске включает как важную составляющую гигиенический аспект оценки влияния антропогенного загрязнения на окружающую среду, в том числе контроль качества почвы. Поэтому особую актуальность приобретает взвешенная оценка санитарно-микробиологического состояния почв города Мурманска.

В период с октября 2007 года по май 2008 года был проведен мониторинг состояния почв по микробиологическим показателям, изучен качественный и количественный состав микроорганизмов почв города Мурманска, взятых из трёх точек.

Для санитарно-микробиологического анализа почв г. Мурманска были выбраны три участка в трех районах города:

- в Ленинском – детский сад №34 – станция 1
- в Октябрьском – парк вокруг памятника «Жертвам интервенции» - станция 2
- в Первомайском – прогимназия №24 – станция 3.

Оценивая санитарное состояние исследованных образцов почвы по основным санитарно-бактериологическим показателям, можно сказать, что обнаружение кишечной палочки в зимний период на всех трёх станциях указывает на свежее фекальное загрязнение. Бактерии данного вида присутствовали во всех изучаемых станциях в доминирующих количествах. Максимальный уровень бактерий группы кишечной палочки наблюдался в весенний период. Что касается коли-индекса – количество бактерий группы кишечной палочки, обна-

руженных в 1 г почвы, то для всех трёх станций составляет от 1000 до 10000. Этот показатель не соответствует норме, указанной в СанПиН 2.1.7.1287-03. То есть почвы на выбранных станциях можно отнести по категории загрязнённости к опасным.

Такой показатель, как перфрингенс-титр – наименьшая масса почвы в граммах, в которой обнаруживаются особи *Cl. perfringens*, в осенний период на всех трёх станциях оказался 100. а в зимний и весенний периоды для всех проб был равен нулю. Обнаружение в почве *Cl. perfringens* наряду с бактериями группы кишечных палочек также указывает на ее фекальное загрязнение. Сначала в почве развиваются и накапливаются одновременно бактерии группы кишечных палочек и *Cl. perfringens*. Через 4-5 месяцев бактерии группы кишечных палочек погибают, а *Cl. perfringens* еще обнаруживается в титре 0,01. Таким образом, титр *Cl. perfringens* имеет санитарно-показательное значение лишь в том случае, когда его определяют в комплексе с другими показателями. По соотношению количества вегетативных и спорных форм *Cl. perfringens* можно судить о времени фекального загрязнения.

В результате проведённого анализа были определены доминирующие микроорганизмы исследуемых территорий. К ним относятся микроорганизмы следующих родов *Enterococcus*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Providencia*, *Cl. Perfringens*.

Таким образом, можно сказать, что все три станции относятся к неблагоприятным с экологической и гигиенической точки зрения. Процессы самоочищения почвы здесь значительно подавляются бактериями группы кишечной палочки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест: метод. указания. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 38 с.
2. МУ 2.1.7.730-99. Методы по санитарно-микробиологическому анализу почв. – М., 1999. – 45 с.
3. МУ № 1446-76. Схема санитарно-микробиологического исследования почвы. – М., 1976. – 41 с.
4. Определитель бактерий Берджи. В 2 т.: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Смита и [др.]. – М.: Мир, 1997. – 23-256 с.
5. Перетрухина, А. Т. Микробиология сырья и продуктов водного происхождения. Учебник для студентов высших учебных заведений / А.Т. Перетрухина -Мурманск: 2003. -259 с.
6. Перетрухина, А.Т. Практикум по общей микробиологии: Учеб. пособие для студентов спец. 271000 и бакалавров напр. 552400. [Гриф УМО университетов России] / А. Т. Перетрухина - Мурманск: Изд-во МГТУ, 1998. - 170 с.
7. Перетрухина, А.Т. Экологические и физиологические особенности бактерий в воде, рыбе и продуктах из сырья водного происхождения в условиях Заполярья. Ч. 1. Микробиологические исследования питьевой воды и воды открытых водоемов / А. Т. Перетрухина, Е. Е. Белокопытова, Н. Б. Ведерникова // Мурманское высш. инж. мор. училище им. Ленин, комс. -Мурманск, 1988. - 12 с. - Деп. во ВНИЦентр, № 02880067934. Гр. №. 01870032637.
8. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. – М.: Минздрав России, 2003. – 23 с.
9. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель -М.: Мир, 1972.-498 с.

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛЕВАНИЯ НОВОРОЖДЕННЫХ И РОДИЛЬНИЦ В Г.МОНЧЕГОРСКЕ

Сбитнева В.В. (Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии)

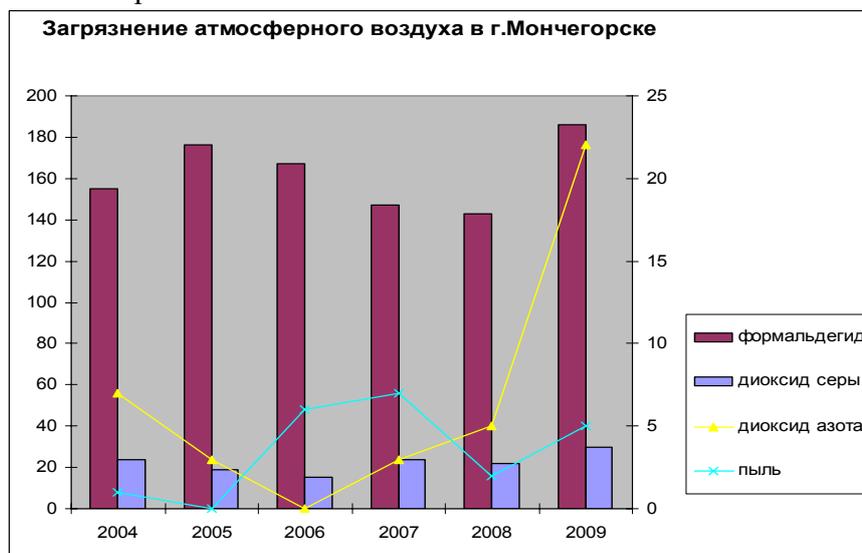
Население города живет в районе интенсивной деятельности медно-никелевого промышленного комплекса. На здоровье людей не могут не влиять выбросы вредных веществ в тоннах в год и выхлопные газы растущего с каждым годом автотранспорта. Выбросы вредных веществ, загрязняющие атмосферный воздух, почву и питьевую воду, вызывают различные заболевания среди жителей города. Вода во многом определяет состояние здоровья населения и уровень санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Мною проводился анализ влияния экологических факторов на здоровье новорожденных и родильниц г. Мончегорска. Проводились исследования состояния атмосферного воздуха, анализ состояния почвы, качества питьевой воды, мониторинг качества и безопасности продуктов питания в г. Мончегорске.

Давая характеристику состояния атмосферного воздуха в г. Мончегорске за последние 6 лет, следует отметить: воздух на протяжении длительного времени загрязнялся формальдегидом, диоксидом серы, диоксидом азота и пылью. По тяжелым металлам, бензапирену, угарному газу превышений не регистрировалось (диаграмма №1). Бактериологические исследования воздуха проводятся по производственному контролю в помещениях. За данный период отклонений не наблюдалось.

Ведётся также наблюдение за состоянием воды. Источником водоснабжения г. Мончегорска является оз. Монча. Проводится подробный анализ качества воды озера Монча. Вода исследуется по 26 химическим, 4 бактериологическим и 2 паразитологическим показателям. В г. Мончегорске мониторинг качества питьевой воды ведётся с 2006 года. Исходя из полученных данных, на протяжении последних 4 лет отмечались превышения нормативов по цветности, по количеству остаточного хлора. В 2006 году наблюдалось превышение норм по мутности и ОКБ (общие колиформные бактерии) и ТКБ (термотолерантные бактерии). Превышение норматива по цветности воды в озере – выше 20 градусов, происходит в основном за счет содержания природных гуминовых веществ, характерных для многих водоисточников Мурманской области. Микробиологически и паразитологически вода питьевого озера Монча безопасна.

Диаграмма №1.



Проводилось также исследование проб почвы. Территория города значительно загрязнена тяжелыми металлами в основном за счет выбросов ОАО «Кольская ГМК». Проводится лабораторный контроль качества почвы на территории города, и в мониторинговых точках. Это территории детских дошкольных учреждений, учебных заведений, лечебных учреждений, селитебной территории, зоны санитарной охраны источника питьевого водоснабжения. Все исследуемые химические вещества относятся к 1 и 2 классу опасности. Превышение ПДК наблюдается по меди, никелю, свинцу, цинку, бензаперену, кобальту, кадмию. По бактериологическим и паразитологическим исследованиям отклонений не наблюдалось. Степень химического загрязнения почвы (по суммарному показателю загрязнения):

- в жилой застройке – категория загрязнения почвы «опасная»,
- территория учебных заведений, детских дошкольных учреждений, санитарно-защитная зона водоем источника питьевого водоснабжения, полигона ТБО - категория загрязнения почвы «чрезвычайно опасная». Почва на территории г. Мончегорска эпидемически безопасна.

Проводится мониторинг качества и безопасности продуктов питания. За 6 лет из 898 исследованных проб – 6 выявлено с превышением ПДК – по кадмию в грибах и по нитратам в плодоовощной продукции. Бактериологически за 10 лет было проведено 8137 исследований. 341 из них с отклонениями. В большинстве случаев превышение наблюдалось по дрожжевым грибам и БГКП. Отклонения наблюдаются в основном в молочной продукции.

Неблагополучная экологическая обстановка негативно сказывается на здоровье населения г. Мончегорска. Мною проведён анализ ГСИ (гнойно-септического инфицирования) новорожденных и родильниц г. Мончегорска за 10 лет (с 2000 по 2010 годы). Всего было взято 4252 анализов, проведено 33000 исследований. Были обследованы новорожденные, женщины во время постановки на учет по беременности, затем в 30 недель, перед родами и после родов на 3-и сутки. По сравнению с 2000-2004 г-ми наблюдается рост заболеваемости. За период с 2000 по 2010 год преобладающей микрофлорой, вызвавшей гнойно-септическое инфицирование (ГСИ) среди родильниц и новорожденных в г. Мончегорске является *St. haemolyticus* (диаграмма №2). Доминирующими заболеваниями, вызванными *St. haemolyticus*, являются везикулопустулёзы, дакриоциститы и конъюнктивиты у новорожденных, и гнойные маститы у родильниц. Проведён анализ того, какое инфицирование преобладает: внутриутробное, внутрибольничное или на участке. Из проведённых исследований видно, что преобладает внутриутробное инфицирование (ВУИ).

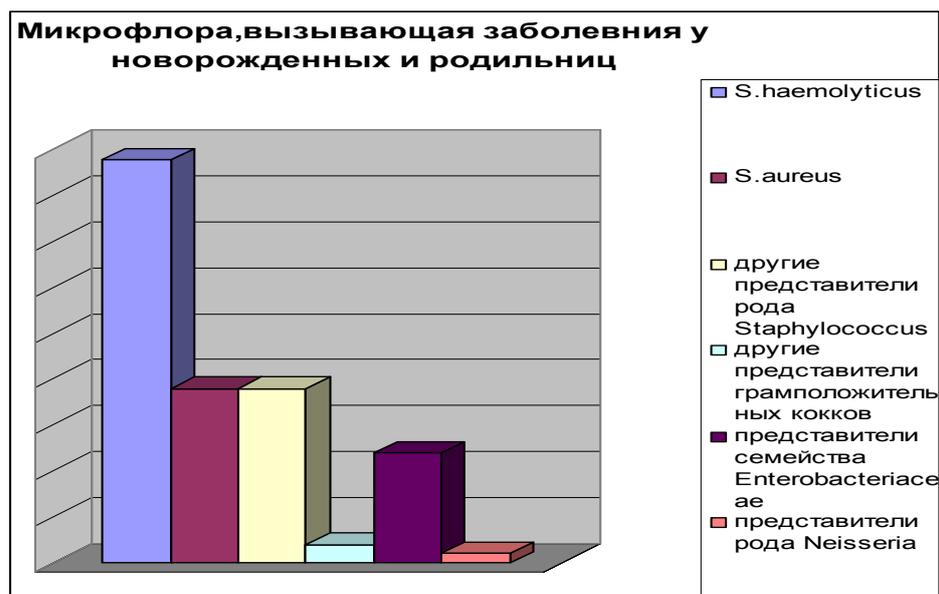
Из 119 случаев инфицирования ВУИ регистрировалась 62 раза, 26 случаев ВБИ, на участке - 40 случаев.

Проводилось также обследование объектов внешней среды. За период с 2000- по 2010 гг. было проведено 19065 исследований, из которых доминирующей выделяемой микрофлорой является *St. haemolyticus* - высевался 74 раз из 153 исследований.

После проведения данных исследований я пришла к выводу, что причиной заболеваний новорожденных являются родильницы, т.к. заболевания в большинстве своём имеют внутриутробное инфицирование (ВУИ). Это связано с тем, что женщины, достигшие детородного возраста, имеют массу хронических заболеваний. Это связано с экологической обстановкой в городе, с нездоровым образом жизни, который ведут женщины, достигшие детородного возраста.

Загрязнение атмосферного воздуха продолжает оставаться одним из факторов риска для здоровья населения г. Мончегорска. Приоритетные загрязнители воздуха - формальдегид и сернистый газ. На здоровье беременных женщин влияют следующие факторы:

Диаграмма №2.



а) условия экстремального проживания в условиях Крайнего Севера (синдром полярного напряжения, дефицит солнца, йода, малая минерализация воды). Нарушение экологического равновесия, антропогенные экологические факторы, влияние естественных и промышленных канцерогенов, повышенный риск вредного воздействия формальдегида и тяжелых металлов, ведущие к угнетению функций щитовидной железы, пищеварительных ферментов и дыхательной системы, а также снижение иммунологической реактивности у жителей, ведущее к росту аутоиммунных болезней (бронхиальная астма, экземы, тиреоидиты, хр. болезни миндалин);

б) неполноценная структура и качество питания основной массы населения ;

в) пренебрежение отдельных слоев общества собственным здоровьем (вредные привычки злоупотребление алкоголем, употребление суррогатов и фальсификатов).

Положительной динамики в состоянии здоровья беременных женщин можно достигнуть путем комплексного решения проблем: улучшение рациона питания, активная пропаганда здорового образа жизни, обеспечение доступности населения современным, квалифицированным методам обследования и лечения, повышение уровня ранней диагностики, проведение качественных профосмотров, а также мерами по экологической защите населения: обнаружение источников, предприятий, вносящих вклад в загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом, улучшение качества питьевой воды (по цветности, хлорорганическим соединениям).

### Список литературы

1. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2007 году. – Мурманск, 2008
2. Автореферат диссертации на соискании учёной степени доктора биологических наук Перетрухиной А.Т.-Москва,2002-59с
3. Доклад по охране окружающей природной среды Мурманской области в 2001 году. Мурманск,2002-115с.
4. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология: Учебное пособие.- М.: МГУИЭ, 2000.-504 С.,ИЛ.
5. Медицинская микробиология./Гл.ред. В.И. Покровский, О.К. Поздеев.-М.: ГЭОТАР Медицина,1999 г.-1200 с.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АНИЗАКИДОЗА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Лабинцева Е.В., Мишинева З.Р. (ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области»), Воробей А.В. (МГТУ, студент, 5 курс).

Паразитарная патология является одной из самых распространенных патологий в популяции человека и занимает четвертое место в структуре всех болезней. На территории Российской Федерации одной из социально значимых проблем остаётся распространение болезней человека, возникающих в результате употребления в пищу заражённой рыбы, моллюсков, ракообразных и других морепродуктов.

Анизакидозы – рыбные личиночные гельминтозы проявляющиеся у человека патологией желудочно-кишечного тракта; возбудителями инвазии являются несколько видов нематод семейства *Anisakidae*.

Анизакиды - паразиты хищных рыб, рыбоядных птиц и водных млекопитающих.

Окончательными хозяевами гельминтов, в кишечнике которых обитают половозрелые особи, являются китообразные и ластоногие млекопитающие, хрящевые рыбы (акулы и скаты), рыбоядные птицы (цапля и др.). Окончательные хозяева заражаются, поедая инвазированных промежуточных хозяев. Человек служит для анизакид «экологическим тупиком», поскольку в его организме дальнейшего развития личинок не происходит.

По данным разных авторов переносчиками личинок являются многие виды морских рыб: треска, корюшка, морской окунь, сельдевые, мерлуза, макрель, камбала, бельдюга, пикша, серебристый хек, зубатка, морская форель, путасу, ставрида, скумбрия, нототения, мойва и др.

В основном личинки обнаруживаются в заднем отделе полости тела, где они инкапсулируются на брыжейке, печени, гонадах, пилорических придатках. Большинство личинок неподвижны, но некоторые мигрируют по различным органам в полости тела рыбы, проникая в мускулатуру и гонады. Распределение личинок анизакид в органах и тканях рыбы имеет значение при определении ее зараженности, а также при обеззараживании рыбной продукции в процессе ее переработки. Личинки анизакид очень стойки к воздействию различных факторов и могут долго жить в мертвой рыбе. Они стойки к низким температурам.

По данным НИИ океанографии и рыбного хозяйства личинки анизакисов обнаруживаются в мышцах трески в 50-100 %, синекорого палтуса 85 %, сайды 40 %, камбалы-ерша 50 %. На базе баклаборатории ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области» в течение 2007-2009 года было обследовано 588 экземпляров охлажденной и мороженой рыбы (сельдь, треска, зубатка, пикша, окунь, мойва), рыбной продукции, крабов и продуктов их переработки. В 130 экземплярах были обнаружены личинки нематод рода *Anisakis*, что составило 22,1 %.

Анизакидоз протекает как острое заболевание с аллергическими симптомами. Заражение анизакидами возникает только в случае попадания в организм человека живых личинок вместе с мясом рыбы, моллюсков и ракообразных, употребляемых в сыром, слабосоленом, копченом, непроваренном, непрожаренном виде. Часть живых личинок анизакид, проглоченных с рыбой или рыбопродуктами, попав в желудочно-кишечный тракт, погибает на входе в желудок, а в некоторых случаях активно внедряется головным концом в подслизистую любого отдела - от желудка до толстого кишечника, но чаще - желудка и тонкой кишки. Возникающее воспаление сопровождается эозинофильной инфильтрацией, отеком, геморрагиями, изъязвлением до развития эозинофильного флегмонозного энтерита.

Из кишечника личинки могут мигрировать во все органы. В местах их локализации развиваются воспалительные процессы и образуются эозинофильные гранулемы. Описаны случаи локализации гранулем в глотке, поджелудочной железе, селезенке, лимфатических узлах. Характер проявляющихся при этом клинических симптомов зависит от места локализации паразитов и реактивности организма хозяина. Локальные гранулемы сохраняются и после гибели личинок. Стоит отметить, что аллергены анисакид достаточно термостойкие и даже надёжно приготовленная рыбная пища, содержащая мёртвых личинок анисакид, может вызвать аллергическую реакцию у чувствительных лиц.

Современная клиничко-паразитологическая диагностика заболевания анисакидозом осложнена тем, что патологические проявления инвазии в ранней и острой стадиях отличаются значительным полиморфизмом и трудно дифференцируются от проявлений заболеваний органов пищеварения. Лабораторная диагностика у людей не проводится из-за отсутствия диагностических иммуноферментных препаратов и заболевание «проходит» под другими диагнозами. Анисакидоз следует дифференцировать с язвенной болезнью желудка и 12-перстной кишки, гастритом, панкреатитом, холециститом и опухолями. При кишечной форме необходимо исключить аппендицит, диверкулит, опухоли, колит и энтероколит.

Важное значение имеет анамнез - употребление сельди, трески, икры, рыбопродуктов без предварительной термической обработки. Личинок гельминтов можно обнаружить при контрастной рентгенографии и эндоскопии или при исследовании резецированных при хирургических операциях участков желудка и кишечника. При фиброгастродуоденоскопии, в местах внедрения гельминтов, обнаруживается отек слизистой оболочки с множественными точечными эрозиями. При исследовании крови выявляется умеренный лейкоцитоз и эозинофилия. Серологические методы диагностики не разработаны. При копроскопии личинки или яйца анисакид не обнаруживаются. Идентификация паразита до рода и вида возможна при исследовании личинок, удаленных при эндоскопии или хирургическом вмешательстве. Очень желательно проводить исследование рыбы, рыбопродуктов, которые употребляли в пищу больные, на наличие личинок.

На территории города Мурманска было выявлено несколько случаев анисакидоза среди людей. Так в 2009 году в стационар ОМСЧ «Севрыба» поступило двое больных с жалобами по поводу приступообразной боли в эпигастрии. При сборе анамнеза выяснилось, что больные употребляли в пищу в первом случае - малосоленую мойву, во втором - жареную треску, приготовленную из охлажденного сырья. При эндоскопическом исследовании желудка были удалены эндоскопом со слизистых стенок желудка червеобразные объекты молочно-белого цвета, длина которых достигала 1,5-3 см. Для установления видовой принадлежности гельминты были доставлены в паразитологический отдел баклаборатории ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области». Извлеченные гельминты были идентифицированы как личинки нематоды рода *Anisakis*.

Изучение проблемы анисакидоза выявило его распространение на территориях, расположенных в морских и океанических акваториях, где население чаще употребляет свежее выловленную, слабосоленую, вяленую или копченую в домашних условиях рыбу, в том числе и среди населения Мурманской области. Актуальность данной проблемы связана не только с наличием природных биотопов промежуточных и окончательных хозяев возбудителя, но и с трудной дифференциацией анисакидоза с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Риск заражения, определяемый природными условиями, может быть усилен или ослаблен вмешательством социальных факторов, в первую очередь информированностью населения и медицинских специалистов об инвазии, соблюдением технологии обеззараживания рыбы. Поэтому ведущим направлением профилактики анисакидоза среди населения Мурманской области должна стать широкомасштабная

разъяснительная работа по вопросам общественной и личной профилактики с использованием всевозможных форм и способов, с подключением ветеринарной службы, работников лечебных учреждений и службы Роспотребнадзора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СанПиН 1078-01. Гигиенические требования безопасности к пищевой ценности пищевых продуктов.
2. СанПиН 3.2.1333-03. Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации. Приложение 2. Гельминтозы, передаваемые через рыбу, рыбную продукцию и других гидробионтов.
3. СанПиН 2.3.4.050-96. Производство и реализация рыбной продукции.
4. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки: Методические указания. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. - 69 с.
5. Методика паразитологического исследования морской рыбы и рыбной продукции (Морская рыба - сырец, рыба охлажденная и мороженая). Утв. Минрыбхозом СССР 29.12.88. - М., 1989.
6. Лысенко А.Я., Владимова М.Г., Кондрашин А.В., Майори Дж. Клиническая паразитология. Под общ. ред. Лысенко А.Я. Руководство. Женева, ВОЗ: 2002 г., 752 с.
7. Бронштейн А.М., Токмалаева А.К., Паразитарные болезни человека. Протозоозы и гельминтозы/ А.М. Бронштейн, А.К. Токмалаев. - М.: РУДН, 2004. - 207 с.
8. Митенев В.К. Паразиты лососевых рыб Мурманской области/ В.К. Митенев. - Мурманск: ПИНРО, 1995. - 91 с.
9. Паразиты и болезни морских и пресноводных рыб Северного бассейна/ сб. науч. тр. - 1998. - 176 с.
10. Сергиев К.В. Паразитология/ К.В. Сергиев. - М.: Фолиант, 2005. - 682 с.
11. Анизакидоз. Организация профилактических мероприятий на территории Российской Федерации. Информационно-методическое письмо № 22ФЦ/2993. Федеральный центр госсанэпиднадзора. 18.09.2000.

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ГЕТЕРОТРОФНОГО БАКТЕРИОПЛАНКТОНА СРЕДНЕГО И СЕВЕРНОГО КОЛЕН КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

Литвинова М.Ю., Перетрухина И.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии,  
[mlit1@rambler.ru](mailto:mlit1@rambler.ru))

The seasonal variety of common abundance of microorganisms and their separate groups was explored in the surface layer (0-1 m) of sea water on 3 stations, located in the middle and southern parts of Kola Inlet.

Гетеротрофные бактерии составляют неотъемлемую часть населения водных экосистем разных широт и их активность во многом определяет интенсивность и характер процессов естественного очищения гидросферы от широкого спектра загрязняющих веществ, в число которых входят и нефтяные углеводороды. (Перетрухина, 2006)

Наибольшую антропогенную нагрузку в бассейне Баренцева моря испытывает Кольский залив, куда осуществляется сброс хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод порядка 40 предприятий города Мурманска, Колы и посёлков, расположенных на его берегах (Доклад по охране..., 2008). Комплексные исследования бактериоценозов Кольского залива проводились в основном в районе южного колена залива (Перетрухина, Литвинова, 2008). Нами же для наблюдения было выбрано среднее и северное колена Кольского залива.

В данной статье рассматривается сезонная изменчивость общей численности бактерий по прямому счёту, а также численности евтрофных, олиготрофных и углеводородокисляющих бактерий по посеву в пробах воды, отобранных на трёх станциях.

Максимум общей численности бактериопланктона (ОЧБ) в воде нами был обнаружен на трёх станциях в июне месяце -  $13 \times 10^6$  кл/мл. Минимальные значения ОЧБ наблюдались на ст. 3 в январе месяце -  $3,1 \times 10^6$  кл/мл, на ст. 2 в январе месяце -  $3,6 \times 10^6$  кл/мл, а на 1 станции -  $3,9 \times 10^6$ . Таким образом, пределы колебаний ОЧБ в данной экосистеме были сравнительно невелики.

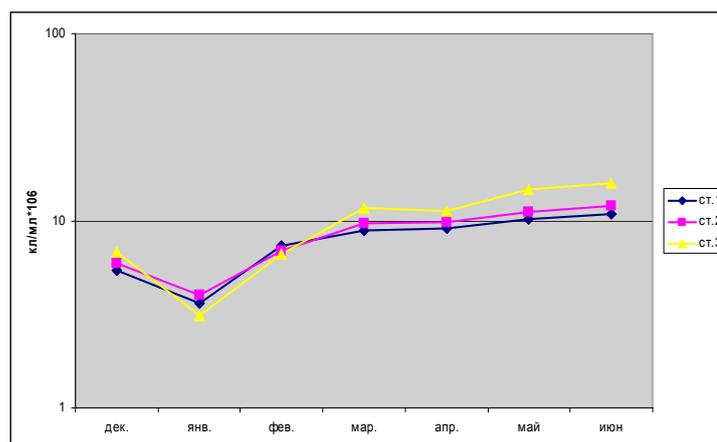


Рис.1 Изменения общей численности бактериопланктона по прямому счёту

Общая численность бактерий на станции 3 превышала таковую на двух других станциях, в то же время наименьшей она оказалась на станции 1 (рис. 1). Такую ситуацию можно объяснить неодинаковой степенью антропогенной нагрузки на разные участки залива - в районе 2 и 3 станций она наиболее высока. Таким образом, в целом по данным за весь период наблюдений, величины общей численности бактерий напрямую связаны со

степенью антропогенной нагрузки на тот участок залива, для которого они определяются и чем она выше, тем больших значений достигает обилие бактерий по прямому счету (Литвинова, 2009).

Доминирующей группой бактерий на всех трех станциях оказались евтрофные бактерии, способные к росту на средах с высоким содержанием органического вещества (рис. 2). Эта картина характерна для большинства водоемов, подверженных антропогенному влиянию. Временная изменчивость численности евтрофных бактерий на всех станциях оказалась сходной. Для пространственного распределения бактерий этой группы отмечена та же тенденция, что и для ОЧБ - численность евтрофных бактерий практически постоянно была выше на станции 3 в районе г.Североморска, и наименьшие значения имели место на станции 1 граница северного колена залива и Баренцева моря.

Временная изменчивость численности евтрофных бактерий на станциях оказалась сходной (рис. 2), между этими изменениями обнаружена корреляционная связь ( $R = 0,95$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Наиболее низкая численность евтрофных бактерий в воде литорали (сотни и тысячи клеток в 1 мл воды) наблюдалась в первой половине зимнего периода, с декабря по февраль.

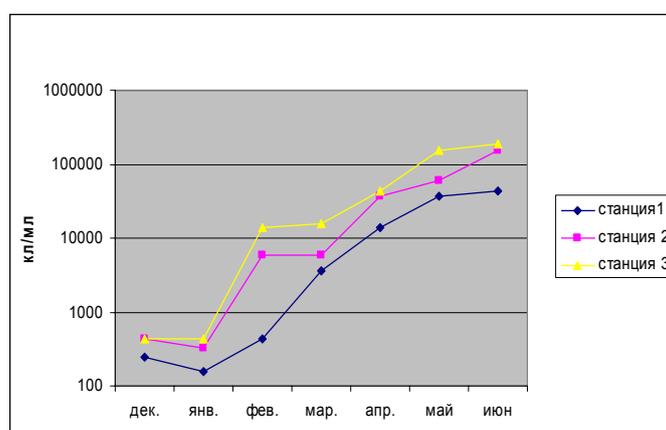


Рис. 2 Динамика численности планктонных евтрофных бактерий

Численность олиготрофов во всех трех точках оказалась относительно невысока (рис.3). Отчасти это может быть связано с достаточно высокой органической нагрузкой на все три исследованные участка, а в этих условиях преимущество имеют евтрофные микроорганизмы. Временные изменения численности олиготрофных бактерий на ст. 1,2 и 3 были сходными, отмечено постепенное снижение их численности с декабря по февраль. С марта по июнь наблюдается повышение количества планктонных олиготрофных бактерий на порядок.

Присутствие углеводородокисляющих бактерий было обнаружено нами на всех трех исследованных станциях. Обнаруженные нами количества УВ-окисляющих бактерий варьировали от нескольких десятков клеток в миллилитре до несколько сотен тысяч клеток в миллилитре. Численность бактерий этой группы на станции 3 оказалась выше всех остальных станций и достигала десятков тысяч клеток в миллилитре, тогда как на станции 1 она не превышала нескольких тысяч клеток в миллилитре (рис. 4). Таким образом, численность углеводородокисляющих бактерий следовала тем же тенденциям в пространственном распределении, что и ОЧБ и численность евтрофных бактерий.

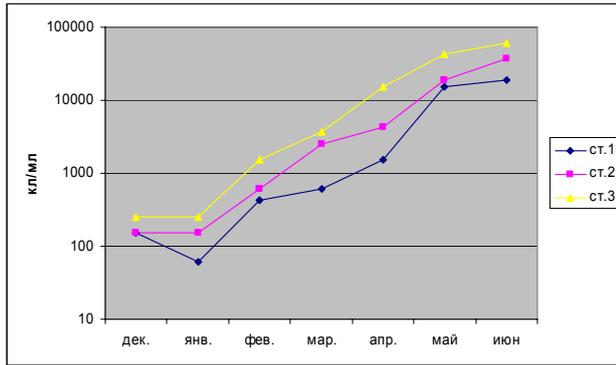


Рис. 3 Динамика численности планктонных олиготрофных бактерий

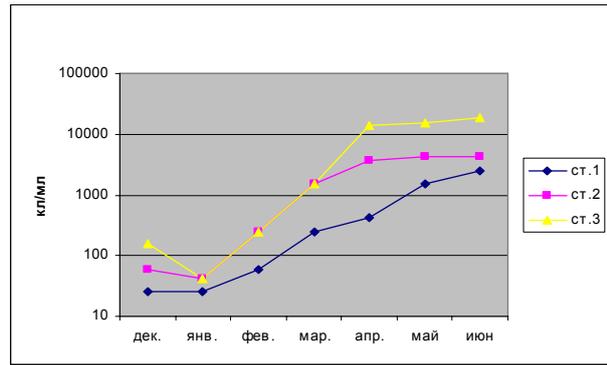


Рис. 4 Динамика численности планктонных UV-окисляющих бактерий

Для воды среднего и северного колена Кольского залива характерны весьма высокие значения как общей численности гетеротрофного бактериопланктона, так и численности бактерий отдельных физиологических групп – углеводородокисляющих, олиготрофных и евтрофных бактерий. Наиболее многочисленными среди микроорганизмов, способных к росту на жидких питательных средах, оказались евтрофные бактерии. Сезонная динамика всех исследованных физиологических групп бактериопланктона и его общей численности в водах залива оказалась сходной: минимальные значения численности наблюдались в зимний период, а максимальные – в летний период.

#### Список литературы

1. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2007 году. – Мурманск, 2008
2. Перетрухина, И.В. Гетеротрофный бактериопланктон литорали Кольского залива и его роль в процессах естественного очищения вод от нефтяных углеводородов / И.В. Перетрухина дисс.канд.наук. – Мурманск, 2006. – 230 с.
3. Перетрухина, И.В. Евтрофные и олиготрофные бактерии, как основные группы гетеротрофного бактериопланктона / И.В. Перетрухина, М.Ю. Литвинова, В.В. Ильинский // Наука и образование – 2008 [Электронный ресурс] : материалы межд. науч.-техн. конф., Мурманск / МГТУ. - Электрон. текст дан. - Мурманск: МГТУ, 2008. С. 563-567
4. Литвинова, М.Ю. Гетеротрофный бактериопланктон среднего и северного колен Кольского залива и его углеводородокисляющая активность / М.Ю. Литвинова, И.В. Перетрухина // Наука и образование – 2009 [Электронный ресурс] : материалы межд. науч.-техн. конф., Мурманск, 1-9 апреля 2009. / МГТУ. - Электрон. текст дан. (181 Мб). - Мурманск: МГТУ, 2009. - С. 725-729.

## РОЛЬ ВИРУСОВ В МОРЯХ

Луценко Е.С., Берестенникова И.В., Перетрухина И.В. (Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии, [inerlim@gmail.com](mailto:inerlim@gmail.com))

Viruses are the most numerous component of biological systems in the sea, their number is about million per milliliter. They are the main reason of bacterial and algae mortality, influence the variety and resistance of microorganisms, and also they effect on many biogeochemical cycles in ecosystems. There is much to know about functioning of viruses in the sea and their role in regulation of bacterial communities.

Вирусы – наиболее многочисленный компонент планктонных сообществ, они инфицируют широкий круг гидробионтов и оказывают значительное влияние на круговороты углерода и других биогенных элементов в водных экосистемах [1].

До 90-х годов прошлого века считалось, что основными потребителями бактериопланктона являются простейшие [2]. Первые доклады о высокой вирусной распространенности пробудили интерес в этой области. [3]. Известно, что в открытом море насчитывается  $3 \times 10^6$  вирусов в 1 мл, а в продуктивных прибрежных водах - до  $10^9$  в мл [4,5]. Из них количество цианофагов, инфицирующих цианобактерии рода *Synechococcus* варьирует от  $10^2$  до  $10^4$  в 1 мл в открытых и прибрежных водах [6, 7]. Цианофаги – это вирусы, инфицирующие цианобактерии. Все известные изолированные цианофаги принадлежат к трем семействам бактериофагов: *Myoviridae*, *Siphoviridae* и *Podoviridae* [8, 9, 10]. Цианофаги морфологически и генетически разнообразны [8, 9] и потенциально могут быть использованы для выяснения взаимодействия хозяин-фаг в природных вирусных сообществах [11], с целью выявления вирусного вклада в функционирование морской экосистемы.

Вирусное изобилие является динамичным, будучи особенно отзывчивым к изменениям в экологических условиях, таких как цветение воды, температура, соленость, количество хозяина [9] - это предоставляет убедительные доказательства того, что вирусы – это активные члены сообщества, а не инертные частицы [12].

В общем, считается, [13,14,15], что вирусы ответственны приблизительно за 10-50 % бактериальной смертности в поверхностных водах, и за 50-100 % в средах, агрессивных по отношению к простейшим, например в бедных кислородом озерах [12].

Учитывая, что вирусы могут вызывать значительные объемы микробной смертности в море, она подразумевает, что они также играют важную роль в морских геохимических циклах. Простые модели [16] и модельные системы [17] показывают, что вирусы являются катализаторами, которые ускоряют трансформацию питательных веществ из соединений (живых организмов) в растворенный вид, где они могут быть включены в микробные питательные цепи. Питательные вещества, помимо углерода, также освобождаются при вирусном лизисе [3]. Если лизису подвергается бактерия, то продукты ее распада легко усваиваются другими бактериями. Таким образом, образуется полузакрытая трофическая петля, посредством чего бактериальная биомасса потребляется, прежде всего, другими бактериями [12].

Вирусы в большей степени влияют на видовое разнообразие бактериальных сообществ, чем на их численность. Поскольку вирусы перемещаются пассивно, они чаще заражают клетки, плотность которых выше. Поэтому редко встречающийся вид-хозяин менее подвержен инфекции, чем более распространенный [6,12,18]. Поскольку в культуре цианобактерии *Synechococcus* обычно устойчивы по отношению к сопутствующим вирусам, считается, что цианофаги поражают только определенные штаммы цианобактерий, влияя, таким образом, на состав популяции в большей степени, чем на ее плотность [6,12].

То, что бактерии могут приобретать устойчивость к заражению вирусами, известно давно, но по отношению к морским гетеротрофам и вирусам это прямо не показано [6,12,19].

Сохранение восприимчивости к вирусной инфекции в бедной питательными веществами среде может быть выгодно клетке-хозяину: каждый вирус имеет в своем составе нуклеиновые кислоты и белки. Но в этом случае нужно, чтобы заражение вирусом большей частью было неуспешным – после прилипания вируса к клеточной поверхности и впрыскивания нуклеиновой кислоты в клетку инфекция каким-либо образом должна прерываться. Тогда клетка получает возможность переварить вирусные белки и нуклеиновые кислоты. Возможно, что иммунитет к вирусным инфекциям как-то связан с лизогенией и псевдолизогенией [12,20, 21].

Лизогения обычно рассматривается как стратегия выживания вируса при низкой плотности популяции хозяина. В то же время она может давать существенные преимущества клетке-хозяину, поскольку защищает ее от инфицирования родственными вирусами и может придавать клетке новые свойства, закодированные в геноме вируса (так называемая конверсия). Численность лизогенов в морской воде сильно меняется со временем, зависит от места и может составлять до 40% от полного числа клеток [22]. Переход лизогенов к литической инфекции может быть вызван как различными естественными причинами, так и наличием наиболее распространенных загрязнителей вод: углеводов, полихлоридов, бифенилов и т.п. [12].

Стоддардом и др. было проведено изучение взаимодействия между морской цианобактерией *Synechococcus* и цианофагами. Смертность *Synechococcus* из-за цианофаговой инфекции очень вариабельна, и находится примерно в пределах от 0.005 % до 28 % от сообщества *Synechococcus* в день [23, 24, 25]. Низкие оценки вызванной фагом смертности предполагают, что сопротивление фаговой инфекции может быть важной в сообществе *Synechococcus*. В настоящее время, неизвестно, как сопротивление фагам могло бы влиять на экологическое воздействие цианофагов на сообщества *Synechococcus* [22].

Несмотря на наблюдения, что некоторые изоляты *Synechococcus*, являются стойкими к фагам, механизмы сопротивления не были исследованы подробно. Для других хорошо изученных систем фаг-бактерия были описаны несколько различных механизмов сопротивления фагу или иммунитет. Самый общий механизм – это, возможно, изменение рецепторов на поверхности хозяина, которое уменьшает или устраняет способность фагов прикрепляться к клеткам хозяина и возбуждать инфекцию. Другие механизмы включают неспособность бактерии поддержать вирусный ответ, и присутствие систем рестрикции-модификации, в которых рестрикционные эндонуклеазы хозяина деградируют вирусную ДНК после инъекции в клетку [26]. Присутствие профага в бактериальных геномах может также обеспечить иммунитет к инфекции родственными фагами [22, 27].

Из всего вышесказанного ясно следует, что роль вирусов в экологии моря далеко не пассивна, как можно было бы предполагать. Вирусы оказывают существенное влияние на многочисленные биогеохимические процессы в море, эффективно регулируют численность и видовое разнообразие бактерий и фитопланктона, а также формируют специфический иммунитет у цианобактерий. Однако изучение морских вирусов только началось, и нерешенных проблем в области науки еще очень много.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов, А.И., Косолапов Д.Б., Заботкина Е.А. Распределение вирусов и их влияние на бактериопланктон в эвтрофном и мезотрофном водохранилищах / Биология внутренних вод // 2008, № 1, с. 49 – 57.

2. Копылов А.И., Косолапов Д.Б., Заботкина Е.А. Вирусы в планктоне Рыбинского водохранилища / Микробиология // 2007, т.76, № 6, с. 879 – 887.
3. Bergh, O., Borsheim, K. Y., Bratbak, G. & Haldal, M. High abundance of viruses found in aquatic environments. *Nature* 340, 467–468 (1989).
4. Proctor, L. M. & Fuhrman, J. A. Viral mortality of marine bacteria and cyanobacteria. *Nature* 343, 60–62 (1990).
5. Suttle, C.A. 2005. Viruses in the sea. *Nature* 437: 356 – 361.
6. Fuhrman, J.A. Marine viruses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature* 399, 541 – 548 (1999).
7. Weinbauer, M.G. & Hofle, M. G. Significance of viral lysis and flagellate grazing as factors controlling bacterioplankton production in a eutrophic lake. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 431–438 (1998).
8. Suttle, C. A. The significance of viruses to mortality in aquatic microbial communities. *Microb. Ecol.* 28, 237–243 (1994).
9. Weinbauer, M. G., Fuks, D., Puskaric, S. & Peduzzi, P. Diel, seasonal, and depth-related variability of viruses and dissolved DNA in the Northern Adriatic Sea. *Microb. Ecol.* 30, 25–41 (1995).
10. Wilhelm, S.W. & Suttle, C.A. Viruses and nutrient cycles in the sea. *Bioscience* 49, 781 – 788 (1999).
11. Middelboe, M., Riemann, L., Steward, G.F., Hansen, V. & Nybroe, O. Virus-induced transfer of organic carbon between marine bacteria in a model community. *Aquat. Microb. Ecol.* 33, 1 – 10 (2003).
12. Waterbury, J. B. & Valois, F. W. Resistance to co-occurring phages enables marine *Synechococcus* communities to coexist with cyanophages abundant in seawater. *Appl. Environ. Microbiol.* 59, 3393– 3399 (1993).
13. Hennes, K. P., Suttle, C. A. & Chan, A. M. Fluorescently labeled virus probes show that natural virus populations can control the structure of marine microbial communities. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 3623–3627 (1995).
14. Chen, F., Lu, J. Genomic sequence and evolution of marine cyanophage P60: a new insight on lytic and lysogenic phages. 2002. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(5): 2589 – 2594.
15. Lu, J., F. Chen, and R. E. Hodson. 2001. Distribution, isolation, host specificity, and diversity of cyanophage infecting marine *Synechococcus* spp. in the Georgia river estuaries. *Appl. Environ. Microbiol.* 67: 3285 – 3290.
16. Chenard, C., and Suttle C.A. 2008. Phylogenetic diversity of sequences of cyanophage photosynthetic gene *psbA* in marine and freshwaters. *Appl. Environ. Microbiol.* 74 (17): 5317 – 5324.
17. Suttle, C.A., and A.M. Chan. 1993. Marine cyanophages infecting oceanic and coastal strains of *Synechococcus*: abundance, morphology, cross-reactivity and growth characteristics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92: 99 – 109.
18. Suttle, C. A. & Chan, A. M. Dynamics and distribution of cyanophages and their effect on marine *Synechococcus* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 3167–3174 (1994).
19. Levin, B. R., Steward, F. M. & Chao, L. Resource-limited growth, competition, and predation: a model and experimental studies with bacteria and bacteriophage. *Am. Nat.* 111, 3 (1977).
20. Moebus, K. Marine bacteriophage reproduction under nutrient-limited growth of host bacteria. 2. Investigations with phage-host system [H3:H3/1]. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 144, 13–22 (1996).
21. Moebus, K. Investigations of the marine lysogenic bacterium H24. II. Development of pseudolysogeny in nutrient rich broth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148, 229–240 (1997).
22. Stoddard, L. I., Martiny, J.B.H., Marston, M.F. Selection and characterization of cyanophage resistance in marine *Synechococcus* strains. 2007. *Appl. Environ. Microbiol.* P.5516 – 5522.

23. Garza, D.R., and C.A. Suttle, 1998. The effect of cyanophages on the mortality of *Synechococcus* spp. and selection for UV resistant viral communities. *Microb. Ecol.* 36: 281 – 292.
24. Mann, N. H. 2003. Phages of the marine cyanobacterial picoplankton. *FEMS Microbiol. Rev.* 27: 17 – 34.
25. Ortmann, A.C., J. E. Lawrence, and C.A. Suttle. 2002. Lysogeny and lytic viral production during a bloom of the cyanobacterium *Synechococcus* spp. *Microb. Ecol.* 43: 225 – 231.
26. Weinbauer, M. G. 2004. Ecology of prokaryotic viruses. *FEMS Microbiol. Rev.* 28: 127 – 181.
27. McDaniel, L., L.A. Houchin, S.J. Williamson, and J. H. Paul. 2002. Lysogeny in marine *Synechococcus*. *Nature* 415:496.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ЦИАНОФАГОВ В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ**

**Луценко Е.С., Берестенникова И.В., Перетрухина А.Т.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии*)

Функционирование автотрофных бактериальных и вирусных сообществ в водной экосистеме Кольского залива способствует стабильному существованию этой экосистемы. Недостаток солнечного света, суровые климатические условия, низкая температура и антропогенная нагрузка в виде нефтяных загрязнений на природу приобретают вопрос – можно ли количественно оценить стабильность экосистемы. Естественный баланс в водной экосистеме осуществляется участием микроорганизмов различных физиологических групп в круговороте веществ. Автотрофные микроорганизмы, такие как цианобактерии, вводят в экосистему в процессе фотосинтеза органические вещества, гетеротрофные микроорганизмы, в свою очередь, утилизируют органику и минерализуют ее до неорганических соединений. Одновременно с этим, все бактерии, и автотрофные, и гетеротрофные, подвергаются атакам вирусов. Бактериофаги сокращают численность бактерий-хозяев, вызывая их лизис после инфицирования. После смерти бактерии в окружающую среду попадают обломки ее клетки, пополняя водоем органическим веществом. Агрессивно действующие факторы, как экологические, так и биологические, вынуждают прокариотные организмы приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды [1]. Распространенное приспособление - переход с одного типа питания на другой в зависимости от наличия или отсутствия какого-либо фактора. Так, цианобактерии в отсутствие света могут менять свой метаболизм с фотосинтетического на гетеротрофный.

Необходимо знание морфологических, таксономических, биохимических, физиологических особенностей автотрофной микрофлоры Кольского залива и их взаимоотношений с бактериофагами.

Целью научного исследования является исследование сообществ автотрофных прокариот и их фагов и определение их влияния на стабильность экосистемы Кольского залива в зависимости от физических и экологических факторов.

Задачи научного исследования:

1. Исследовать гидрохимические показатели литорали Кольского залива (температура, солёность, концентрация кислорода, углеводов, азота, фосфора, перманганатная окисляемость);
2. Исследовать пикофитоценоз в условиях антропогенного загрязнения;
3. Провести количественный и качественный учет цианобактерий и цианофагов, проследить пространственную, сезонную и годовую динамику численности этих организмов;
4. Создать систему идентификации цианобактерий Кольского залива;
5. Определить степень резистентности цианобактерий к цианофагам;
6. Оценить уровень стабильности функционирования водной экосистемы Кольского залива.

Новизна научного исследования. Вода поверхностных водоемов является естественной средой обитания разнообразных организмов. На состояние водной экосистемы оказывают влияние некоторые компоненты, в том числе химические вещества и микробное сообщество. Ведущую роль в функционировании экосистемы играют автотрофные, гетеротрофные бактерии и их фаги. Автотрофные бактерии, а именно: цианобактерии – в основном пресноводные организмы, но часть их характерна для прибрежной зоны моря.

Цианобактерии морских и пресных водоемов являются основой пищей планктонных и бентосных животных [2]. В свою очередь, цианофаги, вызывая лизис цианобактерий, в результате которого образуются неживые органические частицы, выступают активными членами трофической цепи, участвуя в трансформации вещества и энергии в морских сообществах [3]. Цианобактерии – единственные прокариоты, способные к оксигенному фотосинтезу. Они определяют уровень биологической продуктивности водоема. Будучи основными первичными продуцентами в мире прокариот, они служат организмами, определяющими вход в систему биохимических циклов реакциями синтеза биомассы и образования кислорода. Выделение кислорода определяет формирование окислительной зоны для аэробов [4]. В то же время «цветение» цианобактерий отрицательно сказывается на качестве воды.

Количество вирусов на поверхности морской воды находится в прямой зависимости от количества бактерий и бактериальной активности, превышая при этом количество соответствующих бактерий в несколько раз. Это свидетельствует о значительном снижении бактериофагами бактериального загрязнения вод [5]. Но в то же время, экспериментально было установлено, что при определенных условиях и соотношениях численности вирусов и бактерий вирулентная фаговая инфекция стимулирует деление хозяина, увеличивая таким образом долю потребляемой им пищи и, следовательно, помогая ему в конкурентной борьбе за выживание [6]. Такое поведение фагов свидетельствует об их поддерживающей роли в сохранении бактерии-хозяина как вида [5].

Бактерии обладают и высокой приспособительной способностью, могут корректировать некоторые биохимические свойства при изменении условий внешней среды [4]. Ведущую роль в круговороте органического вещества в водных экосистемах играют автотрофные и гетеротрофные бактерии. Сведения о видовом составе, количественных характеристиках и биологии цианобактерий позволяют вести мониторинг водоемов и прогнозировать их состояние на основе долгосрочных систематических наблюдений. В свою очередь, бактериофаги могут быть важным фактором в экологическом контроле водных микроорганизмов, играть существенную роль в передаче вещества и энергии в океане, опосредованно влияя на продукцию морской биоты [5]. Учитывая значимость морских цианобактерий и цианофагов в продукционных процессах, их слабую изученность и перспективы исследования необходимо проводить научный поиск в данной области, кроме того, большинство имеющихся сведений о выбранной тематике получены в летний сезон, данные о сезонной изменчивости численности и состава цианобактериальных сообществ весьма немногочисленны.

Методы решения задач научного исследования: Гидрохимические стандартные методы определения температуры воды, ее солёности, концентрации кислорода, углеводов, азота, фосфора, перманганатной окисляемости. Микробиологические методы: подсчет общей численности бактерий и вирусов методом люминесцентной микроскопии в падающем свете с использованием флуорохрома, численности цианобактерий методом титра с последующей идентификацией. Провести количественный учет бактериофагов методом агаровых слоев Грациа. Выделение и идентификация доминирующих групп цианобактерий с использованием селективных питательных сред и систем идентификации микроорганизмов. Изучение морфологической структуры цианобактериальных сообществ под световым микроскопом. Выделение и идентификация доминирующих групп фототрофных бактерий воды с различных горизонтов водной экосистемы Кольского залива с помощью батометра, селективных питательных сред и микроскопирования. Определение зависимостей с помощью статистического анализа.

Ожидаемые результаты исследования: Открытие ранее неизвестных фактов о функционировании автотрофных бактерий в Кольском заливе и влиянии экологических и биологических факторов. Новые и усовершенствованные существующие методы исследования автотрофных водных микроорганизмов, а также их фагов. Сведения о количественном распределении цианобактерий, их таксономической принадлежности, морфофизиологических параметрах. Обнаруженные цианофаги соответствующих хозяев позволят установить наличие или отсутствие резистентности цианобактерий к вирусным агентам. Также подсчет общего количества вирусных частиц и бактерий в выбранной акватории позволит судить об ее экологической обстановке. Расширение теоретических знаний о сезонной динамике численности данных микроорганизмов и их зависимости от экологических и биологических факторов, которое позволит прогнозировать экологическое состояние экосистемы Кольского залива.

Основные направления дальнейшего использования предполагаемых результатов - это основа для разработки рекомендаций, норм и правил для последующей оценки экологического состояния морских экосистем. Экологический мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Fuhrman, J.A. Marine viruses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature* 399, 541 – 548 (1999).
2. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство: автор-сост. Садчиков А.П. – М.: Изд-во «Университет и школа», 2003. – 157 с.
3. Крисс, А.Е. Бактериофаг в глубинах моря // *Морская микробиология (глубоководная)*. – М.: Изд. АН СССР, 1959. – С. 258 – 261.
4. Гидрохимия экстремальных водных систем с основами гидробиологии: учеб. пособие / В.В. Хахинов, Б.Б. Намсараев, Е.Ю. Абидуева, Э.В. Данилова. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2007. – 148 с.
5. Степанова О. А. Перспективы и проблемы изучения морских вирусов – бактериофагов/ О. А. Степанова // *Экология моря*. – 2000. – Вып.50. - с. 37-40.
6. Lammers W. T. Stimulation of bacterial cytokinesis by bacteriophage predation // *Sediment Water Interactions*. St: Hydrobiologia. Hart B.T., Sly P.G. eds. – 1992. – 235 – 236. – P. 261 – 265.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ГЕТЕРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОДЕ ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

Мищенко Е.С. (Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии, [catherine-sm@yandex.ru](mailto:catherine-sm@yandex.ru))

During the period of 2007-2008 years seasonal variability of morphological properties of saprophytic microorganisms at six stations of Kola bay littoral has been tracked. It is shown that cocci and rod-shaped forms make a basis of heterotrophic bacteria community, dependence between seasonal dynamics of number of these groups is close to inversely proportional. Rod-shaped bacteria show the big adaptive abilities in the conditions of low temperatures and anthropogenous pollution. Specific forms of microorganisms are most numerous in areas of the maximum oil pollution. It is noticed that indicators of variability of bacterial plankton morphological characteristics reflect a condition of a water ecosystem only during the concrete moment of time and should be applied in a complex with quantitative and physiological researches.

Соотношение морфологических групп микроорганизмов в водоеме может свидетельствовать о его санитарном благополучии, об экологической безопасности воды в нем. Преобладание круглых форм бактерий в микропланктоне свидетельствует об относительной чистоте пресноводных водоемов. В загрязненных водах преобладают спорозоносные и другие палочковидные бактерии, они могут составлять до 80 % и более от общей численности сапрофитных бактерий, удельный вес кокковых форм резко падает (10 % и менее).

Предметом исследования являются микробные сообщества в составе экосистемы Кольского залива, которые функционируют в условиях Крайнего Севера с его жестким климатическим режимом и потому более чувствительны к усилению антропогенного воздействия. Основная цель работы заключалась в том, чтобы исследовать изменчивость функционирования сообществ гетеротрофного бактериопланктона Кольского залива, в частности, особенности пространственно-временного распределения его морфологических групп.

За период 2007-2008 годов была прослежена сезонная изменчивость морфологических свойств сапрофитных микроорганизмов (МО). Исследования проводили с помощью опубликованных методов (Богданова, 2003) на шести станциях литорали Кольского залива: бухта Белокаменка (1), район Абрам-мыса (2), район нового моста (3), район прибрежного рынка (4), район Морвокзала (5) и район Росты (6). 2-3 раза в сезон отбирали воду с соблюдением асептических условий с глубин 20-50 см от поверхности, транспортировали в лабораторию. По результатам наших исследований изменчивость морфологических свойств бактериопланктона Кольского залива имеет некоторые особенности. Получены данные, которые могут быть использованы для оценки современного состояния водных экосистем Севера и его прогнозирования на ближайшую и отдаленную перспективу. Результаты исследований также могут использоваться для внедрения в учебный процесс, для чтения лекций и подготовки лабораторных и практических работ.

Говоря о сезонной динамике относительного количества палочек, можно отметить следующие особенности. Зимой палочки занимают доминирующую позицию, что согласуется с данными предварительных исследований и еще раз подтверждает высокие адаптивные возможности представителей данной группы (рис. 1). В условиях пониженной температуры основными представителями данной группы являются *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Proteus*, а также бактерии родов *Bacillus* и *Clostridium*, попадающие в воду при перемешивании воды и грунта приливной волной. Эти бактерии обладают широким спектром ферментативных возможностей, благодаря чему способны осуществлять различные метаболические процессы,

включая аммонификацию нитрификацию, сульфатредукцию, протеолиз и гликолиз при пониженных температурах (Богданова, 2009). Значения частоты встречаемости палочек колеблются незначительно на разных станциях: от 60,2% на станции 1 до 54,5% на станции 2. Доля кокков тоже достаточно велика: 39 – 45,5%, а других форм приближается к нулевым значениям на всех станциях, кроме 5 и 6 (там соответственно 3,5% и 4%) (рис. 2).

Зафиксировано понижение доли палочек от зимы к весне до минимальных значений на всех станциях, кроме нового моста, для которого минимум приходится на лето (рис. 1). На станциях 1 и 2: происходит уменьшение доли палочек примерно до 40% за счет некоторого возрастания доли кокковых форм и резкого изменения доли других форм в сторону увеличения: 6% и 12,5% соответственно (рис. 3). В числе представителей этой группы в Кольском заливе доминируют *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*, *Flexibacter* (Богданова, 2003). Очевидно, данные МО имеют преимущество в условиях весеннего периода, но на станцию 3, расположенную ближе всего к устью Колы и Туломы приходится наибольшее количество неразбавленного речного стока, содержащего, по-видимому, большое количество палочковидных бактерий вместе с подходящим субстратом, и следовательно, время достижения минимума отодвигается до лета, когда произойдет отмирание большинства привнесенных палочковидных форм вследствие истощения субстрата.

На станциях 3 и 4 количество других форм в весенний период не изменяется, зато увеличивается количество кокков до 50% за счет снижения доли палочек, то есть кокковые формы стремятся занять доминирующие позиции. Вероятнее всего, это аллохтонные энтерококки фекального происхождения, так как вблизи этих станций находятся коллекторы, выносящие канализационные стоки в практически неочищенном виде. На побережье вблизи станции 4 расположены автомобильный рынок, нефтебаза и некоторые другие промышленные предприятия города, стоки от которых попадают в эту зону залива. Дополнительные антропогенные загрязнения бытового и промышленного происхождения несут впадающие в залив в этой зоне ручьи Глубокий, Чистый и Фадеев. Снижается доля палочек и на станциях 5 и 6, но другие формы остаются, хотя процент их снижается. Причины, вероятно, те же, что и на станциях 3 и 4.

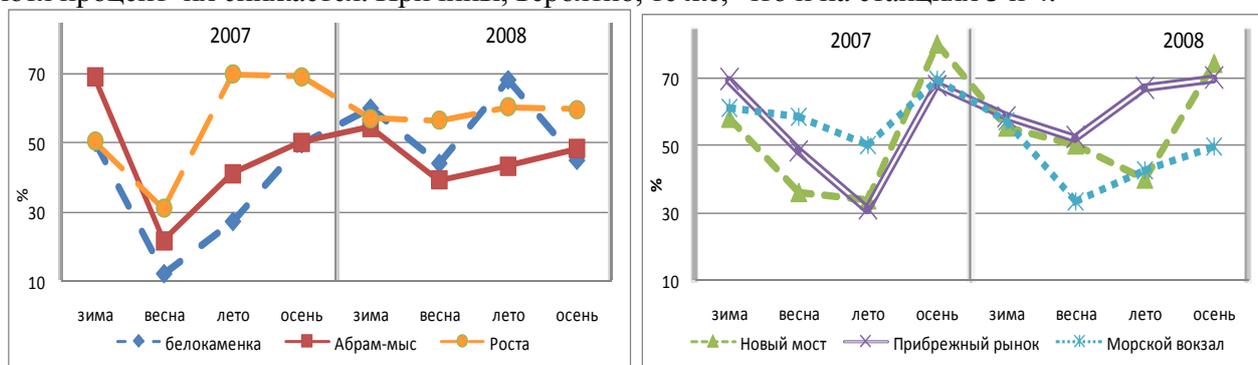


Рис. 1. Сезонная изменчивость количества палочек (2007 - 2008 гг.)

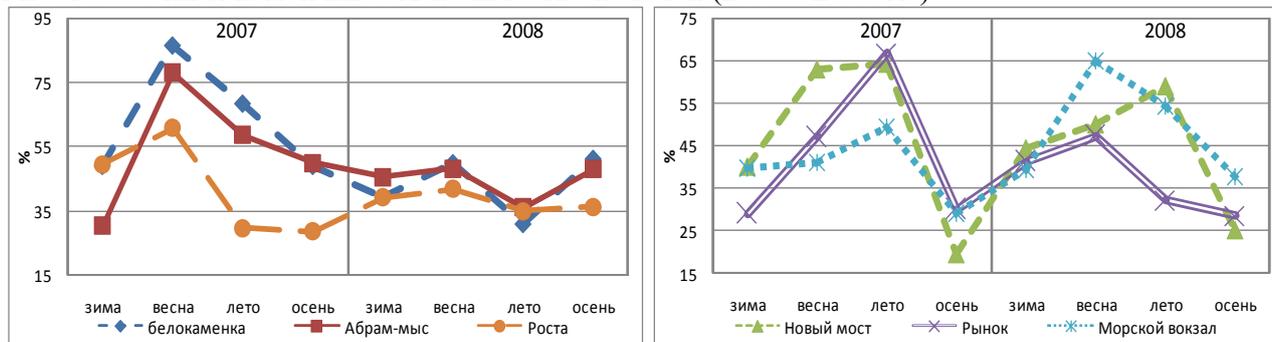


Рис. 2. Сезонная изменчивость количества кокков (2007 - 2008 гг.)

После достижения минимума процент палочковидных бактерий плавно возрастает в течение лета. В это время содержание палочек в популяциях гетеротрофов бактериопланктона различно: максимум в 68% наблюдается на станции 1, минимум – на станции 3. Какой-либо закономерности не прослеживается на основании природных факторов, следовательно, наибольшее влияние оказывает антропогенный фактор, то есть попадание органики и микроорганизмов в водные массы (ВМ) залива с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками. На станциях 1 и 2 увеличению доли палочек способствует поступление автохтонной органики в результате отмирания клеток фитопланктона после весенне-летнего пика цветения. На станциях 3 и 4 такое же увеличение палочек происходит позже, так как пик цветения смещен на более поздний летний период.

Отметим, что район Росты является наиболее стабильным по исследуемому показателю: колебания доли палочек в течение года незначительны, что говорит о стабильном доминирующем положении данной морфологической группы, а также о большом разнообразии внутри нее, что и позволяет удерживать лидирующие позиции в любой сезон за счет активизации того или иного ее компонента. Учитывая расположение данной станции, вероятно, это – аллохтонные бактерии из семейства *Enterobacteriaceae*: *Proteus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* и др., имеющие фекальное происхождение.

Частота встречаемости других форм снижается на станциях 1 и 2, так как к лету поступление почвенных МО резко падает; на станциях 3 и 4 по-прежнему мало других форм, а кокки занимают лидирующее положение. На станциях 5 и 6 число других форм увеличивается до 2% и 4,7% соответственно, то есть их содержание в данных районах довольно стабильно.

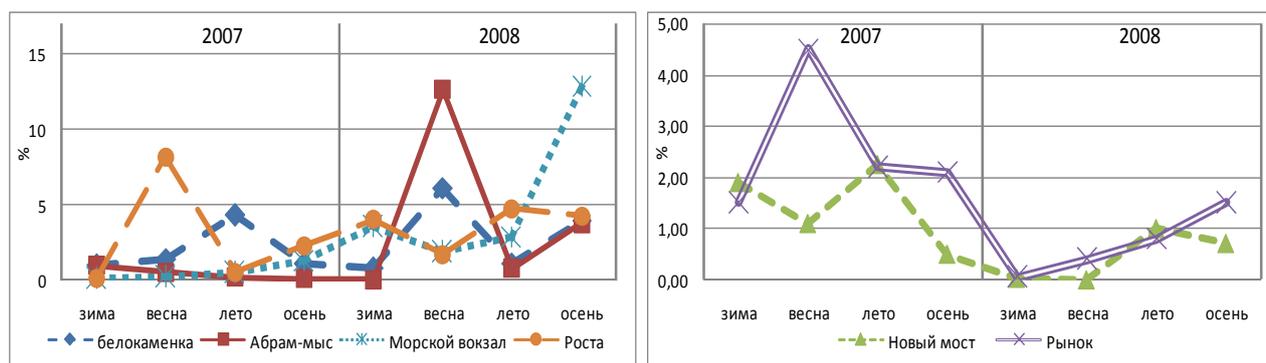


Рис. 3. Сезонная изменчивость количества МО специфических форм (2007 - 2008 гг.)

К осени соотношение морфологических форм снова меняется. На станциях 3 и 4 увеличивается доля палочек, разлагающих уже трансформированное органическое вещество (максимум 83% на станции 3). На остальных станциях количество бактерий данной учетной группы остается приблизительно на уровне предыдущего сезона. Но доля кокков уменьшается за счет возрастания доли других форм, особенно на станциях 5 и 6, где их количество достигает максимума 17%. По всей вероятности, на данных станциях это обусловлено поступлением нефтепродуктов. Показано, что численность МО специфических форм может возрастать до 1-10% в загрязненных нефтью акваториях, следовательно, эти районы можно отнести к таковым (Ильинский, 2000). К нефтяным загрязнениям в здесь относятся машинные масла, смазки, различные виды топлива, попадающие в воду с судов и с городскими, в том числе промышленными, стоками. На станциях 1 и 2 осенью увеличение других форм связано с распадом водорослевых слоевищ, в котором участвуют разлагающие целлюлозу скользящие бактерии, не образующие плодовых тел – *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, миксобактерии, коринеформные бактерии *Cellulomonas*, а также актиномицеты родов *Micromonospora* и *Straptomices* и вибрионы *Cellvibrio*.

В районе Белокаменки осенью 2008 численность палочковидных бактерий вторично падает, а кокки достигают максимума, что подтверждает сделанный ранее вывод о том, что кокковидные формы наиболее значимы в малозагрязненных частях водных экосистем. Отметим, что кокковые формы в исследуемом районе представлены родами – *Marinococcus*, *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Sarcina*, *Sporosarcina*, *Moraxella*.

Зависимость между сезонной динамикой относительной численности кокковых и палочковидных форм близка к обратно пропорциональной, что вполне понятно, так как именно эти две группы составляют основу сообщества гетеротрофов, и при сдвиге численности одной группы в сторону увеличения или уменьшения, вторая группа меняет численность в противоположную сторону. Остальные формы играют небольшую роль почти в течение всего года. Характерно, что в 2007 году данная закономерность выражалась даже более четко. По характеру изменений районы отбора проб можно разделить на 2 группы: в первую входят станции 1,2 и 6, во вторую – 3,4 и 5. Первая группа станций наиболее удалена от кутовой части залива, вторая находится южнее.

Говоря о количественном соотношении между выделенными морфологическими группами, можно заключить, что в течение года на всем протяжении южного колена залива оно не принимает значения, характерные для загрязненных водоемов, хотя в ряде районов приближается к нему. Не следует забывать, что колебания между долей палочек и кокков – результат морфологической изменчивости таких полиморфных МО, как *Alcaligenes* – типичный обитатель ВМ залива. В дальнейшем необходимо выяснить, при каких обстоятельствах осуществляется переход от палочковидной к кокковидной форме.

По среднему количеству палочек лидирует Рынок – 58% и Роста – 57%, далее по 53% палочек зафиксировано на станциях Новый мост и Морской вокзал, наименьшие значения этой группы наблюдались в районах Белокаменки и Абрам-мыса – 45% и 45,5%. Кокки наоборот чаще всего встречаются на станциях 1 и 2 – 53% и 50%, промежуточное положение занимают Новый мост и Морской вокзал – 45% и 45,5%, а минимальное в районе Роста – 40% и Прибрежный рынок – 40,4%. Другие формы чаще всего встречаются на станции Роста – 3,2% – и Новый мост – 3%, далее следует Абрам-мыс и Белокаменка: 2,3 и 2% и наименьший процент на станциях 3 и 4: 1 и 1,5%.

Очевидно, что палочковидные бактерии проявляют сравнительно большие адаптивные способности в условиях низких температур и антропогенного загрязнения, по сравнению с другими формами. Палочки более активны, чем остальные бактерии, в процессах очищения водоемов от загрязнений органической и неорганической природы, особенно на начальных стадиях распада органических веществ (Разумов, 1962). Высокий процент палочек так же может свидетельствовать о присутствии нефтепродуктов и остаточной замазученности, так как доказана активность таких микроорганизмов-деструкторов как *Pseudomonas*, *Bacillus* в качестве нефтеокисляющих.

В свою очередь, кокковидные формы наиболее значимы на завершающих стадиях этого процесса (разложение более стойких соединений), они также обладают наиболее высокими величинами отношения поверхности клетки к объему, а значит эффективнее используют субстрат при его минимальных концентрациях в «чистых» ВМ. Очевидно, что МО находятся в метаболических отношениях и в процессе переработки ОВ сменяют друг друга, но так как пики развития фитопланктона (что дает основной приток автохтонного органического вещества) наступают друг за другом с малым промежутком времени, картины как бы накладываются и создается ощущение отсутствия закономерности.

По сравнению с 2003-2006 годами произошло смещение максимумов относительного количества палочковидных и кокковидных бактерий на более ранний период. Сохраняется тенденция к сокращению числа палочковидных бактерий и роста процента кокковых форм,

но темпы данного процесса замедлились. Специфические формы окончательно утратили свое значение на станциях 3 и 4, но заняли важное место в районах Росты и Морского вокзала, что вероятно, соотносится со сменой зоны наибольшего нефтяного загрязнения. Следует добавить, что количество МО других форм представляется все же более значительным, но ряд бактерий данной группы не культивируется, например, некоторые простековые формы.

Таким образом, сохраняется общая тенденция, определенная для Кольского залива в отношении распределения гетеротрофных бактерий по морфологическим группам: с продвижением на север, количество палочковидных форм снижается, а кокковидных (а также и коккобацилл) возрастает, что, по видимому, связано с ослаблением распресняющего влияния рек Колы и Туломы (Матишов, 1989). На эту закономерность накладывается и другая: пресные воды движутся, в основном, по восточному берегу, а соленые – по западному, к тому же основной источник антропогенной эвтрофикации – Мурманск – находится на восточном берегу.

Отмечено, что показатели изменчивости морфологических характеристик бактериопланктона отражают состояние водной экосистемы только в конкретный момент времени и должен применяться в комплексе с количественными и физиологическими исследованиями.

### **Список литературы:**

1. Богданова О.Ю. Пространственно-временная изменчивость количества олиготрофных и эвтрофных микроорганизмов в воде литорали Кольского залива / О.Ю. Богданова, А.В. Анциферова, Е.В. Коршунова, Е.С. Мищенко, Макаревич Е.В. // Материалы XV Международной экологической конференции молодежи «ЭКО–2009» .– М., 2009 .– 20 с.

2. Богданова, О.Ю. Пространственно-временная изменчивость гетеротрофных бактериальных сообществ воды литорали Кольского залива: Дисс. ...канд.биол.наук / О.Ю. Богданова .– Мурманск, 2003 .– 147 с.

3. Разумов, А.С. Микробиальный планктон воды / А.С. Разумов // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – М., 1962, Т. 12. – С. 60–190.

4. Ильинский, В.В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Ильинский ; М., 2000. – 53 с.

5. Матишов, Г.Г. Современное экологическое состояние верхнего шельфа Северных морей (на примере Кольского залива) / Г.Г. Матишов, В.М. Рыжов, В.В.Алексеев и др. // Отчёт по поисковой и научной тематике за 1989 год (Проект 0.74.01.04.04 «Баренцево море») .– Дальние Зеленцы: РТП ММБИ КНЦ РАН, 1989.-С.67-81

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ПО ТУБЕРКУЛЕЗУ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ С 2005 ПО 2007 ГОДЫ

**Богданова О.Ю.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии, bogdiolg@yandex.ru)

Туберкулез – тяжелое инфекционное заболевание с высокой склонностью к хронизации процесса и высокой летальностью. Заболевание повсеместно распространено, характеризуется тяжелым течением, увеличением числа больных с тяжелыми формами, особенно вызванными лекарственно-устойчивыми микобактериями.

Воздушно-капельный механизм передачи инфекции в современном обществе действует настолько быстро и эффективно, что большинство людей встречаются с возбудителями уже в первые годы жизни. Особое значение проблема туберкулеза приобретает для людей, проживающих в районах Крайнего Севера и условиях полярной ночи, что ведет к ослаблению иммунитета и более широкому распространению заболеваний, передаваемых воздушно-капельным путем.

В работе была исследована эпидемиологическая обстановка по туберкулезу в Мурманской области в период с 2005 по 2007 год, проведен анализ заболеваемости и смертности от туберкулеза, социальная, возрастная и половая структура больных туберкулезом. Все данные по Мурманской области анализировались в сочетании и в сравнении с показателями по России и по Северо-Западу.

Рост заболеваемости туберкулезом на территории Мурманской области отмечается с 1990 года, когда он составлял 15,7 на 100 000 населения и к 1998 году заболеваемость увеличилась в 2 раза и достигла 32,2 на 100 000 населения, а смертность от туберкулеза увеличилась в 4 раза. С 1996 года показатель заболеваемости формируется с учетом заболеваемости в тюрьмах, т.к. из 100 % заболевших туберкулезом 10-20% находились в учреждениях системы УФСИН (учреждения федеральной службы исполнения наказания) и аналогичных заведениях.

Рост заболеваемости среди постоянного населения области зарегистрирован на 9 территориях области. Наиболее высокие показатели на 100 000 в Кольском районе – 71,9, в Терском районе – 77,6 и г. Мурманске – 67,1. Число впервые выявленных пациентов в гражданском секторе в 2007 году возросло, несмотря на снижение численности населения в Мурманской области. Показатель заболеваемости по Мурманской области сопоставим с показателями по Северо-Западу и значительно ниже заболеваемости туберкулезом по Российской Федерации.

В 2005 году заболевших в УФСИН зарегистрировано 123 человека, что составляет 21 % от всех заболевших в 2005 году по Мурманской области. В 2006 году заболевших в системе УФСИН зарегистрировано 91 человека (18 % от всех заболевших в 2006 году). В 2007 году заболевших в системе УФСИН зарегистрировано 74 человека (15 % от всех заболевших в 2007 году по Мурманской области).

Также отмечается возрастание количества лиц БОМЖ, мигрантов, иностранных граждан среди впервые выявленных больных туберкулезом. Значительная часть этих пациентов постоянно нарушают режим лечения, что приводит к хронизации туберкулезного процесса и формированию лекарственно-устойчивых форм туберкулеза.

Заболеваемость туберкулезом, включая заболеваемость в системе тюрем, последние два учетных года стабилизировалась и составляет в 2007 году 58,2 на 100 000 населения, что ниже, чем в среднем по Российской Федерации в 1,2 раза (в РФ показатель заболеваемости на 100 000 населения в 2007 году – 74,1). Более низкий показатель объясняется, по-

видимому, тем, что на территории Мурманской области осуществляется более эффективный контроль за распространением туберкулеза и проводятся мероприятия по его профилактике.

Среди гражданского населения абсолютное число впервые выявленных случаев туберкулеза в течение трех последних лет остается относительно стабильным: 2005г. – 451 человек, 2006г. – 409 человек, 2007 г. – 423 человека. Число случаев заболеваний не уменьшается, но и сильно не увеличивается, что говорит о достаточном уровне профилактических мероприятий по выявлению первичных очагов туберкулеза.

В структуре впервые выявленного туберкулеза отмечается увеличение количества пациентов с острозаразными, распространенными формами, создающими опасные условия для жизни больного и окружающих. Одной из причин в сложившейся ситуации является утяжеление социального статуса пациентов: лица БОМЖ, мигранты, иностранные граждане: в 2001 году – 13,2%, 2002г. – 14,6%, 2003г. – 15,2%, 2004г. – 23,7%, 2005г. – 25,3%, 2006г. – 25,7%, 2007г. – 33,8%.

В табл. 1 представлены показатели заболеваемости детей Мурманской области. Необходимо отметить, что детская заболеваемость относительно невысокая, однако, этот показатель все же выше, чем, в общем, по России.

Таблица 1. Заболеваемость детей по Мурманской области

Год	Дети (абс. числа)	Заболеваемость на 100000 детского населения
2005	7	5,3
2006	4	3,1
2007	9	8,7

С 2004 по 2006 годы на фоне снижения заболеваемости взрослого населения отмечается уменьшение количества случаев туберкулеза среди детского населения. В 2007 году количество заболевших детей увеличилось, показатель заболеваемости составил 8,7 на 100000 детского населения. Тенденция к увеличению детской заболеваемости тревожит и заставляет задуматься об усилении профилактики и необходимости уделять больше внимания осмотру организованных детей в детских дошкольных и образовательных учреждениях. По Российской Федерации показатель заболеваемости туберкулезом детей в 2006 году составлял 16,1/ 100 000 детского населения, по Северо-западу – 19,0/100 000.

По Российской Федерации показатель заболеваемости туберкулезом подростков в 2005 году составлял 36,7/ 100 000 детского населения, по Северо-западу – 26,2/ 100 000. В целом, показатели общероссийские и Северо-Западные ниже таковых в Мурманской области, но, тем не менее, показатели стабильно высокие и с 2006 по 2007 года произошло значительное увеличение числа заболевших подростков. Увеличение заболеваемости подростков и детей в 2007 году в Мурманской области, возможно, свидетельствует о усилении профилактических осмотров и, в этой связи, с увеличением числа зарегистрированных заболевших.

Число неработающих лиц трудоспособного возраста в 2007 году составила – 50,6%, в 2006 году – 54%, в 2005 году – 50,1% от впервые выявленных больных. Ежегодно отмечаются случаи заболевания туберкулезом работников медицинских учреждений: 2005 год – 9 человек, 2006 год – 12 человек, из них по г. Мурманску – 8 человек, 2007 год по области – 7 человек, в том числе среди работников тубдиспансера – 1 человек.

Столь высокие значения заболевших больных среди неработающих лиц, а также значительный процент заболеваемости работников медицинских учреждений можно объяснить высокой контагиозностью туберкулеза. Несмотря на принимаемые меры

профилактики, существует серьезная опасность заболеть не только для тех граждан, кто постоянно находится в рабочем коллективе и общается с другими людьми, но и для незанятых людей. Высокая грамотность медицинских работников также не защищает их от контактов с больными туберкулезом и, как следствие, от заражения. В этой связи необходимо отметить, что группа безработных является группой риска по заражению и развитию туберкулеза. А также следует отметить, что, несмотря на низкие среднегодовые температуры воздуха в нашем регионе, туберкулезный возбудитель активно персистирует в популяции населения, не снижая своей активности.

Пик заболеваемости приходится на возрастную группу 25-34 года, как среди мужчин, так и среди женщин. 82,7% от всех новых случаев заболевания туберкулезом составляет заболеваемость людей в трудоспособном возрасте (18-55 лет) (табл.2).

Таблица 2. Возрастной и половой состав впервые выявленных больных

	<b>0-14 лет</b>	<b>15-17 лет</b>	<b>18-24 года</b>	<b>25-34 года</b>	<b>35-44 года</b>	<b>45-54 года</b>	<b>старше 55</b>	<b>всего</b>
2005	1,2%	1,7%	11,8%	28,3%	25,4%	21,4%	9,9%	100%
2006	0,8%	0,4%	11,8%	30,6%	22,8%	19%	14,6%	100%
2007	2,2%	1,2%	11,9%	27,8%	24,3%	18,7%	13,9%	100%

Как показано в табл. 2 наибольшее число заболевших приходится на активный трудоспособный возраст. В среднем за три года в возрасте 25-34 лет заболевает порядка 28,9 % от всех заболевших, в возрасте 35-44 года – 24,1 %. Чуть ниже показатели у населения в возрасте 45-54 лет – в среднем заболевают 19,7 % от всего зарегистрированного контингента больных. Таким образом, на сегодняшний день туберкулез в нашей области, как и в целом по России, – это болезнь молодых людей и, прежде всего, мужчин.

Необходимо отметить, что наблюдается тенденция к снижению числа заболевших среди трудоспособного населения, однако, это происходит за счет других возрастных групп – особенно пожилых людей.

Заболеваемость мужчин в Мурманской области, по-прежнему превышает заболеваемость женщин, и в 2007 году мужская заболеваемость оказалась больше женской в 2,8 раз. Разница в половом составе объясняется нахождением на территории области мужских колоний, а также тем, что мужское население больше женского занято на работе. Среди женщин значительное число не посещает производственные предприятия и службы по разным причинам (беременность, декретный отпуск, ведение домашнего хозяйства и др.).

Кроме того, с увеличением возраста людей все большее значение в эпидемиологии туберкулеза приобретают такие факторы, как тяжелая работа, приводящая к систематическому переутомлению, отсутствие полноценного отдыха и организованного досуга, нервно-психические срывы и стрессы. Все это отмечается у современного трудящегося человека и, безусловно, отрицательно влияет на восприимчивость к туберкулезу. Поэтому группа людей от 25 до 44 лет, являющаяся самой активной в любых коллективах, занятая карьерным ростом, вынуждена подчас не только много и усердно работать в условиях рыночной экономики, но и экономить на отдыхе и время и деньги. Что и выливается со временем в серьезное снижение иммунного статуса и как следствие повышение восприимчивости к инфекциям.

Таким образом, повышенной группой риска вследствие воздействия неблагоприятных социальных факторов – переутомление, отсутствие полноценного отдыха, тяжелая работа, переработка, нервные стрессы – является мужское трудоспособное население, а также повышенная заболеваемость отмечена для возрастной группы 25-44 года.

Смертность от туберкулеза с 2005 по 2007 годы сохраняется на высоком уровне, то уменьшается, то увеличивается за счет больных с хронической формой туберкулеза, и лиц, имеющие длительные перерывы в лечении (табл.4). Таковыми по статистике, чаще всего, являются неблагополучные граждане, лица БОМЖ, лица, запускающие лечение в силу плохого финансового положения и пр.

Таблица 4. Смертность от туберкулеза по Мурманской области

Год	Абсолютные числа	Показатель
2005	113	13,0
2006	98	11,4
2007	105	12,3

Показатель смертности по Мурманской области ниже, чем по Северо-Западу и по России примерно в 1,25 – 1,7 раза. Смертность по России неуклонно снижается, однако, это не сказывается на смертности от туберкулеза в северном регионе и в Мурманской области.

Высоким сохраняется число лиц, умерших от туберкулеза и состоявших на учете по поводу туберкулеза менее года. Отмечается снижение числа больных, умерших от туберкулеза, диагноз у которых установлен посмертно (табл.5).

Таблица 5. Летальность от туберкулеза

	2005 год	2006 год	2007 год
Умершие от туберкулеза в течение первого года наблюдения	37	31	31
из них диагноз установлен посмертно	29	23	16

Количество умерших в течение года после регистрации косвенно отражает эффективность мероприятий по организации, как выявления, так и лечения впервые выявленных пациентов.

Показатель смертности по РФ за 2005г. – 22,6/100 000, по Северо-западу – 19,6/100000. Из числа умерших от туберкулеза умерло в системе УФСИН: 1999 г. – 12 человек, 2000 г. – 15 человек, 2001 г. – 2 человека, 2002 г. – 4 человека, 2003 г. – 6 человек, 2004 г. – 2 человека, 2005 г. – 1 человек, 2006 г. – 1 человек, 2007 г. – 4 человека. За последнее время отмечено снижение числа летальных исходов от туберкулеза, также и по Мурманской области в целом, данный показатель ниже, чем по России.

Доля умерших до 1 года среди впервые выявленных больных 2006 года РФ составляет – 4,6; по Северо-Западу – 7,2; Мурманская область – 8,2 (2004 год – 9,4; 2005 год – 9,2). По сравнению с общероссийскими показатель смертности среди впервые выявленных больных по Мурманской области больше почти в 2 раза.

Таким образом, показатели смертности находятся в прямой зависимости от заболеваемости туберкулезом, социального состава пациентов, количества пациентов с множественной лекарственной устойчивостью, своевременности выявления туберкулеза.

Оценивая реальную эпидемиологическую ситуацию, как в Мурманской области, так и в Российской Федерации представляется возможным сформулировать следующие причины увеличения заболеваемости туберкулезом и смертности от него:

1) снижение жизненного уровня большой группы населения, в частности ухудшение питания, возникновение стрессовых ситуаций в связи с экономическими и социальными факторами;

2) резко увеличившаяся миграция больших групп населения, практически выпадающих из поля зрения лечебно-профилактических учреждений, вследствие чего в

отношении них не могут быть проведены оздоровительные мероприятия, в частности противотуберкулезные;

3) ухудшение проведения комплекса противотуберкулезных мероприятий, особенно направленных на профилактику и раннее выявление туберкулеза у взрослого населения, в частности у беженцев, социально дезадаптированных групп и групп высокого риска развития туберкулеза;

4) увеличение числа больных с тяжелыми формами заболевания, особенно вызванными лекарственно-устойчивыми микобактериями, что затрудняет проведение эффективного лечения, способствует развитию необратимых хронических форм и обуславливает высокую летальность.

## ХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Перетрухина А.Т., Луценко Е.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра микробиологии)

### Источники и характер загрязнения водоемов

Основным источником загрязнения водоемов являются сточные воды – бытовые (хозяйственно-фекальные) и промышленные. Сточные воды можно разделить на две большие категории: воды, содержащие нетоксичные органические вещества, и воды, содержащие токсичные органические и минеральные продукты, а также радиоактивные вещества (Драчев, 1964; Правила охраны..., 1975; Правила охраны..., 1978).

К сточным водам первой категории до недавнего времени относили бытовые стоки, выпускаемые в водоемы городами и поселками и сточные воды предприятий пищевой, кожевенной и целлюлозной промышленности и т. п., богатые растворенными азот- и углеродсодержащими органическими веществами. В настоящее время бытовые стоки, как правило, содержат и токсичные органические соединения — поверхностно-активные вещества, являющиеся основными компонентами моющих средств. Кроме того, бытовым сточным водам присуще значительное бактериальное загрязнение патогенными микроорганизмами, попадающими в них в основном с фекалиями человека и животных и из других источников (Ефимов, 1985; Перетрухина, 2001).

Во вторую категорию сточных вод входят стоки различных отраслей металлургической и химической промышленности, весьма разнообразные по химическому составу и оказывающие токсическое действие на живое население водоема благодаря содержанию в них мышьяка, селена, ртути, свинца и т. п. (Мац, 1945; Авдиевич, 1960; Перлюк, 1994; Моисеенко, Родюшкин, 1996; Scott et.al., 1964; Peretruchina et.al., 1998).

Сбросы сточных вод в поверхностные водные объекты предприятиями различных отраслей Мурманской области (электроэнергетика, черная металлургия, цветная металлургия, химическая промышленность, жилищно-коммунальное хозяйство и бытовое обслуживание, военный комплекс, сельское хозяйство, транспорт и др.) в 1996 г. составили 2066,4 млн×м<sup>3</sup>, в 1998 – 1960,9 млн×м<sup>3</sup>. Объем сточных вод, сброшенных в водные объекты в 1999 г., увеличился по сравнению с 1998 г. на 89,91 млн×м<sup>3</sup> и составил 2050,29 млн×м<sup>3</sup>. Увеличение объема сброса сточных вод на 89,39 млн×м<sup>3</sup> по сравнению с предыдущим годом объясняется в основном увеличением забора воды на охлаждение агрегатов Кольской АЭС. В 2000 г. объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты, по сравнению с 1999 г. уменьшился и составил 1896,8 млн×м<sup>3</sup>. Но одновременно увеличился сброс загрязненных вод, который составил 430,2 млн×м<sup>3</sup>. Всего со сточными водами в поверхностные воды Мурманской области в 1996 г. было сброшено 244,3 тыс. т, в 1998 – 243,25 тыс. т, в 1999 – 257,02 тыс. т, в 2000 – 278,32 тыс. т загрязняющих веществ.

Нами проведены химические исследования качества воды Кольского залива в районе Абрам-мыса, подверженного наибольшему антропогенному воздействию. Результаты исследования и статистическая обработка данных представлена в табл. 1.

Вода в районе морского вокзала характеризуется высоким содержанием сульфатов (16 ПДК), превышением допустимого уровня концентраций относительно общей жесткости (5,4 ПДК). Это может быть связано с биохимическим или частично химическим окислением сульфидов или других соединений серы, а также поступлением данных соединений со сточными водами (табл. 2).

Таблица 1. Гидрохимические исследования Кольского залива района Абрам-мыса

Показатели	№ повт.	Значение	Среднее	Стандартное отклонение	Доверительный интервал	Средняя ошибка
Содержание нитритов, мг/л	1	0,0065	0,0063	0,00029	0,000327	$9,6225 \cdot 10^{-5}$
	2	0,006				
	3	0,0065				
Содержание нитратов, мг/л	1	0,065	0,0683	0,00289	0,003267	
	2	0,07				
	3	0,07				
Содержание аммония, мг/л	1	0,1	0,1333	0,05774	0,065332	0,01925
	2	0,1				
	3	0,2				
Содержание фосфатов, мг/л	1	0,04	0,0360	0,00693	0,00784	0,00231
	2	0,04				
	3	0,028				
Содержание сульфатов, мг/л	1	1725	1616,66 7	101,0363	114,33106	33,67877
	2	1525				
	3	1600				
Содержание железа, мг/л	1	0,135	0,145	0,0132	0,01497	0,00441
	2	0,16				
	3	0,14				
Содержание кремния, мг/л	1	0,6	0,613	0,0231	0,02613	0,0077
	2	0,64				
	3	0,6				
Общая жесткость, мг/л	1	1536	1520,86 7	15,9554	18,05482	5,31845
	2	1504,2				
	3	1522,4				
Карбонатная жесткость, мг/л	1	197,8	197,8	0,2	0,22632	0,06667
	2	198				
	3	197,6				

### Химический состав промышленных сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий

Проведенные рядом авторов исследования разных стадий технологических процессов обработки рыбы свидетельствуют о больших потерях сырья и ценных органических веществ. При изготовлении консервов из ставриды и скумбрии общие потери на 1 т сырья составляют: сырья – 100 кг, жира – 35 кг, белка – 51 кг; к ним следует отнести также потери жиромассы, образующейся при мойке оборудования после обработки рыбы.

Рыбоконсервная фабрика средней мощности ежедневно сбрасывает в городскую канализационную сеть до 330 л жиромассы, которая содержит примерно до 8 % жира и белка. Сброс этой жиромассы отягощает локальные очистные сооружения предприятий и усложняет работу городской канализации. Большое количество жира сбрасывается в канализацию с подпрессовыми бульонами (Бражная, Ершов, Перетрухина, 1994; Ершов, Бражная, Перетрухина и др., 1998, Перетрухина, 2000).

Количество и состав сточных вод в большой степени зависят от вида обрабатываемой рыбы и ассортимента выпускаемой продукции, технологического процесса, применяемого оборудования и т. д. (Ефимов, 1985). Наибольшее количество сточных вод образуется при дефростации, разделке, мойке и посоле рыбы, мойке банок. Кроме того, сточные воды

образуются в обжарочном и автоклавном отделениях кулинарных и консервных цехов (Перетрухина, 1999).

На основании представленных данных химического состава сточных вод отмечено, что очистка промышленных стоков рыбоперерабатывающих предприятий не эффективна. Кроме того, сброс неочищенных сточных вод в водоемы приводит к повышению содержания в них аммонийного азота, жира, эфирорастворимых и взвешенных веществ, детергентов и др. Поэтому важными задачами в настоящее время являются совершенствование существующих и разработка более эффективных методов очистки промышленных стоков рыбоперерабатывающих предприятий.

Таблица 2. Гидрохимические показатели точки отбора проб в Кольском заливе

Показатели качества воды	Район морского вокзала	ПДК, мг/л
рН	8,0	6-9
Растворенный кислород, мг О/л	6,7	> 4
Общая щелочность, мг-экв/л	0,4	
Аммоний, мг/л $\text{NH}_4^+$	0,133±0,065	0,5
Нитриты, мг/л $\text{NO}_2^-$	0,0063±0,0003	0,08
Нитраты, мг/л $\text{NO}_3^-$	0,0683±0,003	40,0
Фосфаты, мг/л $\text{PO}_4^{3-}$	0,036±0,008	0,05 - олиготрофные; 0,15 - мезотрофные; 0,2 - эвтрофные
Сульфаты, мг/л $\text{SO}_4^{3-}$	1616,67±114	100,0
Общая жесткость, ммоль/л	37,95±18,05	7,0 ммоль/л
Карбонатная жесткость, мг/л $\text{Ca}^{2+}$	197,8±0,226	-
Кремний мг Si/л	0,613±0,026	10,0
Кремний мг $\text{SiO}_3^{2-}$ /л	1,655	-
Железо, мг/л $\text{Fe}^{3+}$	0,145±0,015	0,1 0,05 (для морских вод)

### Микроорганизмы сточных вод, сбрасываемых в Кольский залив

Изучен качественный и количественный состав микроорганизмов сточных вод. Микробное население бытовых сточных вод представлено микроорганизмами, преимущественно обитающими на растениях, а также бактериями, выделяемыми из организма человека и животных. По нашим данным, среди них значительное число составляли бактерии родов *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Morganella*, *Providencia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, их относительное количество составило 60–70 %, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus* – до 10–20 %, *Bacillus*, *Clostridium* – до 10 %, были также выявлены грибы и прочие микроорганизмы – до 20 %.

В сточных водах Мурманского рыбоперерабатывающего комбината после очистки общее количество сапрофитных бактерий (в КОЕ/мл) при температуре 22°C составило  $1,2 \times 10^9$ , при температуре 37°C в десятом разведении подсчету не подлежало, индекс энтерококка составил 11000. В стоках были обнаружены микроорганизмы из рода *Proteus* в разведениях от  $1 \times 10^4$  до  $1 \times 10^6$ , *Pseudomonas* – в разведении до  $1 \times 10^7$ , *Bacillus* и *Clostridium* – в разведении  $1 \times 10^{10}$ , что свидетельствует о слабой эффективности очистки сточных вод или полном отсутствии очистных сооружений.

Выявленные микроорганизмы обладают ярко выраженными протеолитическими свойствами и проявляют высокую активность при разложении белков и минерализации органических остатков. Попадая в составе промышленных стоков в водные экосистемы, они

могут стать причиной вторичного загрязнения воды и обсеменения гидробионтов, инфекционных заболеваний и снулости рыб, а также могут вызывать токсикоинфекции у человека при употреблении инфицированного рыбного сырья. В этой связи контроль качества сточных вод наряду с определением колиформ и фекальных энтерококков должен включать определение УПБ родов *Proteus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*.

#### **Выводы:**

1. На основании представленных данных химического состава сточных вод отмечено, что очистка промышленных стоков рыбоперерабатывающих предприятий не эффективна. Кроме того, сброс неочищенных сточных вод в водоемы приводит к повышению содержания в них аммонийного азота, жира, эфирорастворимых и взвешенных веществ, детергентов и др. Поэтому важными задачами в настоящее время являются совершенствование существующих и разработка более эффективных методов очистки промышленных стоков рыбоперерабатывающих предприятий.

2. Анализ микробиологических данных сточных вод Мурманского рыбокомбината с использованием определения соотношения количеств палочковидных и кокковых форм позволяет выявить эффективность очистки, которой подвергаются сточные воды. По данным наших исследований, в загрязненных стоками водах преобладают спорозоносные и другие палочковидные бактерии (80% и более), удельный вес кокковых форм резко падает (10% и менее). В относительно чистых водах преобладают кокковые формы, составляющие до 80% и более сапрофитных бактерий. В сточных водах были обнаружены микроорганизмы родов *Proteus*, *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Clostridium* в высоких разведениях от  $10^6$  до  $10^{10}$ , что свидетельствует о слабой эффективности очистки или полном отсутствии очистных сооружений.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Авдиевич, Н.М. Микробиологический контроль работы очистных сооружений водопроводной станции методом прямого счета // Микробиология. – 1960. – № 5. – С. 731–737.
2. Бражная, И.Э., Разработка коптильных препаратов в качестве вкусо-ароматических добавок / И.Э. Бражная, А.М. Ершов, А.Т. Перетрухина, С.И. Овчинникова // Сб. докл. науч.-техн. конф. «Современные технологии и оборудование для переработки гидробионтов». – Мурманск, 1994.
3. Драчев, С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками / С. М. Драчев – Л.: Наука, 1964.
4. Ершов, А.М. Совершенствование и развитие технологических процессов получения пищевой продукции из водного сырья / А.М. Ершов, И.Э. Бражная, А.Т. Перетрухина, А.А. Димова, А.А. Иваней, М.В. Котлярова // Вестник МГТУ. – 1998. –Т. 1. – № 1.
5. Ефимов, В.Н. Очистка промышленных отходов рыбообрабатывающих предприятий / В.Н. Ефимов – М.: ЦНИИТЭИ Минрыбхоза, 1985. – 63 с.
6. Мац, Л. Я. Бактериологические показатели санитарного состояния внешней среды // Гигиена и здоровье. – 1945. – № 3. – С. 48–50.
7. Моисеенко, Т.И. Формирование качества поверхностных вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водосборы арктического бассейна / Т.И. Моисеенко, И.В. Родюшкин, В.А. Даувальтер, Л.П. Кудрявцева – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. – 264 с.

8. Перлюк, М.Ф. Экологические аспекты формирования химического состава органического вещества морских вод: Авт. Дис. ... д-ра географ. наук. – СПб., 1994. – 39 с.

9. Перетрухина, А.Т. Совершенствование химического и микробиологического методов контроля качества воды Кольского залива // Докл. междунар. семинара, посвященного памяти академика Е.М. Крепса, 11–13 мая 1999 г., Мурманск, Россия / А.Т. Перетрухина, С.И. Овчинникова, О.Ю. Богданова – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. – С. 138–139.

10. Перетрухина, А.Т. Совершенствование санитарно-микробиологического контроля состояния водной среды в условиях Кольского Севера / Докл. на науч.-техн. симпозиуме "Современные средства воспроизводства и использования водных биоресурсов", 7-я междунар. выставка "ИНРЫБПРОМ–2000" / А.Т. Перетрухина, С.И. Овчинникова, О.Ю. Богданова, Е.В. Макаревич, И.В. Перетрухина – СПб., 2000. – С. 116–117.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ПРИМЕНЕНИЯ 5-ЦИАНО-2,3-ДИТОЛИЛ ТЕТРАЗОЛХЛОРИДА ДЛЯ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ АКТИВНЫХ БАКТЕРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮОРИСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ**

**Новикова А.Н.** (*г. Мурманск, МГТУ, аспирант*)

In the basis of the work theoretical analysis of use a fluorescent redox probe for direct visualization of actively respiring bacteria. The redox dye 5-cyano-2,3-ditolyl tetrazolium chloride (ctc) was employed for direct epifluorescent microscopic enumeration of respiring bacteria in environmental samples. The work shows advantages and disadvantages of use a fluorescent redox probe. Analysis of the experience of previous works shows that the method is useful.

Определение численности активных бактерий одна из наиболее важных проблем современной микробиологии. В данной работе был проведен анализ опыта использования 5-циано-2,3-дитолил тетразолхлорида (СТС) для учета численности активных бактерий.

Окислительно-восстановительное окрашивание проб СТС используется для подсчета количества живых бактерий (активно-дышащих) методом прямой флюорисцентной микроскопии. Окисленный СТС практически бесцветный и не обладает свойствами флюорисценции, под действием электронной транспортной активности он легко трансформируется, начиная флуорисцировать, становясь нерастворимым СТС-формазаем, который накапливается внутриклеточно. Бактерии, накопившие СТС-формазан становятся видимыми при использовании флуорисцентной микроскопии на срезе нефиксированной ткани или на поверхности поликарбонového мембранного фильтра.

Обнаружение активных микроорганизмов часто проблематично, ранее ни один аналитический метод не помогал обнаружить все физиологические типы бактерий. Подсчет микроорганизмов на питательных средах часто используется с этой целью, но этот метод занимает много времени из-за продолжительной инкубации микроорганизмов и обычно не дает полезной информации касательно микробной активности (или жизнеспособности) без добавления дополнительного питания. Более того, бактерии полностью физически удаляются (при фильтрации или растворении) из природных образцов и после этого не могут противостоять внешним факторам, которые тормозят их метаболическую активность в природе. Этот метод не может использоваться для подсчета активных бактерий на месте, особенно когда клетки прикреплены к метельчатому субстрату или другой твердой поверхности.

Изначальные работы с СТС ограничивались цитохимическими исследованиями электронно-транспортной активности. В этих ранних исследованиях было показано, что уменьшение СТС вызывается специфическими электронно-транспортными ингибиторами, такими как цианид. В этих же данных указано, что СТС также может быть биологически трансформировано в дышащих бактериях в водонерастворимый флюорисцирующий формазан, который видим при использовании флюорисцентной микроскопии.

В связи с тем, что СТС-формазан флюорисцирует преимущественно в красном видимом спектре, он также легко отличим от флюорисцирующего фона и автофлюорисцирующих абиотических частиц, которые обычно светятся зеленым и зеленовато-синими цветами видимого спектра в большинстве образцов природной воды. Возросшая способность к обнаружению флюорисцирующего СТС-формазана облегчила подсчет очень мелких бактерий и бактерий с очень слабой электронно-транспортной активностью. Ранее было не известно все ли бактерии транспортируют СТС и транспортируют ли его одинаково хорошо, или же они обладают одинаковой чувствительностью к данному составу. Было выявлено, что разно-

образные колиформные бактерии, включая *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* и *Yersinia enterocolitica* активно трансформируют СТС в условиях арктических морей (Rodriguez, 1992).

Установлено, что численность активных бактерий определенная с использованием данного метода значительно выше, чем численность определенная другими методами. (Colliery, 1994, Rodriguez, 1992, Schaule, 1993, Smith, 1994)

Однако некоторые ученые всё же предположили, что далеко не все бактерии трансформируют СТС. Было проведено исследование в котором был изучен токсический эффект СТС на метаболизм бактерий.

При использовании Метода с использованием СТС число формазан продуцирующих бактерий, обнаруживаемых при помощи флуорисцентной микроскопии исчислялось в пределах от 5.4 до 19.4 и от 6.4 до 13.6 % от общей микробной численности в природной солоноватой воде (Кильский фьорд) и пресной воде (река Эльба). Родригез выявил, что при добавлении высоких концентраций (>6mM) СТС обладает угнетающим действием на активность *Pseudomonas putida*. Также в некоторых литературных источниках говорится о наличии противоречащих результатах касательно действия СТС на чистые культуры и естественные популяции. Добавление дополнительных источников углерода увеличивало численность СТС-трансформирующих бактерий. Таким образом, считалось, что данный метод не в полной мере способен учитывать абсолютную численность метаболически активных бактерий. (Ullrich, 1996)

Лимитирующие действие СТС было детально изучено Шером, который пришел к выводу, что СТС+ клетки (клетки трансформирующие СТС в СТС-формазан) являются высокоактивными бактериями, которые составляют большую часть бактериопланктонной активности. Его выводы подкреплялись данными отражающими корреляцию между СТС+ клетками и бактериальной продуктивностью и дыханием (Smith EM 1998). Также было установлено, что размеры СТС+ клеток больше чем размеры СТС- клеток. Этот факт подтверждает действенность метода, т. к. известно, что растущие клетки больше, чем не растущие (спящие) клетки (Morita, 1982), и что дышащие бактерии (СТС+) в естественных условиях имеют более крупные размеры, чем менее активные или спящие клетки (Gasol, 1995).

Анализ опыта метода использования СТС показал, что данный метод является весьма эффективным для учета численности активных бактерий. При обработке результатов возможен учет численности СТС+ бактерий как показателя биопродуктивности водоема.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. G. Rodriguez, d. Phipps, k. Ishiguro, t and h. F. Ridgway\* use Of A Fluorescent Redox Probe For Direct Visualization Of Actively Respiring Bacteria Biotechnology Research Department, Orange County Water District, 10500 Ellis Avenue, Fountain Valley, California 92728-8300 Received 14 January 1992/Accepted 14 March 1992
2. Colliery, J., M. Prevost, And A. Rompre. 1994. The Optimization And Application Of Two Direct Viable Count Methods For Bacteria In Distributed Drinking Water. Can J. Microbiol. 40:830-836.
3. Rodriguez, G. G., D. Phipps, K. Ishiguro, And H. F. Ridgway. 1992. Use Of A Fluorescent Redox Probe For Direct Visualization Of Actively Respiring Bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 58:1801-1808.
4. Schaule, G., H.-C. Flemming, And H. F. Ridgway. 1993. Use Of 5-Cyano-2,3-Ditoly Tetrastolium Chloride For Quantifying Planktonic And Sessile Respiring.

5. Smith, J. J., J. P. Howington, And G. A. Mcfeters. 1994. Survival, Physio Logical Response, And Recovery Of Enteric Bacteria Exposed To A Polar Marine Environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:2977-2984.

6. S. Ullrich, b. Karrasch, h.-g. Hoppe, k. Jeskulke, and m. Mehrens. Toxic Effects On Bacterial Metabolism Of The Redox Dye 5-Cyano-2,3-Ditolyl Tetrazolium Chloride. Institut Fur Meereskunde, Universitat Kiel, D-24105 Kiel,1 And UFZ Leipzig-Halle Gmbh, Gewässerfor-schung, D-39114 Magdeburg,2 Germany. Received 17 May 1996/Accepted 18 September 1996.

7. Morten sondergaard and mads danielsen. Active Bacteria (CTC+) In Temperate Lakes: Temporal And Cross-System Variations. Freshwater kiological laboratory, university of copenhagen, helsing0rgrade 51, dk-3400 hiller0d, denmark.

8. Gasol J.M., Del Giorgio PA, Massana R, Duarte CM (1995) Active Versus Inactive Bac-teria: Size Dependence In A Coastal Marine Plankton Community. *Mar Ecol Prog Ser* 128:91-97

9. Morita RY (1982) Starvation-Survival Of Heterotrophs In The Marine Environment. *Adv Microbiol Ecol* 6:171-178

10. Smith EM (1998) Coherence Of Microbial Respiration Rate And Cell-Specific Bacterial Activity In A

---

# БИОХИМИЯ И МЕДИЦИНА



## КАРТИНА КРОВИ ГОЛЬЦА ОЗЕРНОГО С КНЯЖЕГУБСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Анохина В.С., Квасоварова А.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии, [anohinavs@mstu.edu.ru](mailto:anohinavs@mstu.edu.ru))

The picture of white and red blood *Salvelinus alpinus lepechini* (Gmelin) on a background of alimentary diseases in conditions of a fish-breeding factory is investigated. The comparative estimation of a physiological condition of cultivated fishes is given.

Необходимым условием успешного ведения интенсивного рыбоводства и воспроизводства ценных видов рыб является тщательный контроль физиологического состояния объектов выращивания. Кровь, как наиболее лабильная ткань, быстро реагирует на действие различных факторов и приводит к восстановлению равновесия между организмом и средой. Наблюдающиеся изменения в крови могут служить надежным показателем степени воздействия повреждающих факторов и физиологического статуса рыб.

Цель: исследовать картину белой и красной крови гольца озерного *Salvelinus alpinus lepechini* (Gmelin) на фоне алиментарных заболеваний на разных этапах биотехнологического цикла в условиях Княжегубского рыбоводного завода (КРЗ), оценить физиологическое состояние культивируемых рыб.

Объект исследования – озёрный голец *S. alpinus l.* (G) топозёрской популяции, выращенный на КРЗ из икры от производителей оз. Топозеро. Исследовали рыб с выраженной катарактой глаз в возрасте 2+ (трёхлетки).

Пробы рыб и крови отбирали на КРЗ непосредственно после зимовки (1 июня 2009 г.) и по завершении летнего выращивания (29 августа 2009 г.). Кровь исследовали по стандартной методике. Измеряли гемоглобин, изготавливали и окрашивали по Романовскому – Гимза мазки крови. Изучали картину красной и белой крови по морфологическим характеристикам лейкоцитов и эритроцитов, определяли лейкоцитарную формулу, измеряли продольный и поперечный диаметр эритроцитов (при увеличении 100x7), отмечали патологию форменных элементов крови. Дополнительно определяли основные морфометрические показатели исследованных рыб и их физиологические индексы, рассчитывали коэффициент упитанности по Фультону.

Объем выполненных исследований представлен в таблице 1. В таблицах 2, 3 и 4 отражены основные результаты исследования, позволившие сделать следующие выводы:

1. Заниженные и нестабильные значения морфофизиологических параметров после зимовки заводских особей *S. alpinus l.* (G) топозёрской популяции свидетельствуют о невысоком рыбоводном качестве рыб.

2. Продольный диаметр эритроцитов для заводских особей *S. alpinus l.* (G) топозёрской популяции колеблется от 14,4 до 21,6 мкм, поперечный – от 7,2 до 12,6 мкм. Продольный диаметр ядер эритроцитов составляет 5,4 – 9,8 мкм, поперечный – 3,6 – 5,4 мкм.

3. Эритроцитарная картина крови заводских особей *S. alpinus l.* (G) топозёрской популяции и содержание гемоглобина отражают кумулятивное изменение иммунного статуса рыб в ответ на негативное действие факторов среды.

4. В составе белой крови гольца озёрного лимфоциты являются самой многочисленной и самой стабильной группой лейкоцитов за весь период исследований на КРЗ. Содержание и морфология нейтрофилов в крови гольца озёрного свидетельствуют об ослабленном физиологическом статусе рыб на этом предприятии.

Таблица 1. Общее количество исследованного материала

Параметры		Исследовано проб
Морфологические		144
Гематологические	гемоглобин	54
	мазки крови	54
Всего исследовано:		252
Идентифицировано и просчитано	эритроцитов	54000
	лейкоцитов	10800

Таблица 2. Сравнительная характеристика размерно-массовых показателей роста *S. alpinus leprechini* (G) по периодам исследования

Период исследования	Длина, см			Высота, см	Масса, г	
	L1	L2	L3		общая	без внутренних органов
июнь	20,5 ± 2,3	19,6 ± 2,7	18,2 ± 2,0	2,9 ± 0,5	53,6 ± 17,6	48,4 ± 16,2
август	22,8 ± 2,2	21,8 ± 2,3	20,8 ± 2,3	3,4 ± 0,9	100,3 ± 34,1	88,8 ± 30,0

В таблице:

L1 – длина рыбы от вершины рыла до конца лучей хвостового плавника (общая длина);

L2 – длина от вершины рыла до развилки хвостового плавника;

L3 – длина от вершины рыла до конца чешуйного покрова.

Высота – расстояние от самой высокой точки спины до брюшка по вертикали.

Таблица 3. Сравнительная характеристика физиологического состояния *S. alpinus leprechini* (G) по периодам исследования

Период исследования	Физиологические индексы				Коэффициент упитанности по Фультону
	печень	сердце	селезенка	гонады	
июнь	1,15 ± 0,13	0,27 ± 0,21	0,07 ± 0,02	0,14 ± 0,12	0,62 ± 0,09
август	1,74 ± 0,37	0,22 ± 0,03	0,09 ± 0,03	0,54 ± 1,30	0,82 ± 0,08

Таблица 4. Сравнительная характеристика показателей крови *S. alpinus leprechini* (G) по периодам исследования

Период исследования	Процентное соотношение форменных элементов красной крови			Гемоглобин, г %	Процентное соотношение форменных элементов белой крови		
	зрелые	молодые	патология		лимфоциты	нейтрофилы	моноциты
июнь	91,5 ± 2,1	5,6 ± 1,6	2,9 ± 1,8	4,7 ± 1,1	94,7 ± 0,9	3,4 ± 0,5	1,9 ± 0,5
август	96,0 ± 0,9	2,2 ± 0,6	1,8 ± 0,6	6,5 ± 1,1	94,3 ± 0,9	4,1 ± 0,5	1,7 ± 0,6

## **ИЗУЧЕНИЕ ЧАСТОТЫ НАЗНАЧЕНИЯ ИММУНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНЫМ С ХРОНИЧЕСКИМ ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫМ ПАРОДОНТИТОМ С УЧЕТОМ ПАТОГЕНЕЗА ЗАБОЛЕВАНИЯ**

**Блашкова С.Л., Макарова Н.А.** (Казанский государственный медицинский университет, кафедра терапевтической стоматологии)

Inflammatory periodontal diseases still remain a vital problem in dentistry. This is due to the high incidence of disease and bad effects of the proposed means for the treatment of periodontitis. In connection with this study the problem of inflammatory periodontal diseases should follow the path of search measures and methods of correction of the classical schemes of pathogenetic treatment

Воспалительные заболевания пародонта до сих пор продолжают оставаться актуальной проблемой в стоматологии. Это связано с высокой распространенностью заболевания и неудовлетворительным эффектом предложенных средств для лечения пародонтита [1]. В связи с этим изучение проблемы воспалительных заболеваний пародонта должно идти по пути поиска мер и способов коррекции классических схем патогенетического лечения [5].

В патогенезе болезней пародонта большое значение уделяют нарушению иммунного гомеостаза организма человека. Имеется много работ, в которых показана несомненная роль иммунных механизмов в патогенезе заболеваний пародонта [2,7]. Согласно, которым нарушение гуморального звена иммунитета проявляется изменениями содержания В-лимфоцитов и иммуноглобулинов. При воспалительных заболеваниях пародонта в десневой жидкости наблюдаются повышение уровня иммуноглобулинов, увеличение концентрации лизоцима, свидетельствующие об активном воспалительном процессе в тканях пародонта [4]. Другие авторы указывают на снижение количества sJgA и лизоцима. У больных с воспалительными заболеваниями пародонта в ротовой жидкости определяется снижение содержания JgG, JgA и sJgA, тогда как средние показатели активности лизоцима не изменяются. Высоким показателям уровня иммуноглобулинов в ротовой жидкости соответствуют высокие показатели их в крови. Существует компенсация активности лизоцима повышенным уровнем иммуноглобулинов, так у здоровых лиц она наблюдается в 75% случаев, тогда как у больных воспалительными заболеваниями пародонта - в 31,4%. Многие авторы указывают на повышение уровня иммуноглобулинов вследствие их местного синтеза в воспаленной десне, трансудации из пораженной ткани [3, 5]. Кроме того, обнаруживается JgM, который в норме отсутствует и увеличивается уровень  $\beta$ -лизина. При начальных стадиях заболевания в крови повышается содержание В-лимфоцитов и JgM, JgG, JgA, при развившемся процессе выявлена тенденция к угнетению В-системы иммунитета. В капиллярной крови пародонта, по сравнению с венозной, наблюдаются повышение Т- и В-лимфоцитов, снижение фагоцитарной активности нейтрофилов [6]. Нарушение со стороны клеточного иммунитета проявляются снижением в периферической крови количества Т-лимфоцитов, в частности, Т-хелперов, индекса CD4+/CD8+ (хелперы/супрессоры). При заболеваниях пародонта, формируется иммунный ответ, который опосредован Т-хелперами 2 типа, тогда как лица с интактным пародонтом отвечают Т-хелперами 1 типа. С ростом гингивального индекса увеличивается и содержание CD4+ клеток, а индекс CD4+/CD8+ коррелирует с глубиной пародонтальных карманов [7].

Хронизация патологического процесса в пародонте сопровождается изменениями цитокинового фона, дисбаланс которого может нарушить существующие в пародонтальном комплексе взаимосвязи, что в конечном итоге приводит к патологии регенерации тканей [5].

В настоящее время установлено, что роль иммунологических факторов в защите макроорганизма от различных инфекций вариабельна. При различных видах и при различных формах инфекций (острое, затяжное, рецидивирующее течение) отмечаются количественные изменения в субпопуляционном составе лимфоцитов, уровня иммуноглобулинов, состоянии механизмов фагоцитоза. В большинстве случаев гладкое неосложненное течение инфекции коррелирует с активацией Т-лимфоцитов-хелперов (CD 4+) и дифференцировкой их по первому типу, что проявляется в увеличении продукции IFN- $\gamma$  и IL-2 – активатора-регулятора Т-клеточного ответа. Осложненное, затяжное течение инфекции сопровождается пониженной продукцией IFN- $\gamma$ , IL-2 и повышением уровня IL-4. поэтому врачу необходимо оценить, в первую очередь, функциональное состояние этих факторов как для прогноза течения инфекции, так и для проведения специфических профилактических и лечебных мероприятий [4].

С этой целью нами была оценена эффективность деятельности врачей-стоматологов при проведении иммунологических исследований у пациентов с заболеваниями пародонта.

Материалы и методы исследования. В стоматологических поликлиниках г. Казани методом анкетного интервьюирования было опрошено 218 врачей-стоматологов терапевтических отделений.

Нами была разработана анкета, вопросы, которой были посвящены определению показателей иммунитета, по которым проводилась оценка иммунного статуса пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом различной степени тяжести. Учитывая патогенез данного заболевания нами были предложены показатели уровня лизоцима, уровня иммуноглобулинов, циркулирующего иммунного комплекса, фагоцитарной активности нейтрофилов (интенсивности поглатывания микробов фагоцитами (фагоцитарный индекс и фагоцитарное число), цитокинового статуса (уровень провоспалительных цитокинов ФНО- $\alpha$ , ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-4) и характеристика состояния Т- и В-систем иммунитета (процентного и абсолютного содержания зрелых Т-лимфоцитов (CD3) и двух основных субпопуляций Т-хелперов (CD4) и Т-супрессоров (CD8), «активационных маркеров» CD25, HLA-DR на Т-лимфоцитах, уровня NK-клеток (CD16)).

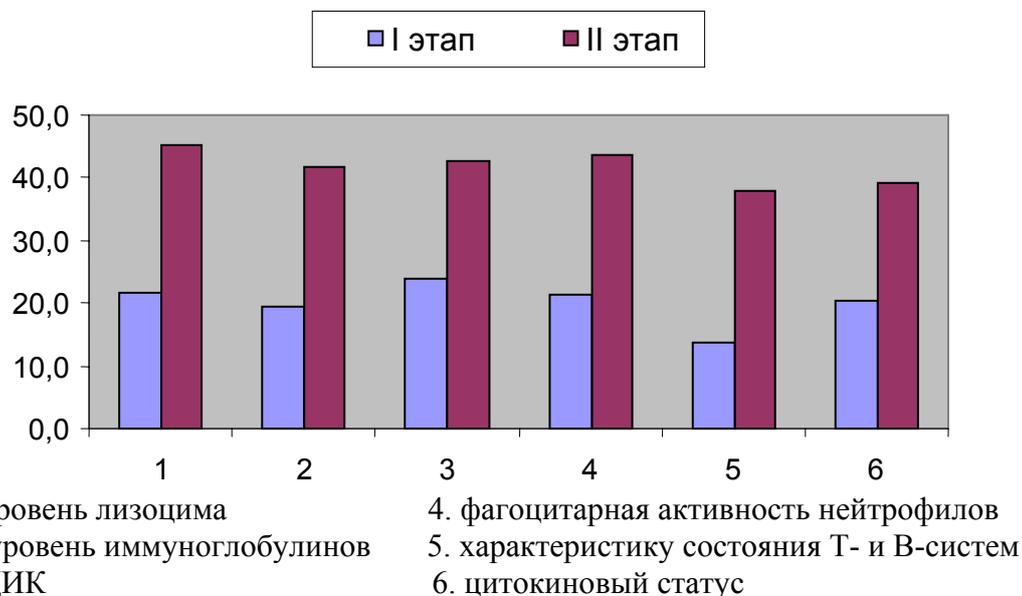


Рис. 1 Показатели определения иммунного статуса пациентов с пародонтитом на I и II этапе исследования

В результате анализа анкет было выявлено, что врачи-стоматологи мало информированы по данному вопросу. При диагностике пародонтита только 20,0±1,8% врачей-стоматологов проводили оценку иммунного статуса. При проведении обследования на I этапе исследования 21,7% врачей оценивали показатели лизоцима и 19,6% уровень иммуноглобулинов, 23,8% определяли циркулирующие иммунные комплексы и 21,3% - фагоцитарную активность нейтрофилов, 13,6% врачей давали характеристику состояния Т- и В-систем иммунитета, 20,4% оценивали цитокиновый статус.

В результате исследования были разработаны и внедрены основы протоколов диагностики, лечения и реабилитации пациентов, страдающих пародонтитом. В виде методических рекомендаций они были представлены врачам стоматологам-терапевтам в стоматологических поликлиниках г. Казани для дальнейшего использования в своей лечебной практике. Протоколы наряду с клинико-диагностическими алгоритмами лечения различных степеней тяжести пародонтита содержали обоснованные методики, выявляющие нарушения в различных звеньях иммунитета. Результаты, которых являлись показаниями для назначения иммунокорректирующей терапии.

С целью определения клинической эффективности применения иммунологических исследований пациентам с заболеваниями пародонта проводилось повторное анкетное интервьюирование врачей-стоматологов.

На втором этапе после внедрения протоколов 56,1±5,1% врачей стали считать необходимым оценку иммунного статуса больных с пародонтитом, 45,3% врачей оценивали показатели лизоцима и 41,7% - уровень иммуноглобулинов, 42,6% определяли циркулирующие иммунные комплексы и 43,5% - фагоцитарную активность нейтрофилов, 37,9% врачей давали характеристику состояния Т- и В-систем иммунитета, 39,7% оценивали цитокиновый статус. В связи с этим информированность врачей об оценке неспецифической резистентности организма при заболеваниях пародонта увеличилась до 41,3%  $P < 0,005$ , что повысило качество лечения и дало возможность сократить случаи безуспешного лечения на 5,44%  $P < 0,05$ .

Таким образом, освещение механизмов развития данного заболевания и единого комплексного обследования пациентов, включающие в себя оценку показателей общего количества лейкоцитов, общего числа лимфоцитов, процентного и абсолютного содержания зрелых Т-лимфоцитов (CD3) и двух основных субпопуляций Т-хелперов (CD4) и Т-супрессоров (CD8), «активационных маркеров» CD25, HLA-DR на Т-лимфоцитов, уровня НК-клеток (CD16), интенсивности поглатывания микробов фагоцитами (фагоцитарный индекс и фагоцитарное число) и их бактерицидная активность (по НСТ-тест, базальному и стимулированному), уровень провоспалительных цитокинов ФНО-а, ИЛ-1b, ИЛ-4, позволит сделать выбор средств фармакотерапии патогенетически обоснованным, а контроль над проводимыми манипуляциями – эффективнее.

#### Список литературы:

1. Ковальчук Л.В., Ганковская Л.В., Иванюшко Т.П. и др. Локальная иммуноцитокинотерапия в лечении воспалительных заболеваний пародонта //Иммунология. — 2000. — № 1. — С. 46-48.
2. Маркова Т.П., Лусс Л.В., Хорошилова Н.В. Практическое пособие по клинической иммунологии и аллергологии. Под редакц. Р.М.Хайтова, М., ТОРУС ПРЕСС, 2005, с.11-29
3. Москалева А.В., Сбойчаков В.Б. Инфекционная иммунология: Учебное пособие/ Под ред. Чл.-корр. РАМН проф. Ю.В. Лобзина.- СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2006. С. 6-7.

4. Орехова Л.Ю., Бубнова Л.Н., Глазанова Т.В., Розанов Н.К. Роль изменений в системе иммунитета при заболеваниях тканей пародонта //Пародонтология. — 1999. — № 1. — С. 27-29.
5. Цепов Л.М., Орехова Л.Ю. Иммунная терапия воспалительных заболеваний пародонта: иллюзии или реальность? //Пародонтология. — 1999. — № 2. — С. 3-9.
6. Sims J. Nicklin M. Bazan J. Et al. A new nomenclature for IL-1-family genes // Trends Immunol. — 2001.- V.22.-P.536-537.
7. Slots J. Update on human cytomegalovirus in destructive periodontal disease // Oral Microbiol Immunol. 2004. №19-4.P. 217-223.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИОКСИДОНИЯ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ КАРИЕСА ЗУБОВ

**Гилязева В.В., Сокольская Д.И., Гиниятуллин И.И.** (г. Казань, Казанский государственный медицинский университет, кафедра терапевтической стоматологии, e-mail: [hedstroem@rambler.ru](mailto:hedstroem@rambler.ru))

The article is devoted to (the topical character of - актуальность) the problem of caries of teeth and efficiency of its therapy. Data of researchers, who reveal this problem on the regions of the activity of WHO (World Health Organization) are described in the article. The results of our own researches concerning the application of an immunomodulator Polyoxidonium in the complex therapy of caries of teeth are represented. The efficiency of preparation, consists in the increase of the resistance of hard tooth tissues, which leads to the reduction of the caries is shown.

Из всех заболеваний человечества кариес зубов является, без сомнения, самым распространенным. Еще Е.М. Гофунг в 1938 г приводил данные о высокой распространенности кариеса зубов в промышленных центрах Западной Европы, Америки и СССР, достигающей 95% и даже 100 %. Пахомов Г.Н., Леонтьев В.К. представили географию стоматологических заболеваний, включая кариес зубов, по регионам деятельности ВОЗ [1]. Так, если в США и Канаде, где на долю затрат, связанных с оказанием стоматологической помощи населению, приходится значительная часть средств, несмотря на более, чем шестидесятилетнюю реализацию фторирования питьевой воды в рамках превентивной программы, когда 65% всего населения США получают нормализованную по фтору питьевую воду, то в большинстве стран Северной и Южной Америки распространенность кариеса зубов достигает 90% и более при КПУ зубов от 1,1 до 8,3 на одного ребенка в возрасте 12 лет. В Восточно-Средиземноморском регионе (Бахрейн, Пакистан, Тунис, Ливан) регистрируемая высокая распространенность кариеса зубов выделена, как одна из основных проблем, связанных со стоматологическим здоровьем населения. Следует отметить, что в странах Западной Европы, подобно Северной Америке, распространенность кариеса зубов снизилась за последние три десятилетия как среди детского, так и взрослого населения. Средний уровень КПУ в этих странах не превышает 1,2-1,8 на ребенка в возрасте 12 лет. Вместе с тем в Центральной и Восточной Европе уровень распространенности заболевания "в лучшем случае удалось приостановить, хотя и это обстоятельство является определенным достижением". Является очевидным, что состояние проблемы распространенности кариеса зубов, в первую очередь, связано с реализацией государственных коммунальных профилактических программ, а также с продвижением на рынке фторсодержащих лечебно – профилактических зубных паст. Например, в регионе Юго-Восточной Азии, где этой проблеме не уделяется должного внимания, отмечается увеличение распространенности кариеса зубов до 90% и более среди детского населения. В современной России результатов полноценных адекватных эпидемиологических исследований, экстраполируемых на все регионы не существует. Однако последствия кариеса зубов в виде одонтогенных осложнений, в отдельных случаях с летальным исходом, свидетельствуют о недостаточной эффективности превентивной терапии этого заболевания.

Внедрение новых технологий в оперативно-восстановительный этап лечения кариеса зубов не только способствовало расширению эстетических и адгезивных возможностей восстановительного этапа, но и явилось причиной смещения акцента с позиции общеврачебного подхода к терапии заболевания на преимущественно локальные прикладные позиции. Результатом подобного подхода явилось увеличение прироста кариеса,

прогрессирование процесса с развитием осложнений, связанного не только с некачественным реставрационным лечением, но и с отсутствием комплексного подхода к лечению [2]. Такая обусловленность закономерно выявляется у пациентов групп риска, имеющих высокое значение интенсивности кариеса зубов, острые формы заболевания, стабильно низкий уровень гигиенического статуса полости рта, снижение уровня иммунобиологического состояния организма вследствие перенесенных и сопутствующих заболеваний, влияния неблагоприятных факторов внешней среды и стрессовых нагрузок на организм. В любой из этих ситуаций происходит изменение состава и свойств слюны, уровня иммунокомпетентности жидкости полости рта, что неизбежно приводит к снижению резистентности твердых тканей зубов и возникновению упомянутых проблем. В этой связи становится очевидным включение в комплекс терапевтических мероприятий у таких пациентов наряду с оперативно – восстановительным вмешательством, имеющим этиотропную направленность, средств и методов воздействия на патогенетическое звено заболевания. Последние, оказывая воздействие на механизмы возникновения и развития кариеса зубов, являющиеся условиями формирования и реализации кариесогенной ситуации в полости рта, способствуют повышению эффективности проводимой терапии.

Целью настоящего исследования явилось повышение эффективности комплексной терапии кариеса зубов посредством включения полиоксидония в качестве средства воздействия на патогенетическое звено. Под наблюдением находилось 87 пациентов в возрасте 20 – 50 лет, страдающих кариесом зубов и имеющих кариесогенную ситуацию разной степени реализации. Критериями исключения из исследования были: наличие у пациентов сопутствующей хронической патологии в стадии суб - и декомпенсации, заболеваний в остром или рецидивном периоде, аутоиммунных, инфекционных заболеваний, первичных иммунодефицитов, органических поражений центральной или периферической нервной системы, психических заболеваний, онкологической, гематологической патологии, беременность, а также пациенты, страдающие алкогольной и наркотической зависимостью. Все пациенты получали стандартную терапию кариеса зубов в виде оперативно – восстановительного вмешательства с использованием реставрационных фотополимерных композиционных материалов с последующим фторированием области вмешательства после финишной обработки. В качестве средства патогенетического воздействия в составе комплексной терапии кариеса зубов 43 пациента группы исследования получали полиоксидоний в таблетированной форме в суточной дозе 24 мг в течение 10 дней. Группа сравнения (44 пациента) получала в качестве патогенетического звена плацебо. Полиоксидоний, являющийся препаратом многопланового действия, применялся нами как средство, корректирующее уровень местного иммунитета полости рта [3]. Полиоксидоний имеет определенную направленность биологического действия на организм: применяемый *per os*, препарат корректирует выработку пейеровыми клетками *lamina propria* тонкого кишечника Ig A с последующей миграцией этого фактора местного иммунитета типотропных по иммунологическому ответу слизистых в секреторные клетки слюнных желез, а оттуда – в жидкость полости рта в секреторной форме. Как известно, s Ig A смешанной слюны является основным среди всех иммуноглобулинов, содержащихся в этой иммунокомпетентной жидкой среде полости рта. Роль этого фактора местного иммунитета полости рта при кариесе состоит в контролирующем влиянии на динамику формирования микробных денальных биопленок. Осуществляется такой контроль посредством взаимодействия s Ig A с поверхностными антигенными структурными белками микробной клетки, что вызывает ингибирование первичного прикрепления и роста микробных колоний, а также торможения синтеза внеклеточных полисахаридов, ответственных за окончательное формирование денальной микробной биопленки, путем инактивации гликозилтрансферазы.

Оценивалось влияние полиоксидония в составе комплексной терапии кариеса зубов на состояние твердых тканей зубов посредством определения индивидуальной структурно – функциональной резистентности эмали зубов по тесту эмалевого резистентности – ТЭР, предложенному В.Р. Окушко, Л.И. Косаревой (1983) в модификации З.А. Эльдарушевой и И.И. Гиниятуллина (1989). На очищенную от микробных денальных биопленок, высушенную и изолированную от слюны вестибулярную поверхность верхнего центрального резца на расстоянии 2 мм от режущего края по центральной линии наносили каплю 1 Н хлористоводородной кислоты диаметром 1 – 2 мм с растворенным в ней порошком метиленовой сини (из расчета 100 г раствора HCl : 1 г метиленовой сини), через 5 сек каплю удаляли сухим ватным шариком. Интенсивность окраски деминерализованного и покрашенного участка сопоставлялась со стандартной 10 – польной шкалой и выражалась в баллах. Наименьшая интенсивность (минимальная деминерализация) соответствовала значению в 1 балл, наибольшая в 10 баллов. При окрашивании участка в 1 – 3 балла пациента относили к группе с высокой резистентностью эмали, в 4 – 5 балла – к группе с умеренной резистентностью, в 6 – 7 баллов – к группе с пониженной, а в 8 и более - к группе с низкой резистентностью. Оценку проводили до терапии и спустя 6 месяцев после ее проведения.

Результаты изучения состояния твердых тканей зубов по ТЭР показали, что в обеих группах до лечения значения не обнаружили достоверных отличий и определялись как:  $6,09 \pm 0,27$  (группа исследования) и  $7,1 \pm 0,28$  (контрольная группа). Спустя 6 месяцев данные результатов изучения ТЭР составили: в группе исследования -  $2,34 \pm 0,21$  ( $p < 0,001$ ) и в контрольной группе -  $6,69 \pm 0,24$  ( $p > 0,05$ ).

Прирост кариеса зубов за период в шесть месяцев составил: в контрольной группе –  $1,7 \pm 0,04$ ; в группе исследования регистрировались единичные случаи ( $p < 0,001$ ).

Таким образом результаты изучения включения патогенетического воздействия в комплексную терапию кариеса зубов показали достоверное снижение значений ТЭР, что соответствует повышению уровня резистентности эмали зубов. Закономерным следствием повышения резистентности эмали явились единичные случаи прироста интенсивности кариеса зубов. Данные результаты могут быть связаны с опосредованным эффектом фармакотерапевтического действия полиоксидония на основное этиопатогенетическое звено возникновения и развития кариеса – формирование микробных денальных биопленок и процессов деминерализации эмали, что подтверждает необходимость включения воздействия препарата в комплекс терапевтических мероприятий при лечении кариеса зубов. Особую значимость это воздействие приобретает у пациентов, имеющих высокий риск формирования и реализации кариесогенной ситуации.

#### Список литературы:

1. Пахомов Г.Н. Атравматичное восстановительное лечение кариеса зубов / Г.Н. Пахомов, В.К. Леонтьев. – Инкорал, Швейцария.-112 с.
2. Боровский Е.В. Терминология и классификация кариеса зубов и его осложнений / Е.В. Боровский // Клиническая стоматология. – 2004. - № 1. – С. 6-9.
3. Хаитов Р.М. Полиоксидоний: новые аспекты применения / Р.М. Хаитов, Б.В. Пинегин // Новые лекарства.-2003. - № 3

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ ГЛАДКИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММ

Дьякова О.Г. (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», [olgetu@mail.ru](mailto:olgetu@mail.ru))

The models of differential operators on the basis of smooth functions, which enable to form outline signal of objects on the image using starting signal differentiation in the line of image brightness gradient and accumulation it in the orthogonal direction are present in this task. The work of the obtained operators by orientation changes of the image brightness is estimate.

В работе представлены модели дифференциальных операторов на основе гладких функций, осуществляющих формирование контурного сигнала объектов, в частности, на магнитно-резонансных изображениях путем дифференцирования исходного сигнала в направлении градиента перепада яркости и накопления его в ортогональном направлении. Оценена работа полученных операторов в зависимости от изменения ориентации перепада исходного сигнала. Показано, что подобные операторы могут позволить качественно выделить контура патологий на МР-томограммах.

Для решения задач обработки и анализа медицинских изображений целесообразен переход от яркостного описания исходного изображения к контурному, что позволяет более точно определить наличие и локализацию патологии, так как основная информация об отображаемых объектах заключена в перепадах его яркости (контурах). Существуют различные методы определения контуров. В предлагаемой работе дается оценка чувствительности дифференциальных операторов, формирующих контурный сигнал путем дифференцирования исходного сигнала в направлении градиента перепада яркости.

Для расчета и анализа детектора контуров был определен идеальный контур в виде плоской наклонной ступеньки яркости. Такой контур можно описать следующими параметрами: пространственными координатами  $(k, n)$ ; углом ориентации перепада  $\alpha$ , определяемым нормалью к линии пересечения наклонной и горизонтальной плоскостей; углом наклона перепада  $\beta$ , имеющего смысл его относительной «крутизны»; протяженностью наклонной плоскости, а также величинами горизонтальных частей ступеньки, ограничивающими ее наклонную часть и определяющими контраст перепада яркости. В качестве базовых функций для синтезируемых дифференциальных фильтров целесообразно использовать гладкие функции, которые выполняют сглаживание в направлении одной из координатных осей, а их производные – функции дифференцирования и дополнительного сглаживания в направлении другой оси, что позволяет повысить помехозащищенность синтезируемых операторов в сравнении с классическими дифференциальными операторами. Такими гладкими функциями являются:

$$h_G^{(0)}(k) = \exp\left(-\frac{k^2}{2(\sigma_{0G})^2}\right) - \text{Гаусса}; \quad h_L^{(0)}(k) = \frac{1}{1 + \left(\frac{k^2}{\sigma_{0L}}\right)^b} - \text{Лоренца};$$

$$h_M^{(0)}(k) = \frac{1}{\left(1 + \frac{k^2}{(\sigma_{0M})^2}\right)^b} - \text{Моффата}; \quad h_B^{(0)}(k) = \frac{1}{1 + \left(\frac{k}{\sigma_{0B}}\right)^b} - \text{Баттерворта}.$$

Ограничимся рассмотрением этих функций при выбранных значениях параметров  $b = 2$  и  $\sigma_{0*} = 2$ . Выражения для производных первого порядка этих функций имеют вид:

$$h_G^{(1)}(k) = \left(-\frac{k}{(\sigma_{1G})^2}\right) \exp\left(-\frac{k^2}{2(\sigma_{1G})^2}\right); \quad h_L^{(1)}(k) = \frac{-4k^3}{(\sigma_{1L})^4 \left(1 + \frac{k^2}{(\sigma_{1L})^2}\right)^2};$$

$$h_M^{(1)}(k) = \frac{-4k}{(\sigma_{1M})^2 \left(1 + \frac{k^2}{(\sigma_{1M})^2}\right)^3}; \quad h_B^{(1)}(k) = \frac{-2k}{(\sigma_{1B})^2 \left(1 + \frac{k^2}{\sigma_{1B}}\right)^2}.$$

Величина аргумента  $k$ , при котором производные первого порядка принимают экстремальные значения, зависит от параметра  $\sigma_{0*}$ . Ее значение определяют «нули» вторых производных:

$$k_{1G} = \sigma_{1G}; \quad k_{1L} = \sigma_{1L} \sqrt[4]{\frac{3}{5}}; \quad k_{1M} = \frac{\sigma_{1M}}{\sqrt{5}}; \quad k_{1B} = \frac{\sigma_{1B}}{\sqrt{3}}.$$

Значения параметров  $\sigma_{1G} = 1$ ;  $\sigma_{1L} = \sqrt[4]{\frac{5}{3}} = 1.136$ ;  $\sigma_{1M} = \sqrt{5} = 2.236$ ;  $\sigma_{1B} = \sqrt{3} = 1.732$  определяют экстремальные значения весовых коэффициентов операторов при значении аргумента  $|k|=1$  [1].

В ходе работы были синтезированы дифференциальные фильтры на основе этих гладких функций, исследованы сечения их откликов на заданный перепад яркости при повороте этого перепада на угол  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  с шагом  $5^\circ$ . На рисунке 1 представлены исходный перепад яркости, дифференциальный фильтр Моффата-Лоренца и отклик фильтра (угол ориентации перепада  $35^\circ$ ).

Для всех синтезированных фильтров были получены графики зависимости отклика дифференциального оператора ( $\Psi(m)$ ) от ориентации перепада яркости ( $m$ ) и значения среднеквадратического отклонения (СКО).

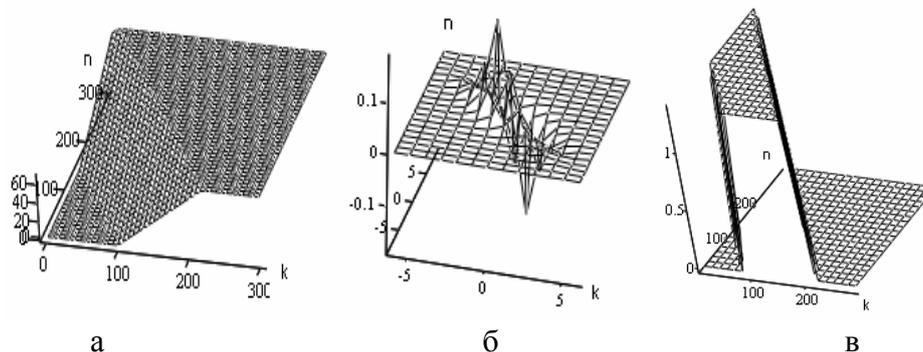


Рис. 1. Модель контура перепада яркости (а), оператор Моффата-Лоренца (б) и отклик фильтра на перепад (в)

Фильтры, сформированные на основе функций Моффата и Гаусса, позволили получить отклики, представляющие собой практически прямую линию, что говорит о независимости работы фильтра от ориентации перепада яркости. На рисунке 2 представлена

зависимость амплитуды отклика фильтра Гаусса-Моффата от изменения ориентации перепада исходного сигнала от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , СКО составило  $9,2 \times 10^{-4}$ .

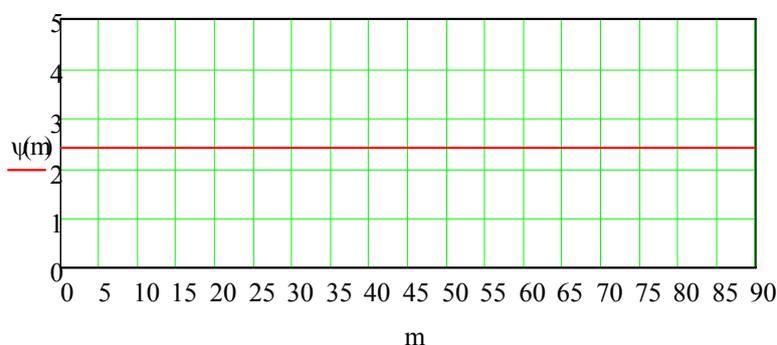


Рис. 2. Зависимость амплитуды отклика фильтра Гаусса-Моффата от изменения ориентации перепада исходного сигнала от  $0^\circ$  до  $90^\circ$

Аналогичная ситуация наблюдается и для фильтров, синтезированных на основе функции Лоренца, но в сочетании с функциями Гаусса и Моффата, причем, при условии, что производная берется именно от функций Гаусса и Моффата. Исследование зависимостей откликов дифференциальных операторов на основе оставшихся сочетаний «гладких» функций показало, что эти фильтры не позволяют достичь такого же безупречного результата. На рисунке 3 представлены графики зависимости амплитуды отклика фильтра для оператора Баттерворта-Лоренца. Рисунок 4 иллюстрирует зависимость амплитуды отклика фильтра Лоренца-Баттерворта от изменения ориентации перепада исходного сигнала.

Были рассмотрены все комбинации «гладких» функций и проанализирована работа полученных дифференциальных фильтров с различными параметрами  $b$  и  $\sigma_0^*$ .

Таким образом, отклики дифференциальных фильтров не зависят от ориентации перепада яркости. Но важно отметить, что наименее чувствительными к такому изменению являются операторы на основе функций Моффата и Гаусса. Указанные функции в сочетании с функциями Баттерворта и Лоренца так же позволят получить фильтры, малочувствительные к изменению направления яркостного перепада, но при условии, что производная первого порядка будет взята от функций Гаусса или Моффата. Когда в качестве функции  $h_*^{(1)}$  выступает функция Баттерворта, заметно, что зона чувствительности больше, чем в случае, когда  $h_*^{(1)}$  является производная функции Лоренца. Тем не менее, будет не верно утверждать, что отклики дифференциальных фильтров, синтезированных на основе функций Гаусса и Моффата, не зависят от ориентации исходного перепада, а работа фильтров, полученных путем сочетания других функций, дает совершенно иной результат. Это следует из того, что в большинстве случаев, величины отклика различаются лишь на сотые доли при различной ориентации перепада, и лишь в некоторых случаях это различие увеличивается до десятых.

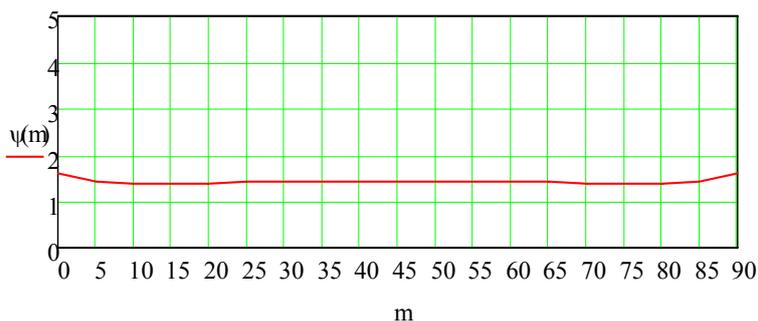


Рис. 3. Зависимость амплитуды отклика фильтра Баттерворта-Лоренца от изменения ориентации перепада исходного сигнала  $0^\circ$  до  $90^\circ$

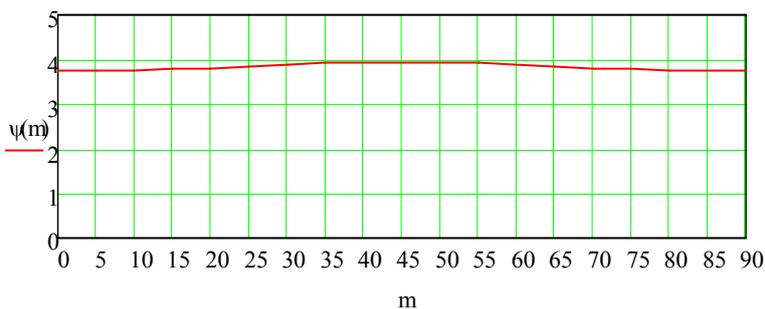


Рис. 4. Зависимость амплитуды отклика фильтра Лоренца-Баттерворта от изменения ориентации перепада исходного сигнала от  $0^\circ$  до  $90^\circ$

Таким образом, дифференциальные операторы на основе гладких функций позволяют качественно определить контур изображения и могут применяться для анализа медицинских данных, в том числе, достаточно сложных МР – томограмм.

#### Список литературы:

1. Разин И.В. К вопросу синтеза двумерных адаптивных фильтров на основе гладких функций // Радиоэлектроника, Известия вузов России, № 3, 2009г., С. 35 - 48.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений, книга 2, // Пер. с англ.; под ред. Д.С. Лебедева. М.: Мир, 1982. 790 с.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТКАНЯХ КУМЖИ (SALMO TRUTTA)**

**Игумнов Р.О., Овчинникова С.И.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии)

Были проведены исследования биохимических изменений мышечной ткани кумжи в процессе хранения в течение 6 месяцев при температуре  $-28^{\circ}\text{C}$ .

Проанализирована динамика влагосодержания в мышечной ткани кумжи в процессе хранения. Установлено, что массовая доля воды в мышечной ткани уменьшается от 75 % до 50 %.

В результате изучения динамики содержания азотсодержащих соединений установлено, что процентное содержание общего азота незначительно повышается в результате уменьшения массовой доли воды в кумже. Характер динамики массовой доли белка свидетельствует об уменьшении данного показателя в течение 6 месяцев от 20 % до 16,5 % в результате автолитических превращений с участием катепсинов.

В процессе хранения возрастает содержание небелкового азота, в том числе аминного азота. Исходное содержание аминного азота в мышечной ткани кумжи составляет 60 мг%. Характер динамики содержания аминного азота показывает, что в процессе хранения содержание аминного азота в мышечной ткани кумжи возрастает от 60 мг% до 2 000 мг % для 6 месяцев в результате ферментативного гидролиза тканевых мышечных белков с участием катепсинов.

Анализ динамики общего содержания минеральных веществ (зола) в мышечной ткани кумжи показывает, что содержание минеральных веществ составляет 1,20–1,26 %.

Установлено, что массовая доля минеральных веществ в мышечной ткани кумжи в процессе хранения в течение 6 месяцев меняется незначительно.

В результате анализа динамики показателей липидной фракции в процессе хранения в течение 6 месяцев установлено, что общее содержание липидов в мышечной ткани кумжи не меняется.

Проанализированы процессы гидролитической порчи липидов в мышечной ткани кумжи. Показано, что в процессе хранения в течение 6 месяцев кислотное число возрастает от 3 до 20.

Проанализированы процессы окислительной порчи липидов. В процессе хранения в течение 6 месяцев пероксидное число для мышечной ткани кумжи возрастает от 0,004 % до 0,4.

Каротиноиды – биологически полифункциональные вещества – группа пигментов терпенового строения, играющие активную роль в биохимической адаптации организма к условиям обитания. В экологической биохимии рыб изменение концентрации каротиноидов является биомаркером, включаемым в молекулярный механизм адаптации организмов к действию неблагоприятных факторов. Каротиноиды являются естественными антиоксидантами мышечной ткани рыб, в том числе семейства Лососевые.

Характерными каротиноидами рыб являются каротины и ксантофиллы, причем у рыб в организме накапливаются преимущественно ксантофиллы, а не каротины; каротины содержатся только в яичниках и реже в печени. В яичниках найден только  $\beta$ -каротин, который составляет незначительную часть в общем количестве каротиноидов. Распределение ксантофилов у рыб иное, чем у других гидробионтов. Наиболее известными ксантофиллами рыб являются лютеин, тараксантин и астаксантин. Каротиноиды рыб в основном содержатся в коже (в виде эфиров), в мышечной ткани, яичниках (особенно в период размножения), печени. У некоторых рыб значительное количество каротиноидов обнаружено в жабрах,

слизистой оболочке рта, радужине, роговице, пигментном эпителии, сосудистой оболочке глаза.

Проведено определение содержания каротиноидов в мышечной ткани кумжи спектрофотометрическим методом. Показано, что в процессе хранения при низких температурах наблюдается снижение количества каротиноидов в мышечной ткани кумжи. Исходное содержание каротиноидов в мышечной ткани кумжи составляет 0,700 мг/100 г ткани. Так, для одного месяца хранения в кумже содержание каротиноидов составляет 0,120 мг/100 г ткани, для 2 - 0,080 мг/100 г, для 3 – 0,060 мг/100 г, для 4 – 0,040 мг/100 г, для 5 – 0,030 мг/100 г, для 6- 0,020 мг/100 г, что свидетельствует о действии каротиноидов как антиоксидантов в течение всего срока хранения (6 месяцев).

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТУЛОМСКОГО СТАДА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

**Каменский С.Л., Анохина В.С.** (г. Мурманск, ФГУ «Мурманрыбвод, ФГОУ ВПО «МГТУ», кафедра биохимии, *anohinavs@mstu.edu.ru*)

The analysis of a condition of the Atlantic salmon of stock of the river Tuloma for a number of years for 2008 inclusive is presented

На территории Мурманской области насчитывается 18209 рек длиной более 0,1 км, общей протяженностью 62745 км. До образования Верхнетуломского водохранилища к одной из наиболее крупных речных систем Кольского полуострова относилась река Тулома длиной 59,8 км и водосборной площадью 18231,5 км<sup>2</sup>.

В 30-х годах прошлого века правительством СССР согласно Плану ГОЭРЛО было принято решение построить одну из первых на Кольском полуострове ГЭС на реке Тулома. Опыт строительства таких сооружений открыл множество скрытых проблем, одной из которых была невозможность миграций проходных видов рыб к естественным местам нереста. Для решения данной проблемы при строительстве плотин проектировались специальные сооружения – шлюзы, рыбоподъемники и рыбоходы, назначение которых – пропуск анадромных видов рыб на нерестилища. Нижнетуломский рыбоход построен в 1935 году, введен в эксплуатацию в 1936 году. В целом Нижнетуломский рыбоход является достаточно эффективным рыбопропускным сооружением. В настоящее время он обеспечивает воспроизводство туломского стада атлантического лосося (семги), исходя из оставшихся площадей нерестово-выростных угодий в бассейне реки ниже Верхнетуломской плотины.

Отличительной особенностью рыбохода НТ ГЭС от рыбоучетных заграждений, устанавливаемых на других семужьих реках области, является возможность учитывать все стадо атлантического лосося (*Salmo Salar*).

В настоящее время, в связи с увеличением антропогенного влияния на водную среду, необходим мониторинг состояния ВБР, в том числе за состоянием стада такого ценного вида, как атлантический лосось. Существует ряд признаков негативных изменений в структуре и численности нерестовых стад атлантического лосося, на основании которых можно судить об удовлетворительном или угнетенном состоянии стада:

1. Сохранение выраженной тенденции снижения уловов на протяжении длительного периода времени (более 10 лет) или же резкое падение уловов до минимума за относительно короткое время (5-7 лет).
2. Снижение вылова на единицу промыслового усилия.
3. Снижение плотности молоди на нерестилищах.
4. Слабое заполнение производителями нерестилищ (уменьшение числа нерестовых бугров на контрольных участках рек, отсутствие нереста на участках, пригодных для откладки икры).
5. Уменьшение средних размеров и массы производителей.
6. Уменьшение среди нерестовых мигрантов доли старшевозрастных по морскому периоду жизни и повторно нерестующих рыб.
7. Резкие изменения в половой структуре популяций

У атлантического лосося существуют естественные межгодовые колебания размерно-весовых, половых и возрастных характеристик, поэтому негативные изменения в популяционной структуре можно выявить при анализе соответствующих показателей за ряд лет, не

менее 10 (Мартынов, 1987). В последние годы анализ состояния туломского стада атлантического лосося не проводился.

Целью данной работы является оценка состояния туломского стада атлантического лосося на основании данных ФГУ «Мурманрыбвод» за ряд лет по 2008 год включительно.

Для достижения цели были выполнены следующие задачи: прослежена динамика хода семги, приведены размерно-весовая и возрастная характеристики, половая структура стада, произведен расчет плодовитости по данным прошлых лет, построены графики и таблицы. Также приведены многолетние данные по динамике хода, по зависимости средней массы и длины от морского периода жизни, по размерно-весовой характеристике и возрастной структуре стада семги реки Тулома.

На основании полученных данных и данных прошлых лет сделаны выводы о современном состоянии туломского стада *Salmo salar*, обозначены основные проблемы функционирования рыбохода Нижнетуломской ГЭС.

Данные имеются по четырем из семи вышеперечисленных признаков, характеризующих структуру и численность нерестового стада атлантического лосося (отсутствуют по пунктам 3 и 4, пункт 2 не актуален для Туломы), а именно:

- отсутствует тенденция снижения заходов семги в ловушку рыбохода, последний пик пришелся на 2006 год – 10921 экз. ;
- отсутствует ярко выраженная тенденция к уменьшению средних размеров и массы;
- не происходит уменьшения доли старшевозрастных по морскому периоду жизни и повторно нерестующих рыб;
- отсутствуют резкие изменения в половой структуре стада.

На основании имеющихся данных по ряду признаков, можно признать туломское стадо атлантического лосося находящимся в удовлетворительном состоянии.

**ЗАБОЛЕВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)**

**Кривенко О.Г.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии)

**Аннотация.** В статье представлены некоторые статистические данные, возможные факторы риска в развитии заболеваний сердечно-сосудистой системы, некоторые пути профилактики.

Заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС) вышли на первое место среди причин, обрывающих жизнь современного человека в развитых странах, и составляют 55,4%. Из них на долю основных осложнений артериальной гипертонии - ишемической болезни сердца и цереброваскулярных болезней - приходится соответственно 46,9% и 37,6%. Жертвами скрыто протекающих болезней сердца и сосудов все чаще становятся люди 30 – 35 лет, которые обычно не придают значения недомоганию. При этом распространенность заболеваний в разных регионах значительно колеблется. В Европе ежегодно умирают от сердечно-сосудистых заболеваний приблизительно 3 млн. человек, в США – 1 млн., что составляет половину всех смертей и в 2,5 раза больше, чем от всех злокачественных новообразований вместе взятых, причем  $\frac{1}{4}$  умерших от сердечно-сосудистых заболеваний составляют люди в возрасте до 65 лет.

Общее количество больных с артериальной гипертонией в возрасте 15 лет и старше достигает в России более 41,6 млн. человек (по данным официальной статистики в стране зарегистрировано всего 7,2 млн. больных артериальной гипертонией). Ежегодно в России от заболеваний сердечно-сосудистой системы умирают 1 миллион 300 тысяч человек, причем эта цифра увеличивается из года в год. Среди общей смертности в России сердечно-сосудистые заболевания составляют 57 %. Такого высокого показателя нет ни в одной стране мира! Если в 1939 году в общей структуре причин смертности заболевания ССС составляли лишь 11%, то в 1980 – свыше 50%.

**К факторам риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы относят:**

**Пол.** Мужчины имеют в три раза более высокий риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы. Причины этого до сих пор не изучены. Однако, вступая в климактерический период, женщины лишаются защитного действия гормона эстрогена. Общий риск развития заболеваний в популяции выравнивается к 75 годам.

**Возраст.** В группу риска по развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы включены мужчины после 40 лет и женщины после наступления менопаузы (в среднем с 50 лет).

**Курение.** Никотин повышает кровяное давление, сужает мелкие сосуды, учащает дыхание. Вдыхание дыма, содержащего продукты сгорания табака, уменьшает содержание кислорода в артериальной крови. Наблюдения в течение 6 лет за смертностью мужчин 45-49-летнего возраста показали, что общая смертность регулярно куривших была в 2,7 раза выше, чем некурящих. По данным американских ученых, в США курение сигарет способствует ежегодно 325 тыс. преждевременных смертей. Показано, что у некурящих в возрасте 45-54 среднее число случаев сердечно-сосудистых заболеваний в год на 1000 человек лет составляет 8,1, при выкуривании в день до 20 сигарет – 11,2, а при выкуривании более 20 сигарет – 16,2. В связи с этим мужчинам после 40 лет рекомендуется бросить курить. При этом отмечено, что через пять-десять лет сердечно-сосудистая система восстановится почти до соответствующего уровня человека, который никогда не курил.

**Избыточная масса тела** способствует повышению артериального давления и повышает отношение «плохого» холестерина (липопротеины низкой плотности, ЛНП) к «хорошему» (липопротеины высокой плотности, ЛВП). Критическая величина общего

холестерина крови не должна превышать 5 ммоль/л, для ЛПНП – 2,5 ммоль/л. Среди основных прогностических факторов ССС выделяют индекс атерогенности – соотношение «хорошего» и «плохого» холестерина (ЛПВП/ЛПОНП – норма - <3,5), При этом оптимальная концентрация ЛПВП в крови у мужчин должна составлять не менее 1 ммоль/л, для женщин – не менее 1,3 ммоль/л. Распространенность избыточной массы тела, будучи минимальной у 20-29-летних (7,8%), с возрастом неуклонно увеличивается до 11%, у 30-39-летних, до 20,8%- у 40-49-летних и до 25,7%- у 50-59-летних.

**Артериальное давление.** В норме величина систолического давления не должна превышать 140 мм.рт.ст., диастолического – 90мм.рт.ст. При нарушениях углеводного и липидного обмена, а так же при высоком риске заболеваний ССС принято считать нормальным систолическое давление не превышающее 130 мм.рт. ст., диастолическое АД-80мм.рт.ст. Сахарный диабет сопровождается риском развития гипертонии. При данном заболевании нарушаются реологические свойства крови, меняется интима сосудов, что способствует развитию заболеваний ССС.

**Алкоголь.** Помимо того, что злоупотребление спиртными напитками приводит к избыточному весу и повышению артериального давления, алкоголь способствует также усилению агрегации тромбоцитов, повышает вязкость крови, выводит магний, необходимый для нормальной работы сердца. При этом небольшое количество спиртных напитков (красное вино) оказывает благотворное влияние на организм. В красном вине содержится вещество хинон — антиоксидант, способствующий снижению холестерина и обладающий антикоагулянтными свойствами. Два-три фужера вина в неделю полезны для здоровья, а вот увеличение дозы может уже обернуться злом.

**Наследственность.** Считается, что 25% населения предрасположены к инфаркту миокарда в силу наследственных причин. Возможно, это связано с врожденным дефектом артерий, поскольку такие люди не относятся ни к одной из групп риска (они никогда не курили, занимались спортом, а вес и давление не превышали нормы). У небольшого количества людей (примерно у 1 из 500) отмечают такое редкое заболевание как семейная гиперхолестеринемия. У этих людей генетически обусловлен необычайно высокий уровень холестерина в крови. В настоящее время показано, что в возникновении сердечно-сосудистых заболеваний, возможно, участвует ещё один генетический фактор — гомоцистеин. Это продукт белкового метаболизма, который, должен вовремя удаляться из организма. У некоторых людей, однако, он накапливается, что приводит к нежелательным последствиям. Показано, что у людей с высоким содержанием гомоцистеина часто наблюдается нехватка некоторых витаминов, особенно В6 и В12.

**Стресс** — неотъемлемая составляющая нашей жизни. При длительном стрессе организм выделяет адреналин, который повышает вязкость крови, усиливает тромбообразование, приводит к спазму сосудов. Избыточный адреналин в конечном итоге превращается в вещество под названием адренохром. Это вещество, обладая свойствами свободных радикалов, повреждает интиму артерий и приводит к первой стадии атеросклероза. Продолжительный стресс повышает хрупкость костей, способствуя вымыванию кальция в кровь. Это приводит к кальцификации артерий, а также повышает риск остеопороза. Кроме того, стресс повышает выделение магния. Баланс этих минеральных веществ жизненно необходим для здоровья сердечной мышцы: кальций содействует её сокращению, а магний — расслаблению.

**Соль.** В клетках организма натрий (важнейшая составляющая соли) и калий находятся в равновесном состоянии. Именно два этих элемента отвечают за поддержание уровня воды внутри клеток, за поглощение и выделение питательных веществ, и удаление

продуктов распада. Дополнительный прием соли с пищей приводит к нарушению этого баланса и, как результат, способствует повышению артериального давления.

Для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы в настоящее время предлагают следующие методы обследования:

- определение общего холестерина, липопротеидов низкой и очень низкой, а также высокой плотности,
- определение уровня сахара натощак, при необходимости проведение стандартного глюкозотолерантного теста для выявления возможных нарушений углеводного обмена,
- определение в крови уровня триглицеридов,
- ЭКГ,
- проведение по показаниям других диагностических мероприятий (велоэргометрия, эхокардиография, нагрузочные тесты с тредмилом).
- суточный мониторинг артериального давления.

**Профилактика** сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) основывается на ослаблении или ликвидации факторов риска (ФР) их развития. Она предусматривает:

- информирование широких слоев населения о корригируемых факторах риска и возможности их устранения;
- выявление лиц с повышенным риском развития заболеваний ССС и проведение среди них профилактических мероприятий;
- формирование здорового образа жизни, борьба с курением и злоупотреблением алкоголем;

К наиболее значимым корригируемым факторам риска относят гиперхолестеринемию, артериальную гипертензию (АГ), курение, сахарный диабет, избыточную массу тела. Результаты исследований показывают, что большинство пациентов не знают о наличии у них ФР, способствующих в дальнейшем возникновению тяжелых заболеваний ССС. Между тем профилактические меры способны дать значимый эффект. По данным ряда авторов более половины работоспособного населения (в возрасте до 55 лет) имеют 1 из корригируемых ФР развития заболеваний ССС, 25% - 2 и около 10% - 3 ФР. В ряде исследований показано, что 60% - 70% людей трудоспособного возраста не знают о наличии у них заболеваний ССС. Из-за отсутствия достаточной информации не участвуют в профилактических мероприятиях 70% - 80% пациентов, а 10% - 15% отказываются от регулярного приема профилактических препаратов, назначенных врачом, ссылаясь на побочные эффекты, сложность приема лекарств на работе в течение дня, экономические трудности.

Современные возможности первичной и вторичной профилактики заболеваний ССС, являющихся одной из главных причин смертности в России, достаточно велики. Немедикаментозная профилактика является начальным этапом любых профилактических мероприятий, в число которых входят:

- отказ от курения;
- отказ от злоупотребления алкоголем;
- снижение избыточной массы тела;
- увеличение физической активности.

Лекарственная профилактика ССЗ служит дополнением к максимально возможным немедикаментозным мерам. Ведущими направлениями лекарственной профилактики являются следующие виды терапии: гиполипидемическая, антиагрегантная, антигипертензивная, гипогликемическая. У каждого из перечисленных методов имеются строгие показания и противопоказания, они назначаются в рамках разработанных алгоритмов, но вместе с тем строго индивидуально.

Сахарный диабет сопровождается риском развития гипертонии. При данном заболевании нарушаются реологические свойства крови, меняется интима сосудов, что способствует развитию заболеваний ССС.

Суммируя сказанное, повторим: физическая активность, психологический настрой на доброжелательное отношение к себе и миру, правильное питание, отказ от вредных привычек и регулярные профилактические осмотры у кардиолога – вот тот минимум, который необходим для того, чтобы быть уверенными в том, что сердечно-сосудистые заболевания обойдут вас стороной. Будем надеяться на то, что стремительно завоевывающая мир мода на здоровый образ жизни поможет избавить XXI век от названия «эпоха сердечно-сосудистых заболеваний».

Список использованной литературы:

1. А. Н. Смирнов, А. М. Врановская-Цветкова Внутренние болезни,- М.:1992.
2. Р. А. Гордиенко, А. А. Крылов Руководство по интенсивной терапии-Л.: 1986.
3. Остроумова О.Д. Артериальная гипертония: вопросы и ответы: Рекомендации для пациентов- М., 2003.
4. А. А. Чиркин, А. Н. Окороков, И. И. Гончарик Диагностический справочник терапевта,- Минск.: 1993.
5. В. И. Покровский Домашняя медицинская энциклопедия,- Мю: 1993.
6. Н. Н. Аносов, Я. А. Бендет Физическая активность и сердце,- Киев.: 1984.
7. В. С. Гасилин, Б. А. Сидоренко Ишемическая болезнь сердца,- М.:1987.
8. В. И. Покровский Малая медицинская энциклопедия,- М.: 1991.
9. Е. Е. Гогин Диагностика и лечение внутренних болезней,- М.: 1991.
10. М. Я. Руда Инфаркт миокарда,- М.: 1981.

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ФОРЕЛИ

**Михнюк О.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии*)

На кафедре биохимии биологического факультета МГТУ проводятся комплексные систематизированные биохимические исследования рыб семейства Лососевых. Объектом исследования выбрана радужная форель.

Для исследований были подготовлены стандартные образцы мышечной ткани радужной форели.

Нами проводятся исследования, включающие определение размерных характеристик и массового состава рыб, определение и анализ химических показателей мышечной ткани форели. Одним из направлений исследований является изучение биохимических особенностей гидробионтов в условиях хранения их тканей при низких температурах.

Высокая пищевая ценность гидробионтов обусловлена значительным содержанием в них белков с хорошо сбалансированным аминокислотным составом, а также наличием хорошо усвояемых жиров, в состав которых входят крайне необходимые для организма человека ненасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты. Кроме того, в состав гидробионтов входят ферменты, витамины, биологически активные вещества, макроэлементы, микроэлементы и многие другие вещества.

В ходе экспериментальной работы нами определены количественные соотношения химических показателей (массовые доли белков, липидов, влаги, минеральных веществ) в мышечной ткани радужной форели, также проведен анализ аминокислотного состава белков, фракционирование липидов.

Определение химического состава тканей проводили с использованием стандартных методов биохимического анализа.

Экспериментальные данные выявили различия в количественном соотношении биохимических показателей мышечной ткани радужной форели разных возрастных групп.

Биологическая ценность продуктов питания отражает качество белкового компонента пищи, связанного со степенью сбалансированности аминокислотного состава. Был проведен аминокислотный анализ белков мышечной ткани радужной форели разных возрастных групп. Экспериментальные данные показали, что белки мышечной ткани форели являются сбалансированными по АКС (присутствуют все незаменимые аминокислоты - треонин, валин, метионин, триптофан, лейцин, изолейцин, фенилаланин, лизин). Доминирующими в количественном соотношении среди заменимых аминокислот у форели младшей и старшей возрастных групп явились глутаминовая и аспарагиновая кислоты, среди незаменимых – лизин.

Липиды являются важным компонентом рыбного сырья, влияющим на его технологические свойства, вкус, также обуславливают высокую пищевую ценность. Определено содержание липидов в мышечной ткани форели (методом экстракции в аппарате Сокслета). Фракционный состав липидов определяли методом одномерной тонкослойной хроматографии. Экспериментальные данные выявили различия в количественном соотношении фракций липидов в мышечной ткани радужной форели разных возрастных групп. Содержание диацилглицеринов, триацилглицеринов, стеридов, свободных жирных кислот в мышечной ткани форели возрастом 2+ выше по сравнению с данными параметрами форели возрастом 1+. Такая же зависимость наблюдается в содержании фосфолипидов.

Проанализированы закономерности изменения биохимических показателей рыб семейства Лососевых в условиях хранения тканей при низких температурах. В процессе длительного низкотемпературного хранения сырья происходит уменьшение содержания

белков в мышечной ткани рыбы за счет автолитических превращений данных соединений под действием тканевых протеолитических ферментов. В ходе исследований отмечено увеличение содержания небелкового и аминного азота, что свидетельствует о высокой активности тканевых ферментов и интенсивности автолиза в мышечной ткани форели.

Полученные данные позволят выявить особенности биохимии радужной форели, могут быть использованы в практических целях, при разработке рекомендаций для специалистов, занимающихся проблемами культивирования рыб семейства лососевых.

#### Список литературы:

**Костылев, Э.Ф.** Биохимия сырья водного происхождения: учеб. / Э.Ф. Костылев, А.П. Рябошапка. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 144 с.

**Ржавская, Ф.М.** Жиры рыб и морских млекопитающих / Ф.М. Ржавская. – М.: Пищевая промышленность, 1976. - 470 с.

**Сафронова, Т.М.** Сырье и материалы рыбной промышленности. / Т. М. Сафронова, В.М. Дацун. - М. : Мир, 2004. - 272с.: ил.

Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов / В.В. Баранов, И.Э. Бражная, В.А. Гороховский и др.; Под. Ред. А.М. Ершова. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 944 с.: ил.

Технохимический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей / Т.К. Лебская, Ю.Ф. Двинин, Л.Л. Константинова, В.И. Кузьмина. – Мурманск, 1993. – 150 с.

## **ВЛИЯНИЕ ГНАТОДИНАМОТРЕНИНГА НА СОСТОЯНИЕ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА**

**Губайдуллина А. Р., Мухаметжанова Л. Р.** (г. Казань, ГОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет Росздрава», кафедра стоматологии детского возраста, кафедра терапевтической стоматологии, [albina.mullina@yandex.ru](mailto:albina.mullina@yandex.ru), [lr71@bk.ru](mailto:lr71@bk.ru))

The questions of influence of gnathodinamotrenihg on course of inflammatory paradontium diseases are considered in this article. The already known methods and results of application of gnathodinamotrenihg's new type with using of dental massager are reviewed. Recommendations for the using of modern methods of gnathodinamotrenihg in practice of treatment of paradontium diseases are given.

Основной тенденцией эволюции жевательного аппарата человека является постепенная редукция размеров, включая верхнюю и нижнюю челюсти и зубы. Антропологическими исследованиями последних лет было установлено, что за последние 100 тысяч лет площадь жевательной поверхности зубов человека уменьшилась почти на 50%. Объясняется это снижением воздействия на него силовых жевательных нагрузок, что, в свою очередь, привело к необратимым структурным и функциональным изменениям в жевательной системе.

Эти изменения начали появляться с момента революционных изменений в способе приготовления пищи, а точнее – с момента появления огня. Вследствие того, что пища стала подвергаться термической обработке, она сменила свою консистенцию с твердой и грубоволокнистой на более мягкую, и, как следствие, у человека отпала необходимость иметь крупные высокодифференцированные зубы и развитые альвеолярные отделы челюстей.

Проблема убыли альвеолярной кости, которая является основой опорной ткани зубов, сегодня остается чрезвычайно актуальной, так как является причиной полной или частичной утраты зубов. Известно, что для поддержания адекватного минерального обмена в костной ткани любого отдела скелета человека, необходимо, чтобы костная ткань подвергалась воздействию регулярной, полноценной механической нагрузки. В частности, для костной ткани зубочелюстного аппарата человека такой нагрузкой является жевание.

Благодаря успешному развитию отечественной стоматологии, на сегодняшний день имеется масса функциональных методов исследования, которые дают возможность составить полноценную картину о состоянии кровоснабжения и кислородного обмена в тканях пародонта, которые играют ведущую роль в их трофике и энергетике.

Заболевания пародонта, по данным экспертов ВОЗ, поражают от 65 до 98% населения в возрасте 35-45 лет. Болезни пародонта воспалительного характера относятся к наиболее распространенным. Их частота, несмотря на профилактические и лечебные мероприятия, не снижается. Длительное течение патологического процесса в пародонте нередко приводит к множественной потере зубов в молодом возрасте. Это обуславливает не только общемедицинскую, но и социальную значимость проблемы.

Доказано, что лечение воспалительных заболеваний пародонта должно быть комплексным и влиять на все звенья патологического процесса. Согласно современным представлениям, в патогенезе заболеваний пародонта, наряду с микробным фактором важную роль играют нарушения регионарной гемодинамики, тканевого кровотока и слюновыделительной функции. Причем инициальным патогенетическим фактором являются не морфологические, а функциональные изменения сосудов пародонта, что приводит к развитию тканевой гипоксии.

В многочисленных исследованиях установлено, что с развитием патологических процессов в пародонте нарастает регионарная вазоконстрикция. Функциональные пробы при нарастании тяжести патологических процессов в пародонте выявляют нарушения со стороны сосудистых стенок. С помощью полярографического метода установлено, что сосудистые изменения в пародонте влекут за собой регионарную гипоксию.

Современные методы исследования дают возможность проследить последовательность сосудистых изменений при длительной гиподинамии и гипокинезии. Это - вазоконстрикция (в частности, сужение просвета артериальных сосудов), снижение тонуса вен, увеличение емкости венозного русла, уменьшение количества функционирующих капилляров. Длительная констрикция сосудов приводит к изменению их структуры: разрастается эластическая строма сосудистых стенок, происходит атрофия гладкомышечного компонента. Наблюдается также гиалиноз и артериолосклероз регионарных сосудов. Все это приводит к уменьшению кровоснабжения опорных тканей жевательного аппарата.

Нельзя недооценивать и роль слюны в поддержании нормального функционирования органов и тканей полости рта. Выполняя множество функций (пищеварительную, защитную, трофическую, инкреторную, экскреторную и другие), слюна обеспечивает нормальное функциональное состояние зубов и слизистой оболочки полости рта. За последние годы получены новые сведения, подтверждающие важную роль слюны в поддержании гомеостаза полости рта. Так, установлено, что характер слюноотделения, количественное и качественное изменения слюны в значительной степени определяют устойчивость или восприимчивость зубов к кариесу. Именно слюна обеспечивает динамическое равновесие эмали зуба, постоянство ее состава за счет ионного обмена.

Реализация функций слюны существенно зависит от скорости ее секреции, количества в полости рта и реологических свойств (вязкость, поверхностное натяжение и др.). Количество секретируемой слюны определяется степенью стимуляции слюноотделения и функциональной активностью слюнных желез. У лиц с кариесом выявлены функциональные нарушения слюнных желез: уменьшение объема и быстрая истощаемость секреции, снижение функциональной мобильности и реактивности.

Снижение функциональной активности слюнных желез имеет серьезные отрицательные последствия:

- 1) снижается степень омовения слюной зубов, в результате чего уменьшается резистентность эмали к деминерализующим воздействием из-за повышения ее растворимости;
- 2) при уменьшении секреции слюны ухудшается самоочищение полости рта, это способствует развитию микрофлоры, образование зубного налета, зубного камня и, как следствие, воспаление тканей пародонта;
- 3) уменьшение выделения минеральных компонентов со слюной у восприимчивых к кариесу лиц отрицательно влияет на гомеостаз в полости рта.

Полость рта представляет собой уникальную экологическую систему для самых разнообразных микроорганизмов, формирующих постоянную микрофлору. Богатство пищевых ресурсов, постоянная влажность, оптимальное значение рН и температуры создают благоприятные условия для адгезии, колонизации и размножения различных микроорганизмов. Поэтому в профилактике стоматологических заболеваний индивидуальной гигиене полости рта отводится ведущая роль. Регулярный гигиенический уход за ротовой полостью имеет исключительное профилактическое значение, выражающееся в предупреждении или снижении частоты распространенности основных стоматологических заболеваний, а также более благоприятном их течении.

Основные предметы ухода за полостью рта – зубные щетки, резиновые межзубные стимуляторы, служащие, в основном, для массажа десен и очистки межзубных промежутков,

ирригаторы (гидромассажеры), ершики для очищения проксимальных поверхностей зубов. Однако в мировой практике нет устройств, решающих комплексную задачу по гигиеническому уходу за зубами с одновременным воздействием на ткани пародонта.

Для этого нами разработан и апробирован стоматологический массажер.

Цель исследования: изучение влияния метода гнатодинамотренинга на состояние тканей пародонта при использовании стоматологического массажера в качестве предмета личной гигиены полости рта и в комплексном лечении заболеваний пародонта.

На сегодняшний день известны 4 методики гнатодинамотренинга:

- с помощью электростимуляции жевательных мышц (используется при значительных нарушениях жевательной функции);
- электростимуляция собственно жевательных мышц и дозированное по времени использование жевательной резинки (используется как второй этап при значительных нарушениях жевательной функции или в комплексном лечении заболеваний пародонта);
- использование жевательной резинки, дозированное по времени (можно использовать как в профилактике, так и в комплексном лечении заболеваний пародонта);
- использование стоматологического массажера 2-3 раза в день, длительность процедуры составляет 2-3 мин. Установив массажер на сегмент зубного ряда, совершают 10-15 жевательных движений, оказывая зубами давление на него (можно использовать массажер и с зубной пастой, вводимой в его полость). Перемещают массажер по зубному ряду сначала одной, затем другой челюсти. При жевательном движении давление через зуб передается на пародонт, а лепестки подковообразных элементов проводят скользящие движения по вестибулярной и оральной поверхности зубов до десневого края. Длительность процедуры 1 – 2 мин. При рекомендуемой периодичности применения массажера 2 раза в день срок его использования составляет 1 месяц.

Для проведения этих методик требуется:

1. Жевательная резинка без сахара.
2. Электростимулятор полифункциональный «Анестин-ПФ» (номер госрегистрации 93/199215) с компьютерной программой «ЖЭСТ» (ЗАО) ВНИИМП-ВИТА, Москва).
3. Массажер стоматологический. Предлагаемое устройство состоит из эластичного материала с очищающими выступами, охватывающими внешнюю и внутреннюю поверхность зубов, и выполнено из набора соединенных между собой подковообразных элементов. Эти подковообразные элементы, плотно и параллельно расположенные друг к другу, обжимают с двух сторон верхний или нижний зубной ряд и накладываются на различные участки зубной дуги.

Исследования, проводимые после применения методик гнатодинамотренинга, позволяют заметить следующие весьма положительные изменения: снижение напряженности тонуса регионарных сосудов, насыщение тканей кислородом; работа жевательных мышц стала координированной, повысилась их функциональная активность и окклюзионная сила, эхоплотность челюстной кости приблизилась к норме.

Через 2 месяца гнатодинамотренинга жевание стало равномерным, нормализовался тонус сосудов пародонта и кислородное насыщение его тканей в обеих половинах челюсти. Также изменился регионарный кровоток: он увеличился более чем в 2 раза, у пациентов с дискоординацией в работе жевательных мышц наблюдались значительные улучшения, нормализовалась плотность костной ткани челюстей и окклюзионные силы.

Через 4 месяца значения всех показателей вернулись к своей исходной величине, поэтому для пациентов с заболеваниями пародонта после проведения комплекса противовоспалительной терапии рекомендуется повторить двухмесячный курс гнатодинамотренинга.

Установлено также, что метод гнатодинамотренинга позволяет восстанавливать жевательную функцию и эстетику лица при врожденных и приобретенных его деформациях и укреплять опорные ткани зубов у лиц с заболеваниями пародонта.

Результаты собственных исследований свидетельствуют о том, что при использовании стоматологического массажера через 8-10 дней значительно улучшилось гигиеническое состояние полости рта (показатели гигиенического индекса Федорова-Володкиной снизились с  $3,21 \pm 0,12$  до  $1,14 \pm 0,15$  баллов), усилилась скорость слюноотделения (с  $1,24 \pm 0,25$  мл/мин до  $2,84 \pm 0,09$  мл/мин), что способствовало вымыванию мягкого зубного налета и пищевого детрита с поверхности зубов. Все пациенты отмечали ощущения комфорта в полости рта, гладкость поверхности зубов после применения стоматологического массажера.

Таким образом, во избежание дальнейшего прогрессирования редукции элементов жевательной системы, деструктивных изменений в ее органах и тканях, включая пародонт, необходимо оптимизировать жевательную функцию, которая утратила надлежащую силу в процессе эволюции. Для этого необходимо вводить различные средства механотерапии. Это могут быть как механотренажеры для гнатотренинга, так и различного вида массажи.

Для повышения эффективности данного метода, возможно использование некоторых медикаментозных средств в комплексе с механотерапией, например, фтористого натрия, усиливающего минерализацию костной ткани.

Механическая теория возникновения и развития заболеваний пародонта открывает новые подходы к профилактике и лечению и ставит перед стоматологией задачи по разработке не только аппаратуры, контролирующей степень тренированности тканей пародонта, но и по созданию самих механотренажеров.

Полученные результаты клинических испытаний стоматологического массажера позволяют рекомендовать его к использованию в пародонтологической практике для восполнения дефицита жевательной нагрузки на зубочелюстную систему с одновременным гигиеническим уходом за зубами.

#### Список литературы:

1. Ксембаев С. С. Эффективность применения стоматологического массажера у больных с воспалительными заболеваниями пародонта / С. С. Ксембаев, Л. Р. Мухаметжанова, Ю. Г. Вавилов, А. М. Панфилова // IX международная конференция челюстно-лицевых хирургов и стоматологов, 25 – 27 мая 2004 г. – Россия, Санкт – Петербург, 2004. – С. 96 – 98.
2. Логинова Н. К., Зайцева И. В., Гусева И. Е. Оптимальные режимы использования жевательной резинки. Метод. рекомендации. М 1995; 10.
3. Логинова Н. К., Гусева И. Е., Лакшина Т. А. и др. Гнатотренинг. Метод. рекомендации. М 2003; 19.
4. Логинова Н. К. Влияние жевательной резинки на кровоснабжение жевательных мышц / Н. К. Логинова, Е. В. Логацкая // Журнал Стоматология. – 2006. – № 3.
5. Уваров А. М. Малоинвазивная хирургическая диагностика и лечение генерализованного пародонтита у больных с хронической недостаточностью кровообращения черепа и головного мозга : автореф. дис. ... канд. мед. наук / А. М. Уваров; Госуд. институт усовер. врачей. – Москва, 2009. – 31 с.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОБИОНТОВ**

**Овчинникова С.И.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии*)

На кафедре биохимии проводятся комплексные эколого-биохимические исследования тканей животных и растительных гидробионтов Северного бассейна. Полученные результаты позволяют выявить характерные биохимические маркеры, оценивающие состояние данных объектов, являющихся компонентами водных экосистем, проанализировать влияние антропогенной нагрузки на химический состав и биохимические свойства, биоэнергетического состояние тканей гидробионтов (особенно промысловых северных рыб).

В работе используются современные биохимические методы анализа: фотоколориметрические, спектрофотометрические, хроматографические и другие. Определяются такие показатели, как содержание влаги, общего азота, небелкового азота, аминного азота, белка, водорастворимой белковой фракции, липидов, витаминов водорастворимых и жирорастворимых, каротиноидов, углеводов. Оценивается аминокислотный и жирнокислотный состав тканей. Анализируется ферментативный гидролиз тканевых белков, исследуется влияние температурных факторов на состояние промысловых гидробионтов. Анализируются динамики основных химических показателей тканей рыб в процессе хранения при низких температурах, а также на разных стадиях жизненного цикла.

Проводятся гидрохимические исследования водных экосистем Кольского севера, с целью установления взаимосвязи данных показателей и биохимии гидробионтов. Рассматривается такой важный экологический аспект как динамики содержания макроэргических соединений в тканях рыб в естественных условиях обитания.

Проводятся исследования сезонных изменений биоэнергетического состояния белых мышц морской камбалы и трески, а также оценка половых и межвидовых различий обмена адениловых нуклеотидов у данных рыб, которые обладают различной двигательной активностью.

Перспективным направлением деятельности кафедры биохимии является биохимические исследования культивируемых ценных пород рыб (форели, атлантического лосося).

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии был проведен аминокислотный анализ мышечной ткани форели и лосося атлантического. Белки мышечной ткани форели и лосося атлантического являются сбалансированными по аминокислотному составу. Из всех протеиногенных аминокислот обнаружено 16, в том числе все 8 незаменимых (треонин, валин, метионин, триптофан, лейцин, изолейцин, фенилаланин, лизин).

Аминокислотный спектр мышечных белков однолетней форели близок к таковым двухлетней формы. Доминирующими в количественном соотношении среди заменимых аминокислот у форели младшей и старшей возрастных групп явились глутаминовая и аспарагиновая кислоты, среди незаменимых – лизин, таурин содержится в наименьшем количестве.

Получены интересные результаты, способствующие дальнейшему развитию экологической биохимии промысловых северных рыб, совершенствованию системы биоиндикации.

## БИОЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕПРОДУКЦИИ

**Панова Н.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии)

Одна из самых острых проблем современных биомедицинских технологий — экстракорпоральное оплодотворение. Этот метод позволяет подарить радость материнства женщинам, до его появления обреченным на бесплодие.

Медику Р.Эдвардсу и эмбриологу П.Степто удалось в пробирке соединить яйцеклетку со сперматозоидом. Возник эмбрион, который был перенесен в полость матки женщины, страдающей абсолютным бесплодием. Развитие беременности практически ничем не отличалось от обычного случая, и через девять месяцев родилась девочка, которую назвали Луиза Браун. Началась новая эпоха в лечении бесплодия.

В нашей стране этот метод — экстракорпоральное оплодотворение и перенос эмбриона в полость матки (ЭКО-ПЭ) — появился позже. В 1986 году в Научном центре акушерства, гинекологии и перинатологии РАМН родился первый ребенок "из пробирки". В настоящее время родилось более 1500 таких детей.

Экстракорпоральное оплодотворение и искусственная инсеминация в лечении бесплодия обоснованы и целесообразны, и при соблюдении определенных условий состояние здоровья детей не вызывает опасений. В то же время каждый из методов искусственного оплодотворения, безусловно, увеличивает риск перинатальной патологии и неврологических расстройств, но степень риска, его причины и возможности снижения различны и зависят от способов коррекции бесплодия.

Для профилактики осложнений после ЭКО создана единая система медицинского контроля от момента наступления беременности в течение всего гестационного периода, своевременная коррекция нарушений, адекватные сроки и тактика родоразрешения, реанимация и интенсивная терапия новорожденных, учитывающая объективное состояние центральной нервной системы.

В случае искусственной инсеминации первоочередными являются — снижение возраста беременных женщин, сокращение длительности бесплодного периода, генетический контроль за спермой донора, контроль за состоянием плода.

Опыт показывает, что даже в очень сложных ситуациях, когда степень риска велика, родившийся ребенок может не иметь существенных отклонений в состоянии здоровья. Следовательно, тот редкий шанс, на который рассчитывает женщина, страдающая бесплодием, существует. Можно ли лишать ее этого шанса? Видимо, в подобных ситуациях целесообразно придерживаться рекомендаций, которые эксперты ВОЗ дают супругам, имеющим в роду тяжелые наследственные болезни. Врач информирует их о положении дел, а решение принимают сами родители. В большинстве случаев усилия врачей и матерей оправданы.

Согласно международным нормам, каждый человек обладает правом иметь детей, быть здоровым и самостоятельно принимать решения по этим вопросам. При контакте пациента с врачом, при проведении консультаций и диагностики реализация этих прав зачастую ставит медиков перед необходимостью решать целый комплекс достаточно противоречивых морально-этических проблем.

В практической медицине сейчас широко используются методы искусственного оплодотворения, конечная цель которых — лечение бесплодия и мужского, и женского. Они базируются на трех подходах. Первый — искусственная инсеминация женщины спермой мужа или донора. Затем, экстракорпоральное оплодотворение яйцеклетки *in vitro*, полученной от женщины после гормональной стимуляции с последующим переносом

(трансплантацией) развивающегося эмбриона в утробу матери. И, наконец, вынашивание эмбриона (плода) так называемой "суррогатной матерью".

Однако, несмотря на все успехи, использование репродуктивных технологий, особенно в медицине, воспринимается неоднозначно как исследователями, так и общественностью.

Морально-этические вопросы концентрируются, в основном, вокруг следующих проблем: статус эмбриона человека, срок развития эмбриона, начиная с которого он может рассматриваться как личность, правомочность манипуляций с половыми клетками и с эмбрионами человека, как с медицинскими, так и с исследовательскими целями, правомерность замораживания эмбрионов и половых клеток человека и использование их для реципиентов, права и обязанности доноров половых клеток, психологическое состояние пациентов — участников процедуры искусственного оплодотворения, сложности суррогатного материнства, правомочность выбора пола плода. Искусственная инсеминация обсуждается значительно реже. Однако и здесь далеко не все вопросы еще решены. В нашей стране до сих пор отсутствуют механизмы этического и юридического контроля за деятельностью медиков и биологов, работающих в экспериментальной медицине. Некоторые надежды вызывает деятельность под эгидой Академии наук Российского национального комитета по биоэтике. Перед ним стоит серьезная задача —

формирование биоэтики как социального института, так как, согласно требованиям ВОЗ, этические соображения должны обязательно учитываться в политике и практике здравоохранения всех государств — членов ВОЗ.

#### **Список литературы:**

- 1). Игнатъев В.Н., Лопухин Ю.М., Юдин Б.Г. Конвенция Совета Европы по биоэтике / Биомедицинская этика. Под ред. В.И.Покровского. М.: Медицина, 1997, с.6-29.
- 2). Меерсон Е.А., Карякина Т.Н. Экология семьи (социальный и медицинский аспекты репродуктивной функции): Учебное пособие. — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 1998. — 44с.
- 3). Федеральная целевая программа "Безопасное материнство" (2001-2002 годы) //Официальные документы в образовании. — 2001. — №4. С.38-45.
- 4). Этические и правовые проблемы клинических испытаний и научных экспериментов на человеке и животных (Материалы к конференции). М.: РНКБ РАН, 1994.
- 5). Малеина Н.М. Человек и медицина в современном праве: теоретическое и практическое пособие. —М., 1995.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИПИДНОГО СОСТАВА РЕЧНОЙ И ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR L.* КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Похольченко Л. А. (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии*)

Из всех групп веществ, входящих в состав животных организмов, липиды наиболее быстро реагируют на изменения многих экологических факторов. В течение первых лет жизненного цикла липидный обмен существенно меняется, обеспечивая адаптацию рыб к изменениям окружающей среды. К настоящему времени изучению липидов рыб посвящено много работ, но закономерности и амплитуда изменчивости их состава на ранних этапах развития под влиянием внешних факторов изучены недостаточно.

Анализируются сведения по липидному составу мышечной ткани и печени молоди атлантического лосося *Salmo salar L.* разного возраста из таких рек Кольского полуострова, как Западная Лица, Пак, Печа, Кола, Йоканьга, Поной, Умба, и молоди с рыбоводных заводов Мурманской области - Кандалакшского экспериментального лососевого, Умбского рыбоводного и Тайбольского рыбоводного.

Липиды из тканей экстрагировали по методу Блайя-Дайера. Фракционный состав липидов определяли методом одномерной тонкослойной хроматографии. Определение жирнокислотного состава образцов проводили методом газожидкостной хроматографии.

Идентичные ткани молоди атлантического лосося из р.р. Печа, Пак, Западная Лица, Йоканьга, Поной заметно отличались от тканей молоди из р.р. Кола и Умба и с Кандалакшского экспериментального лососевого, Умбского рыбоводного и Тайбольского рыбоводного заводов по общему содержанию липидов. Процентное содержание данного показателя исследуемых тканей рыб из пяти перечисленных рек было заметно ниже (с 9,49 до 17,90 %), нежели доля общих липидов тканей молоди из р.р. Кола и Умба и трех рыбоводных заводов (с 10,64 до 23,04 %). Это характеризует разную кормовую базу исследуемых объектов, явно не в пользу рыбоводных заводов.

Содержание фосфолипидов (ФЛ) в тканях молоди из р.р. Печа, Пак, Западная Лица, Йоканьга, Поной превалировало над содержанием триацилглицеринов (ТАГ), что оказывает влияние на модификацию и свойства биологических мембран. Основными компонентами ФЛ мышечной ткани речной и заводской молоди оказались фосфатидилхолин (до 36 % от общего количества липидов) и фосфатидилэтаноламин (до 19,1 %), эти липиды обуславливают основные свойства биологических мембран (Геннис, 1997).

В тканях молоди из р.р. Кола и Умба и с трех рыбоводных заводов доля ТАГ превышала долю ФЛ. Поскольку ТАГ признаны одним из универсальных запасных компонентов, то можно считать, что заводская молодь и из р.р. Кола и Умба была ослаблена, а, следовательно, условия ее содержания и обитания были неблагоприятными. Содержание триацилглицеринов повышалось с возрастом в печени молоди с трех рыбоводных заводов и из р.р. Кола и Умба (с 22,4 до 27,5 % от общего содержания липидов). Данный показатель характеризует жировое перерождение печени рыб (Сидоров, 1983).

Соотношение холестерина и фосфолипидов (ХС/ФЛ) в условиях одинакового температурного диапазона для воды всех рек и рыбоводных заводов для мышечной ткани и печени варьировало в незначительных пределах: 0,15-0,48, это свидетельствует о близкой функциональной активности мембраносвязанных ферментов для всех объектов. Холестерин и фосфолипиды способствуют повышению устойчивости рыб к действию низких температур (Геннис, 1997).

Наиболее высокий уровень полиеновых жирных кислот (ПНЖК), в том числе сумма омега-3 кислот, более характерен для мышечной ткани молоди из р.р. Западная Лица, Печа, Пак, Йоканьга и Поной в отличие от мышечной ткани молоди из р.р. Кола и Умба и с трех рыбоводных заводов, что свидетельствует о повышенной жидкости биомембран мышечных клеток для сеголеток из первых пяти рек по сравнению с объектами из последних двух рек и трех рыбоводных заводов. Повышение количества ПНЖК связывают с увеличением двигательной активности (Крепс, 1979), это характерно для молоди, обитающей в реках с повышенным расходом воды и быстрым потоком течения. Снижение доли ПНЖК наблюдают у рыб со сниженной двигательной активностью, из водоемов с небольшим расходом воды и большой плотностью посадки, например, у заводской молоди (Сидоров, 1983).

**Список литературы:**

1. Геннис Р. Биомембраны. Молекулярная структура и функции. М., 1997.
2. Крепс Е. М. Клеточные липиды и их роль в адаптации водных организмов к условиям существования // Физиология и биохимия морских и пресноводных животных. Л., 1979. С.3-21.
3. Сидоров В.С. Липиды // Экология биохимия рыб. Л., 1983.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО АППАРАТА «ОПТОДАН» ПРИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ**

**Рувинская Г.Р.** (г. Казань, Казанский государственный медицинский университет, кафедра терапевтической стоматологии [guzelruv@mail.ru](mailto:guzelruv@mail.ru))

Complex ways of stimulation of bone regeneration by means of laser device OPTODAN that provides favorable conditions for osseointegration and normal functioning of dental implants as a support of tooth artificial limbs are developed.

В условиях рыночной экономики и страховой медицины резко возросли требования пациентов к качеству и эффективности лечения, в том числе к дентальной имплантации, являющейся многоэтапным дорогостоящим видом лечения.

Современное развитие дентальной имплантологии основывается на детальном исследовании закономерностей взаимодействия имплантатов с окружающими тканями [1,2,7]. Клинический успех внутрикостной имплантации неотъемлемо связан с формированием и жизнедеятельностью костной ткани, окружающей имплантат. Сам факт восстановления костной ткани, свидетельствуя о возможности ее репаративной регенерации в присутствии остеосовместимых биоматериалов, не вызывает более сомнений у травматологов и ортопедов. Известно, что на микроскопическом уровне костная ткань обнаруживается на расстоянии в 100-900 мкм от поверхности имплантата. Состояние этой переходной зоны, ее состав, природа и свойства являются важным моментом в детерминации тканевых реакции [1]. Ускорение процесса репаративной регенерации костной ткани вокруг пористого титанового имплантата привело бы к уменьшению сроков окончательного протезирования и в настоящее время является одной из актуальных проблем современной имплантологии.

В последние годы предметом ряда экспериментальных и клинических исследований в медицине стали лазеры - источники электромагнитного излучения оптического диапазона, высокая лечебная эффективность которых обусловлена уникальными физическими и биологическими свойствами лазерного света. Известно, что лазерное излучение вызывает выраженный противовоспалительный и противоотечный эффект, нормализует микроциркуляцию, понижает проницаемость сосудистой стенки, обладает фибрино- и тромболитическими свойствами, стимулирует обмен и повышает содержание кислорода в тканях, ускоряет заживление ран, предотвращает образование рубцов после операций и травм, оказывает нейротропное, анальгезирующее, миорелаксирующее, десенсибилизирующее, бактериостатическое и бактерицидное действие, стимулирует систему иммунной защиты, снижает патогенность микрофлоры, повышает ее чувствительность к антибиотикам и т.п. [4]. В последние годы было также установлено, что низкоинтенсивное лазерное излучение может вызывать стимуляцию репарации костной ткани.

Целью нашего исследования явилось изучение влияния низкоинтенсивного лазерного излучения инфракрасного диапазона (ИК) на процесс репаративной регенерации костной ткани, окружающей пористый титановый имплантат.

Основным выражением процесса периимплантной регенерации является наращивание массы молодой костной ткани, которая непосредственно связана с увеличением количества остеогенных клеток [6]. Исходя из этого мы поставили задачу изучить влияние низкоинтенсивного лазерного излучения ИК диапазона на количество остеогенных клеток, окружающих пористый титановый имплантат.

*Материалы и методы исследования.*

В качестве имплантатов использовали 176 цилиндрических образцов пористого титана диаметром 4 мм и высотой 4 мм с конечной пористостью 72% при размере частиц 200-400 мкм. Спекание пористых образцов из титана проводили в двукратном режиме [2]:  $T_1 = 960^{\circ}\text{C}$ ;  $t_1 = 2$  ч;  $T_2 = 1350^{\circ}\text{C}$ ;  $t_2 = 4$  ч, при вакууме  $10^{-4}$  мм рт. ст. Перед установкой пористого титанового имплантата в костное ложе проводили стерилизацию вакуумно - сухожаровым методом при  $T-200^{\circ}\text{C}$  в течение одного часа при вакууме  $10^{-1}$  мм.рт.ст.

Образцы разделили на две группы и имплантировали в кости таза кроликов (всего 22 кролика): в первой группе имплантировали пористые титановые имплантаты без облучения, во второй - с облучением.

В качестве источника лазерного излучения использовали аппарат лазерный полупроводниковый стоматологический АЛСКПТ – 01 "Оптодан", изготовленный на основе импульсного полупроводникового инжекционного лазера, излучающего в ближней инфракрасной области спектра (длина волны 0.85 - 0.98 мкм, частота до 2-3 кГц, мощность до 4 Вт, длительность импульса - 40-100 нс) [3]. До операции проводили 3 сеанса облучения лазером "Оптодан" области имплантации на первом канале (по две минуты на поле, ежедневно); после операции - 7 сеансов облучения области имплантации на первом канале (по две минуты на поле, ежедневно).

Животных выводили из эксперимента через 14, 21 день, 1 и 3 месяца, вычленили кости таза, выпиливали костный блок на расстоянии 7-10 мм от края имплантата. Полученные костные фрагменты помещались в 1 % р-р глутарового альдегида на фосфатном буфере (рН – 7,2 - 7,3). Декальцинацию проводили в 10%  $\text{HNO}_3$  по Шафферу [6] в течение 5-7 дней. Костные блоки с титановым имплантатом заливали полученным раствором. Когда объект исследования становился мягким, и препаровальная игла свободно проходила сквозь него, процесс считался законченным. Далее исследуемый материал осторожно помещали в 5% р-р калийных квасцов, промывали 2 суток в водопроводной воде. После декальцинации извлекали имплантат и стенки костного ложа подвергали гистологическому исследованию, материал по стандартной методике заливали парафином. Парафиновые срезы толщиной 8-9 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, а также по Шморлю [5]. Изучение и фотосъемку препаратов осуществляли на микроскопе "Jenaval" при различных увеличениях.

Для изучения количества остеогенных клеток в зоне, окружающей титановый имплантат, использовали специальную микросетку, помещаемую в окуляр, с помощью которой измеряли площадь, занимаемую новообразованной тканью. Далее подсчитывали количество клеток, а затем высчитывали значение среднего количества клеток на единицу площади. Результаты исследования обработаны статистически на компьютере.

*Результаты исследования.*

Гистологическое изучение препаратов показало, что через 14 дней после имплантации и лазерного облучения в опытной группе на препаратах преобладают клеточные бластные формы, наблюдается незначительное количество цистных форм на фоне повсеместно распространенных волокон неоформленной соединительной ткани. В исследуемом блоке препарата присутствует неизменная пластинчатая ткань; на стороне, обращенной к имплантату, имеются трабекулы дегенеративной костной ткани. Вокруг фрагментов дегенерирующих трабекул видны участки новообразованной ткани. Значение среднего количества клеток на единицу площади в опытной группе -  $3,72 \pm 1,002$ .

Через 14 дней после введения имплантата в контрольном материале выявлено, что в трабекулах из нормальной пластинчатой кости присутствуют полости, заполненные

различными лейкоцитами. Наряду с нормальными трабекулами имеются участки разрушаемой костной ткани, а также зоны новообразованной ткани. Тем не менее, существенных различий морфологической картины в опытной и контрольной группе не наблюдается. В контрольной группе площадь, занимаемая новообразованной тканью, значительно меньше при примерно равном значении среднего количества клеток (значение среднего количества клеток на единицу площади в контрольной группе -  $2,38 \pm 0,259$ ). Результаты статистической обработки показали, что изменения в опытной и контрольной группе на этом сроке достоверны ( $t=1,29$ ,  $p < 0,05$ ). Изучая влияние низкоинтенсивного лазерного излучения ИК диапазона на пролиферацию остеогенных клеток в костной ткани, окружающей пористый титановый имплантат, было установлено, что на сроке 14 дней среднее количество остеогенных клеток на единицу площади в опытной группе в 1,5 раз больше, чем в контрольной.

Через 21 день после имплантации в опытной группе на препаратах видны интактные костные балки и фрагменты разрушаемых балок, окруженные дегенерирующим костным мозгом. Вокруг фрагментов дегенерирующих трабекул имеется новообразованная ткань. Заметно увеличение количества клеточных структур, а также увеличение площади распределения новообразованной ткани в сравнении с контрольной группой. Значение среднего количества клеток на единицу площади на сроке 21 день в опытной группе  $9,57 \pm 0,642$ .

Через 21 день после имплантации (контрольная группа) отмечается продолжение дегенеративного процесса. В образце присутствуют различного размера фрагменты трабекул дегенерирующей костной ткани, окруженные рыхлой волокнисто-ячеистой тканью с многочисленными эритроцитами, макрофагами, лейкоцитами. Рядом с фрагментами дегенерирующих трабекул видны участки новообразованной ткани. Значение среднего количества клеток на единицу площади на сроке 21 день в контрольной группе  $4,69 \pm 0,328$ . Статистическая обработка результатов показала, что через 21 день после имплантации значение среднего количества клеток на единицу площади в опытной группе достоверно выше, чем в контрольной группе на том же сроке ( $t = 6,76$ ,  $p < 0,05$ ). Было установлено, что среднее количество остеогенных клеток на единицу площади в опытной группе в 2 раза больше, чем в контрольной.

Через 1 месяц в опытной группе по-прежнему отмечаются небольшие очаги разрушаемой костной ткани. Трабекулы из пластинчатой кости также содержат фрагменты трабекул из грубоволокнистой ткани. Одновременно встречаются большие скопления гипертрофированных хондроцитов. Наряду с формированием ориентированных волокон в межклеточной ткани обнаруживаются участки ее уплотнения в виде электронно-плотных участков разнообразной формы - центры формирования молодых костных структур. Значение среднего количества клеток на единицу площади на сроке 1 месяц в опытной группе -  $6,73 \pm 0,406$ .

Через 1 месяц в контрольной группе на препаратах видны трабекулы зрелой, пластинчатой кости, которые далее переходят в формирующиеся балки из новообразованной грубоволокнистой костной ткани, содержащей многочисленные кровеносные сосуды. Значение среднего количества клеток на единицу площади на сроке 1 месяц в контрольной группе -  $3,99 \pm 0,263$ . Количественное изменение клеток статистически достоверно ( $t=5,67$ ,  $p < 0,05$ ). Результаты исследований показали, что среднее количество остеогенных клеток на единицу площади в опытной группе в 1,7 раза больше, чем в контрольной.

Через 3 месяца после лазерного облучения в изучаемой ткани видны крупные и мелкие трабекулы зрелой пластинчатой кости, переходящие в грубоволокнистую костную

ткань, содержащую округлые остециты. В опытной группе значение среднего количества клеток на единицу площади составляет  $12,06 \pm 0,915$ .

Через 3 месяца после введения имплантата (контрольная группа) в исследуемом образце видны фрагменты трабекул из пластинчатой кости, костный мозг. В центральной части трабекул присутствует незрелая костная ткань, содержащая многочисленные округлые остециты. В участках незрелой кости выявлены формирующиеся вокруг сосудов концентрические пластинки (остеоны); между пластинками – веретеновидной формы остециты. В контрольной группе на сроке 3 месяца значение среднего количества клеток составляет  $6,15 \pm 0,316$ . При подсчете клеточных структур новообразованной ткани на сроке 3 месяца результаты являются статистически достоверными ( $t=6.1$ ,  $p<0.05$ ). Результаты наших исследований показали, что среднее количество остеогенных клеток на единицу площади в опытной группе в 2 раза больше, чем в контрольной (Таблица 1).

Таблица 1. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения инфракрасного диапазона на количество остеогенных клеток, окружающих пористый титановый имплантат

Сроки после имплантации	14 ДНЕЙ	21 ДЕНЬ	1 МЕСЯЦ	3 МЕСЯЦА
Количество клеток на 1 квадрат <sup>4</sup> при лазерном облучении (опытная группа)	$3,72 \pm 1,002^*$	$9,57 \pm 0,642^*$	$6,73 \pm 0,406^*$	$12,06 \pm 0,915^*$
Количество клеток на 1 квадрат <sup>4</sup> без облучения (контрольная группа)	$2,38 \pm 0,259$	$4,69 \pm 0,328$	$3,99 \pm 0,263$	$6,15 \pm 0,316$

<sup>4</sup> – площадь 1 квадрата (при х40) -  $76,56 \text{ мкм}^2$ ;

\* –  $p < 0,05$  при сравнении с контрольной группой на данном сроке

Полученные результаты свидетельствуют, что зона остеоинтеграции при наличии остеогенеза, при котором происходит физико- химическая связь имплантата с костной тканью, доступна процессам физиологической регенерации и ремоделирования, и регулируется низкоинтенсивным лазерным излучением ИК диапазона. С помощью патогенетического лечебного действия низкоинтенсивного лазерного света ИК диапазона можно стимулировать процессы репаративной регенерации костной ткани, окружающей пористый титановый имплантат, что выражается в увеличении количества остеогенных клеток, окружающих пористый титановый имплантат, на всех сроках наблюдений (от 14сут. до 3 мес.) в 1,5-2 раза.

Список литературы:

1. Дудко А.С., Параскевич В.Л., Швед И.А. Динамика биосовместимости внутрикостных имплантатов. // Новое в стоматологии (специальный выпуск). Имплантология. 2000, №8, стр.16-24.
2. Миргазизов М. З., Меликян М.Л. Особенности тканевой интеграции пористых и беспористых имплантатов на основе титана и его сплавов с памятью формы. // Проблемы стоматологии и нейростоматологии. -1999, №2, стр.41- 43.
3. Прохончуков А.А., Жижина Н.А., Васильев К.В., и др. Универсальный лазерный аппарат нового поколения Оптодан для лазерной физио-, магнито- и рефлексотерапии стоматологических заболеваний. Стоматология, 2000; 2: с.45-49.
4. Прохончуков А.А., Жижина Н.А., Мозговая Л.А. Способы повышения эффективности дентальной имплантации с помощью магнитно-лазерного излучения. Российский вестник дентальной имплантологии, 2003; 1: с.54-58.

5. Ромейс Б. Микроскопическая техника. Из-во Иностранной литературы. М. - 1953, стр. 381-395.
6. Хэм А., Кормак Д. Гистология. Том 3. - М.: "Мир", 1983. стр. 19- 136.
7. O Neal R., Sauk J., Somerman M.. Biological requirements for material integration. J. Oral Implantol., 18 (3), p.243-255.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КЛИНОВИДНОГО ДЕФЕКТА МЕТОДОМ «SANDWICH TECHNIK»**

**Старцева Е.Ю., Березин К.А.** (Казань, Казанский государственный медицинский университет, кафедра терапевтической стоматологии, e-mail: kotik2011@mail.ru)

Summary. The article presents materials related to the restoration of a wedge-shaped defect of teeth. The effectiveness of the method «Sandwich technik» with modern filling materials, as well as the duration of maintaining a good quality of completed restorations.

По данным ряда авторов статистически обосновано выявление клиновидных дефектов, как одних из наиболее распространённых некариозных поражений зубов [5, 6, 9, 17, 22]. Данная патология, описанная в отечественной литературе как клиновидный дефект, в иностранной литературе встречается как Y-образный дефект или сошлифовывание твёрдых тканей зуба (К. 03.1). Выраженные проявления встречаются чаще у людей среднего и пожилого возраста в виде дефектов клиновидной формы в пришеечной области моляров и премоляров, реже - у фронтальной группы зубов [2, 8, 5, 14]. Начальные проявления наблюдаются и в молодом возрасте [6, 7]. Развитие данной патологии в некоторых случаях связано с механическими факторами, с окклюзионной нагрузкой и при отсутствии соответствующего лечения приводит к значительной убыли твёрдых тканей зуба, появлению гиперчувствительности эмали и дентина, эстетическим нарушениям, дистрофическим изменениям в пульпе, развитию осложнений в виде кариеса [4, 6]. Такие же разрушающие факторы воздействуют и на композитные реставрации, которые могут смещаться на поверхность дефекта, разрушая при этом адгезивный слой [4, 24]. При клиновидном дефекте процесс гиперминерализации поверхностного слоя дентина и облитерация дентинных канальцев, а так же процессы де- и гиперминерализации в поверхностных слоях эмали постоянно прогрессируют в области дефекта. Клинически здоровая эмаль по периферии клиновидного дефекта функционально и морфологически неполноценна [9, 22].

Лечение клиновидных дефектов является актуальной проблемой. В литературе описаны различные методы лечения клиновидных дефектов зубов в зависимости от степени выраженности клиновидных дефектов, а также жалоб пациентов [5, 7, 13, 16, 14]. В случаях, когда предполагаемая композитная реставрация будет испытывать выраженный полимеризационный стресс и высокую окклюзионную нагрузку дефекты твёрдых тканей зубов восстанавливают по типу «Sandwich technik». «Sandwich-техника» предусматривает сочетание стеклоиономерных цементах или компомеров с композитами. Использование достоинств разных групп композиционных материалов увеличивает прочность пломбы при окклюзионной нагрузке, улучшает адгезию с дентином, уменьшает полимеризационную усадку пломбы, способствует профилактике вторичного кариеса за счет выделения фторидов [11,12, 20-22].

На сегодняшний день множество пломбировочных материалов нашли широкое применение в современной стоматологии. Выделены факторы, оказывающие влияние на развитие полимеризационного стресса [2, 3, 10,18-20]. Установленные научными исследованиями вышеперечисленные причины возникновения клиновидных дефектов, выдвигают ряд конкретных клинических требований к пломбированию.

1. Перед началом пломбирования необходимо выявить имеющиеся супраконтракты с целью дальнейшего проведения редактирования окклюзионных взаимоотношений зубных рядов;
2. Использование метода сэндвич-техники;
3. Применение наименее агрессивной адгезивной системы;

4. Пломбирование выраженных клиновидных дефектов зубов современным композитным материалом, обладающим биосовместимостью, гидрофобностью, низкой усадкой и невысокой скоростью полимеризации.

5. Эстетическое соответствие окружающим зубным тканям.

Целью настоящей работы явился анализ эффективности использования «Sandwich - метода» - послойной ламинации СИЦ композитным материалом «Filtek Silorane» для восстановления клиновидного дефекта зубов.

Под наблюдением находилось 22 пациента, которым были диагностированы 28 клиновидных дефектов средней и глубокой степени поражения (по классификации С.М. Махмудханова, 1968) в области нижних клыков и премоляров. Выбор пломбировочных материалов обусловлен прекрасными рабочими характеристиками, сочетанием многих положительных качеств, обеспечивающих долгосрочный клинический успех и эстетику.

Преимущества стеклоиономерного пломбировочного материала 3МТМ ESPETM «VitremerTM»:

1. Тройной механизм полимеризации: фотополимеризация, химическая полимеризация, стеклоиономерная реакция;
2. Активное выделение фтора;
3. Высокая компрессионная прочность;
4. Гидрофильность;
5. Биосовместимость;
6. Самоадгезия к тканям зуба;
7. Опаковость, сходная с натуральным дентином.

Преимущества пломбировочного материала микрогибридного композита «Filtek Silorane»:

1. Минимальная усадка менее 1%.
2. Низкий полимеризационный стресс.
3. Используемую самокондиционирующую систему «Silorane» не нужно смывать. Протравливание и прайминг происходят на одну и ту же глубину. Поэтому не возникает центробежное движение жидкости и отсутствует чувствительность после пломбирования.
4. Высокое качество получаемого краевого прилегания реставрации, а также инертность и биосовместимость материала определяет отсутствие постоперационной чувствительности и не требует проведения ребиндинга.
5. «Filtek Silorane» удобен в применении: хорошо вносится в полость, не липнет к обычным инструментам, хорошо держит форму и моделируется.
6. «Filtek Silorane» обладает низким водопоглощением, устойчивостью к внешним красителям.
7. «Filtek Silorane» представлен в оттенках А3, А2, В2, С2, которые отвечает одному из основных требований, предъявляемых к реставрационной технике - присутствие у материала выраженного эффекта «хамелеона» и появление эмалеподобной поверхности после полирования.
8. Особенностью «Filtek Silorane» является не только эстетика, но и высокая прочность выполненных реставраций.

Оперативная обработка клиновидного дефекта состояла из нескольких этапов:

1. Очистка поверхности зуба с помощью пасты «Clean Polish» (Kerr) и щётки. При естественной освещённости определен цвет зубов по шкале Вита и выбран соответствующий цвет пломбировочного материала.
2. Проведение инфильтрационного обезболевания «Ubestezin DS-2%» (3М ESPE).

3. Расширенное препарирование с удалением наиболее изменённого минерализованного слоя эмали и дентина с помощью мелкозернистого алмазного бора конусовидной формы на турбинном наконечнике с водно-воздушным охлаждением.
4. Удаление неполноценных участков твердых тканей и пигментированных участков, которые не могут быть полностью по цвету перекрыты опаковыми оттенками.
5. Формирование полости с соблюдением плавного, закруглённого перехода стенок друг в друга и в дно полости.
6. Заглаживание всех острых углов и переходов.
7. Формирование стенок полости перпендикулярно оси зуба. Медиальная и дистальная стенка должны дивергировать, а дно полости – повторять кривизну губной поверхности для максимального сохранения дентина.
8. Создание ретенционной борозды вдоль углов полости глубиной около 0,2 мм.
9. Финирование - обработка краёв полости, удаляющая повреждённые участки эмали.
10. Формирование скоса по эмали пламевидным мелкозернистым бором под углом 80 градусов, шириной 2-3мм в виде крыла птицы, с целью открытия максимального количества эмалевых призм для усиления химической связи композита с эмалью, а также маскировки границы реставрации. Скос в придесневой области не производился.
11. Промывание полости дистиллированной водой и высушивание воздухом.
12. Изолирование зуба от слюны.
13. Укладывание в десневую бороздку ретракционной нити номера 00.  
После наложения изолирующей прокладки »Vitremer» провели пломбирование дефекта, которое включало следующие мероприятия:
  1. Активно встряхнуть праймер (флакон чёрного цвета) и бонд (флакон цвета хаки).
  2. Внести Primer одноразовым аппликатором и тщательно втирать его в поверхность дентина 15 секунд. Подсушить 10 сек. лёгкой воздушной струёй. Полимеризовать 10 секунд.
  3. Адгезив перед употреблением тщательно встряхнуть. Нанести бонд одноразовым аппликатором на всю область полости. Подсушить слабой воздушной струёй. Полимеризовать 10 секунд.
  4. Введение в полость и отверждение пломбировочного материала соответствующего цвета. Оптимальная толщина каждого слоя составляет 1,5-2мм. Расстояние между облучателем и пломбировочным материалом не более 5мм. Заключительное светооблучение с вестибулярной и оральной сторон 20 секунд.
  5. Удаление ретракционной нити после окончания пломбирования.
  6. Обработка поверхности пломбы.

В процессе двухлетнего наблюдения за 22 пациентами в 24 зубах (86%) отмечалось сохранение реставрации и отсутствие жалоб. У 4 пациентов с клиновидным дефектом пришлось восстановить вновь 4 реставрации из-за выпадения пломбировочного материала в течение первого года (14%).

#### **Выводы:**

1. Практическое применение знаний о физико-химических свойствах материалов и процессе полимеризации, позволяет провести восстановление клиновидного дефекта зубов на высоком методическом уровне.
2. Перекрывая «Vitremer™» композитом «Filtek Silorane», достигается высокая прочность поверхности реставрации. Это позволяет использовать "сэндвич-технику" при восстановлении клиновидных дефектов зубов.

### **Заключение:**

Предложенный нами способ пломбирования зубов позволяет: повысить качество пломбирования полостей V класса. Метод не требует значительных временных затрат, достаточно удобен и имеет целый ряд необходимых условий для успеха. Рациональное планирование восстановления клиновидных дефектов зубов с точным соблюдением технологии пломбирования современным пломбировочным материалом «Filtek Silorane» позволяет получить удовлетворительный результат лечения на длительный срок, и может иметь применение в стоматологической практике.

### **Литература:**

1. Алямовский В. В. Клинико-технологические условия применения светоотверждаемых композиционных пломбировочных материалов. Красноярск: Изд-во КГПУ, 2000.128 с.
2. Боер В. М., Лутц Ф. Дискуссия по вопросу о современных концепциях адгезивного пломбирования //Клин, стоматология.2001. №4. С. 12-18.
3. Борисенко А. В. Композиционные пломбировочные материалы. М.: Книга плюс, 1999.175 с.
4. Браем Марк Пришеечные поражения, вызванные давлением на зуб. - /Fenestra, 1995. - №4. – 27 с.
5. Бурлуцкий А.С. Клиническая картина клиновидных дефектов зубов и их протезирование: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. 14.00.21. Калинин, 1984. 24с.
6. Бурлуцкий А.С. Роль механического фактора в возникновении и развитии клиновидных дефектов зубов. – Воронеж, 1988. – 5 с. Деп. Во ВНИИМИ МЗ СССР № 15513-88.
7. Грошиков М.И. Некариозные поражения тканей зуба. М., 1985. 171с.
8. Дмитриева Н.И., Синявская С.С. Оценка реставрации зубов при стирании твёрдых тканей // Организация, профилактика, новые технологии и реабилитация в стоматологии: Материалы IV съезда стоматологов Беларуси. – Витебск, 2000. – С.428-429.
9. Кобелева В.И. Распространённость некоторых некариозных поражений зубов у взрослого городского населения // Основные стоматологические заболевания. М., 1981. с. 70-72.
10. Ломиашвили Л. М., Аюпова Л. Г., Махорин С. В. Художественная реставрация - это наука или искусство?! // Маэстро стоматологии. 2002. № 5. С. 84-88.
11. Луцкая И. К. Эстетическая стоматология. Минск, 2000.248 с.
12. Макеева И. М. Восстановление зубов светоотверждаемыми композиционными материалами / ОАО "Стоматология". М.,1997.72с.
13. Махмудханов С.М. Клиновидные дефекты зубов. Автореф. Дис. ...канд.мед.наук. – Киев, 1968. – 25с.
14. Мельниченко Э.М., Тимчук Я.И. Факторы риска в этиологии рецессии десны у детей. - //Новое в стоматологии. - №9. – 1998.
15. Николишин А.К. Восстановление (реставрация) и пломбирование зубов современными материалами и технологиями. - Полтава, 2001. С. 90-110.
16. Патрикеев В.К., Ремизов С.М. Роль механического фактора в патогенезе эрозии и клиновидного дефекта зубов. – М.,1973. – С.136-140.
17. Патрикеев В.К. Клинические и электронномикроскопические исследования твёрдых тканей зубов при некариозных поражениях. Автореф. Дис....канд.мед.наук. – М., 1968. – 19с.
18. Руденкова Н.П. Эффективность лечебно-профилактических мероприятий у лиц с некариозными поражениями твёрдых тканей зубов // Организация, профилактика, новые

технологии и реабилитация в стоматологии: Материалы IV съезда стоматологов Беларуси. – Витебск, 2000. – С. 277-278.

19. Сёмченко И.М. Клинические проявления клиновидных дефектов зубов // Сб. научных работ: Труды молодых учёных. Юбилейное издание - Минск, 2001. – С. 121-124.

20. Титаренко Л.Л. Клиника и лечение клиновидных дефектов зубов: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Львов, 1987. 22с.

21. Фёдоров Ю.А., Дрожжина В.А., Чернобыльская П.М., Рубежова Н.В. Особенности диагностики и новые принципы лечения некариозных поражений зубов. // Новое в стоматологии. 1996. №3(44) с.10-12.

22. Фёдоров Ю.А., Дрожжина В.А., Клиника, диагностика и лечение некариозных поражений зубов. - /Новое в стоматологии. №10. – 1997. – 144с.

23. Цимбалистов А.В., Жидких В.Д., Садиков Р.А. Клиническое значение микроструктуры и минерализации твердых тканей зубов при лечении клиновидных дефектов // Новое в стоматологии. – 2000. - № 3. – С. 12 – 18.

24. Vanherle G, Van Meerbeek B., M. Braem, P. Lambrechts Clinical aspects of Dentin Bonding Materials of International Simposium. EURODISNEY, Paris March, 24-25. – 1993.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РЫБ С РАЗНОЙ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

**Тимакова Л.И., Овчинникова С.И.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии, e-mail: tima-liliya@yandex.ru)

This investigation presents oneself a part of complex study of north hydrobiont's bioenergy status. In this article we suggest the analysis of the content of adenine nucleotides in north fish white muscle. We compare energy metabolism of *Gadus morhua morhua* L. and *Pleuronectes platessa* (L.) of the same age. Our results show that the quantity and ratio of macroergic compounds depends on morfofunctional activity of fishes.

Поведение различных видов рыб разнообразно, начиная от пелагических видов, живущих в постоянном движении, и кончая видами, которые способны долгое время лежать в полной неподвижности.

С активностью связаны некоторые черты анатомического строения. Потребности рыб в кислороде также варьируют в зависимости от их активности.

Рыбы с различным уровнем морфофункциональной активности различаются по содержанию некоторых химических веществ в крови и в мышцах.

В крови активных рыб содержится больше гемоглобина (особенно в период миграции и интенсивного питания), что обеспечивает больший перенос кислорода, также отмечено повышенное по сравнению с малоподвижными рыбами содержание эритроцитов на единицу объема крови. В крови малоподвижных рыб содержится меньше йода (в форме тироксина) и меньше выделяется пищеварительных ферментов, особенно трипсина, по сравнению с активными рыбами. Активность мышечной аденозинтрифосфатазы, высвобождающей химическую энергию для мышечных сокращений, также ниже у малоподвижных рыб.

Аналогичная закономерность, являющаяся приспособлением к поддержанию жизни путем мобилизации тканевых белков в периоды недостатка пищи, отмечена и для мышечных ферментов – катепсинов. (Шатуновский, 1978)

В большинстве случаев в мышцах активных рыб содержится больше никотиновой кислоты, витамина В<sub>12</sub>, пантотеновой и фолиевой кислоты, пиридоксина и рибофлавина. С активностью связано и содержание некоторых других веществ, назначение которых менее изучено. Например, в крови более подвижных рыб содержится больше меди, холестерина, в мышцах – больше триметиламинооксида и свободного гистидина.

Установлено, что содержание глюкозы в крови быстроплавающих рыб значительно выше, чем в крови малоподвижных донных видов. С данными по содержанию глюкозы в крови согласуются факты по содержанию гликогена в мышцах. У быстроплавающих рыб оно значительно выше (Лав, 1976).

И, наконец, существуют различия в форме аккумуляции энергии в теле активных и неактивных рыб. (Шульман, 1972).

На кафедре биохимии проводится экспериментальная работа по исследованию биоэнергетического состояния белых мышц промысловых рыб с различным уровнем морфофункциональной активности, изучение аденилатной системы осуществляется на протяжении всего годового жизненного цикла рыб. В качестве объектов исследования были выбраны важнейшие представители семейства Тресковые и семейства Камбаловые: арктическая треска *Gadus morhua morhua* L. и морская камбала *Pleuronectes platessa* (L.). Выбор данных гидробионтов во многом обусловлен их ключевой ролью в экосистеме Баренцева моря и сопредельных вод, а также экологическими особенностями этих видов

рыб, различиями в образе жизни и уровне естественной активности – треска относится к активным рыбам, камбала – к неактивным.

Были установлены значительные видовые различия в уровне содержания макроэргических фосфатов (АМФ и АДФ) и адениловой кислоты (АТФ) для морской камбалы и трески.

Анализ результатов экспериментов показал, что содержание АТФ для всех периодов годового цикла достоверно выше у самцов и самок трески – в среднем соответственно на 35,18% и 35,1%

Содержание АДФ и АМФ на протяжении годового жизненного цикла у трески было ниже, чем у морской камбалы. Разница в содержании АДФ равна в среднем 8,4% у самцов и 9,5% у самок. Содержание АМФ в белых мышцах самцов морской камбалы больше на 54,3%, в тканях самок – на 43,5%.

Для трески характерно более высокое суммарное содержание адениловых нуклеотидов АД и значения аденилатного энергетического заряда АЭЗ. Значения АД для самцов трески превышают таковые у самцов морской камбалы в среднем на 19,4%, для самок трески АД в среднем больше, чем у самок морской камбалы на 13,9%. Величина АЭЗ для всех изученных периодов определено больше у трески – на 10% у самцов и на 10,4% у самок.

Кроме того, для самцов и самок трески свойственно более высокое процентное содержание АТФ и пониженное по сравнению с морской камбалой относительное содержание фракций АДФ и АМФ.

Таким образом, обработка результатов анализа позволяет выявить заметное преимущество образцов мышечной ткани трески по таким показателям, как абсолютное и относительное содержание АТФ, суммарное содержание адениловых нуклеотидов и величина аденилатного энергетического заряда АЭЗ. В мышцах малоподвижной морской камбалы достоверно больше продуктов распада аденозинтрифосфорной кислоты – АДФ и АМФ, что может свидетельствовать о меньшей скорости процессов ресинтеза АТФ.

Явное отклонение указанных параметров в сторону больших значений свидетельствует о более высоком уровне энергетического обмена у самцов и самок трески по сравнению с экземплярами морской камбалы.

Располагая данными об образе жизни исследованных рыб, можно предположить, что установленные межвидовые отличия в содержании адениловых нуклеотидов определяются именно экологическими особенностями трески и морской камбалы, в частности различным уровнем морфофункциональной активности.

#### Литература:

1. Лав, Р.М. Химическая биология рыб / Р.М. Лав. – М. : Пищ. пром-сть, 1976.
2. Шатуновский, М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб / М.И. Шатуновский. – М. : Наука, 1980. – 288 с.
3. Шульман, Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб / Г.Е. Шульман. – М. : Пищ. пром-сть, 1972.

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ГЕПАТОПАНКРЕАСА КРАБОВ

Смирнова Е.Б. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии)

Пищеварительные органы морских беспозвоночных, как известно, являются отходами промысла и переработки и в настоящее время используются лишь частично, в основном в качестве корма для пушных зверей, хотя по массе они могут составлять до 90 % от объема вылова [1]. Гепатопанкреас *Paralithodes camtschaticus* используется как источник протеолитических ферментов и липидов [2, 3]. Широкая субстратная специфичность комплекса протеиназ, выделенных из пищеварительной железы камчатского краба, высокая термостабильность и низкая чувствительность к присутствию минеральных солей позволяют использовать его как катализатор протеолиза при изготовлении гидролизатов, пищевой, кормовой и технической продукции.

Объектом исследований служили ферментные препараты, выделенные из печени шельфовых (синий, *Paralithodes platypus*; стригун-опилио, *Chionoecetes opilio*; четырехугольный волосатый, *Erimacrus isenbeckii*) и глубоководных крабов (краб веррилли, *Paralomis verrilli*; многошипый краб, *Paralomis multispina*).

В качестве материала были использованы пищеварительные органы (гепатопанкреас) вышеуказанных организмов. Порошкообразные ферментные препараты для дальнейших анализов получали из гепатопанкреаса морских беспозвоночных путем осаждения белковых веществ ацетоном. Для этого к гомогенату тканей приливали чистый холодный ацетон в соотношении 1:10 (тремякратно). В исследуемом материале определяли общую протеолитическую активность, используя метод Ансона (Мухин, Новиков, 2002) с некоторыми модификациями. При определении общей протеолитической активности последовательно изменяли рН (в диапазоне от 2,5 до 8,5) и температуру раствора (в интервале от 5 до 70 °С), определяя активность по расщеплению 1 % -ного раствора гемоглобина.

Активность всех ферментов выражали в единицах изменения оптической плотности растворов, содержащих продукты гидролиза различных субстратов при температуре 37° С за 1 мин на 1 г сырой массы [1].

Анализ полученных результатов показал, что среди шельфовых крабов наибольшей активностью обладали протеиназы печени краба *P. platypus*. ФП из гепатопанкреаса. *Ch. opilio* и *E. isenbeckii* практически не различались между собой по общей протеолитической и коллагенолитической активностям, но значительно уступали по этим показателям ФП из краба *P. platypus*.

В ходе исследования было установлена зависимость показателей активности ФП из краба *Ch. opilio* от физиологического состояния. Коллагенолитическая активность ФП, которые были получены из гепатопанкреаса крабов, выловленных в феврале, в три раза выше, чем нерестового *Ch. opilio* весеннего улова.

Схожая сезонная изменчивость активности протеиназ из гепатопанкреаса камчатского краба *P. camtschaticus* [2]. Однако в отличие от комплекса протеиназ *P. camtschaticus* ФП из *Ch. opilio* в период линьки и нереста резко теряли только коллагенолитическую активность, тогда как активность по отношению к гемоглобину снижалась незначительно. Известно, что период нереста, линьки у крабов сильно растянут, сроки и продолжительность его могут значительно меняться в зависимости от гидрологической обстановки [11]. Полученные данные свидетельствуют, что для разработки рекомендаций по промышленной заготовке

гепатопанкреаса крабов необходимо изучить изменение активности протеиназ в течение года.

ФП из гепатопанкреаса глубоководных крабов (*P. verrilli* и *P. multispina*) по способности гидролизовать гемоглобин и коллаген мало различались между собой. По активности ФП из гепатопанкреаса этих крабов превосходил таковую *Ch. opilio* и приближался к *P. platypus*.

Сопоставление уровня общей протеолитической и коллагенолитической активностей ферментов гепатопанкреаса исследуемых видов крабов и *P. camtschaticus* [2] показало, что по этим показателям к последнему был наиболее близок *P. platypus*, затем *P. verrilli* и *P. multispina*.

Несмотря на то, что протеиназы гепатопанкреаса исследованных видов крабов проявляют по отношению к гемоглобину и коллагену в 2.3-3.5 и 2.4-5 раз соответственно более низкую активность, чем ферменты печени *P. camtschaticus* [2], тем не менее полученные результаты позволяют считать, что гепатопанкреас всех исследуемых видов крабов может служить источником протеиназ, причем более выгодным, чем рыбные внутренности, так как по уровню общей протеолитической активности ФП из гепатопанкреаса крабов в 5-10 раз превосходили таковые из внутренностей рыб [12].

Результаты изучения рН-зависимости активности ФП, выделенных из гепатопанкреаса крабов, показали, что максимальную активность независимо от вида краба они проявляют в щелочной зоне. Наибольшую чувствительность к изменению рН проявляет комплекс протеиназ глубоководных крабов, *P. multispina* и *P. verrilli*, их активность в щелочной среде увеличивалась в 7 и 5 раза соответственно, тогда как для протеиназ *P. platypus* увеличение активности в щелочной зоне составляло только 60%, а у *Ch. opilio* 30%. Можно предположить, что выявленные между исследованными ФП различия в активизации их в щелочной зоне рН обусловлены неидентичным количественным соотношением нейтральных и щелочных протеиназ в печени различных видов крабов.

Зависимость функциональных свойств протеиназ ФП от вида краба подтверждается результатами сравнительного исследования термостабильности ферментного комплекса, выделенного из гепатопанкреаса *P. platypus* и *Ch. opilio*.

Согласно полученным данным, в протеолитическом комплексе печени *P. platypus* можно выделить 3 группы ферментов: термоустойчивые в диапазоне температуры 30-50°C при рН 3.5 (кислые), 30-80°C (слабокислые, рН 6.0), 30-70°C (нейтральные и щелочные, рН 7.0 и 8.0). Максимальная активность ферментного комплекса при рН 3.5; 7.0; 8.0 отмечалась при температуре 40°C, при рН 6.0 максимум активности достигался при 50°C.

Обращает на себя внимание высокая термостабильность ферментов в слабокислой зоне (рН 6.0), их активность при температуре 80°C составляла 64% от максимальной, тогда как протеиназы, действующие в кислой зоне (рН 3.5), при температуре выше 50°C полностью инактивировались, а активность ферментов в щелочной и слабощелочной зонах рН при температуре 80°C составляла 21-32% от максимальной.

Результаты определения активности протеиназ, выделенных из глубоководных крабов (*P. multispina* и *P. verrilli*) при различной температуре, свидетельствуют о слабой зависимости уровня их активности от температуры. В отличие от ферментов шельфовых крабов (*Ch. opilio* и *P. platypus*) протеиназы глубоководных крабов при повышении температуры от 40 до 60°C в диапазоне рН 6.0-8.0 сохраняли практически одну и ту же активность. Такой высокий температурный оптимум ранее отмечался у ФП из *P. camtschaticus*, гидролизующих белки при рН 7.0-8.0 [2]. Отличительной особенностью ФП из гепатопанкреаса глубоководных крабов является более высокая активность в слабокислой среде (рН 6.0), чем в щелочной.

Кроме того, обращает на себя внимание присутствие в печени глубоководных крабов ферментов, гидролизующих белки в кислой среде (рН 3.5) и сохраняющих активность при температуре выше 40°C, когда кислые протеиназы из *P. platypus* инактивируются.

Другим отличительным признаком протеиназ глубоководных крабов является высокая термостабильность: в зависимости от рН среды ферменты *P. multispina* сохраняли при 70°C 81-85%, а *P. verrilli* - 85-93% от максимальной активности.

На основании полученных данных было установлено, что ФП из гепатопанкреаса крабов содержит комплекс протеолитических и коллагенолитических ферментов, функциональные свойства которых зависят от вида краба, значения рН среды и температуры, что позволяет считать гепатопанкреас исследованных видов крабов ценным сырьем для получения термостабильных ФП, гидролизующих белки в широком диапазоне рН.

### Список литературы:

1. Мухин В. А., Новиков В.Ю. Протеолиз и протеолитические ферменты в тканях морских беспозвоночных. –Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002.
2. Герасимова Н.А., Купина Н.М. // Прикл. биохимия и микробиология. 1996. Т. 32. № 4.
3. Ito Y., Saito T. // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1963. V. 29. № 10.
4. Купина Н.М., Поваляева Н.Т., Стародубцева Н.Б., Леванькова И.Н. Способ получения соленой зернистой икры из свежих и мороженых ястыков рыб. Пат. РФ 20606669 // Б. И. 1996. № 15.
5. Купина Н.М., Кудряшева М.В. Способ приготовления малосоленого кремообразного продукта из гидробионтов. Пат. РФ 2040189 // Б. И. 1995. № 21.
6. Артюков А.А., Козловская Э.П., Козловский Ф.С., Кафанова Н.Н., Алыиевская Е.К., Сахаров И.Ю., Вожжова Е.И. Способ получения белкового гид-ролизата. Патент РФ 2039460 // Б. И. 1995. № 20.
7. Лаптев В.М., Леваньков В.С. // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов. Владивосток: ТИНРО-центр, 1997.
8. Поваляева Н.Т., Купина Н.М., Стародубцева Н.Б. // Изв. ТИНРО. 1992. Т. 114.
9. Каверзнева Е.Д. // Прикл. биохимия и микробиология. 1971. Т. 7. № 2.
10. Рыльцев В.В., Белов А.А., Игнатюк Т.Е., Лившиц А.М., Филатов В.Н. // Биологически активные вещества при комплексной утилизации гидробионтов. Владивосток: Изд. ТИНРО, 1988.
11. Родин В.Е., Слизкин А.Г., Мирошников В.В. // Биологические ресурсы Тихого океана. М: ВНИРО, 1986.
12. Купина Н.М., Слуцкая Т.Н., Калиниченко Т.П. // Изв. ТИНРО. 1983. Т. 108.

## **ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ КОНСЕРВИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ, ВЫПУСКАЕМОЙ РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ: ИСТИННАЯ И ДЕКЛАРИРУЕМАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ**

**Шкуратов П.П., Мухин В.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии*)

Как известно, пищевая ценность продуктов питания определяется содержанием в них белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ, а также других биологически активных соединений.

Пищевая ценность - понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспечения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах, энергию и органолептические достоинства. Исчерпывающая информация о продукте, ее полнота и достоверность призваны обеспечивать прежде всего безопасность жизни и здоровья граждан и предупреждать действия, вводящие в заблуждение покупателей.

В Российской Федерации к этикетированию пищевых продуктов предъявлены жесткие требования. Такой подход соответствует мировой практике и представляется правильным, потому что пищевые продукты для любого общества являются важнейшим предметом потребления, а производитель в таких отношениях является доминирующим субъектом: потребителю все равно придется покупать продукты питания, чтобы нормально существовать. Именно для защиты потребителя от злоупотреблений производителей и были разработаны многочисленные требования к информированию покупателей. Сейчас данные требования установлены законами РФ, постановлениями Правительства РФ, подзаконными актами федеральных органов исполнительной власти, а также директивами и регламентами Европейского экономического сообщества (ЕЭС).

Материалом для исследования являлась консервированная продукция рыбной промышленности. Образцы были отобраны методом случайной выборки в магазинах г. Мурманска. Сроки хранения данных образцов были в пределах разрешенных действующими стандартами. Среди исследуемой продукции не было образцов с истекшим сроком годности. Внешних дефектов банок не обнаружено. Подробная информация представленная производителем на упаковке продукции приведена в таблице 1.

Одним из основных критериев оценки качества продовольственного сырья и пищевых продуктов являются показатели пищевой ценности, включающие содержание в продукции основных пищевых веществ (белки, жиры, углеводы, витамины, макро- и микроэлементы) и энергетическая ценность продукции.

Пищевая и энергетическая ценность дается из расчета на 100 г продукта, иногда на массу единицы упаковки. Количество пищевых веществ указывается, как правило, в г и мг. Данные о пищевой и энергетической ценности должны быть результатом специальных исследований, и эта ценность должна обеспечивать необходимый «запас прочности» для потребителя с учетом особенностей рецептуры, технологии изготовления, хранения, реализации и употребления продукта.

Недостоверность этих данных отражается на составление пищевого рациона потребителя. А отсюда – избыток или недостаток потребляемых им питательных веществ. Это может сказаться на здоровье потребителей данной продукции.

В результате проведенного биохимического анализа отобранных проб были получены следующие данные (Таблица 2).

По полученным результатам образцы были условно разделены на несколько групп.

Таблица 1. Характеристика исследуемой продукции. Основные параметры

№	Название продукта	Производитель	Стандарты и нормативы	Пищевая ценность на 100 г продукта		
				белки, г	жиры, г	калорийность, ккал
1	Макрель отборная в собственном соку	Sunfeel, Китай	Не указаны	24	3,8	163
2	Салака натуральная с добавлением масла	ООО «Белозерский рыбоконсервный комбинат»	ГОСТ 13865-2000	19	6	192
3	Сардина атлантическая подкопченная с добавлением масла	ООО «Балтрыбпром», Калининград, по заказу ООО «ТД «Пеликан»	ТУ 9271-004-24581415-98	19	18	238
4	Килька балтийская неразделанная в томатном соусе	ОАО «Калининградский рыбоконсервный комбинат»	ГОСТ 16978-99	11	10	160
5	Скумбрия в масле	Голден Прайз Кэнинг, Тайланд, по заказу ООО «ТД «Пеликан»	Не указаны	26	21	230
6	Сельдь атлантическая натуральная с добавлением масла	ОАО «Мурманский траловый флот»	ГОСТ 13865-2000	17	19	239
7	Ставрида океаническая натуральная с добавлением масла	ООО РКЗ «Русский рыбный мир»	ГОСТ 13865-2000	19	7	139
8	Паштет шпротный	ОАО «Рыбокомбинат Пищевик»	ГОСТ 7457-91	17	17	221
9	Паштет рыбный из сельди	ООО «Протеин»	ТУ 9266-027-16690892-00	7	38	479

Таблица 2. Результаты биохимического анализа

№ пробы	Вода, %	Зола, %	Белок, %	Жир, %	Калорийность, Ккал
1	79,54	1,13	14,65	4,94	103,06
2	76,37	1,60	16,76	5,46	116,18
3	73,68	2,00	16,75	6,79	128,11
4	76,13	1,76	11,95	9,30	131,5
5	64,51	1,41	18,23	15,8	209,72
6	61,87	1,68	16,16	18,93	235,01
7	77,08	1,58	17,52	6,48	128,40
8	65,85	2,03	15,02	16,55	209,03
9	69,66	2,04	6,31	20,15	206,59

**Группа 1.**

К этой группе можно отнести образцы, биохимические показатели которых совпадают, либо имеют несущественные различия с информацией предоставленной на упаковке. Это образцы под номерами 6, 7, 8 (Рис.1).

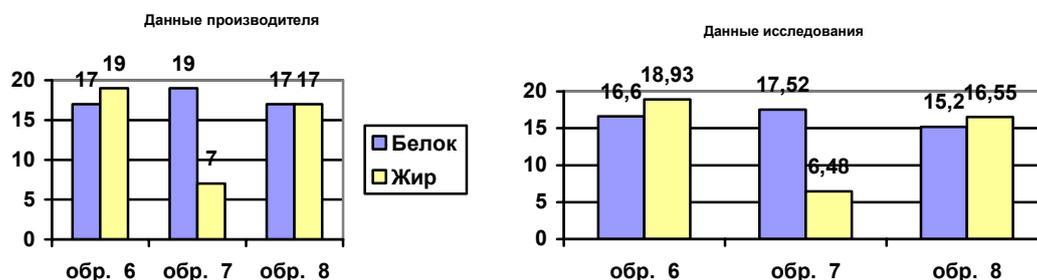


Рис.1. Сравнение содержания белка и жира в группе 1.

**Группа 2.**

В эту группу вошли образцы, биохимические показатели которых несущественно отличаются от данных, предоставленных производителем на упаковке. Но энергетическая ценность указана неверно. Это образцы под номерами 2 и 4 (Рис. 2).

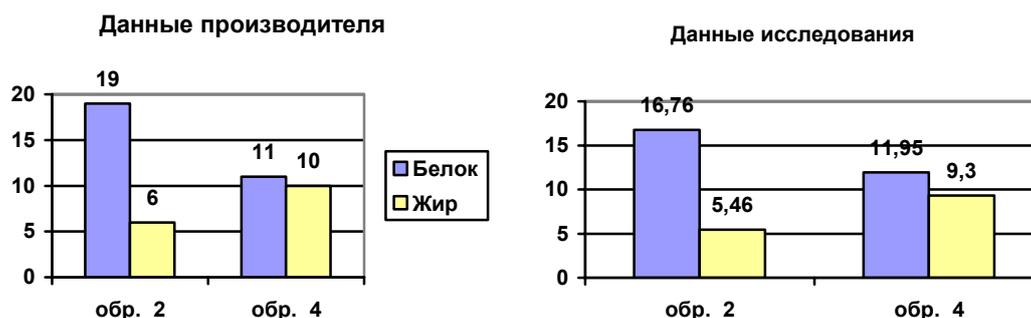


Рис. 2. Сравнение содержания белка и жира в группе 2.

Согласно Санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам для расчета энергетической ценности пищевых продуктов рекомендуется использовать следующие коэффициенты:

Белки – 4 ккал/г, Жиры – 9 ккал/г, Углеводы – 4 ккал/г

Если произвести соответствующие расчеты исходя из данных, предоставленных производителем, получаем следующее (Таблица 3).

Энергетическая ценность, рассчитанная по данным производителя и полученная опытным путем, отличается незначительно. С калорийностью указанной на этикетке обнаруживается большое расхождение. Содержание белка и жира отличается незначительно.

Таблица 3. Сравнение калорийности

№ образца	Калорийность, ккал (указанная на этикетке)	Калорийность, ккал (расчетная)	Калорийность, ккал (полученная опытным путем)
2	192	130	116,18
4	160	134	131,5

Следовательно, можно сделать вывод, что информация, предоставленная на потребительской упаковке об энергетической ценности продукта неверна.

### Группа 3.

В эту группу вошли образцы, имеющие большие расхождения по всем показателям. Это образцы под номерами 1, 3, 5, 9 (Рис. 3).

В продукте 3 в 2 раза завышено содержание жира. Разница между энергетической ценностью, указанной на упаковке и определенной опытным путем составляет 110 ккал.

В образцах 1 и 5 обнаруживается расхождение по содержанию жира и белка. В образце 9 сильно завышена массовая доля жира.

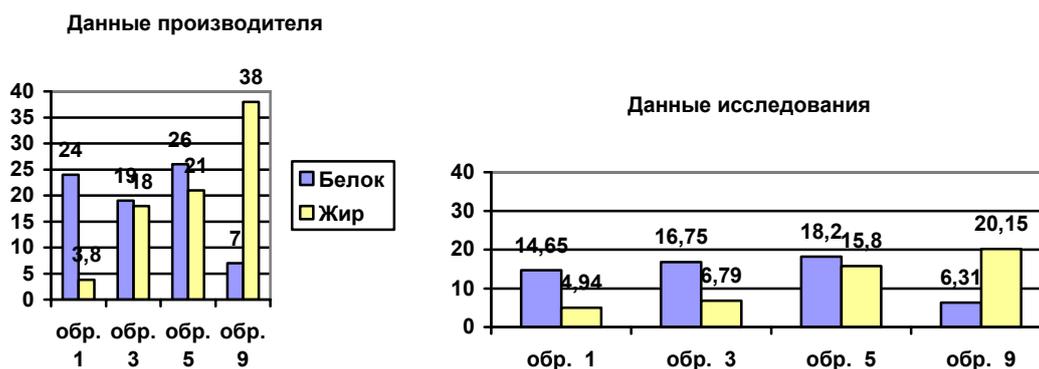


Рис. 3. Сравнение содержания белка и жира в группе 3.

Рассчитанная калорийность с использованием данных, полученных с этикетки образца, не соответствует значению, указанному производителем (рис.4). В образце 9 калорийность, указанная на этикетке и полученная опытным, путем, имеют расхождение в 272 ккал.

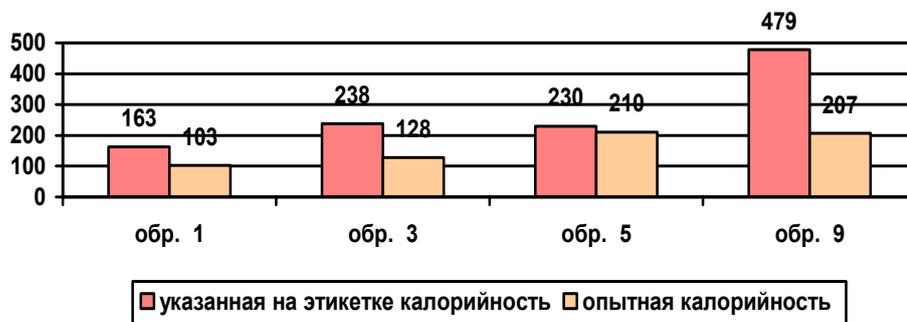


Рис. 4. Сравнение энергетической ценности в группе 3.

Помимо всего вышеперечисленного, в образце 1 указано содержание витаминов и минеральных веществ на 100 г продукта:

Витамин А – 3 %

Кальций – 30 %

Железо – 11 %

Очевидно, имеется ввиду процентное содержание витаминов и минеральных веществ от суточной нормы взрослого человека, но это не отражено на этикетке.

На основании полученных данных были сделаны следующие выводы:

1. Из 9 исследованных образцов лишь у 3 пищевая и энергетическая ценность заявленная производителем на упаковке совпадает с данными полученными в ходе исследования.

2. У 2-х образцов обнаружено несоответствие указанной на этикетке калорийности. В обоих случаях она оказалась завышенной.

3. В ходе исследования оставшихся 4 образцов наблюдаются расхождения с данными, декларируемыми производителями, по всем показателям.

4. Если доверять информации, указанной на этикетке образца 1, то содержание вит. А превышает суточную норму более чем в 12 тыс. раз; содержание кальция – в 160 раз, содержание железа – в 3340 раз. Данный образец не пригоден для употребления в пищу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гигиена питания. В 2 т. Т. 1. / под ред. К.С. Петровского. – М. : Медицина, 1982. - 286 с.
2. ГОСТ 7457-91. Консервы рыбные. Паштеты. Технические условия. – Введ. 1992-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – IV, 6 с.
3. ГОСТ 13865-2000. Консервы рыбные натуральные с добавлением масла. Технические условия. – Введ. 2004-01-01. - М. : Изд-во стандартов, 2003. – II, 8 с.
4. ГОСТ 16978-99. Консервы рыбные в томатном соусе. Технические условия. – Введ. 2000-10-01. - М. : Изд-во стандартов, 2000. – II, 13 с.
5. ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования. – Введ. 2005-07-01. - М. : Изд-во стандартов, 2005. - 29 с.
6. Константинова, Л.Л. Сырье рыбной промышленности / Л.Л. Константинова, Дубровин С.Ю. – СПб. : ГИОРД, 2005. - 240 с.
7. Нестерин, М. Ф. Химический состав пищевых продуктов / М. Ф.Нестерин. - М. : Пищевая промышленность, 1979. – 308 с.
8. Петровский, К. С. Гигиена питания / К. С. Петровский, В. Д. Ванханен. - М. : Медицина, 1982. - 528 с.
9. Поздняковский, В.М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров / В.М. Поздняковский. – Издательство Новосибирского Университета, 1996. - 432 с.
10. Покровский, А. А. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых веществ. В 2 кн. Кн. 2 / А. А. Покровский. - М. : Пищевая промышленность, 1984. – 328 с.
11. Рыба, рыбопродукты и вспомогательные материалы. Государственные стандарты. - М. : Изд-во стандартов, 1977. – II, 264 с.
12. Технология рыбы и рыбных продуктов / под ред. проф. А.М.Ершова. - СПб. : ГИОРД, 2006. - 944с.
13. Химический состав пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина. - М. : ВО Агропромиздат, 1987. - 360 с.

## **КЛЕТОЧНЫЕ И ГУМОРАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ЗАЩИТЫ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА У БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПАРОДОНТА**

**Фазылова Ю.В.** (г. Казань, ГОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет Росздрава», кафедра терапевтической стоматологии, E-mail: [periodont@rambler.ru](mailto:periodont@rambler.ru))

Is carried out a study of colonization resistance and the determination of the antiadhesive activity of the secretory opsonin of the mucous membrane of the cavity of mouth in the patients with the chronic inflammatory diseases of periodontium. Results testify about the informativeness of the opsonofagocytosis mechanisms of protection, which reflect the degree of gravity and prevalence of inflammatory process in the periodontium.

Достижения в области современной стоматологии позволяют нам рассматривать полость рта как сбалансированную биологическую систему, являющуюся следствием адаптации макро- и микроорганизмов [1]. Нормальная микрофлора полости рта является для организма «биологическим барьером», препятствующим размножению случайной, в том числе патогенной флоры. По мнению ряда авторов [1;3;4;5;8], нормальная микрофлора является одним из факторов, препятствующих прикреплению (адгезии) и размножению бактерий на слизистой оболочке полости рта (СОПР) – началу развития инфекционного процесса, тем самым принимает участие в реализации одного из основных механизмов местного иммунитета – колонизационной резистентности [3;8;11]. Кроме того, аутофлора является постоянным стимулятором локального иммунитета [3-5;8]. Таким образом, равновесие между бактериальным симбиозом, вирулентностью микроорганизмов и резистентностью организма обеспечивает целостность тканей ротовой полости. Когда это равновесие нарушается, развиваются патологические процессы в тканях пародонта [2-5;7;9;10;11].

На основании вышеизложенного была определена цель нашего исследования: изучить динамику колонизационной резистентности и секреторных опсонов у больных с хроническими воспалительными заболеваниями пародонта как показателей состояния местной иммунологической реактивности для полноценной диагностики и выбора наиболее рациональных методов лечения и профилактики заболеваний пародонта.

Под наблюдением находилось 157 пациентов в возрасте от 18 до 40 лет с хроническими воспалительными заболеваниями пародонта (ХВЗП): хроническим локализованным гингивитом (ХЛГ) – 15 (9,5%), хроническим генерализованным гингивитом (ХГГ) – 76 (48%), хроническим локализованным пародонтитом (ХЛП) – 12 (7,6%), хроническим генерализованным пародонтитом (ХГП) – 54 (34%) человека. Контрольную группу составили 50 доноров в возрасте от 16 до 25 лет.

Состояние иммунологической реактивности слизистой оболочки полости рта изучали по колонизационной резистентности – естественной и искусственной, ее устойчивости к заселению (адгезии) «посторонними» бактериями у больных с ХВЗП на модели буккального эпителия обследованных лиц. Клетки буккального эпителия получали утром, в день опыта, натошак путем соскоба с внутренней поверхности слизистой оболочки щек стерильным шпателем после тщательного полоскания полости рта и помещали в пробирку с фосфатным буфером (0,15 М; рН – 7,2). Затем полученный материал трижды отмывали фосфатным буфером центрифугированием в режиме 35 оборотов/минуту по 10 минут и взвешивали в концентрации  $3 \times 10^6 \text{ мл}^{-1}$ . Из полученного осадка готовили мазки, которые фиксировали

метанолом 10-15 минут и окрашивали по Романовскому и читали под микроскопом с иммерсией. Просматривали 50 эпителиальных клеток. О естественной колонизации судили по числу клеток *Streptococcus salivarius* в пересчете на 1 эпителиоцит. Результаты оценивались по балльной системе: 0 баллов – до 10 Strept.; 1 балл - 10-30 Strept.; 2 балла - 30-100 Strept.; 3 балла - 100-300 Strept.; 4 балла - более 300 Strept.

Для изучения искусственной колонизационной резистентности буккального эпителия в пробирку с материалом добавляли *Staphylococcus aureus*. Реакцию ставили по методике определения естественной колонизационной резистентности, однако перед 3х-кратным промыванием материала фосфатным буфером проводили его термостатирование в течение 30 минут при  $t=37^{\circ}\text{C}$ . после приготовления мазков, просматривали 50 эпителиоцитов и высчитывали среднее число бактерий, прикрепившихся к 1 клетке [6; 8].

Для определения антиадгезивной активности слюны буккальный эпителий донора (практически здорового человека) собирали в пробирку утром натошак стерильной ложкой со слизистой щеки, далее к нему добавляли 0,2 мл слюны больного (в контрольную пробирку – 0,2 мл трехфосфатного буфера), после чего материал термостатировали в течение 30 минут при  $t=37^{\circ}\text{C}$ , промывали трижды фосфатным буфером. Из полученного осадка готовили мазок по тем же правилам, что при определении искусственной колонизационной резистентности буккального эпителия. Подсчет клеток также вели по рассматриваемой выше балльной системе. Затем по формуле:  $AA = 1 - N$  (количество адгезированных клеток в слюне) /  $N$  (количество клеток в контрольном материале) определяли адгезивная активность слюны пациента в условных единицах.

Определение уровня секреторных опсонинов (лизоцима, SIgA) в смешанной слюне проводили методом радиальной иммунодиффузии в геле (по Manchini G. et al., 1965); секреторного фибронектина методом ИФА с использованием коммерческих тест-систем.

Определение концентрации ЦИК в смешанной слюне методом осаждения полиэтиленгликолем – 600 (по Dyugeon M. et al., 1977).

Результаты и обсуждение: анализ полученных результатов показал, что при хроническом локализованном гингивите (ХЛГ) показатели неспецифической резистентности и гуморальной защиты СОПР не имели достоверных отличий от идентичных показателей здоровых лиц контрольной группы.

При хроническом генерализованном гингивите (ХГГ) в зависимости от степени выраженности воспалительного процесса отмечалось достоверное уменьшение естественной колонизации клеток буккального эпителия: при легкой степени – на 19,1 % ( $p<0,05$ ), средней степени – на 21,7 % ( $p<0,05$ ), тяжелой степени – на 37,4 % ( $p<0,001$ ), соответственно повышение искусственной колонизации на 21,0 % ( $p>0,05$ ) – 61,4 %; ( $p<0,01$ ) – 100,2 % ( $p<0,001$ ) и снижение антиадгезивной активности слюны на 20,0 % ( $p>0,05$ ) – 22,0 % ( $p>0,05$ ) – 44,2 % ( $p<0,05$ ) по сравнению с показателями здоровых лиц.

Гуморальные факторы защиты СОПР у больных ХГГ имели разнонаправленный характер. Так, лизоцимная активность слюны не имела достоверных различий со степенью лизоцимной активности у здоровых лиц и не зависела от степени тяжести патологического процесса в тканях пародонта. Уровень SIgA также не имел достоверных различий по сравнению с уровнем здоровых лиц, однако имел достоверную зависимость от степени выраженности воспалительного процесса; если при легкой форме ХГГ по сравнению с показателями у больных ХЛГ снижался на 7,3 % ( $p>0,05$ ), то при средней степени и тяжелых формах ХГГ на 41,5% ( $p<0,05$ ) и на 51,2 % ( $p<0,01$ ) соответственно. Наиболее выраженное снижение уровня SIgA в смешанной слюне наблюдалось у больных с тяжелой формой хронического генерализованного гингивита по сравнению с легкой степенью – на 47,4 % ( $p<0,001$ ).

Активность секреторного опсонина – фибронектина достоверно повышалось у больных с тяжелой формой ХГГ на 22,1 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателями у здоровых лиц и на 16,9 % ( $p < 0,05$ ) – у больных с ХЛГ.

Уровень ЦИК в смешанной слюне имел тенденцию к повышению при ХЛГ, ХГГ легкой степени и достоверно отличался от уровня здоровых лиц при ХГГ средней степени тяжести – на 66,7 % ( $p < 0,05$ ) и в 4 раза ( $p < 0,05$ ) при ХГГ тяжелой степени тяжести: последняя форма отличалась высоким уровнем секреторных ЦИК по сравнению с хроническим генерализованным гингивитом легкой степени в 2 раза ( $p < 0,05$ ).

При хроническом пародонтите регистрировались показатели колонизационной резистентности в прямой зависимости от тяжести воспалительного процесса достоверно отличающиеся от показателей здоровых лиц: уменьшение естественной колонизации (ЕК) при ХЛП на 29,7 % ( $p < 0,05$ ); при ХГП I степени – на 37,5 % ( $p < 0,01$ ); II степени – на 43,7 % ( $p < 0,001$ ); III степени – на 55,6 % ( $p < 0,001$ ); повышение искусственной колонизации (ИК) – соответственно на 46,9 % ( $p < 0,01$ ) при ХЛП; 67,9 % ( $p < 0,001$ ) при ХГП легкой (I) степени; в 2 раза ( $p < 0,001$ ) при средней (II) степени тяжести ХГП; в 2,4 раза ( $p < 0,001$ ) при тяжелой (III) степени ХГП; снижение антиадгезивной активности слюны (ААС) – соответственно на 30,3 % ( $p > 0,05$ ); 40,0 % ( $p < 0,05$ ); 46,3 % ( $p < 0,05$ ); 54,7 % ( $p < 0,01$ ).

Гуморальные факторы защиты СОПР также отражали степень тяжести хронического пародонтита. Так уровень секреторного лизоцима при ХЛП достоверно не отличался от показателей здоровых лиц контрольной группы, тогда как при ХГП достоверно был сниженным в зависимости от степени тяжести заболевания: при легкой степени на 25,0 % ( $p < 0,05$ ); средней степени тяжести – на 28,2 % ( $p < 0,01$ ) и на 35,2 % ( $p < 0,001$ ) при тяжелом поражении пародонта. При сравнительном анализе активности секреторного лизоцима между группами больных хроническими формами пародонтита достоверные различия были выявлены в снижении его уровня при тяжелой форме генерализованного пародонтита в сравнении с локализованным пародонтитом на 23,4 % ( $p < 0,05$ ).

SIgA у больных с хроническим пародонтитом имел тенденцию к снижению при всех его формах, однако достоверное различие имело место при тяжелой форме хронического генерализованного пародонтита по сравнению с уровнем здоровых лиц на 58,8 % ( $p < 0,05$ ).

Уровень секреторного фибронектина имел тенденцию к повышению активности при всех формах хронического пародонтита, при этом достоверное его повышение отмечалось лишь при генерализованном пародонтите III степени тяжести – на 29,3 % ( $p < 0,05$ ).

Секреторные ЦИК характеризовались достоверным повышением уровня при ХЛГ в 3 раза ( $p < 0,01$ ); при ХГП легкой степени – в 4 раза ( $p < 0,001$ ), ХГП средней степени – в 5 раз ( $p < 0,001$ ), тяжелой степени – в 6 раз ( $p < 0,005$ ) по сравнению с уровнем здоровых лиц. Сравнительный анализ между формами хронического пародонтита выявил достоверные различия в повышении уровня секреторных ЦИК между показателями больных с ХГП легкой степени тяжести и ХЛП в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ); ХГП средней степени тяжести и ХЛП в 2 раза ( $p < 0,05$ ); ХГП тяжелой формы и ХГП легкой степени тяжести в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, колонизационная резистентность и гуморальные факторы защиты СОПР у больных ХВЗП отражают степень тяжести и распространенность воспалительного процесса в пародонте: чем тяжелее процесс, тем более выражено снижение естественной колонизации «оральными» стрептококками буккального эпителия и антиадгезивной активности слюны, что указывает на несостоятельность первичных барьерных механизмов СОПР и тканей пародонта на пути внедрения болезнетворных микроорганизмов и их размножения. На это указывает также повышение искусственной колонизации с тест-микробом *Staphylococcus aureus*. Гуморальные же, секреторные факторы местной защиты, такие как лизоцим, SIgA, фибронектин, ЦИК в целом активизируются при хроническом

пародонтите, однако по мере утяжеления процесса, нарастания признаков хронического воспаления – истощаются в результате компенсаторного их потребления как опсонин (за исключением фибронектина). Повышение уровня ЦИК подтверждает участие клеточных и гуморальных факторов местного иммунитета в механизмах купирования воспалительного процесса в пародонте.

Выводы:

1. Уровень заселения СОПР условно-патогенной флорой определяет степень тяжести и распространенность патологического процесса в пародонте и отражает активность колонизационной резистентности СОПР у больных ХВЗП.

2. Гуморальные факторы СОПР у больных ХВЗП коррелируют с показателями колонизационной резистентности.

Литература:

1. Безрукова И.В. Микробиологические и иммунологические аспекты этиопатогенеза быстро прогрессирующего пародонтита (обзор литературы) // Пародонтология. – 2000. - № 3. – с. 3-9.; библиография: 87 названий.
2. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта. – М.: Медицина, 1991. – 301 с.
3. Булгакова А.И. Влияние состояния местного иммунитета десны и ротовой полости на течение хронического пародонтита // Новое в стоматологии. – 2001. - № 10. – с. 90-93.
4. Быков В.Л. Тканевые и клеточные защитные механизмы слизистой оболочки полости рта // Морфология. – 1996. - №6. – с. 14-24.
5. Данилевский Н.Ф., Борисенко А.В. Заболевания пародонта. – К.: Здоров'я, 2000. – 464 с.: ил.; библиография: 190 названий.
6. Иванов В.С. Заболевания пародонта. – 3-е изд. – М.: Медицина, 1998. – 272 с.; библиография: 90 названий.
7. Клиническая оценка лабораторных тестов: Пер. с англ. / Под. ред. Н.У. Тица. – М.: Медицина, 1986. – 480 с.
8. Левин М.Я., Орехова Л.Ю., Антонова И.Н. и др. Иммунологические показатели слюны и крови при воспалительных заболеваниях тканей пародонта // Пародонтология, 1999. – №2. – с. 10-13.
9. Маянский А.Н., Воробьева О.Н., Малышева Э.Ф., Малышев Ю.В. Взаимоотношения между естественной колонизацией и адгезией бактерий к буккальному эпителию у человека / Маянский А.Н., Воробьева О.Н., Малышева Э.Ф. и др. // Журнал микробиол., эпидемиол. и иммунологии. – 1987. - № 2. – с. 18-20.; библиография: 12 названий.
10. Маянский А.Н., Пичугина Л.П., Малышева Э.Ф., Червова Р.А. Естественная колонизация буккального эпителия у больных с пародонтитом / Маянский А.Н., Пичугина Л.П., Малышева Э.Ф. и др. // Нижегородский мед. журнал.- 1991. - № 3. – с. 20-22.; библиография: 11 названий.
11. Нургазина Г.К. Функциональное состояние клеток буккального эпителия у больных генерализованным пародонтитом: Автореф. дисс...канд. мед.наук. – Алма-Ата, 1992. – 20 с.; 14.00.21 – стоматология.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ «СТРУКТУРА – ИНГИБИРОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ 15-ЛИПОКСИГЕНАЗЫ» МЕТОДАМИ QSAR

**Хайруллина В.Р., Бёгель Х., Энциан А.** (*г. Уфа, БашГУ, кафедра физической химии и химической экологии; e-mail: Veronika1979@yandex.ru*)

«Structure - activity» relationships at the row of 15-lipoxygenase inhibitors are investigated. Descriptors, that are for effective syntetic inhibitors of 15-lipoxygenases characteristic, have been described.

Рациональный поиск соединений, обладающих заданным профилем биологического действия, требует привлечения сведений о связи молекулярной структуры с биологической активностью. Знание связи между структурой и активностью необходимо для конструирования потенциальных лекарств, а также направленного синтеза многих других видов биологически активных соединений. На этом пути лежит ключ к пониманию механизмов фармакологического, токсического, мутагенного или канцерогенного действия целого ряда химических соединений [1].

В настоящее время благодаря развитию прогрессивных компьютерных технологий ведущие отечественные и зарубежные фармкомпании активно привлекают компьютерные методы для поиска новых перспективных лекарств и усовершенствования существующих лекарственных препаратов. Построение теоретических моделей, описывающих взаимосвязь «структура – свойство» или «структура – активность», позволит в десятки раз сократить материальные и временные ресурсы на целенаправленный отбор биологически активных соединений с требуемыми свойствами для синтеза и клинических испытаний.

Целью настоящего проекта было установление взаимосвязи «структура – ингибирование каталитической активности 15-липоксигеназы» в ряду синтетических биологически активных веществ методами QSAR.

### Методика эксперимента

Изучение количественной взаимосвязи «структура – активность» в ряду эффективных ингибиторов 15-ЛОГ проводили в рамках программного пакета MOE (The Molecular Operating Environment) [2].

Исследования включали в себя несколько этапов.

**1. Формирование обучающей выборки.** Обучающий массив формировали на основе литературных данных о строении и ингибирующей активности различных биологически активных веществ по отношению к 15-ЛОГ [3]. В качестве количественной характеристики ингибирующей активности рассматривали величину  $IC_{50}$ . Для корректного описания количественной взаимосвязи «структура – ингибирование каталитической активности 15-ЛОГ» отбор структур в обучающие массивы проводился на основании анализа структурного сходства соединений с использованием кластерного анализа в рамках программы MARVIN [4]. С помощью данной программы была сформирована обучающая выборка: на основе сульфонамидов незамещенных, С-2 и 2-(2-бензофуранилзамещенных триптаминов и гомотриптаминов, характеризующиеся высокой степенью структурного сходства (различия в структурах соединений внутри каждого массива не должны превышать 20%). Ингибирующая активность исследуемых структур находится в широком диапазоне концентраций: 0,006 — 10 мкмоль/л. В дальнейшем все исследуемые молекулы были подвергнуты процедуре оптимизации их структур и минимизации энергии с использованием метода силовых полей MMFF (Merck Molecular Force Field), заложенного в программном пакете MOE [2].

**2. Представление структуры химического соединения на языке дескрипторов (Д).** Количественную оценку свойств молекул проводили исходя из расчета численных значений дескрипторов. Рассматривали при этом два типа дескрипторов: 1) 2D-дескрипторы, зависящие от числа и характера атомов в молекуле; 2) 3D-дескрипторы, зависящие от пространственного расположения анализируемых молекул. Для каждой молекулы был проведен расчет 10 типов 2D- и 3D-дескрипторов.

**3. Оценка информативности всех признаков.** Характер влияния дескрипторов на ингибирующую активность по отношению к 15-ЛОГ оценивали по коэффициенту мультилинейной регрессии  $r$  ( $0 < r < 1$ ) [2].

**4. Формирование математической модели прогноза и ее апробация на соединениях обучающих массивов.**

Полное дескрипторное описание исследуемых групп соединений, является избыточным. В связи с этим нами проведено сокращение его размерности до оптимального уровня и определены наиболее значимые для формирования статистической модели сочетания дескрипторов.

Модели распознавания и прогноза для исследуемого типа активности формировали в виде регрессионного уравнения [2]:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 \dots + a_nx_n,$$

где  $y$  - изучаемая активность;  $x_1, x_2, x_n$  - дескрипторы (независимые параметры, характеризующие активность);  $a_0, a_1, a_2, a_n$  - константы, описывающие вклад данных дескрипторов в активность.

### Основные результаты

Для каждой молекулы обучающей выборки с использованием ресурсов программы МОЕ был выполнен расчет 165 различных типов дескрипторов. Среди всех возможных комбинаций дескрипторов, предназначенных для моделирования взаимосвязи «структура – ингибирование каталитической активности 15-ЛОГ» в ряду сульфонамидов незамещенных, С-2 и 2-(2-бензофуранилзамещенных триптаминов и гомотриптаминов (табл. 2.1-2.4), хорошие статистические результаты были получены с 12 дескрипторами. Наилучший статистический результат (удовлетворительные статистические показатели при минимальном количестве дескрипторов) показали уравнения (4) и (7). В связи с этим именно они были выбраны для построения регрессионных моделей  $F_1$  и  $F_2$ .

$$\begin{aligned} -\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = & -7.968 + 0.205 \cdot \frac{vsa\_don}{SD(vsa\_don)} + 0.465 \cdot \frac{\lg P(o/w)}{SD(\lg P(o/w))} + \\ & + 0.222 \cdot \frac{glob}{SD(glob)} + 0.413 \cdot \frac{opr\_brigid}{SD(opr\_brigid)} \end{aligned} \quad (1)$$

$$n = 45, r^2 = 0.81, s = 0.427, q^2 = 0.78, qs = 0.475$$

$$\begin{aligned} -\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = & -8.235 + 0.707 \cdot \frac{\lg P(o/w)}{SD(\lg P(o/w))} + 0.272 \cdot \frac{glob}{SD(glob)} + \\ & + 0.29302 \cdot \frac{lip\_acc}{SD(lip\_acc)} + 0.27241 \cdot \frac{FCASA^-}{SD(FCASA^-)} \end{aligned} \quad (2)$$

$$n = 45, r^2 = 0.82, s = 0.416, q^2 = 0.78, qs = 0.457$$

$$-\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = 52.979 + 0.530 \cdot \frac{\lg P(o/w)}{SD(\lg P(o/w))} + 0.465 \cdot \frac{GCUT\_PEOE\_0}{SD(GCUT\_PEOE\_0)} -$$

$$- 0.121 \cdot \frac{PEOE\_VSA\_2}{SD(PEOE\_VSA\_2)} + 0.25718 \cdot \frac{a\_don}{SD(a\_don)}$$

$$n = 45, r^2 = 0.84, s = 0.382, q^2 = 0.78, qs = 0.468 \quad (3)$$

$$-\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = 40.650 + 0.591 \cdot \frac{\lg P(o/w)}{SD(\lg P(o/w))} + 0.316 \cdot \frac{lip\_acc}{SD(lip\_acc)} +$$

$$+ 0.372 \cdot \frac{GCUT\_PEOE\_0}{SD(GCUT\_PEOE\_0)}$$

$$n = 45, r^2 = 0.84, s = 0.394, q^2 = 0.78, qs = 0.460 \quad (4)$$

$$-\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = -6.501 + 0.570 \cdot \frac{SMR}{SD(SMR)} + 0.144 \cdot \frac{glob}{SD(glob)} +$$

$$+ 0.362 \cdot \frac{E\_sol}{SD(E\_sol)} + 0.191 \cdot \frac{a\_don}{SD(a\_don)}$$

$$n = 45, r^2 = 0.82, s = 0.413, q^2 = 0.78, qs = 0.464 \quad (5)$$

$$-\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = -5.686 + 0.195 \cdot \frac{AM1\_LUMO}{SD(AM1\_LUMO)} - 0.309 \cdot \frac{PEOE\_VSA+0}{SD(PEOE\_VSA+0)} +$$

$$+ 0.266 \cdot \frac{E\_sol}{SD(E\_sol)} + 0.884 \cdot \frac{SMR}{SD(SMR)}$$

$$n = 45, r^2 = 0.84, s = 0.398, q^2 = 0.79, qs = 0.455 \quad (6)$$

$$-\frac{\lg IC_{50}}{SD(\lg IC_{50})} = -5.790 + 0.310 \cdot \frac{E\_sol}{SD(E\_sol)} + 0.749 \cdot \frac{SMR}{SD(SMR)} - 0.212 \cdot \frac{PEOE\_VSA+0}{SD(PEOE\_VSA+0)}$$

$$n = 45, r^2 = 0.82, s = 0.420, q^2 = 0.78, qs = 0.460 \quad (7)$$

Таким образом, с использованием теоретических методов компьютерного моделирования, реализованных в программном пакете МОЕ, изучена взаимосвязь «структура – свойство» в ряду 45 производных триптамина, гомотриптамина, характеризующихся различной степенью торможения каталитической активности фермента 15-ЛОГ. На основании детального анализа закономерностей в строении и физико-химических свойствах эффективных ингибиторов данного фермента, выявлены наиболее значимые для целевой активности дескрипторы, на их базе построено 2 регрессионных модели, позволяющие не только предсказывать активность структурных аналогов изученных молекул, но и прогнозировать строение новых потенциально эффективных ингибиторов 15-ЛОГ. Степень влияния найденных дескрипторов на целевое свойство определяется величиной констант в полученных регрессионных зависимостях.

Анализ уравнений, полученных для ряда производных триптамина и гомотриптамина, позволяет заключить, что решающий вклад в проявление ингибирующей активности этими

веществами оказывают физические, энергетические и фармакофорные свойства их молекул, а также их форма. Немаловажную роль для эффективного взаимодействия лигандов с гипотетическим активным центром рецептора оказывают их электростатические свойства, а также площадь ван-дер-ваальсовой поверхности, необходимой для установления электростатических взаимодействий в системе «активный центр – вода-лиганд». В частности, существенное влияние в ингибирование каталитической активности 15-ЛОГ изученными гетероциклическими соединениями обнаруживают такие их свойства, как липофильность и поляризуемость молекул ингибиторов. Соответствующие им дескрипторы характеризуются высоким численным значением констант в найденных регрессионных зависимостях (1-7). Аналогичное влияние на активность оказывает число акцепторов водородных связей в рассмотренных структурах, а также парциальный заряд их фармакофорных фрагментов.

#### **Список литературы:**

1. Kenyon V., Chorny I., Carvajal W.J., Holman T.R. Novel human lipoxygenase inhibitors discovered using virtual screening with homology models // *J. Med. Chem.* 2006. №49. P. 1356-1363.
2. <http://www.chemcomp.com>.
3. Weinstein D.S., Liu W., Gu Zh. Et all. Tryptamine and homotryptamine-based sulfonamides as potent and selective inhibitors of 15-lipoxygenase // *Bioorg & Med. Chem. Letters.* 2005. № 15. P. 1435-1440.
4. <http://www.chemaxon.com>.

## СТРУКТУРНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭФФЕКТИВНЫХ ИНГИБИТОРОВ 5-ЛИПОКСИГЕНАЗЫ

**Хайруллина В.Р., Таипов А.И., Санникова М.Н., Герчиков А.Я., Зарудий Ф.С.**

*(г. Уфа, БашГУ, кафедра физической химии и химической экологии;*

*e-mail: Veronika1979@yandex.ru)*

«Structure - activity» relationships at the row of 5-lipoxygenase inhibitors are investigated. Structural descriptors, that are for effective natural and syntetic inhibitors of 5-lipoxygenases characteristic, have been described.

Фермент 5-липоксигеназа (5-ЛОГ) катализирует окислительные превращения полиненасыщенных жирных кислот под действием молекулярного кислорода с образованием гидропероксидных продуктов, участвующих в самых разных нежелательных метаболических процессах в организме животных и человека [1-2]. В частности, известно, что конечные продукты окислительных превращений арахидоновой кислоты – лейкотриены, образующиеся под действием 5-ЛОГ, способствуют развитию таких заболеваний как: бронхиальная астма, воспаление желудочно-кишечного тракта, кожные заболевания, ревматоидный артрит, рак [3-4]. Регулирование окислительных превращений полиненасыщенных жирных соединений с помощью ингибиторов каталитической активности данного фермента позволит предотвратить чрезмерное образование токсичных продуктов, и, следовательно, представляет высокую терапевтическую ценность для лечения патологий, связанных с нарушением процессов перекисного окисления липидов в организме животных и человека. В связи с этим поиск эффективных ингибиторов 5-ЛОГ представляет собой актуальную практически важную задачу.

Целью настоящей работы было изучение взаимосвязи «структура – активность» в ряду природных и синтетических ингибиторов 5-ЛОГ. Наличие объективной взаимосвязи между строением и биологической активностью позволяет использовать для достижения поставленной цели методы теории распознавания образов.

### Методика эксперимента

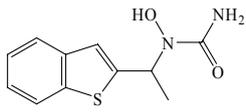
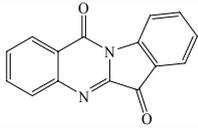
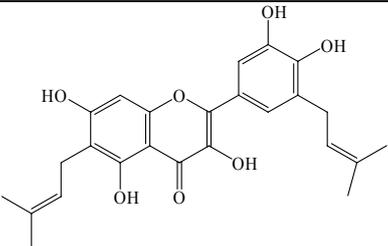
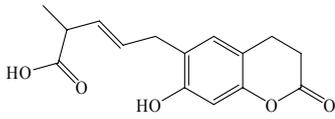
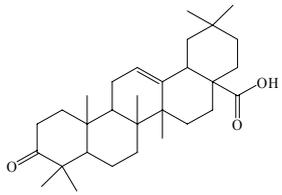
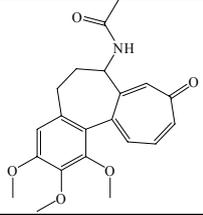
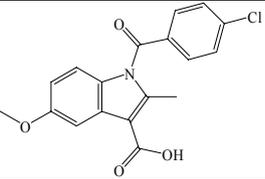
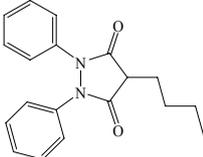
Исследования взаимосвязи «структура – свойство» выполнены основных процедур компьютерной системы SARD-21 [5] и включали в себя несколько этапов:

1. Формирование обучающей выборки. Обучающий массив формировали на основе литературных данных о строении и ингибирующей активности 89 природных и синтетических азот-, кислород- и серосодержащих биологически активных соединений по отношению к 5-ЛОГ. В него вошли 50 соединений с выраженной ингибирующей активностью (значения  $IC_{50} \leq 5$  мкмоль на самцах диких кроликов, класс А) и 39 соединений, обладающих данным свойством в весьма незначительной степени ( $ED_{50} > 7$  мкмоль, класс В) [4]. Типичные структуры ингибиторов 5-ЛОГ, вошедшие в обучающую выборку, приведены в табл. 1.

2. Представление структур соединений на принятом языке описания, включающее в себя дезагрегирование исходных структур, и образование сложных субструктур и их логических сочетаний (конъюнкций, дизъюнкций, строгих дизъюнкций). Структуры исследуемых химических соединений представляли на языке фрагментарных дескрипторов (ФД). Полное дескрипторное описание включало три вида ФД: 1) исходные фрагменты, в том числе элементы циклических систем и сами циклические системы; 2) субструктуры из нескольких химически связанных исходных фрагментов; 3) логические функции (конъюнкции, дизъюнкции, строгие дизъюнкции) на основе дескрипторов первого и второго типов. В дальнейшем с использованием экспериментально подобранных эвристических критериев 3\3 (т.е. признак

должен встречаться в трех структурах своего ряда и одна структура для распознавания должна содержать минимум три признака) проведено сокращение его размерности до оптимального уровня и определены наиболее значимые факторы – решающий набор признаков (РНП) [5].

**Таблица 1. Структуры соединений обучающего массива**

<b>Класс среднеэффективных ингибиторов 5-ЛОГ</b>	
	
	
<b>Класс низкоэффективных ингибиторов 5-ЛОГ</b>	
	
	

Модели распознавания и прогноза для исследуемого типа активности формировали в результате сочетания правил классификации и решающего набора структурных параметров в виде логических уравнений типа  $C=F(S)$ , где  $C$  – свойство (активность),  $F$  – правила распознавания (алгоритм распознавания образов, по которому производится классификация исследуемых соединений, - геометрический или метод «голосования»),  $S$ -набор распознающих структурных параметров (РНП). Эффективность моделей исследуемых типов активности определяли по результатам тестирования соединений экзаменационной выборки и структур исходного ряда. Распознавание структур и прогноз целевых свойств проводили с использованием двух методов теории распознавания образов: а) геометрического подхода б) метода голосования .

3. Анализ влияния структурных признаков на наличие исследуемой активности. В качестве величины, характеризующей эффективность действия, используется коэффициент корреляции качественных признаков Юла ( $r$ ). В рамках используемой модели, чем выше положительное значение  $r$ , тем больше вероятность проявления рассматриваемым соединением ингибирующего действия по отношению к 5-ЛОГ [5].

Тестирование сформированного РНП на экзаменационной выборке, состоящей из 25 соединений, не вошедших в обучающую выборку, показало 70% уровень достоверного распознавания по обоим методам, что свидетельствует о применимости созданной математической модели для дальнейших исследований.

В результате проведенной работы были сформированы РНП и математическая модель прогноза и распознавания эффективных ингибиторов активности 5-ЛОГ (табл.2). В РНП при автоматическом отборе в рамках используемого алгоритма, вошли фрагментарные признаки и их логические сочетания, потенциально ответственные за проявление исследуемых типов активности. Для проверки достоверности установленных зависимостей проведено тестирование РНП на соединениях обучающего массива и экзаменационной выборки.

Признаки с положительным коэффициентом информативности в табл. 2 характерны для среднеэффективных ингибиторов 5-ЛОГ, а с отрицательным – для соединений, у которых ингибирующий эффект каталитической активности 5-ЛОГ выражен в незначительной степени.

**Таблица 2. Решающий набор признаков**

№ признака	Содержимое признака	r
1	$\{(-OH) - (>C=C<)\} \text{ I } \{(>N-) - (-OH)\} \text{ I } \{(-CH_2\text{het-}) - (>C<)\}$	0,625
2	$\{(-CH_3) - (-O-)\} \text{ I } \{(-C\equiv C-) - (\text{паразам. бензол})\} \text{ I } \{(-CH_2\text{het-}) - (>C<)\}$	0,463
3	$\{(>N-) - (-OH)\} \text{ I } \{(-CH_2\text{het-}) - (>C=O)\} \text{ I } \{(>C=O) - (-C\equiv C-)\}$	0,462
4	$(-OH) \text{ I } (-O-) \text{ I } (-CH_2\text{het-})$	0,446
5	$\{(-O-) - (>C=C<)\} \text{ I } \{(-C\equiv C-) - (\text{паразам. бензол})\} \text{ I } \{(-CH_2\text{het-}) - (>C<)\}$	0,441
6	$\{(>C=O) - (-OH)\} \text{ I } \{(>N-) - (>C=C<)\} \text{ I } \{(-O-) - (>C=O)\}$	-0,620
7	$\{(-N=C<) - (>C=C<)\} \text{ I } \{(>N-) - (>C=C<)\} \text{ I } \{(>CH-) - (>C<)\}$	-0,552
8	$(-N=C<) \text{ \& } (1,2,4\text{-тризам. -1,4-дигидрохинолин}) \text{ \& } (\text{монозамещённый бензол})$	-0,497
9	$(1,2,4\text{-тризам. -1,4-дигидрохинолин}) \text{ \& } (6\text{-зам. хинолин}) \text{ \& } (\text{монозамещённый бензол})$	-0,417
10	$(-CH_2-) \text{ \& } (\text{монозам. бензол}) \text{ \& } (-(CH_2)_{4..10-})$	-0,392
11	$(\text{монозам. бензол}) \text{ \& } (>C<) \text{ \& } (Cl)$	-0,359

I – условное обозначение дизъюнкции

& - условное обозначение конъюнкции

В результате анализа структурных признаков модели выявлены циклические и ациклические признаки, характерные для эффективных ингибиторов каталитической активности 5-ЛОГ.

Установлено, что степень и характер влияния признака на проявление агонистической активности зависит как от природы, так и от способа сочетания с соседними признаками. Так последовательное сочетание метиновой группы с кислородом и четвертичным атомом углерода характерно для высокоэффективных ингибиторов 5-ЛОГ, в то время как сочетание этой же группы с амино фрагментом или с кислородным фрагментом негативно влияет на проявление ингибирующего действия.

Полученные результаты могут быть применены для скрининга широкого круга соединений на наличие у них ингибирующей активности по отношению к 5-ЛОГ, модификации

уже известных соединений, с целью усиления их активности, а также поиска новых структур с заданным типом активности.

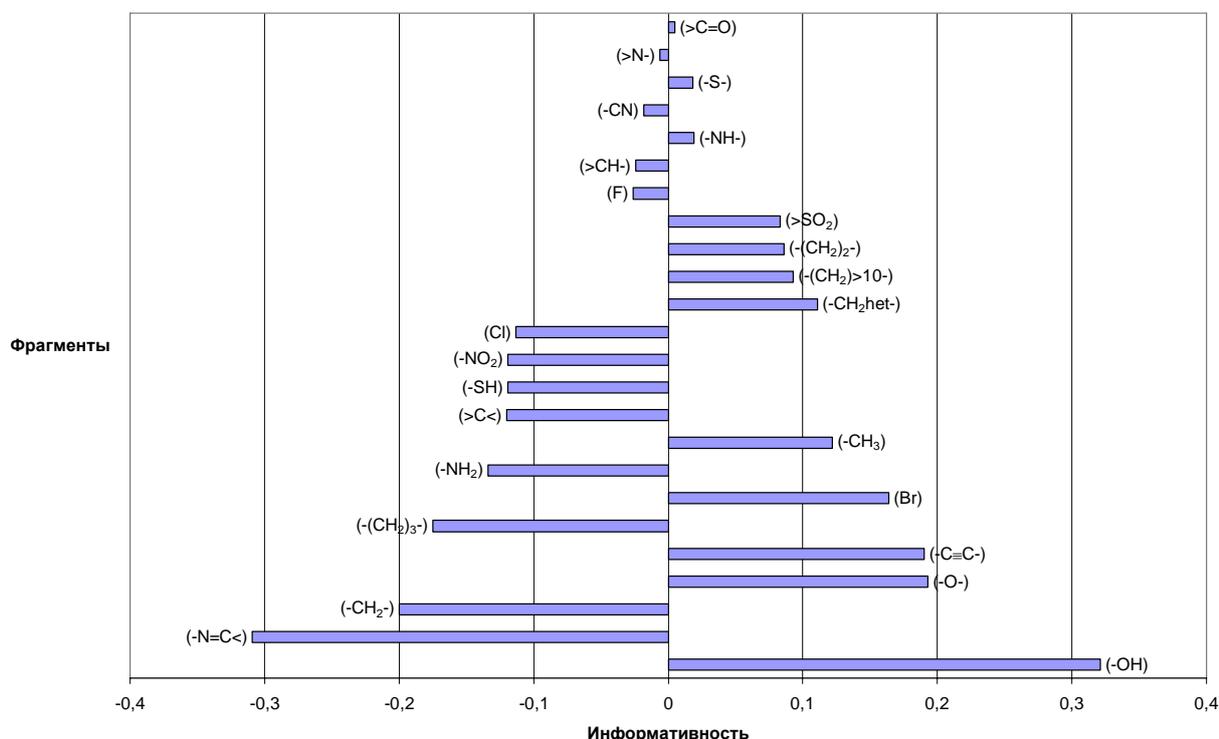


Рис.1. Влияние ациклических фрагментов на эффективность ингибирующего действия по отношению к 5 – ЛОГ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Denisov E.T., Afanasev I.B. Oxidation and antioxidants in organic chemistry and biology CRC Press, 2005, 1024 P.
2. Pontiki, E.; Hadjipavlou-Litina, D. Lipoxygenases (LOs): a heterogenous family of lipid peroxidizing enzymes implicated in cell differentiation, inflammation, asthma, carcinogenesis, atherosclerosis-an interesting target for the development of promising drugs // Curr. Enzyme Inhib. 2005. 1. P. 309-327.
3. Brash A. R. Lipoxygenases: occurrence, functions, catalysis, and acquisition of substrate // J. Biol. Chem. 1999. 274. P.23679-23682.
4. Werz O. Inhibition of 5-lipoxygenase product synthesis by natural compounds of plant origin // Planta Med. 2007. 73. P. 1331-1357.
5. Тюрина Л.А., Тюрина О.В., Колбин А.М. Методы и результаты дизайна и прогноза биологически активных веществ Уфа: Гилем: 2007. 336 с.

## РОЛЬ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АДАПТАЦИИ ХВОЙНЫХ ПОРОД НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

**Шашкова Е.В., Падалко В.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии)

Известно, что ассимилирующие органы древесных растений различаются зольностью и минеральным составом (Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. И., 1974). С увеличением степени родства различия в химизме этих органов заметно сглаживаются. Тем не менее такие различия, вероятно, могут существовать на любом таксономическом уровне, вплоть до генотипа. Минеральный состав ассимилирующих органов растений, произрастающих в сходных условиях, также может быть подвержен колебаниям, но, очевидно, должен сохраняться в генетически обусловленных пределах, свойственных определенной таксономической единице (семейство, род, вид, климатип). Наименее подверженными таким изменениям, т. е. наиболее наследственно консервативными по химическому составу являются семена растений.

Лучшей адаптационной способностью к условиям Кольского севера отличаются климатипы лиственницы с низкозольными семенами, характеризующимися высоким содержанием «балластного» элемента кремния и незначительным накоплением элементов-биофилов фосфора, кальция, а так же марганца. Поскольку сосна и ель так же относятся как и лиственница к классу хвойных. Мы можем констатировать факт успешного проведения лесовосстановительных работ на Кольском полуострове за счет низкой зольности семян сосны и ели местного происхождения.

Если же привести данные о зольности подстилки в лесах Карелии, то получится следующая картина. Суммарное содержание зольных элементов (Ca, K, Si, Mg, Mn, Al, Fe, Na), к примеру, в ельниках Карелии по фитомассе составляет 300-600, а в подстилке 350-650 кг/га (В.В.Добровольский, 1999).

Если эти данные экстраполировать на состояние зольности семян хвойных пород той же сосны и ели, произрастающих в лесах Карелии, то можно с достаточно высокой степенью достоверности говорить и о высокой зольности их семенного потомства. И если эти семена высеять в условиях малой зольности лесной подстилки Кольского полуострова, то в первые 10-15 лет питательных веществ будет достаточно для роста лесных культур.

По мере роста деревьев в лесных культурах, они будут все больше и больше испытывать недостаток элементов-биофилов, низкое содержание которых, как говорилось выше, обнаруживается в лесной подстилке Кольского полуострова. Это будет способствовать ослаблению растительного организма, в связи с чем деревья в зимний период начнут подмерзать, больше подвергаться влиянию снежного шута и другим отрицательным воздействиям суровой природной среды Кольского полуострова.

И все-таки при наличии даже низкой урожайности местных семян хвойных пород, проблему товарного семеноводства при лесовосстановлении на крайнем севере можно решить за счет семян того же инорайонного происхождения. Для этого потребуются провести лабораторные исследования по зольности семян и лесной подстилки северных частей таежно-лесных ландшафтов республики Карелия, Архангельской области, республики Коми, наиболее близких по природно-климатическим условиям к Кольскому северу. Этим можно определить перспективные насаждения этих регионов для сбора семян с низкой зольностью и дальнейшего их использования в лесокультурном производстве Кольского полуострова.

Положительное разрешение всех вышеизложенных проблем будет иметь не только прикладное значение для лесного хозяйства Кольского полуострова, но и позволит глубже понять законы. Управляющие поведением и взаимодействием базисных структур природы

Кольского севера. Для этого потребуются проведение различного рода экспериментальных работ с семенным материалом разного происхождения, а так же с пробами лесных подстилок в лесорастительных биоценозах Северо-запада и Кольского полуострова.

Литература:

1. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. И. Физиология древесных растений. М., Лесная промышленность, 1974.- 424 с.
2. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: Учебник для вузов- М.:Гуманит.изд.центр ВЛАДОС,1999.-с.208.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ РЫБ В УСЛОВИЯХ АКВАТОРИИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА**

**Широкая Т.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии*)

Проведена оценка экологического состояния акватории Кольского залива в условиях антропогенного загрязнения на основе изучения гидрохимических показателей. На основе сравнительного анализа гидрохимических показателей состояния водных масс Кольского залива выявлены районы, подвергающиеся наибольшей антропогенной нагрузке: район морского вокзала, район нового моста и район Абрам-мыса, относящиеся к южному колену залива.

В наиболее загрязненных районах отмечено нарушение пространственно-временного распределения гидрохимических параметров, превышение предельно допустимого уровня по рыбохозяйственным нормативам в отношении содержания аммонийного азота, железа, а также величины общей жесткости под влиянием абиотических факторов.

Также проведена оценка гидрохимического состояния водоемов, относящихся к бассейну Кольского залива. Установлено превышение ПДК по содержанию биогенных веществ и тяжелых металлов, обусловленное расположением источников загрязнения, негативно сказывающихся в первую очередь на ручье Варничном и озере Ледовом.

Проведено изучение динамики химического состава и биохимических свойств рыб в разные периоды годового цикла. Проведенные исследования тканей рыб, характерных для Кольского залива (треска, пикша, сайка, песчанка, бычок и др.), были направлены на выявление особенностей их химического состава, биохимических свойств с целью установления характерных биохимических маркеров, дающих возможность решить проблему биоиндикации состояния гидробионтов Северного бассейна, оценить на молекулярном уровне степень негативного антропогенного воздействия.

Установлены следующие закономерности: динамика содержания основных химических показателей (общего азота, белкового азота, небелкового азота, аминного азота, водорастворимого белка, липидов, водорастворимых витаминов и др.) в исследованных гидробионтах носит сезонный характер. Выявлено, что наибольшее содержание влаги, наименьшее содержание белка и липидов, низкая активность протеолитических ферментов, низкий белково-водный показатель Б/В, низкое содержание аденозинтрифосфорной кислоты для мышечной ткани рыб наблюдается в посленерестовый период. Наименьшее содержание влаги, наибольшее содержание липидов, более высокий белково-водный показатель, наибольшее содержание белка и наиболее низкое содержание аминного азота отмечены в зимний период и преднерестовый. В преднерестовый период и нерест выявлено наиболее высокое содержание аденозинтрифосфорной кислоты и наиболее высокая активность протеолитических ферментов мышечной ткани. В отношении содержания минеральных веществ зависимости от стадии жизненного цикла не наблюдается.

Отмечены некоторые отличия химического состава гидробионтов в период 1998–2005 гг. по сравнению с периодом до 1998 года. Так, для большинства видов рыб отмечено общее снижение содержания влаги, белковой фракции, увеличение содержания липидов и минеральных веществ в исследованный период нами, что может являться биохимическими адаптациями рыб на воздействие антропогенного загрязнения. Особое положение в этом отношении занимают пикша и треска, для которых в большей степени выявлено нарушение сезонной динамики химического состава и биохимических свойств.

## ЛЕКАРСТВЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

**Ключко Е.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра биохимии*)

Под лекарственной зависимостью понимают состояния (прежде называемые пристрастием, наркоманиями, токсикоманиями, злоупотреблением лекарствами и др.), при которых в результате длительно повторяющегося приема данного лекарства или какого-нибудь вещества соответствующий индивид оказывается вынужденным продолжать прием лекарства, без каких бы то ни было медицинских показаний к тому. Как правило, речь идет о веществах, оказывающих влияние на настроение и поведение индивида. Появившиеся психические, а иногда и физические изменения становятся принудительной причиной того, что данный индивид продолжает принимать соответствующее лекарство, для того чтобы обеспечить ощущение уже известных ему психических эффектов или же чтобы избежать неприятных, а иногда и очень тяжелых последствий, обусловленных лишением этого лекарства. Такое состояние может сопровождаться развитием толерантности (привыкания), т.е. необходимости в непрерывном повышении доз соответствующего вещества. У одного и того же индивида может развиться зависимость в отношении нескольких медикаментов.

В основе психической зависимости лежит важный и обязательный элемент ее - желание, часто непреодолимое желание, снова и снова принимать лекарственное вещество, т.к. прием лекарства вызывал приятные или необыкновенные ощущения. Это обстоятельство имеет первостепенное значение при развитии такого рода зависимости.

Некоторые лекарственные вещества вызывают также и физическую зависимость - состояние адаптации, которое характеризуется развитием тяжелых нарушений физического состояния при прекращении приема этих веществ или когда их действие нейтрализуется действием какого-либо специфического антагониста. Для каждого вида лекарственного вещества эти расстройства (абстинентный синдром) характеризуются рядом соматических признаков. Введение лекарственного препарата, к которому уже развилась зависимость, или какого-либо другого препарата, обладающего сходным фармакологическим действием, облегчает состояние больного. При постоянном введении соответствующей дозы препарата не наблюдаются явные проявления физической зависимости.

Привыкание или толерантность третий важный элемент зависимости. Он выражается в понижении эффекта определенной дозы лекарства при повторном приеме, что вынуждает непрерывно повышать дозы с целью достичь вновь желаемого эффекта. Существует много лекарств, при приеме которых развивается привыкание. Оно не сочетается ни с физической, ни с психической зависимостью. Необходимо строго различать понятие привыкание от понятия зависимость.

В зависимости от того, какое лекарство принимается, возникает зависимость, проявляются различные фармакологические эффекты, поэтому всегда необходимо учитывать к какой группе принадлежит соответствующее лекарство.

Различают 7 типов лекарственной зависимости:

1. Морфиновый тип. Он характеризуется психической и физической зависимостью и привыканием.
2. Барбитуратно-алкогольный тип. Для него также характерна психическая и физическая зависимость, привыкание.
3. Кокаиновый тип. При нем развивается психическая зависимость.
4. Канабисовый тип. Характеризуется только психической зависимостью (к гашишу, марихуане), привыкание не развивается.

5. Амфетаминовый тип. Налицо психическая зависимость и привыкание. Физическая зависимость оспаривается.

6. При типе Khat (*Catha edulis* Forssk – растение, выращиваемое в Восточной Африке и на Арабском полуострове. Активное начало, с химической и фармакологической точки зрения, близкое к амфетамину). При этом типе отсутствуют как физическая зависимость, так и привыкание.

7. Галлюциногенный тип. Развивается привыкание, но абстинентный синдром отсутствует.

Как видно, психическая зависимость имеет центральное значение при развитии лекарственной зависимости и является единственной основной общей чертой для всех видов лекарственной зависимости. Физическая зависимость, с вытекающими из нее абстинентными симптомами при прекращении приема лекарства, возникает только при морфиновом и барбитуратном типе.

В последние годы наблюдаются новые тенденции в области лекарственной зависимости, которые значительно отличают от классической наркомании. Все шире современные наркомании распространяются среди молодежи и подростков в возрасте старше 12 лет. Массово используются новые формы злоупотребления лекарствами (групповое применение их, вдыхание, нюханье, внутривенное введение и др.), угрожающе повышается политоксикомания. Резко нарастает алкоголизм во всех возрастных группах. Увеличивается процент женщин-наркоманок.

Массовое употребление гашиша в ряде капиталистических стран не привело к замещению алкоголизма, наоборот, распространение его расширяется, и в настоящее время, как и раньше, алкоголизм остается самой крупной социально-медицинской проблемой в этой области.

В качестве факторов, предрасполагающих к лекарственной зависимости, подчеркивают алкоголизм и наркоманию родителей, воспитание юношей вне семьи, но также и чрезмерные заботы родителей о своих детях, что делает их трудно приспособляющимися к сложным требованиям социальной среды. Считают, что жертвами наркоманий легче становятся индивиды хрупкой конструкции, а также и чрезмерно чувствительные, замкнутые, неуверенные в себе характеры, люди со страховыми переживаниями. Эти индивиды нередко пытаются противодействовать существующему у них чувству малоценности, ставя перед собой сверхкомпенсаторные цели. Однако глубокое несоответствие между поставленными целями и реальными возможностями заставляет этих индивидов быть в состоянии непрерывной эмоциональной напряженности. Конечно, основным фактором, создающим предпосылки для развития лекарственной зависимости, являются глубокие противоречия классового-социального строя. Этим объясняется, почему современные средства наркомании в настоящее время подчинили себе миллионы людей, и среди них большой процент молодежи. Немалую роль играет также и легкая доступность средств, к которым развивается зависимость. Но это также вытекает из устоев общественного строя - прибыли за счет здоровья человека.

По возрасту индивиды, которые становятся зависимыми от лекарств, могут быть распределены: на группу подростков и юношей (от 12 до 20 лет) и группу взрослых (чаще всего от 25 до 40 лет). В первой группе большую роль играют эмоциональные напряжения, страховые переживания, любопытство, желание испытать что-то новое, неясное и неуверенное будущее. У взрослых существенную роль играют невротические состояния, болевые синдромы, бессонница, которые прокладывают пути для развития лекарственной зависимости.

Лекарственная зависимость развивается при перечисленных предрасполагающих условиях в период усиленной психической нагрузки и страховых переживаний в результате семейных, профессиональных, экономических, социальных и сексуальных затруднений. Пубертатный период играет существенную роль как биологически кризисный период. Вследствие акселерации современные юноши созревают биологически раньше. Преждевременный пубертатный период приводит юношей в своеобразное психическое состояние, которое нередко ставит их в конфликтные ситуации. Одним из исходов является наркомания. При этом следует учитывать, что не эйфория, как принято считать, а желание избежать мучительного состояния напряженности, угнетающей реальности и перенестись в мир иллюзий, нередко является мотивом злоупотребления лекарствами, обладающими психотропным действием. Из используемых для этой цели средств наиболее частым является гашиш.

Лица, регулярно использующие гашиш, позднее переходят к другим, более сильно действующим средствам. Эскалация может идти по линии: гашиш LSD - опиум-героин или гашиш - LSD - амфетамин, или гашиш - амфетамин - героин. Чем раньше возраст начала злоупотребления наркотиками, тем быстрее происходит эскалация.

В тех случаях, когда лекарство, к которому развилась зависимость, вводится в виде инъекций, почти регулярно наблюдаются сопутствующие явления - инъекционные абсцессы на руках и на других частях тела, так как наркоман не выбирает мест для инъекций. Наблюдается также тяжелые тромбофлебиты, сепсис с эндокардитами и абсцессы печени. Почти у 20% наркоманов, которые систематически применяют аутоинъекции, развиваются и инфекционные гепатиты с плохим прогнозом. Около 10% их переходит в хронический гепатит или цирроз печени.

У лиц с развившейся лекарственной зависимостью наблюдается пониженная умственная трудоспособность, плохая успеваемость.

К лицам с лекарственной зависимостью следует относиться как к больным. В ряде стран, где лекарственная зависимость переросла в большую социальную проблему, открыты особые клиники с небольшими закрытыми отделениями, в которых проводятся комплексные мероприятия для дезинтоксикации и отвыкания. Для этой цели необходимы специально подготовленные бригады врачей, психологов, социологов, методистов по трудовой терапии, лечебной физкультуре и др.

Для преодоления явлений психической зависимости у большинства людей с лекарственной зависимостью, которые после прекращения приема вещества, к которому у них развилась зависимость, впадают в состояние мучительной напряженности, беспокойства, страховых переживаний, бессонницы, необходимо проводить противостраховое лечение невролептическими средствами: у лиц с фенаминовой зависимостью - применять антидепрессанты. Явно интоксигированных больных необходимо подвергать и дезинтоксикационной терапии, вводя внутривенно, путем капельной инфузии, витамины, глюкозу, левулозу и др.

После окончания стационарного лечения необходима длительная реабилитация, которая позволит больному постепенно возвратиться к нормальной жизни. Главное - научить больного преодолевать трудности повседневной жизни без лекарств.

К сожалению, даже при систематическом проведении лечения и реабилитации и при обеспечении дальнейшего ухода прогноз для молодежи неблагоприятен, так как у 60% из них вновь, спустя некоторое время, развивается тот или иной вид лекарственной зависимости.

Список литературы:

1. Сидоров П.И. Психическое здоровье населения и стратегия развития психиатрии Востока и Запада. Экология. 2001; 4:8-12.
2. Клинические рекомендации, основанные на доказательной медицине: пер. с англ. / под ред. И.Н.Денисова, В.И. Кулакова, Р.М. Хайтова. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 1245 с.
3. Руководство по профилактике в первичном здравоохранении / под ред. И.С. Глазунова, Р.Т. Оганова, Н.В. Перовой, Р.А. Потемкиной. – М.: Москва, 2000. – 217 с.
4. Огурцов П.П. Неотложная алкогольная патология С-Пб.:«Невский Диалект». 2002;118
5. Кошкина Е А., Чуртовенко В.М., Пароян И.Э., Шамота А.З. // Последствия потребления алкоголя для женщин, подростков, детей и семьи. /Алкоголь и здоровье населения России 1900-2000/ Под ред .А. К . Демина, - М.: ООО «Политек»-1998; 233-248.
6. Лекарственная болезнь. (Поражения, вызванные применением фармакотерапевтических средств в лечебных дозах) / под ред. Г. Маждракова, П. Попхристова. 2 - изд-е. – СОФИЯ : МЕДИЦИНА И ФИЗКУЛЬТУРА. – 1976. – 622 с.



---

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ  
ГИДРОБИОНТОВ И  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ**



## ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИКОРАСТУЩЕГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ТЕХНОЛОГИИ ПРЕСЕРВОВ

Быкова А.Е., Бражная И.Э. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств)

Investigating possible use of plant products of the Kola Peninsula in preserved goods production and dynamics of heavy metals accumulation in these plant products.

Пресервы традиционно пользуются спросом у населения. Для производителей они представляют экономический интерес, так как не требуют больших финансовых затрат на организацию производства. Основным сырьем для производства являются хорошо созревающие объекты промысла – сельдь атлантическая, скумбрия, мойва и другие. В последние годы разработаны технологии пресервов из сайки, путассу, кальмара атлантического и других малосозревающих объектов. Ассортимент пресервов, представленный на рынке, требует расширения за счет использования новых объектов промысла и растительного сырья. Дикорастущие ягоды и плодовые тела грибов Крайнего Севера могут быть использованы в технологии пресервов. Кольский полуостров богат этими объектами, но в настоящее время они практически не используются в пищевой промышленности. Это связано с тем, что как объекты исследования, они изучены недостаточно. Грибы и ягоды могут служить дополнительным источником углеводов, белков, минеральных веществ, витаминов и других биологически активных веществ, оказывая положительное действие на функционирование жизненно важных систем человеческого организма. Однако Мурманская область является одним из промышленно развитых регионов Севера, где лесные сообщества подвергаются продолжительному воздействию воздушных выбросов горно-металлургических комбинатов. В воздушное пространство вокруг медно-никелевых комбинатов попадают соединения серы и тяжелых металлов, которые затем оседают на почву и растительность в виде сухих и влажных атмосферных выпадений. Степень поглощения тяжелых металлов растениями зависит от биохимических особенностей культур, типа и свойств почв, концентрации металлов в почве. Вопрос о возможности использования в пищу дикорастущих ягод и грибов, произрастающих под воздействием поллютантов, является важным и актуальным.

Объектами исследования являлись ягоды брусники - *Vaccinium vitis-idaea* L., голубики - *Vaccinium uliginosum* L., черники - *Vaccinium myrtillus* L., вороники - *Empetrum hermaphroditum* Hagerup, а также съедобные плодовые тела грибов: подберезовика - *Leccinum scabrum*, подосиновика - *Leccinum aurantiacum*, моховика - *Suillus variegatus*, сыроежки - *Russula lutea* и некоторых других. Химический состав ягод Кольского полуострова приведен в таблице 1.

В плодах брусники и черники содержатся значительные количества пектиновых веществ. Пектины, почти не перевариваясь в пищеварительном тракте, способны адсорбировать на своей поверхности металлы и радиоактивные элементы и выводить их из организма. Сок ягод богат такими питательными веществами, как азотсодержащие соединения, сахара, полисахариды, органические кислоты, дубильные, красящие и минеральные вещества, витамины. Органические кислоты представлены яблочной, виннокаменной, лимонной, бензойной и др. Бензойная кислота, содержащаяся в значительном количестве в ягодах брусники, обладает великолепными антисептическими свойствами. Минеральные вещества в ягодах находятся в легко усвояемой для организма форме, в виде солей основного характера (таблица 2). Они входят в состав ферментов,

Таблица 1 - Химический состав зрелых ягод Кольского полуострова, % на сырую массу

Вещество	Брусника <i>В.Н.Андреева</i>	Черника <i>М.Д. Губина</i>	Голубика <i>В.Н.Андреева, Пийр Р.</i>	Вороника <i>В.Н.Андреева</i>
Вода	83,7	83-89	86,9	77-80
Общий сахар:	8,74	4,1-7,6	3,6-7,6	5,89-6,05
Фруктоза	4,86	3,69	3,3	1,86
Глюкоза	3,91	2,39	3,1	4,05
Сахароза	0,53	0,12	0,4-0,7	-
Свободные кислоты	1,98	0,8-1,3	0,9-1,8	0,14-0,16
Растворимый пектин	0,56-0,86	0,21	0,5	0,06
Протопектин	0,17-0,35	0,31	0,23	0,03-0,04
Дубильные вещества	0,4-0,6	-	0,29	0,42-0,47
Антоцианы, мг%	514	1480	107-475	-
Катехины, мг%	328	-	104-286	-
Аскорбиновая к-та, мг%	10-20	7,8 -22,3	39-75	6,4-26,8
Витамины группы В, мг%	0,03	0,03	0,6-0,7	-
Витамины А,К,Р,РР, мг%	0,05-0,10	-	0,25	0,81-0,90
Азотистые вещества	0,69	-	0,40-0,56	-
Клетчатка (в семенах)	1,80	-	1,36	3,75

Таблица 2 - Содержание минеральных веществ в плодах дикорастущих кустарничков Мурманской области (мг/кг сырого веса)

Элемент	Брусника	Черника	Голубика	Вороника
Фосфор	44,52		16,7	-
Кальций	265	250	128	78
Магний	96,5	85	78	45
Натрий	1,1	0,85	-	2,8
Калий	357	456	-	415
Марганец	43,4	62	2,3	3,1
Железо	2,1	1,4	2,8	1,1
Цинк	1,7	1,3	1,1	0,6
Медь	0,8	0,9	0,5	0,75
Никель	0,4	0,5	0,25	0,2
Кобальт	-	0,009	-	0,002
Хром	0,05	0,02	0,11	-
Молибден	0,020	0,012	-	-
Алюминий	1,3	0,63	-	0,18
Кремний	2,8	2,33	-	0,93
Свинец	0,04	0,009	-	-
Кадмий	0,05	-	-	-

участвуют в иммуногенезе, являются составной частью гормонов, регулируют окислительно-восстановительные реакции, влияют на рост, развитие и размножение. Грибы, как и ягоды, могут служить поставщиками как макро, так и микроэлементов (таблица 3).

Минеральные вещества грибов характеризуются рядом особенностей. Для них свойственно высокое содержание магния, кальция, калия, цинка, железа, меди и фосфора, количество которого сопоставимо с его содержанием в рыбе. Ценность грибов как пищевого продукта связана со своеобразием их химического состава. Клеточная стенка грибов содержит хитин, глюкановые и липидные комплексы которого очень устойчивы, не

Таблица 3 - Содержание минеральных веществ в плодовых телах съедобных грибов Мурманской области (мг/кг сырого веса)

Элемент	Сыроежка	Подберезовик	Подосиновик	Моховик
Кальций	32-55	31	27	29
Магний	90	78	77	72
Натрий	3,6	7,4	3,2	2,7
Калий	643	443	-	-
Марганец	1,7	0,6	1,2	1,0
Железо	2,9	4,6	3,7	87,5
Цинк	8,0	8,1	6,3	5,2
Медь	7,5	2,2	3,9	1,6
Никель	0,28	0,26	0,21	0,27
Алюминий	1,8	1,9	1,7	2,7
Кремний	-	0,56	1,54	1,68
Хром	0,02	0,02	0,06	0,05
Ванадий	-	-	0,11	0,11
Свинец	0,1	0,04	0,1	0,1

Таблица 4 - Допустимые уровни содержания тяжелых и токсичных элементов в съедобных грибах и ягодах, мг/кг сырого продукта

Токсичные элементы	Грибы	Ягоды
Свинец	0,5	0,4
Кадмий	0,5	0,2
Ртуть	0,05	0,02
Медь	10	5,0
Цинк	20	10,0
Никель	0,5	0,5

перевариваются нашим организмом и обладают высокой адсорбционной способностью. Растительные волокна, сложные триглицериды, полисахариды грибов образуют в кишечнике гелеобразные массы, способствующие эвакуации. Содержание белка в грибах невелико, но присутствуют все необходимые организму аминокислоты, в том числе лейцин, лизин, триптофан, аргинин, гистидин и др. Много в грибах и свободных аминокислот, фосфолипидов (лецитина), ненасыщенных жирных кислот, моно и дисахаридов, сахароспиртов, витаминов, органических кислот, что составляет в основном экстрактивную часть грибов. В ходе работы установлено, что в грибной отвар переходит и значительная часть минеральных веществ. В условиях загрязнения окружающей среды особенно важно знать какие именно техногенные вещества и в каком количестве могут содержаться в грибах и ягодах. Тяжелые металлы, поступающие в организм человека с загрязненными пищевыми продуктами, способны накапливаться в органах и тканях человека. Установленные пороговые значения для различных продуктов приведены в таблице 4.

Измерения концентраций металлов проводили при помощи атомно-абсорбционных спектрофотометров Perkin-Elmer-403 и AAS-1 без предварительного концентрирования. В результате определяли суммарное количество элемента без дифференцирования на формы и окислительные состояния. Обработка полученных данных проводилась с использованием программ статистической обработки Excel 6.0 for Windows. При оценке результатов статистически достоверным принимался уровень различий при  $p < 0,05$ . Содержание никеля в грибах и ягодах Мурманской области приведено на рисунках 1 и 2. В результате

исследования минерального состава плодов дикорастущих ягодников и плодовых тел съедобных грибов отмечено повышение концентраций меди, железа и никеля при приближении к источнику загрязнения. Причем содержание первых двух элементов не превышало санитарных норм, тогда как повышение содержания никеля в образцах, собранных в непосредственной близости от комбината, было в 10-15 раз выше допустимых уровней. При удалении на 20 и более километров от комбината происходило значительное снижение этих значений до допустимых уровней. Качественные продукты питания прежде всего должны быть безопасны для здоровья человека, поэтому собирать грибы и ягоды необходимо в достаточном удалении от источника загрязнения, а также использовать при промышленной переработке дикорастущего пищевого сырья технологические подходы, снижающие содержания тяжелых металлов в готовой продукции без уменьшения ее пищевой ценности.

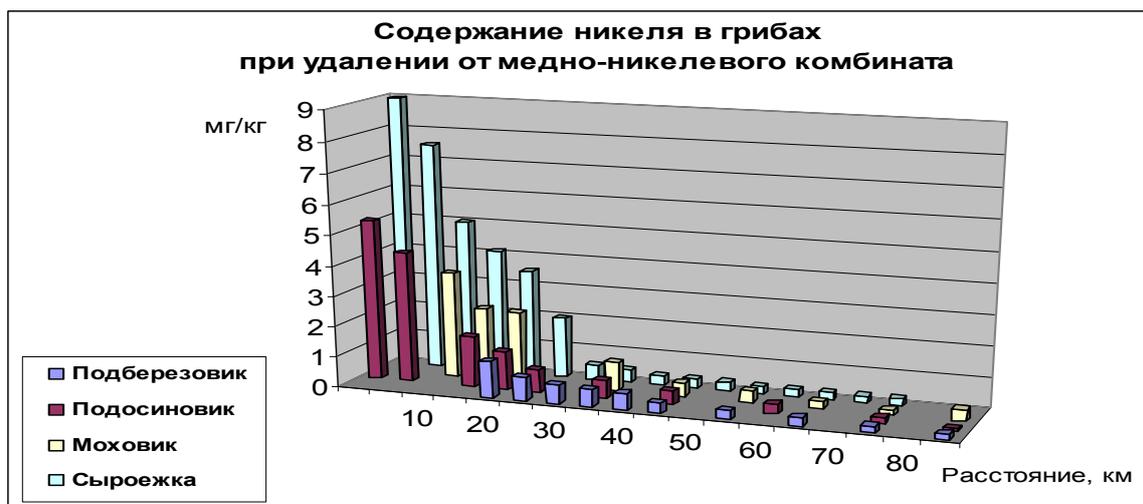


Рис.1.

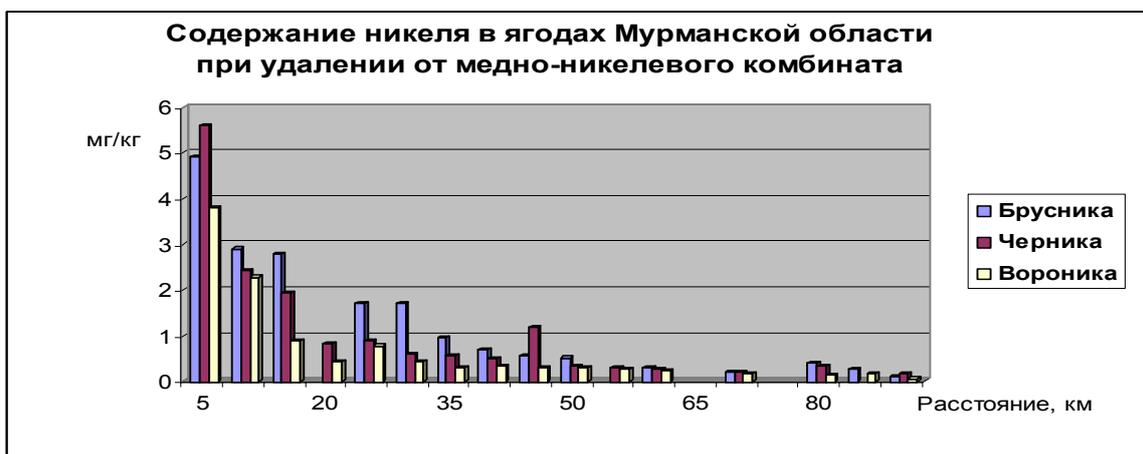


Рис.2.

Пресервы являются полноценным пищевым продуктом, где в процессе производства сохраняются все основные витамины, микроэлементы и минеральные вещества. Различные соусы и заливки с использованием дикорастущего сырья позволят расширить ассортиментную линейку пресервной продукции с заданной пищевой и биологической ценностью, соответствующей формуле сбалансированного питания.

**Список литературы:**

1. Лесные экосистемы и атмосферные загрязнения / Под ред. Алексеева В.А.- Л.: Наука, 1990.- 200с.
2. Баркан, В. Ш. Накопление никеля и меди лесными ягодами и грибами, произрастающими в окрестностях комбината Североникель / В.Ш. Баркан, Р. П. Панкратова, А. В.Силина // Растительные ресурсы, 1990.- вып.4.
3. Андреева, В.Н. Полезные растения рядом с нами / В.Н.Андреева, А.А. Похилько.- Мурманск: Кн. изд-во,1991. - 72 с. : ил.
4. Пийр, Р. Химический состав и возможности использования дикорастущих ягод в Эстонской ССР / Р. Пийр // Растительные и грибные ресурсы Эстонской ССР, 1980.- Вып.68. - С.83-94.
5. Быкова, А.Е. Аккумуляция меди и никеля и способ снижения их концентраций в съедобных грибах / А. Е. Быкова // Безопасность питьевой воды и продовольствия.- Мурманск, 1997.- Вып. 1.- С.51.
6. Dueek, T.A. et al. Heavy metal immission and genetic constitution of plant population in the vicinity of two metal emission sources.//*Angew. Bot.* - 1984.-vol.58, N1 -p. 47-53.
7. Evert Nieboer, Glenn G. Fletcher, Yngvar Thomassen Relevance of reactivity determinants to exposure assessment and biological monitoring of the elements. *JEM* 1(1). 1999. p.1-14.

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНДЕНСАТА И ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ В СТЕРИЛИЗАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ ПО ЗАМКНУТОМУ ЦИКЛУ**

**Маслов А.А., Власов А.В., Власова А.Р.** (г. Мурманск, МГТУ, каф. АУВТ, e-mail: ican2005@yandex.ru)

This paper describes a way of sterilization process efficiency enhancement, which consists of coolant water and condensate recycling. Application of this method significantly reduces water and electricity consumption of the sterilizer thus lowering production's cost price.

В статье рассматривается один из способов повышения экономичности стерилизационной установки, заключающийся в использовании конденсата и охлаждающей воды по замкнутому циклу. Это позволяет существенно сократить затраты воды и электрической энергии на процесс стерилизации, тем самым снижая себестоимость консервной продукции.

Консервное производство является важнейшей отраслью, затрагивающей вопросы самообеспечения страны продуктами питания и ее продовольственной безопасности. Развитие консервного производства позволяет изменить к лучшему ситуацию с неудовлетворительным питанием и белково-энергетической недостаточностью рациона населения, нормализуя демографическую ситуацию в стране. Развитие консервного производства напрямую связано с повышением конкурентоспособности выпускаемой продукции, что может быть достигнуто снижением затрат на ее производство [1].

Решение задачи повышения экономической эффективности консервного производства напрямую связано со снижением количества ресурсов, затрачиваемых на процесс стерилизации. Кроме того, снижается экологическая нагрузка на окружающую среду, что становится особенно актуальным в последнее время, когда антропогенное воздействие на природу достигло высокого уровня.

Эффективность работы стерилизационной установки может быть повышена при помощи вторичного использования энергии предыдущей автоклавоварки, а именно образующегося в ходе процесса стерилизации горячего конденсата, а также вытесняемой на этапе охлаждения из стерилизационной камеры подогретой охлаждающей воды.

Для этого в стерилизационную установку необходимо добавить дополнительный сосуд высокого давления («экономайзер», см. рисунок 1), предназначенный для хранения удаляемых при работе аппарата сред. Так, выходящая из стерилизационной камеры на этапе продувки паровоздушная смесь используется для подогрева стенок экономайзера. Образовавшийся в ходе процесса стерилизации конденсат утилизируется в уже подогретый экономайзер. Также на этапе охлаждения подающаяся в стерилизационную камеру холодная вода отбирает теплоту от продукта и стенок аппарата, нагревается и затем удаляется в экономайзер.

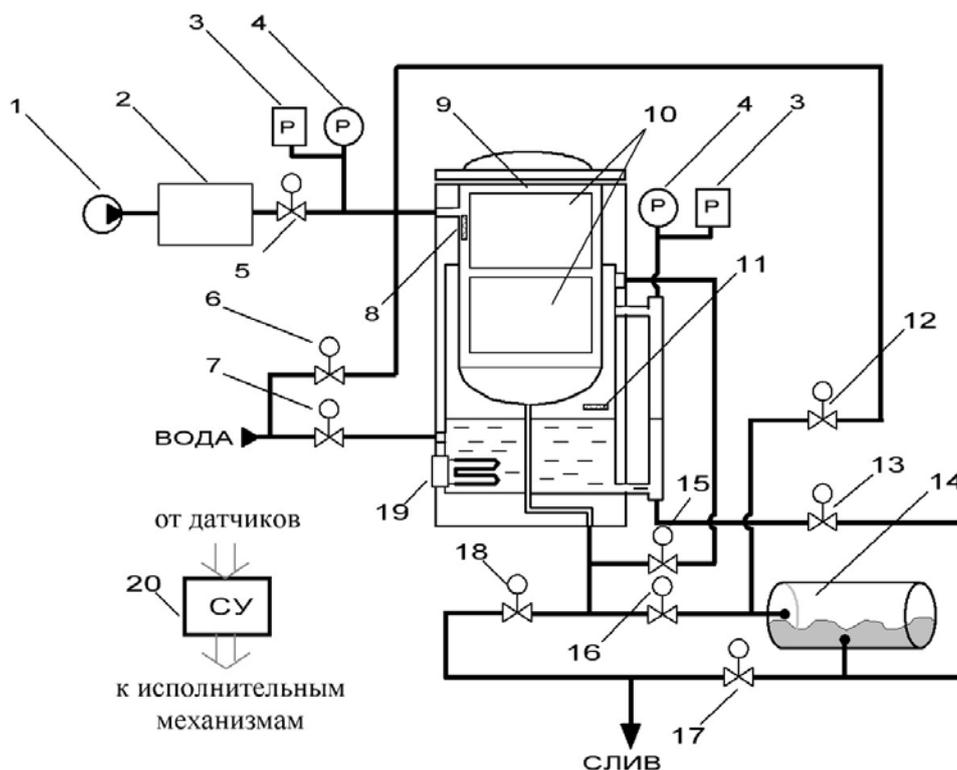
Горячая вода из экономайзера затем может быть перемещена в парогенератор. Таким образом, вместо сравнительно холодной водопроводной воды для питания парогенератора используется горячее содержимое экономайзера, уменьшая потребность стерилизационной установки в воде. Кроме того, сокращается продолжительность процесса создания парогенератором пара с требуемыми параметрами (т.н. пароподготовка), а значит, и энергетические затраты на процесс.

Для транспортировки воды из экономайзера в парогенератор может использоваться как самотек (перемещение среды под воздействием разницы давлений), так и насос. В общем случае насос позволяет достичь требуемого результата быстрее, так как в рабочей области

давлений имеет примерно постоянную производительность, чего нельзя сказать о самотеке, при котором расход среды падает в ходе процесса транспортировки среды. С другой стороны, насос увеличивает стоимость и массогабаритные показатели стерилизационной установки.

Описываемый в статье принцип был положен в основу повышения эффективности стерилизационной установки АВК-30 (лаборатория СТППГ кафедры ТПП) [2]. Сосуд высокого давления был доработан в соответствии с требованиями, предъявляемыми к экономайзеру (добавлена теплоизоляция, реализовано необходимое количество соединительных патрубков), после чего он был интегрирован в стерилизационную установку согласно представленной на рисунке 1 схеме. Транспортировка среды из экономайзера в парогенератор осуществляется самотеком.

Была проведена серия экспериментов по определению эффективности использования экономайзера. По экспериментальным данным получены оценочные зависимости, характеризующие скорость снижения температуры среды в экономайзере  $T_{эко}$  по времени  $\tau$  (1), а также сокращение продолжительности пароподготовки (а значит, и энергетических затрат)  $\tau_{эк}$  (2) и энергетических затрат  $Q_{эк}$  (3) в зависимости от исходной температуры среды в аппарате  $T_{исх}$ . Зависимость (2) в графическом виде представлена на рисунке 2.



1 – компрессор; 2 – воздушный ресивер; 3 – датчики давления; 4 – манометры; 5 – клапан подачи воздуха; 6 – клапан подачи воды в стерилизационную камеру; 7 – клапан подачи воды в парогенератор; 8 – датчик температуры в стерилизационной камере; 9 – стерилизационная камера; 10 – клетки; 11 – датчик температуры в парогенераторе; 12 – клапан продувки; 13 – клапан передачи парогенератор-экономайзер; 14 – экономайзер; 15 – клапан подачи пара в стерилизационную камеру; 16 – клапан слива из стерилизационной камеры в экономайзер; 17 – клапан слива из экономайзера; 18 – клапан слива стерилизационной камеры; 19 – трубчатые электронагреватели; 20 – система управления

Рисунок 1 – Схема стерилизационной установки АВК-30 с экономайзером

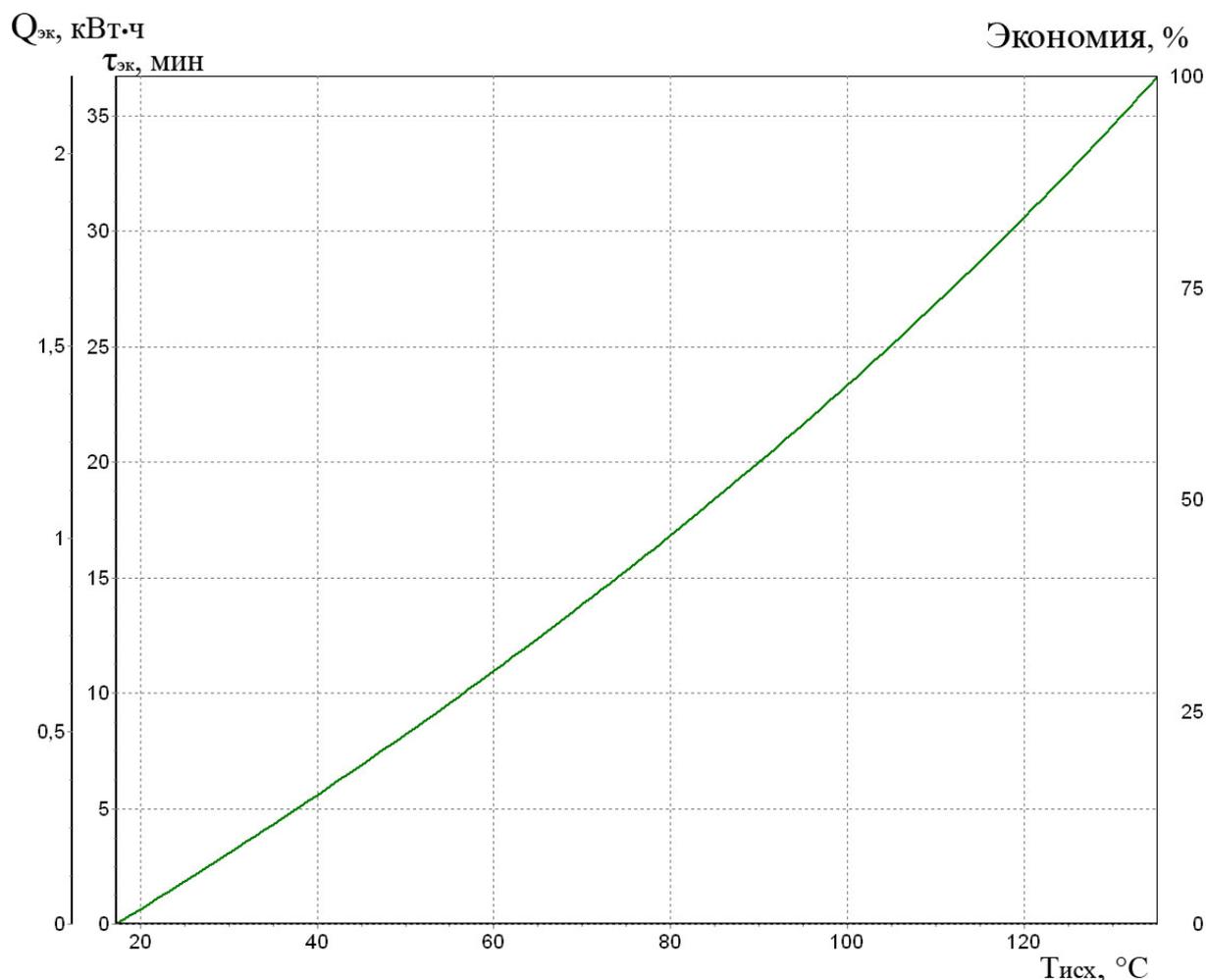


Рисунок 2 – Зависимость сокращения продолжительности этапа пароподготовки и затрат на процесс от исходной температуры в парогенераторе

$$T_{ЭКО}(\tau) = 8,8 + 114,9 \cdot e^{-\frac{\tau}{38885}} \quad (1)$$

$$\tau_{эк} = -4300 \cdot \ln\left(1 - \frac{T_{исх} - 12,5}{314}\right) \quad (2)$$

$$Q_{эк} = -15480 \cdot \ln\left(1 - \frac{T_{исх} - 12,5}{314}\right) \quad (3)$$

Сравнение результатов вычислений по выражениям (1) – (3) с экспериментальными данными показало хорошую предсказуемость результатов: средняя относительная погрешность предсказания не превышает 7%. Экспериментально подтвержденная экономия затрачиваемой на процесс пароподготовки энергии равна 40% (при продолжительности остывания среды в экономайзере 31 минута, что достаточно для выгрузки банок стерилизованной партии). Это составляет около 30% энергетических затрат на весь процесс стерилизации. Экспериментально подтвержденное среднее значение экономии воды на процесс пароподготовки составляет 50% (или 9% от всего расходуемого на процесс объема).

Исходя из выражений (1) – (3) и результатов обработки данных экспериментов, можно сделать следующие выводы:

- Скорость остывания экономайзера наиболее велика на начальном временном интервале, поэтому для повышения экономического эффекта необходимо сократить продолжительность нахождения среды в экономайзере.
- При непрерывном использовании стерилизационной установки по схеме «пароподготовка–загрузка банок–стерилизация–выгрузка банок–пароподготовка...» средняя экономия электрической энергии на процесс составит 30..40%;
- При продолжительной паузе между использованиями стерилизационной установки экономия энергии на процесс невелика (несколько процентов);
- Независимо от величины интервалов между процессами стерилизации применение экономайзера позволяет на 50% уменьшить потребность установки в воде.

Выражения (1) – (3) и приведенная на рисунке 2 кривая описывают частный случай и могут незначительно изменяться под воздействием внешних факторов (например, температуры окружающей среды).

В целом, опыт использования экономайзера показал, что образующийся в ходе процесса конденсат и удаляемая из стерилизационной камеры на этапе охлаждения вода могут быть использованы вторично, существенно уменьшая потребность стерилизационной установки в электрической энергии и воде. При этом финансовые вложения в реализацию предлагаемого способа сравнительно невелики (около 10 тыс. руб.), а алгоритм работы системы управления стерилизационной установкой усложняется незначительно. Полученные результаты могут быть распространены на конструктивно отличающиеся от АВК-30 стерилизационные установки.

#### **Список литературы:**

1. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2: Учеб. для ВУЗов/С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова.– М.: Высш. шк., 2001. –680с.
2. Маслов, А.А. Совершенствование стерилизационной установки на базе модернизированного медицинского стерилизатора ВК-30/А.А. Маслов, А.В. Власов, А.В. Кайченков, А.Р.Власова, В.В. Яценко // Вестник МГТУ : труды Мурм. гос. техн. ун-та.- 2009.-Т.12, № 2.- С.263-268.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ШОКОЛАДНОЙ ПАСТЫ НА ОСНОВЕ ИЗОЛЯТА РЫБНОГО БЕЛКА (ИРБ)**

**Волкова А.П., Гроховский В.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «Технологии пищевых производств», e-mail vividann@mail.ru, v.grokhovsky@mail.ru)

The experimental results of fish protein isolates production from polar cod meat are shown in the current work. Factors influencing on the isolate quality during its production are found. They are: the temperature of the suspension holding during hydrolysis, and pH of the suspension. The optimal value of these factors has been found. The compounding and technology of chocolate paste production based on fish protein isolates has been developed; the quality of such a new product has been considered as an excellent using the complex of organoleptic, physical and chemical characteristics.

Морская рыба, беспозвоночные и водоросли – высокоценные продукты питания, способствующие укреплению здоровья, повышению работоспособности человека, профилактике старения и серьёзных заболеваний. Поэтому, необходима разработка и внедрение инновационных технологий, позволяющих наиболее полно реализовать эти полезные качества гидробионтов.

Одним из перспективных направлений в этой области является разработка и совершенствование технологии производства изолятов из малоценного рыбного сырья.

В изолятах, изготовленных из рыбного сырья, содержание белка в сухом продукте достигает 88-93,5 %. Они обладают многими ценными функциональными свойствами (растворимостью в воде, эмульгирующей, пенообразующей, связующей способностями и др.) [2]. Изоляты можно успешно применять для частичной замены яичного белка в таких пищевых продуктах, как майонез, суфле, мороженое, взбитые напитки, разнообразные соусы, а также при изготовлении кондитерских изделий (бисквитов, кремов, конфет и др.).

Как известно, белки рыб состоят на 20-30 % из саркоплазматических белков и на 65-70 % из миофибриллярных. Белки рыб являются неустойчивыми реакционноспособными соединениями, и эти свойства присущи прежде всего белкам саркоплазматической фракции, которые необратимо денатурируют в процессе обработки, теряя ценные функциональные свойства. Кроме того, они содержат основную массу веществ, способствующих появлению и развитию специфического запаха в процессе обработки и последующего хранения продукта. Поэтому, чтобы получить белковый продукт с хорошими функциональными свойствами, отделяют миофибриллярные белки от саркоплазматических.

Многократная промывка фарша позволяет получить миофибриллярные белки с более высокой степенью очистки и, следовательно, способствует улучшению его органолептических свойств и повышению устойчивости продукта к порче.

Эффективное влияние промывки на улучшение запаха фарша обусловлено тем, что многие вещества, придающие ему запах, относятся к растворимым в воде. Особенно эффективно вымываются низкомолекулярные компоненты – аммиак, амины, триметиламиноксид (ТМАО), свободные аминокислоты, а также вещества липидного характера – свободные жирные кислоты, альдегиды и др. Водное отбеливание направлено также на восстановление рН мяса рыбы, снижающееся после её смерти. У рыб с темным цветом мяса (как сайка) рН снижается до 5,5 и обычной водной обработки для его повышения до 7,0 недостаточно. Для восстановления рН мяса рыбы до оптимальных значений необходима обработка раствором пищевой соды, что вместе с промывкой водой позволяет снизить содержание жира в фарше на 80%.

В процессе проведения экспериментов по изготовлению ИРБ с целью получения миофибриллярных белков с более высокой степенью очистки, фарш после приготовления подвергался трёхкратной промывке, первая и третья из которых осуществлялись водой, вторая промывка – 0,5 % раствором пищевой соды.

Эксперименты по изготовлению ИРБ проводили следующим образом. После размораживания, разделки, мойки и стекания филе сайки изготавливали фарш, который после трёхкратной промывки гомогенизировали в водном растворе NaOH (pH=8-12) в соотношении 1:4 при температуре от 80 до 100 °С в течение 5 мин. При таких условиях обеспечивается минимальное разложение наиболее лабильных аминокислот (лизина, метионина и цистина) и происходит растворение 80-90 % белка без снижения его качества.

После выдерживания суспензии при 80-100 °С температуру понижали до 60 °С и от раствора белка центрифугированием отделяли осадок, состоящий из костных включений, не растворившихся белковых частиц и др. Затем белок осаждали из раствора в виде творожистого сгустка посредством изменения pH раствором HCl приблизительно до 5,5 и центрифугированием отделяли осадок – изолят рыбный белковый, который до начала последующих опытов хранили в замороженном состоянии.

В ходе проведённых исследований были установлены факторы, которые оказывают наибольшее влияние на физико-химические показатели белкового изолята. К ним относятся:  $X_1$  – температура выдерживания суспензии (фарш в водном растворе NaOH) при гидролизе, °С;  $X_2$  – pH суспензии.

При установлении оптимальных параметров процесса изготовления изолята из сайки применяли ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов [1]. Пределы и интервалы варьирования факторов ( $X_1$ ,  $X_2$ ), подлежащих оптимизации, приведенные в таблице 1, установлены с учетом результатов ранее выполненных работ и собственных предварительных экспериментов.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на качество белкового изолята из мяса сайки и интервалы их варьирования

Фактор	Уровень			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
$X_1$ – температура выдерживания суспензии при гидролизе, °С	80	90	100	10
$X_2$ – pH суспензии	8	10	12	2

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты экспериментов

Номер опыта	Номер опыта после рандомизации	Условия опытов		$Y_1$ , %	$Y_2$ , %	$Y_3$ , %	$Y_{общ}$
		$X_1$ , °С	$X_2$				
1	6	80	8	45,4	46,8	27,9	0,196
2	4	80	10	51,7	47,2	29,1	0,128
3	9	80	12	58,6	49,8	30,7	0,060
4	2	90	8	47,3	48,4	28,9	0,158
5	8	90	10	56,3	52,8	30,9	0,057
6	7	90	12	63,7	55,1	31,3	0,017
7	1	100	8	51,6	49,7	28,5	0,117
8	5	100	10	62,6	52,7	32,6	0,026
9	3	100	12	66	54,4	32,8	0,012

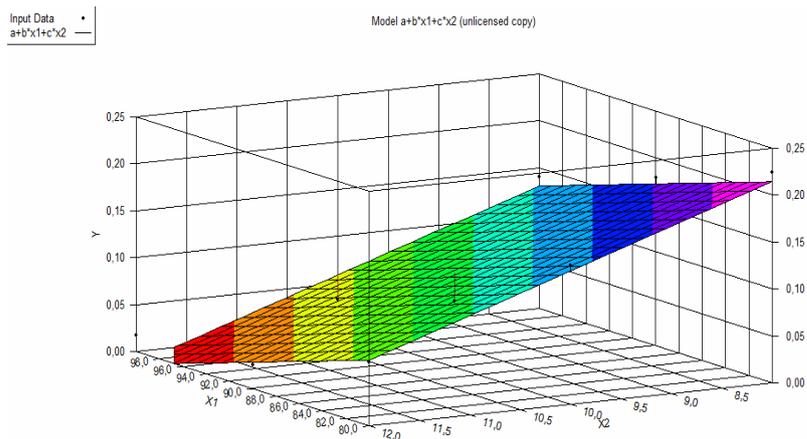


Рисунок 1 – Зависимость обобщённого параметра оптимизации  $Y$  от варьируемых факторов: температуры выдерживания суспензии при гидролизе  $X_1$  и pH суспензии  $X_2$

В процессе последующих экспериментов по изготовлению ИРБ и в соответствии с принятым ортогональным планом были получены результаты, отражающие зависимость физико-химических показателей изготовленного изолята от влияющих факторов ( $X_1$  и  $X_2$ ). Данные представлены в таблице 2.

Качество изолята оценивали по обобщённому параметру оптимизации, включающему следующие показатели:  $Y_1$  - выход изолята, %;  $Y_2$  – растворимость изолята в воде, %;  $Y_3$  – содержание белка в изоляте, %. В соответствии с данными научно-технической литературы и результатами поисковых экспериментов наивысшими («идеал») значениями являются: для выхода изолята ( $Y_1$ ) – 70 %, для растворимости изолята в воде ( $Y_2$ ) – 60 %, для содержания белка в изоляте ( $Y_3$ ) – 33 %.

При помощи математической обработки данных в программе DataFit 9, была получена зависимость обобщённого параметра оптимизации  $Y$  от варьируемых факторов  $X_1$  и  $X_2$ , которая представлена на рисунке 1.

В результате обработки данных было получено уравнение регрессии, имеющее вид следующего линейного уравнения

$$Y = 0,84 - X_1 - 0,04 X_2,$$

где  $Y$  – обобщенный параметр оптимизации (физико-химические показатели изолята);  
 $X_1$  - температура выдерживания суспензии при гидролизе, °C;  
 $X_2$  – pH суспензии.

Решение этого уравнения позволило установить оптимальные значения факторов, влияющих на качество белкового изолята:  $X_1=98$  °C,  $X_2=11,75$ .

Используя значения полученных оптимальных факторов, в ходе последующих экспериментов был изготовлен белковый изолят, имеющий высокое качество по комплексу органолептических и химических показателей.

На основе белкового изолята из мяса сайки в ходе исследований были разработаны технология производства шоколадной пасты и соответствующая рецептура.

Полученный по разработанной технологии новый продукт – шоколадная паста, была подвергнута комплексному органолептическому и физико-химическому анализу, результаты которого представлены соответственно в таблицах 3 и 4.

В соответствии с разработанной методикой был рассчитан уровень качества шоколадной пасты. Полученный продукт считается отличным, поскольку его уровень качества составил 93,4 %.

Таблица 3 – Результаты органолептической оценки пасты шоколадной

Показатель качества	K <sub>зн</sub>	Оценки дегустаторов, балл				Средний балл	Средний балл с учетом K <sub>зн</sub>
		1	2	3	4		
Внешний вид	0,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5
Вкус	0,8	4,0	4,0	4,0	3,5	3,875	3,1
Запах	0,6	5	5	5	5	5	3
Консистенция	0,7	5,0	5,0	4,5	5,0	4,875	3,4125
Итого	3						$\Sigma=14,0125$

Таблица 4 – Физико-химические показатели шоколадной пасты

Показатель	Значение
Белок (N·6,25), %	13,04
Липиды, %	2,54
Вода, %	61,41
Зола, %	1,31
Кислотность, %	0,16
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1100

Анализ результатов экспериментов, представленных в таблицах 3 и 4, свидетельствует во-первых, о реализованной возможности получения принципиально нового пищевого продукта на основе ИРБ, а во-вторых, об очень неплохих показателях его качественных характеристик, особенно по существенному содержанию (13,04 %) полноценных белковых веществ.

В последующих исследованиях будет проведена отработка технологии производства изолятов рыбного белка, варьирование технологических режимов и рецептуры для улучшения качественных показателей готового продукта.

#### Выводы:

1. Разработана технология получения изолированного рыбного белка (ИРБ) из мяса сайки.
2. В ходе проведенных исследований установлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на физико-химические показатели белкового изолята - температура выдерживания суспензии при гидролизе и pH суспензии.
3. Получено уравнение регрессии, адекватно описывающее технологический процесс изготовления белкового изолята из мяса сайки, установлены оптимальные значения влияющих факторов.
4. Разработаны рецептура и технология изготовления шоколадной пасты на основе ИРБ.
5. Изготовлен опытный образец шоколадной пасты по разработанной технологии, исследовано качество полученного продукта, признанное отличным по комплексу органолептических и физико-химических показателей.

#### Список литературы:

- 1 Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – С. 80-92.
- 2 Борисочкина Л.И. Изоляторы рыбного белка и рыбные белковые концентраты: Обзорная информация / Л.И. Борисочкина // ЦНИИТЭИРХ. – 1976. – Вып. 5. – С.48-56. – Сер.: Обработка рыбы и морепродуктов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОРМОВАННОГО ПРОДУКТА «МОРСКОЕ АССОРТИ»

Гроховский В.А., Низковская О.А. (Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, [v.grokhovsky@mail.ru](mailto:v.grokhovsky@mail.ru))

The relative rheological index  $\theta$ , (%) was used for an objective quality estimation of produced formed product "Marine Allsorts" by its solidity. It has been determined by the cutting force with a device called "FOOD CHECKER". Researches have resulted that formed product after 23-hours fermentation at the temperature from 2 to 4 °C has the best qualitative texture characteristics. Such a product have a value of a relative rheological index from 2 to 4 %.

В Мурманском государственном техническом университете разработана технология изготовления формованного рыбного продукта с улучшенными свойствами – «Морское ассорти». Одной из основных качественных характеристик данного продукта явилось создание его монолитной и прочной консистенции, неразрушающейся при разрезании.

Для определения структурно - механических свойств формованного продукта, т.е. степени монолитности консистенции, был использован вновь введенный относительный реологический показатель  $\theta$ , определяемый инструментально по усилию резания при разрезании исследуемого образца формованного продукта под углом 90°С.

Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры ТПП МГТУ на прочностномере «FOOD CHECKER» (Yokogawa, Япония) с использованием разработанной специалистами этого университета методики [1]. Сущность метода определения усилия резания заключается в измерении приложенного усилия к исследуемому образцу с постоянной скоростью в камере постоянного объема. Значение показателя «усилие резания», выраженное в граммах, соответствует максимальному показанию стрелочного индикатора прибора или пику на диаграммной бумаге самописца [1].

Значение относительного реологического показателя  $\theta$  (%), используемого для объективизации получаемых данных при исследовании монолитности консистенции формованного продукта, определяли по формуле:

$$\theta = |U_i - U_{id}| \cdot 100 \% / |U_{id}| \quad (1)$$

где  $U_i$  – усилие резания в  $i$ -том эксперименте, г;

$U_{id}$  – усилие резания, равное 240 г, которое установлено как наиболее приемлемое (идеальное) для данного формованного продукта по трём показателям: качественному состоянию консистенции (на разрезе), комфортности разжевывания и общей приемлемости.

Качество формованного продукта по структурно-механическим свойствам считается наилучшим, если значения  $\theta$  минимальны ( $\theta \rightarrow 0$ ).

Исследованиями было установлено, что консистентные свойства «Морское ассорти» формируются при введении рыбокапустной массы в оболочку и окончательно стабилизируются при осадке формованного продукта.

В процессе осадки происходит вторичное структурообразование, нарушенное при измельчении пищевого сырья, его уплотнение и даже (при продолжительном процессе) созревание под действием ферментных систем [2]. И если для колбасных изделий процесс осадки мясных эмульсий достаточно хорошо изучен [2], то при разработке технологии формованного рыбного продукта, ингредиентный состав которого заметно отличается и, прежде всего тем, что основной составляющей является филе рыбы, необходимо проведение соответствующих исследований этого процесса.

Результаты предварительно проведённых опытов по осадке формованного продукта «Морское ассорти», показали, что на качество продукта и в первую очередь на реологические свойства влияет ряд факторов, наиболее существенными из которых являются продолжительность процесса и температура помещения, где происходит выдержка (осадка) формованного продукта.

С целью рационального проведения дальнейших исследований по поиску оптимальных условий протекания процесса осадки продукта, было проведено математическое планирование эксперимента, используя ортогональный композиционный план для двух вышеуказанных факторов (продолжительность выдержки, ч –  $A_1$  и температуры –  $A_2$ ), интервалы и пределы варьирования которых представлены в табл. 1. В качестве функции отклика выбран относительный реологический показатель  $\theta$ , значения которого основаны на усилии резания нового формованного продукта и определяемого по формуле 1.

Таблица 1 - Значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования

Факторы	Размерность	Уровни			Интервалы варьирования
		-1	0	+1	
Продолжительность процесса, - $A_1$	ч	18	22	26	4
Температура выдержки - $A_2$	$^{\circ}\text{K}$	273	276	279	3

На основании разработанного двухфакторного плана проведения экспериментов были проведены соответствующие исследования, результаты которых были обработаны математически с помощью компьютерной программы Datafit 8.1.

Реализация плана эксперимента и обработка полученных данных позволила получить следующее уравнение регрессии, адекватно описывающее влияние продолжительности ( $A_1$ ) и температуры ( $A_2$ ) на реологическую оценку качества ( $\theta$ ):

$$\theta = a + b \cdot A_1 + c \cdot A_1^2 + d \cdot A_2 \quad (2)$$

где:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  - эмпирические коэффициенты

$$a = 199 \pm 124; b = -11 \pm 5; c = 0,22 \pm 0,11; d = -0,23 \pm 0,37$$

Критерий Фишера составил  $F = 54$  (выше табличного), что свидетельствует об адекватности найденного уравнения регрессии.

Результаты математической обработки полученных данных свидетельствуют о том, что вероятность незначимости отличия коэффициента  $d$  от нуля составляет 0,15. А это означает, что ни с доверительной вероятностью 0,95, ни даже с доверительной вероятностью 0,90 невозможно утверждать, что величина  $A_2$  оказывает существенное влияние на функцию отклика. Кроме того, были проверены другие модели, адекватно описывающие изменение функции отклика  $\theta$ , в них вероятность незначимости коэффициентов регрессии при  $A_2$  (а также его квадрате, логарифме или обратной функции) оказывается не ниже вероятности незначимости коэффициента  $d$  в данном уравнении регрессии. Следовательно, подтвердить гипотезу о значимом влиянии температуры в рассматриваемом интервале варьирования факторов не удалось. Поэтому целесообразно зафиксировать температуру ( $A_2$ ) на определённом уровне (2 – 4  $^{\circ}\text{C}$  или 275 – 277  $^{\circ}\text{K}$ ), а зависимость функции отклика от продолжительности осадки  $A_1$  исследовать с помощью однофакторного эксперимента, т.е. определить зависимость относительного реологического показателя  $\theta$  от продолжительности осадки.

Эксперименты по осадке «Морского ассорти» были проведены в трёхкратной повторности, причём значения относительного реологического показателя  $\theta$  после десятичасовой осадки определяли через каждые 5 часов, а общую продолжительность процесса ограничили 30 часами, исходя из технологической и экономической нецелесообразности продолжения осадки свыше этого времени. Условия проведения экспериментов и результаты реологических исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты реологической оценки «Морского ассорти» в процессе осадки

Номер эксперимента	Температура воздуха в помещении осадки, °С	Относительный реологический показатель $\theta$ , %				
		Продолжительность осадки, ч				
		10	15	20	25	30
1	2-3	8,33	6,25	2,07	2,07	4,7
2	2-3	8,33	4,17	2,07	4,17	4,17
3	3-4	6,25	4,17	2,07	2,07	4,17

В соответствии с полученными данными экспериментов построена графическая зависимость относительного реологического показателя  $\theta$  от продолжительности процесса осадки (рис. 2).

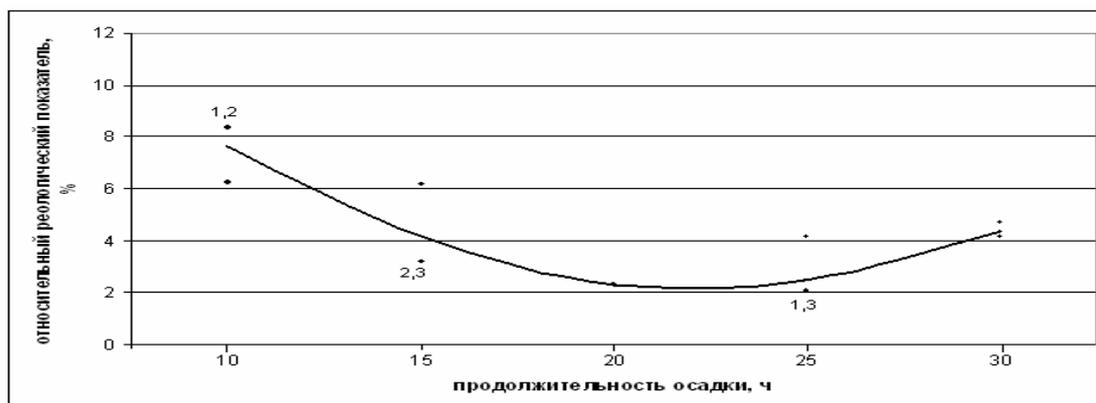


Рис. 2. Усредненная расчетная кривая уравнения регрессии, характеризующего зависимость  $\theta$  от продолжительности осадки.

Данные рисунка 2. свидетельствуют о том, что в процессе осадки происходит уплотнение консистенции, характеризующееся снижением значений относительного реологического показателя  $\theta$  до минимальных (2 – 4 %), причём в период от 20 до 25 часов эти значения не подвержены большим колебаниям.

С помощью математических методов обработки данных с использованием программы Datafit 8.1 было получено уравнение регрессии, адекватно выражающее зависимость  $\theta$ , (%) от продолжительности осадки  $\tau$ , (ч).

$$\theta = 13,26 - 0,1516 \cdot \tau^2 + 0,04168 \cdot \tau^2 \cdot \ln(\tau) \quad (3)$$

Критерий Фишера  $F=31,4$  (выше табличного), следовательно, все коэффициенты регрессии значимы с доверительной вероятностью 0,95 (а также 0,99 и 0,999).

Оптимальная продолжительность процесса осадки была определена методом дифференцирования (нахождения экстремума) и имеет значение  $\tau_{\text{опт}} = 23,0$  ч.

На основе найденного близкого к оптимальному значения продолжительности исследуемого процесса был проведён очередной эксперимент по осадке изготовленного формованного продукта «Морское ассорти» при температуре  $2 - 4^{\circ}\text{C}$ . По окончании процесса осадки продукт подвергали реологическим исследованиям. Полученный результат ( $\theta_{\tau=23,0 \text{ ч}} = 2,07 - 4,17 \%$ ) свидетельствовал о высоких качественных характеристиках формованного продукта.

**Выводы:**

1. С целью объективизации консистентных свойств созданного формованного продукта введен относительный реологический показатель  $\theta$ , определяемый в процентах с помощью прибора «FOOD CHECKER» по усилию резания.

2. Проведёнными исследованиями установлено, что наилучшее качество продукта по его монолитности имеет «Морское ассорти», имеющее значения относительного реологического показателя  $\theta$  от 2 до 4 % после осадки в течение 23 часов при температуре  $2 - 4^{\circ}\text{C}$ .

**Список литературы:**

1. Куранова, Л.К. Разработка инструментальных методов измерения реологических показателей качества гидробионтов и фаршевой продукции на приборе «Food Checker»/ Куранова Л.К. //Наука и образование – 2007 [Электронный ресурс]/МГТУ – электронный текст. Данные (18 Мб): Мурманск, МГТУ, 2007, - С.899.

2. Рогов, И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин. – М. : Колос, 2001. – 400 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСОЛА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ МАЛОЦЕННЫХ ГИДРОБИОНТОВ**

**Гроховский В.А., Низковская О.А.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, v.grokhovsky@mail.ru*)

During the development of the formed fish production making technology based on blue whiting and polar cod fillets the researches on effectiveness of an action of maturing additive called "Rainofix" on a semi-product during wet-salting with species were carried. The obtained results showed a notable improving of the qualitative characteristics of the fish fillets after salting.

Одним из рациональных путей использования мелкого рыбного сырья и сырья с пониженной товарной ценностью, в частности, путассу и сайки является приготовление на его основе формованных рыбных изделий.

В основу разработанной технологии положены следующие операции: разделка на рыбы на филе, посол, частичное обезвоживание, массирование, формование, осадка, созревание, хранение.

Поскольку путассу и сайка являются малосозревающими видами рыб, решено провести эксперименты по улучшению качественных характеристик филе этих гидробионтов в процессе посола.

Как известно, мышечная ткань рыб содержит ферментную систему (около 50 наименований ферментов), чрезвычайно сложную по своему составу и очень лабильную в зависимости от вида рыбы, её физиологического состояния и других факторов [1]. Наиболее важными ферментами, имеющими значительную активность, являются катепсины мышечной ткани рыбы (пептидгидролазы), которые гидролизуют пептидные связи в белковой молекуле, а также расщепляют пептиды и их производные. Активность катепсинов зависит в первую очередь от оптимальных значений рН среды, которые для этой группы ферментов находятся в диапазоне от 3,5 до 6 (за исключением катепсина-D с оптимумом 3-4,2) [1].

Для посола филе малосозревающих видов рыб использовали пищевые добавки, инициирующие процессы созревания, приводящие к устранению запаха сырости и созданию вкусоароматического «букета» в солёной рыбе, характеризующегося нарастанием таких объективных показателей созревания, как содержание небелковых азотистых веществ (НБА) и буферности.

С целью улучшения качества филе малосозревающих видов рыб в процессе тузлучного посола использовали созреватель «Райнофикс», который инициирует активизацию естественных ферментов мышечной ткани при определенной рН среды и придает продукту характерный нежный вкус созревшей рыбы. Кроме того, в процессе тузлучного посола использовали ароматизатор (СО<sub>2</sub> – экстракт). Эти пищевые добавки должны интенсифицировать нарастание улучшенных вкусоароматических и реологических характеристик филе рыб в процессе посола. Для подавления деятельности микрофлоры в солевой раствор вводили консервант - сорбат калия из расчёта, что в филе рыбы после просаливания его содержание не превысит 0,1 %.

Посол филе рыб проводили в специальных ваннах в помещении с температурой от 4 до 5 °С. Созреватель «Райнофикс» (зеелакс) вводили в солевой раствор изготовителя в количестве 0,272 кг на 10 дм<sup>3</sup> солевого раствора для создания оптимальных значений рН среды. В процессе просаливания (созревания), филе периодически, не менее 2 раз в сутки,

перемешивали. Продолжительность процесса просаливания (созревания) 3,5 - 4 суток. Эксперименты проводили в пятикратной повторности.

После посола филе рыб исследовали по химическим (отношение содержания небелкового азота к общему азоту) и органолептическим и показателям, Определение массовой доли общего азота, массовой доли небелкового азота, массовой доли сорбата калия проводили по ГОСТ 7636.

Результаты химических исследований представлены на рис. 1 – 2, причём на рисунках светло-серый и чёрный фон - данные результатов опытных экспериментов соответственно до и после посола рыбы; белый и тёмно-серый фон – данные результатов контрольных экспериментов соответственно до и после посола рыбы.

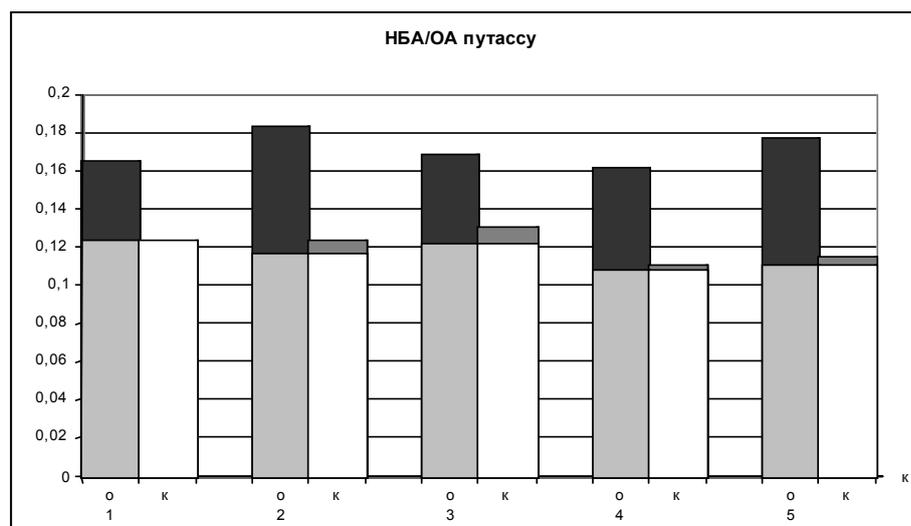


Рис.1. Значения небелкового азота в филе путассу до и после посола: О – опытные образцы, К – контрольные образцы, 1, 2, 3, 4 и 5 – номера опытов.

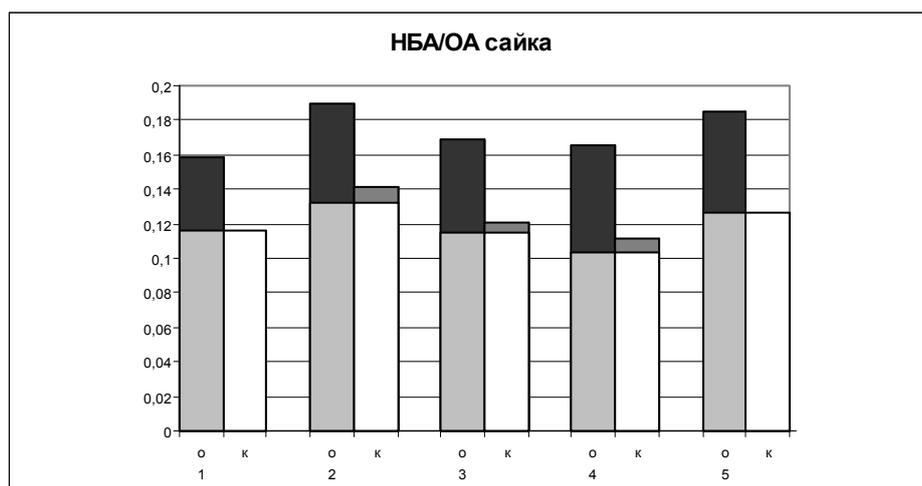


Рис. 2. Значения небелкового азота в филе сайки до и после посола: О – опытные образцы, К – контрольные образцы, 1, 2, 3, 4 и 5 – номера опытов.

Данные опытных экспериментов, представленные на рис.1 и 2, чётко свидетельствуют о положительном действии созревателя на активизацию деятельности ферментов пептидгидролаз в филе и путассу, и сайки и, как следствие, нарастания такого объективного

показателя созревания, как НБА/ОА (рост значений от 11 – 13,5 % перед посолом до 15,9 – 19,0 % по окончании его).

В контрольных экспериментах такого роста показателей созревания не наблюдается. Органолептическую оценку качества слабосоленого филе рыбы проводили с использованием разработанной балльной шкалы, включающей коэффициенты значимости, из которых наиболее высокие приходятся на самые характерные органолептические показатели: вкус и консистенцию [2].

Результаты органолептических исследований представлены на рис. 3 и 4.

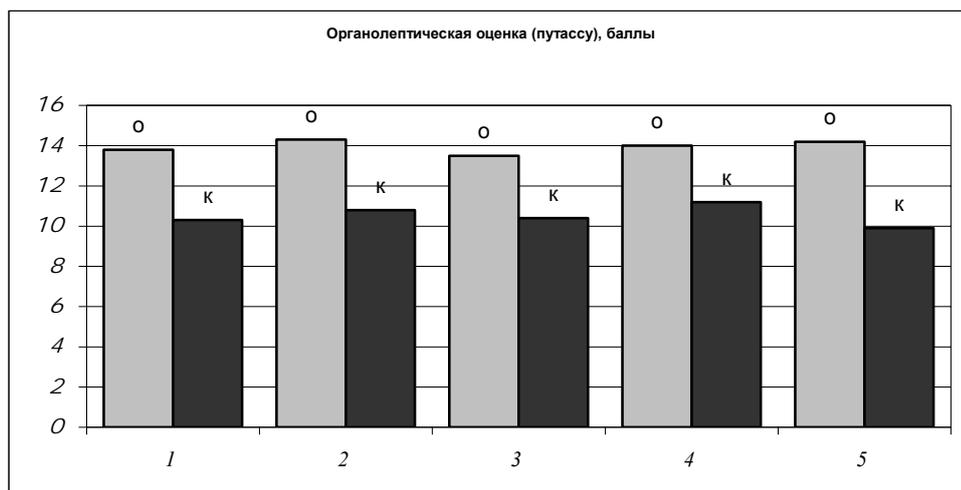


Рис. 3. Органолептическая оценка в баллах филе путассу после посола: О – опытные образцы, К – контрольные образцы, 1, 2, 3, 4 и 5 – номера опытов.

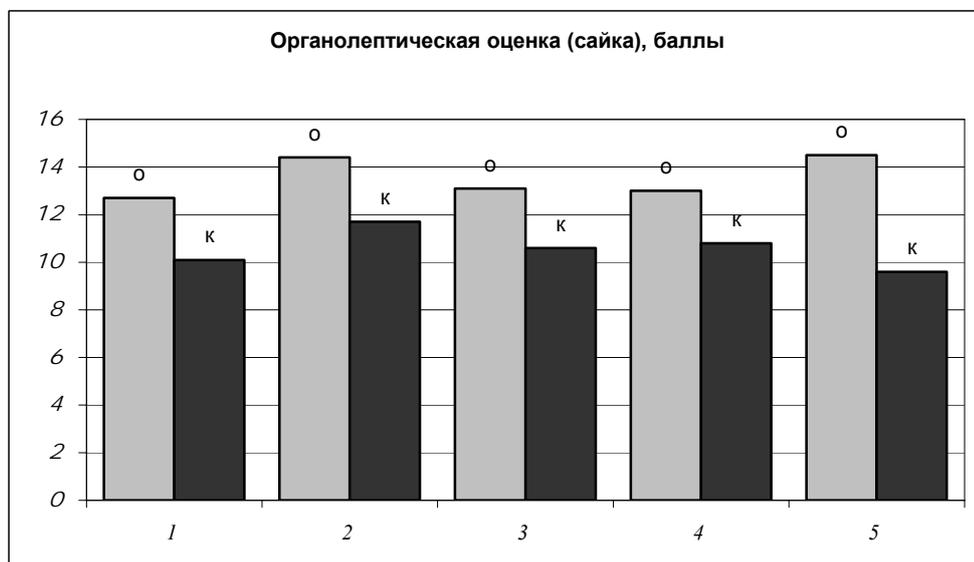


Рис. 4. Органолептическая оценка в баллах филе сайки после посола: О – опытные образцы, К – контрольные образцы, 1, 2, 3, 4 и 5 – номера опытов

Данные органолептической оценки филе рыбы после посола в баллах (рис 3 и 4.) ещё более подкрепляют вывод о том, что филе рыб, подвергшееся посолу с применением созревателя «Райнофикса» имеет более высокие качественные показатели, чем контрольные образцы.

Результаты экспериментов были подвергнуты статистической обработке. По итогам рассчитывались доверительные интервалы по отношению НБА/ОА по окончании посола для опытных и контрольных образцов путассу и сайки, данные представлены в таблице 1.

Доверительные интервалы для всех опытных и контрольных образцов не перекрываются, поэтому можно сделать вывод о том, что существует значимая разница между объективными показателями созревания при добавлении созревателя и без такового с доверительным интервалом  $P = 0,95$ .

Таблица 1. Доверительные интервалы значений НБА/ОА филе рыбы после посола (обобщённые данные пяти экспериментов)

Виды рыб (филе обесшкуренное)	Образцы	Доверительные интервалы	
		НБА / ОА после посола	
		от	до
Путассу	опытн	0,160	0,182
	контр	0,110	0,129
Сайка	опытн	0,157	0,190
	контр	0,108	0,136

Таким образом, результаты экспериментов, представленные на рис. 1 - 4, однозначно свидетельствуют о целесообразности введения в солевой раствор пищевых добавок и, в первую очередь, созревателя «Райнофикс», которые заметно улучшают качественные характеристики филе рыбы (путассу и сайки) после посола и непременно должны оказать свое положительное действие на полуфабрикат в процессе последующих технологических операций, а также в процессе хранения готового продукта.

#### Вывод

Проведёнными исследованиями доказана целесообразность использования созревателя «Райнофикс» при тузлучном посоле филе рыбы (путассу и сайки) для улучшения его качественных характеристик.

#### Список литературы:

1. Быков, В. П. Изменение мяса рыбы при холодильной обработке : автолитические и бактериальные процессы / В. П. Быков. - М. : Агропромиздат, 1987. - 220 с.
2. Сафронова, Т. М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции / Т. М. Сафронова. - М. : Изд-во ВНИРО, 1998. - 243 с.

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФФУЗИИ ВЛАГИ В РЫБЕ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ СУШКИ

Ершов М.А., Ершов А.М., Николаенко О.А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, *ershovma@mstu.edu.ru*)

**Abstract.** Work presents the survey of the calculated procedure of the presence of humidity on the thickness of sirloin, coefficients of diffusion of moisture in the fish for the processes of cold drying. Method makes it possible to carry out the necessary calculations, without carrying out experimental works. Calculation is conducted with the aid of the net point method. The equations of the generalized curved kinetics of dehydration and change in the diffusion properties of fish with the dehydration are used for constructing the grid. The conditions on the border of the division of two phases are assigned with the aid of the dependence of a change in the humidity on the surface of sirloin on the mean volumetric humidity of fish.

### 1. Введение

Для создания новых способов обработки рыбы необходимо совершенствование как параметров ведения процесса обезвоживания, так и самого коптильного оборудования. Поиск режимов обезвоживания традиционным экспериментальным путем достаточно трудоемок. Оптимизация основных технологических процессов производства также проблематична без знания закономерностей тепло - и массопереноса. Существующие расчетные методы несовершенны и не позволяют рассмотреть процесс обезвоживания в динамике. Поэтому сегодня актуальны разработки расчетных методов, на основе которых можно выбирать более эффективные режимы обработки, оптимально управлять процессом, а также совершенствовать имеющиеся коптильно-сушильные установки или проектировать новые.

### 2. Сущность метода

Построение распределения влажности по толщине рыбы при обезвоживании возможно с применением численных методов, например с помощью метода сеток. Для этого нужно установить закон изменения влажности на поверхности рыбы для всего процесса сушки. Знать влажность в любой точке тела в начальный момент времени и диффузионные свойства обрабатываемого сырья.

Получение расчетных зависимостей изменения влажности на поверхности рыбы при обезвоживании на основе массообменных процессов происходящих между теплоносителем и продуктом затруднено влиянием пограничного слоя вблизи поверхности объекта обезвоживания и сложностью экспериментальных работ. В качестве закона взаимодействия поверхности тела с окружающей средой использовались полученные закономерности изменения влаги на поверхности рыбы в течение процесса обезвоживания в зависимости от среднеобъемной влажности. Влажность на поверхности филе рассчитывается по предложенной методике (М.А. Ершов и др., 2006).

Для расчетного нахождения коэффициентов диффузии влаги (коэффициентов потенциалопроводности массопереноса) получена обобщенная кривая на основе функциональной зависимости:

$$(\omega/\omega_{к1}) \cdot (\omega/\omega_{к2}) = f(a_m / a_{mk1}) \cdot (a_m / a_{mk2}), \quad (1)$$

где  $a_m$ ,  $a_{mk1}$ ,  $a_{mk2}$  - коэффициенты диффузии, соответствующие текущей  $\omega$ , первой  $\omega_{к1}$  и второй  $\omega_{к2}$  критическим влажностям на сухую массу соответственно.

С помощью полученной кривой определяются коэффициенты потенциалопроводности массопереноса влаги в рыбе по одному экспериментальному значению. В математическом виде кривая представлена выражением (М. А. Ершов, 2007):

$$a_m = \{a_{mk1} a_{mk2} \exp [-6,36+6,32(\omega/\omega_{k1})(\omega/\omega_{k2})]\}^{0,5}, \quad (2)$$

В расчетах процессов обезвоживания рыбы критические влажности  $\omega_{k1}, \omega_{k2}$  зависят от начальной влажности рыбы на сухую массу  $\omega_0$  и находятся по формулам (А.М. Ершов, 1982):

$$\omega_{k1} = 1,069 \omega_0^{0,969}, \quad (3)$$

$$\omega_{k2} = 0,784 \omega_0 + 2. \quad (4)$$

Использование в расчетах зависимости (2) предусматривает экспериментальное определение хотя бы одного коэффициента диффузии влаги в рыбе. Это затрудняет применение методики нахождения поля влагосодержания в рыбе при обезвоживании. Неизвестное значение произведения  $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$  выражения (2) может быть найдено расчетным путем, используя зависимости, полученные на основе экспериментальных данных. На рис. 1 представлены графики изменения произведения начальной влажности рыбы на сухую массу  $\omega_0^2$  и коэффициентов диффузии влаги  $a_{mk1}, a_{mk2}$  в зависимости от первой и второй критических влажностей  $\omega_{k1}$  и  $\omega_{k2}$ .

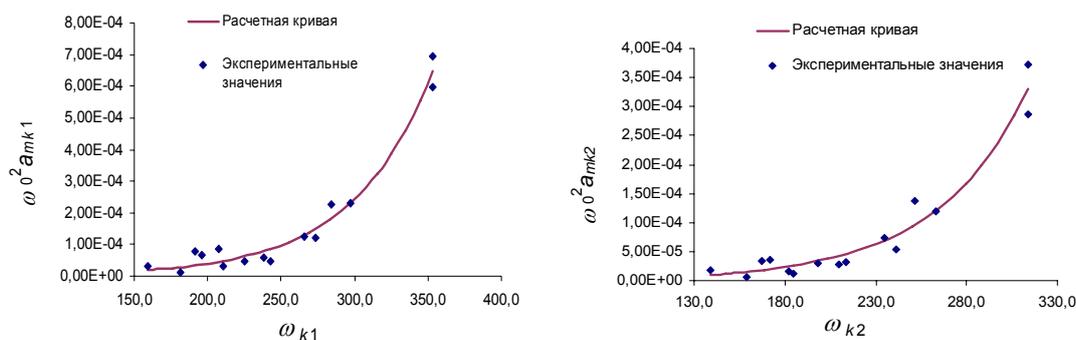


Рис.1 - Изменения произведения начальной влажности рыбы на сухую массу  $\omega_0^2$  и коэффициентов диффузии влаги  $a_{mk1}, a_{mk2}$  в зависимости от первой и второй критических влажностей  $\omega_{k1}$  и  $\omega_{k2}$ .

Коэффициенты корреляции между двумя множествами в первом и во втором случае равнялись 0,88, что указывает на существование функциональной зависимости между  $\omega_0^2 \cdot a_{mk1}, \omega_0^2 \cdot a_{mk2}$  и  $\omega_{k1}, \omega_{k2}$ . В математическом виде полученные зависимости представлены формулами (3) и (4):

$$a_{mk1} = \exp(-13,845 + 1,842 \cdot 10^{-2} \cdot \omega_{k1}) / \omega_0^2, \quad (5)$$

$$a_{mk2} = \exp(-14,253 + 1,982 \cdot 10^{-2} \cdot \omega_{k2}) / \omega_0^2, \quad (6)$$

Формулы (5) и (6) используются для расчета произведения  $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$  в выражении (2).

Подставляя текущую влажность рыбы  $\omega$  в выражение (2), можно рассчитать коэффициенты потенциалопроводности массопереноса влаги в рыбе, не проводя экспериментальных работ. Текущая влажность рыбы находится по ранее предложенной методике (А. М. Ершов и др., 2000)

На рис. 2 представлен пример построения сетки для расчета распределения влаги по толщине филе путассу при продолжительности процесса 5 часов. При этом расчетными

методами находились изменения текущей влажности  $\omega$  и влажности на поверхности рыбы  $\omega_n$  в зависимости от продолжительности обезвоживания. Изменения коэффициентов диффузии влаги  $a_m$  в зависимости от текущей влажности. Для получения более точных расчетных значений коэффициентов диффузии влаги и распределения влажности по толщине рыбы необходимо корректировать расчетное значение  $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$ . Корректировка осуществляется подбором произведения  $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$ , при котором расчетная кривая кинетики и кривая кинетики среднеобъемной влаги максимально совпадают (рис. 3).

$a_{mk1} \cdot a_{mk2}$	$\tau$ , сек	Текущая влажность рыбы $\omega^c$ , %	$a_m$ , $M^2/c$	Полутолщина рыбы						Среднеобъемная влажность по слоям
				Поверхность	1-й слой	2-й слой	3-й слой	4-й слой	5-й слой	
1,15E-18	0	354,5	3,98E-09	0,00	0,0008	0,0016	0,0024	0,0032	0,0040	350,00
	80,5	349,3	3,49E-09	327,51	354,50	354,50	354,50	354,50	354,50	346,79
	160,9	349,1	3,48E-09	320,04	342,67	354,50	354,50	354,50	354,50	345,10
	241,4	348,9	3,46E-09	319,84	337,95	349,33	354,50	354,50	354,50	343,74
	321,8	348,9	3,46E-09	319,50	335,03	346,63	352,25	354,50	354,50	342,54
	402,3	348,2	3,43E-09	319,03	333,34	344,05	350,80	353,53	354,50	341,36
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	17941,6	196,5	1,77E-10	101,23	160,89	204,87	234,72	251,94	257,56	201,87
...	18022,0	196,3	1,77E-10	100,86	160,54	204,55	234,44	251,68	257,31	201,56

Рис.2 - Пример построения сетки для расчета распределения влаги по толщине рыбы при продолжительности процесса 5 часов.

Для данного примера расчетное значение  $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$  равнялось  $3,5 \cdot 10^{-18}$ . При этом кривая кинетики среднеобъемной влажности располагалась ниже расчетной кривой кинетики обезвоживания. Для максимального совпадения данных кривых значение  $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$  было уменьшено до  $1,15 \cdot 10^{-18}$ . Сетка распределения влажности по толщине филе путассу строилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Процесс корректировки занял непродолжительное время. На рис. 4 представлены экспериментальные и расчетные кривые изменений коэффициентов диффузии влаги в зависимости от текущей влажности рыбы. Среднее расхождение расчетных значений коэффициентов потенциалопродности массопереноса от экспериментальных не превысило 30 %. На рис. 5 изображены экспериментальная и расчетная зависимости распределения влаги по толщине филе путассу при продолжительности процесса обезвоживания 5 часов. Среднее расхождение расчетных значений влаги по толщине филе от экспериментальных не превысило 10 %.

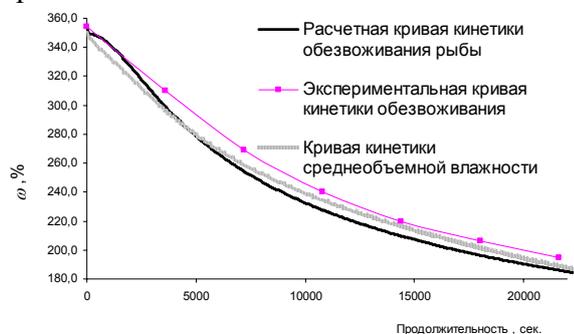


Рис.3 – Кривые кинетики обезвоживания путассу филе.

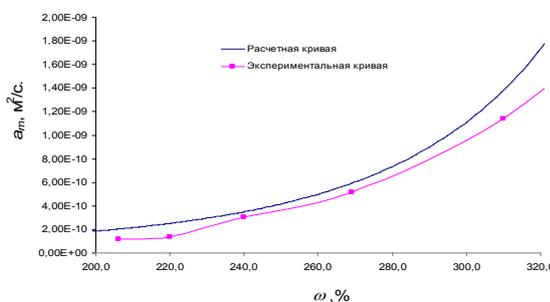


Рис. 4 – Кривые изменения коэффициентов диффузии влаги в зависимости от текущей влажности.

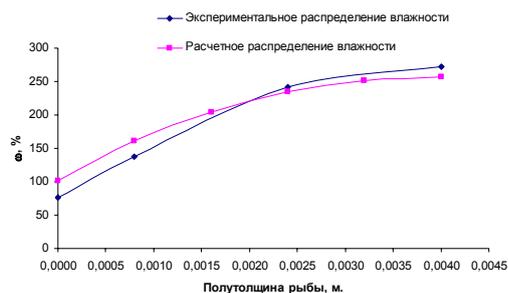


Рис.5 - Экспериментальная и расчетная зависимости распределения влаги по толщине филе путассу при продолжительности процесса обезвоживания 5 часов

### 3. Заключение

Разработанная расчетная методика нахождения распределения влажности по толщине филе в течение процесса обезвоживания применима для процессов холодного копчения и вяления рыбы. В качестве закона взаимодействия поверхности тела с окружающей средой использовались полученные закономерности изменения влаги на поверхности рыбы в течение процесса обезвоживания в зависимости от среднеобъемной влажности. При задании начальных условий учитывалась неравномерность распределения влаги в начальный момент времени.

Методика позволяет, не проводя экспериментальных работ, проследить изменение среднеобъемной влажности в зависимости от времени обезвоживания, изменение коэффициентов теплопроводности в зависимости от среднеобъемной влажности, изменение влагосодержания на границе продукта и в толще филе в течение всего процесса обезвоживания.

### Список литературы:

**Ершов А.М.** Исследование тепло - и массообмена при обжаривании рыбы в растительном масле и с использованием инфракрасного излучения. *Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., МТИПП, 205 с., 1982.*

**Ершов А.М., Ершов М.А., Гроховский В. А.** Совершенствование обобщенной кривой кинетики обезвоживания. *Материалы научно технической конференции "Техника и технология пищевых производств на рубеже 21 века". Мурманск, с. 39-41, 2000.*

**Ершов М.А., Ершов А.М., Николаенко О.А.** Расчетный метод определения влажности на поверхности рыбы в процессах обезвоживания. *Вестник МГТУ: труды Мурманского Государственного Технического Университета, т.9, № 4, с.707-709, 2006.*

**Ершов М.А., Ершов А.М., Николаенко О.А.** Расчетный метод определения влажности по толщине филе в процессах обезвоживания. *Материалы МНТК «Наука и образование – 2007». Мурманск, МГТУ, с. 878-882, 2007.*

**Ершов, М.А.** Совершенствование методов расчета обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы: *автореф. диссертации на соискание уч. степени канд. техн. наук. Спец. 05.18.12 / М.А.Ершов. - Мурманск: МГТУ, 2007. - 23 с.*

## МАЛОГАБАРИТНАЯ СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА

**Ершов М.А., Толсторебров И.Н.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, [ershovma@mstu.edu.ru](mailto:ershovma@mstu.edu.ru)); **Маслов А.А., Кайченев А.В., Аминов В.А.** (МГТУ, кафедра автоматики и вычислительной техники, [kc\\_05@ya.ru](mailto:kc_05@ya.ru))

Small drying plant is intended for refinement and search for the optimum regimes of preliminary hot working, cold smoking, and warm smoking of fish. Installation can be used for scientific experimental purposes for the development of the low-waste technological processes of obtaining the salt-dry and smoked articles made of the aqueous raw material, and also in the training process with conducting of the research works, connected with the study of the processes of dehydration.

Назначение установки. Малогабаритная сушильная установка (МСУ) предназначена для уточнения и поиска оптимальных режимов предварительной тепловой обработки (ПТО), холодного копчения, полугорячего копчения и вяления рыбы. Установка может быть использована в научно-экспериментальных целях при разработке малоотходных технологических процессов получения солено-сушеных и копченых изделий из водного сырья, а также в учебном процессе при проведении исследовательских работ, связанных с изучением процессов обезвоживания.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: небольшие габариты; постоянные режимы тепловой обработки на протяжении всего процесса; равномерное поле скоростей внутри камеры; простота обслуживания; возможность применения простых схем автоматического регулирования. Технические характеристики малогабаритной установки приведены в таблице 1.

Малогабаритная сушильная установка оборудована микропроцессорным измерителем-регулятором ТРМ10. Измеритель-регулятор предназначен совместно с датчиком температуры ДТС-125-50М для измерения и регулирования температуры. Параметры работы прибора задаются пользователем и сохраняются при отключении питания в энергонезависимой памяти прибора.

Прибор ТРМ10 позволяет осуществлять следующие функции:

- измерение температуры и других физических величин (давления, влажности, расхода, уровня и т.п.) с помощью стандартных датчиков;
- отображение текущего измерения на встроенном светодиодном цифровом индикаторе;
- регулирование измеряемой величины по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) закону;
- автоматическое определение коэффициентов ПИД-регулятора (автонастройка);

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1.

Таблица 1. Технические характеристики МСУ

Мощность ТЭН	3,5 кВт
Сила тока	8 А
Мощность центробежного вентилятора	160 Вт
Регулирование температура воздуха внутри камеры	от 20 до 75 °С
Скорость движения теплоносителя	от 1,5 до 2 м/с
Масса загружаемой рыбы	до 10 кг
Длина	1180 мм
Ширина	480 мм
Высота	1430 мм

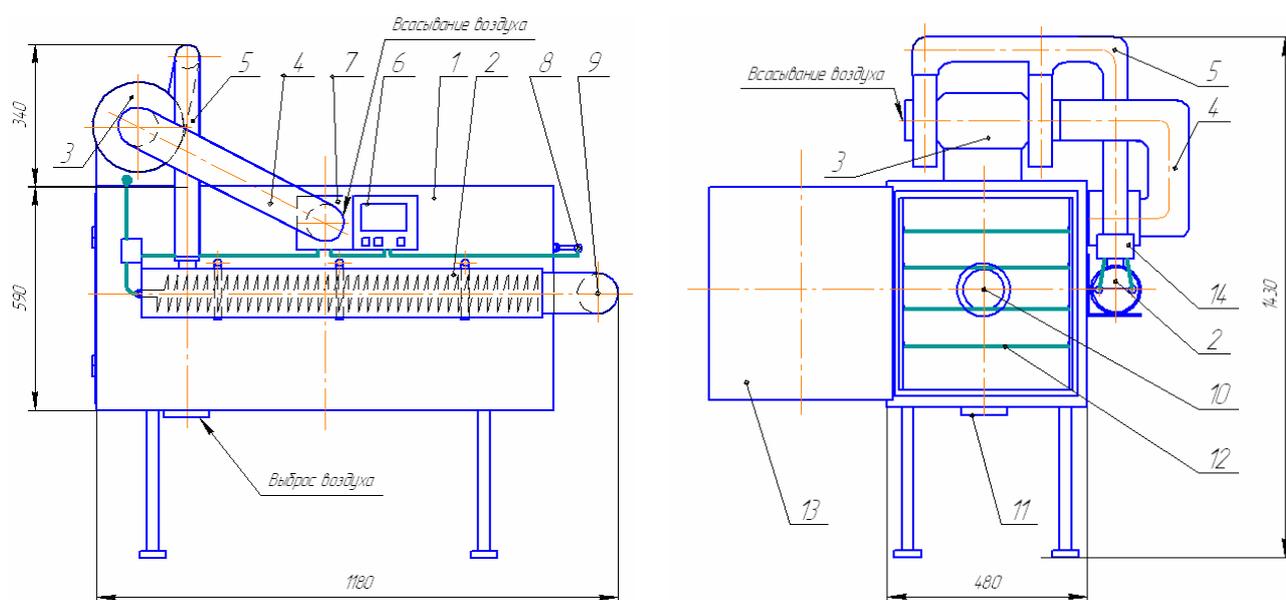


Рис. 1 – Принципиальная схема малогабаритной сушильной установки.

1 – корпус установки; 2 – камера нагрева воздуха; 3 – двухсторонний центробежный вентилятор; 4 – патрубок всасывания воздуха; 5 – нагнетающий воздуховод; 6 – измеритель - регулятор температуры ТРМ-10; 7 – радиатор охлаждения симистора; 8 – датчик температуры ДТС-125-50М; 9 – патрубок подачи воздуха в установку; 10 – входное отверстие подачи воздуха в камеру; 10 – распределительная коробка; 11 – патрубок выброса воздуха из камеры; 12 – сетчатые противни; 13 – дверь загрузки-выгрузки; 14 – распределительная коробка.

Принцип работы установки. Включение установки осуществляется с помощью кнопки измерителя-регулятора ТРМ-10 6. Одновременно с измерителем-регулятором включается центробежный вентилятор 3. С одной стороны двухстороннего центробежного вентилятора происходит свободное всасывание воздуха. С другой стороны – через патрубок 4 для охлаждения радиатора симистора; Подача воздуха для подогрева осуществляется по воздуховоду 5. Подогрев воздуха происходит в камере нагрева 2 посредством навивного трубчатого электронагревателя (ТЭН). Подогретый воздух по отводу 9 через окно подачи 10 попадает в камеру сушки. Объект обезвоживания размещается на четырех сетчатых противнях 12. Для загрузки полуфабриката в камеру используется дверь 13. Выброс воздуха происходит через патрубок 11.

Малогабаритная сушильная установка смонтирована в лаборатории кафедры технологии пищевых производств. Установка используется при разработке режимов тепловой обработки рыбы, используемой в качестве полуфабриката для производства консервов, в научно-экспериментальных целях, а также в учебном процессе при проведении исследовательских работ, связанных с изучением процессов обезвоживания.

#### Список литературы:

**Ершов, М.А.** Совершенствование методов расчета обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы: автореф. диссертации на соискание уч. степени канд. техн. наук. Спец. 05.18.12 / М.А.Ершов. - Мурманск: МГТУ, 2007. - 23 с.

**Ершов А.М., Ершов М.А., Папуша А.Н.,** и др. Разработка схемы универсальной коптильно-сушильной установки и методики расчета тепло- и массообмена. *Вестник МГТУ*, т.10, № 4, с.648-652, 2007.

## К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕРИЛИЗУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОНСЕРВОВ В АВТОКЛАВАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Маслов А.А., Власов А.В., Кайченов А.В. (МГТУ, кафедра АиВТ, e-mail: ican2005@yandex.ru)

Method of calculation of the sterilization effect in the autoclaves, which are used in canned food production, is being described in the article.

В статье рассмотрены методы определения стерилизующего эффекта при производстве консервов в автоклавах периодического действия.

Для изготовления консервов любого ассортимента и, в частности, для обеспечения их микробиологической безопасности и минимальных изменений качества продукта в процессе стерилизации руководствуются оптимальным соотношением температуры и продолжительности нагревания. Поэтому, первоначально определяют для данного вида консервов предельно допустимую температуру стерилизации, при которой нежелательные изменения качества минимизированы. Затем определяют продолжительность процесса для обеспечения необходимой степени стерильности продукта, которая характеризуется таким показателем, как требуемая летальность или нормативный стерилизующий эффект  $F_T^z$  [1,2,3].

Очевидно, что требуемая летальность  $F_T^z$  является не чем иным, как заданным значением фактической летальности  $L_T^z$ , которая для обеспечения безопасности продукта должна превышать значение нормативного стерилизующего эффекта минимум на 10%. Фактическая летальность может быть определена двумя методами: экспериментальным и расчетным.

Экспериментальный метод не отличается рациональностью и экономичностью, даже при математическом планировании эксперимента, поэтому крайне редко находит применение[2].

Расчетный метод, разработанный в начале 20 века, был неоднократно усовершенствован и до сегодняшнего дня применяется для определения фактической летальности. Суть метода (по Б.Флауменбауму) сводится к следующему:

1 Специальную термopару вводят в ту точку банки с содержимым консервов, где прогреваемость наихудшая (как правило, в геометрическом центре банки), и размещают опытные банки в наименее прогреваемых местах автоклава.

2. Используя таблицы коэффициентов летальности  $K_T^z$ , находят соответствующие им значения по измеренным температурам в банках, начиная с 96 °С.

3. Рассчитывают величину фактического стерилизующего эффекта  $L_T^z$ , суммируя значения коэффициентов летальности  $K_T^z$  и умножая его на равновеликий отрезок времени, за который проводили соответствующие замеры температуры.

4. По полученным данным на одном графике строят зависимость изменения температур и коэффициентов летальности в автоклаве и банке от времени стерилизации, для чего по оси абсцисс откладывают продолжительность теплового воздействия на 2 осях ординат значения температур и коэффициентов летальности  $K_T^z$ .

5. Сравнивают значение полученного стерилизующего эффекта  $L_T^z$  с требуемой летальностью  $F_T^z$  и, если не соблюдается соотношение  $L_T^z \geq F_T^z$ , проводят корректировку режима стерилизации в сторону увеличения  $L_T^z$

Данный метод удобен и приемлем при разработке новых видов консервов, однако, не в полной мере обеспечивает возможность оптимизации и прогнозирования режимов термической обработки в отношении сохранения пищевой и биологической ценности продукта по всему объему банки. Ч. Стамбо предложил определять фактическую летальность  $L_T^z$  как интегральную величину летальности, получаемую каждым отдельным слоем стерилизуемого продукта, ввиду того, что в банке консервов есть участки, весьма различные по выживаемости микроорганизмов, по сравнению с геометрическим центром.

Величина суммарного стерилизующего эффекта  $L_T^z$  по методу Ч. Стамбо на 18...20% более точна, чем величина, которую рассчитывают по классическому методу Бигеллоу-Болла-Флауменбаума, а это в свою очередь позволяет разрабатывать менее жесткие режимы стерилизации, что не только обеспечивает безопасность продукта, но и повышает его качественные характеристики.

Очевидно, что метод Стамбо, по сравнению с классическим, повышает требования к измерительной технике и точности расположения датчиков температуры внутри банки.

Расчетный метод Стамбо не является единственным. В.Бабарин предложил метод расчета фактической летальности на основании математической модели, которая была получена из решения уравнения теплопроводности (1).

$$\frac{\partial T(r; z; \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left[ \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T(r; z; \tau)}{\partial r} + \frac{\partial^2 T(r; z; \tau)}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T(r; z; \tau)}{\partial z^2} \right] \quad (1)$$

со следующими граничными условиями  $0 < r \leq R$ :

$$-h \leq z \leq h; T(R; z; \tau) = T(R; \pm h; z) = T_{cp}(\tau) = \text{const}; T(R; z; 0) = T_0,$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $T$  – температура, К;  $r, z$  – координаты;  $\tau$  – время, с;  $T_0$  – начальная температура продукта, °С;  $R$  – радиус банки, м;  $h$  – половина высоты банки, м.

Решение уравнения представляет собой произведение решения соответствующего уравнения для бесконечного цилиндра и центра бесконечной пластины [1].

На основании решения уравнения теплопроводности была получена математическая модель, которая в различные этапы процесса стерилизации выглядит по-разному.

В период прогрева модель имеет вид:

$$T(r, z, \tau) = T_0 + [T_{cp}^0 - T_0] \cdot \Phi(F_{oh}) + b_1 \cdot \tau \cdot \Omega(F_{oh}) \quad , \quad (2)$$

где  $T_{0cp}$  – начальная температура среды, °С;  $b_1$  – скорость подъема среды °С/с;  $\tau$  – время, с;  $\Phi(F_{oh})$  и  $\Omega(F_{oh})$  – безразмерные функции, зависящие от координат  $r/R$  и  $z/h$ , параметра  $k=h/R$  и числа Фурье  $F_{oh}$ .(5).

В период собственно стерилизации (3):

$$T(r, z, \tau) = T_0 + [T_{cp}^0 - T_0] \cdot \Phi(F_{oh}) + b_1 \cdot \tau \cdot \Omega(F_{oh}) - b_1 \cdot (\tau - \tau_1) \cdot \Omega(F_{oh1}) \quad (3)$$

В период охлаждения(4):

$$T(r, z, \tau) = T_0 + [T_{cp}^0 - T_0] \cdot \Phi(F_{oh}) + b_1 \cdot \tau \cdot \Omega(F_{oh}) - b_1 \cdot (\tau - \tau_1) \cdot \Omega(F_{oh1}) - b_3 \cdot (\tau - \tau_2) \cdot \Omega(F_{oh2}) \quad , \quad (4)$$

где  $b_1$  – скорость снижения среды °С/с;  $\tau_1$  – время окончания прогрева, с;  $\tau_2$  – время окончания стерилизации и начала охлаждения, с;

$$F_{oh} = \frac{a \cdot \tau}{h^2} \quad ; \quad F_{oh1} = \frac{a \cdot (\tau - \tau_1)}{h^2} \quad ; \quad F_{oh2} = \frac{a \cdot (\tau - \tau_2)}{h^2} \quad . \quad (5)$$

К математической модели прилагается таблица безразмерных функций  $\Phi(F_{oh})$  и  $\Omega(F_{oh})$  для различной тары, в которую может быть помещен стерилизуемый продукт.

Фактическую летальность режима стерилизации подсчитывают по уравнению (6):



Рис.1 – Построение процесса стерилизации по математической модели В. Бабарина

$$L = \int_0^{\tau_2} 10^{\frac{T(\tau)-T_6}{z}} d\tau, \quad (6)$$

где  $T_6$  – базисная температура стерилизации, °C;  $T(\tau)$  – температура в банке при времени  $\tau$ , °C;  $\tau_2$  – время окончания стерилизации и начала охлаждения, с;  $z$  – число градусов, на которое необходимо изменить температуру, чтобы время термической смерти изменилось в 10 раз.

На основании полученной В. Бабариным математической модели на кафедре автоматики и вычислительной техники Мурманского государственного технического университета был разработан программный продукт, позволяющий определить температуру в центре банки и фактическую летальность. Исходными данными для построения модели являются начальная температура продукта ( $T_0$ ), начальная температура среды ( $T_{0cp}$ ), продолжительность этапов процесса стерилизации, коэффициент температуропроводности ( $a$ ), половина высоты банки ( $h$ )

Особенностью данного программного продукта является то, что расчет безразмерных функций  $\Phi(F_{oh})$  и  $\Omega(F_{oh})$  ведется на основании приближенных моделей, полученных для банки №3 (7 и 8) известными методами математического моделирования [4].

$$\Phi(F_{oh}) = 1 - 1.2953 \cdot e^{\frac{F_{oh}-0.04}{0.3469}} + 0.2953 \cdot e^{\frac{F_{oh}-0.04}{0.088}} \quad (7)$$

$$\Omega(F_{oh}) = 0.93 - 1.031355 \cdot e^{\frac{F_{oh}-0.04}{0.98}} + 0.081355 \cdot e^{\frac{F_{oh}-0.04}{0.1042}} \quad (8)$$

Максимальное отклонение табличных значений [1], от вычисляемых по формулам 7 и 8, составляет 4%, что позволяет использовать данный метод для оценки фактической летальности в процессе стерилизации.

В настоящий момент проводятся эксперименты, проверяющие адекватность математических моделей (2,3,4) при стерилизации продуктов из гидробактерий. В случае, если результаты экспериментов подтвердят адекватность математического описания, на основании полученной при исследовании температурного поля греющей среды стерилизационной камеры модели можно будет осуществить расчет фактической летальности всех банок [5,6]. Если эксперименты покажут адекватность такого расчета, можно будет проводить исследования в направлении определения возможности проведения процесса стерилизации по нормативному стерилизующему эффекту, в качестве задающего воздействия для системы управления.

**Список литературы:**

- 1 Бабарин В.П. Стерилизация консервов: Справочник. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 312с.: ил.
- 2 А.М. Ершов. Технология рыбы и рыбных продуктов / Баранов В.В., Бражная И.Э., Гроховский В.А. и др.; Под ред. Ершова А.М. СПб.: ГИОРД, 2006.
- 3 Методика изучения температурного поля греющей среды аппаратов периодического действия для стерилизации консервов. Министерство рыбного хозяйства СССР, 1983.– с. 2-5, 9.
- 4 Глазунов Ю.Т., Ершов А.М., Ершов М.А. Моделирование процессов пищевых производств. – М.: Колос, 2008.– 360с.
- 5 Маслов А.А., Власов А.В., Кайченев А.В. Разработка системы контроля и управления процессом стерилизации консервов в автоклавах периодического действия. Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 24 февраля – 27 февраля 2009 г., ч.2 – Томск: Изд-во СПб Графикс – 357с.
- 6 Маслов А.А., Власов А.В., Кайченев А.В. Программно-аппаратный комплекс для экспериментального исследования температурного поля в стерилизационной камере автоклава. Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 26 февраля – 28 февраля 2008 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 500с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МИНИ ДЫМОГЕНЕРАТОРА**

**Голубев Б.В., Шутов А.В., Кобылянский И.Г.** ( г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологического и холодильного оборудования)

**Аннотация.** В докладе описана конструкция новой модели минидымогенератора. С помощью дыма дымогенератора определяются утечки, холодного воздуха в шкафах-витринах магазинов. Приведены результаты аэродинамических исследований процесса горения дымообразующей сигареты.

**Abstract.** In report is described design to new model of the producer of the smoke. By means of producer of the smoke are defined drains, cool air in closet-shop window shop. The Broughted results of the aerodynamic studies of the process of the combustion smoke creating cigarettes.

### **Введение**

Первый образец минидымогенератора был использован в исследовательских работах еще в 1973 году. В это время в лаборатории фреоновых холодильных машин с помощью дыма проводились исследования утечек холодного воздуха в модели трюма №3 транспортного рефрижератора типа «Сибирь». В 1975 году дымогенератор использовался в теплотехнических испытаниях трюмов №1,2,3 на транспортном рефрижераторе «Алексей Веницианов». После испытания штор, защищающих охлажденные трюма от конвективных и радиационных теплопритоков по заявке на изобретение, авторам кафедры ТХО было выдано авторское свидетельство на шторы. С помощью Мурманской судовой верфи, (где эти шторы изготавливались) этими шторами было оборудовано большинство судов Севрыбхолодфлота. В настоящее время для исследования утечек холодного воздуха в шкафах – витринах, открываемых покупателями деликатесных мороженых рыбных продуктов в супермаркетах. Мы использовали минидымогенератор. После изготовления и совершенствования модели минидымогенератора нами была подана заявка на изобретение и в феврале с месяца 2010 года госкомитет по делам изобретений принял решение о выдаче патента на полезную модель дымогенератора. Однако с целью дальнейшего совершенствования минидымогенератора были проведены аэродинамические исследования процесса горения дымообразующих сигарет. Ниже приводятся описание конструкции минидымогенератора.

### **Описание модели дымогенератора**

Модель устройства для получения небольших количеств дыма в лабораторных и натурных условиях, имеющая горизонтальный полый цилиндрический корпус дымогенератора, с герметичной крышкой с одной стороны торца, в центре которого с внешней стороны находится штуцер, через который внутрь цилиндрического корпуса подается сжатый воздух от компрессора, а с противоположной стороны цилиндрического корпуса имеется съемная крышка с цилиндрическим выступающим буртом, который свободно входит внутрь цилиндрического корпуса дымогенератора, а герметичность съемной крышки достигается с помощью прокладки из пористой резины и фланцев, которые стягиваются с помощью болтовых соединений и барашковыми гайками. В центре этой съемной крышки имеется двухсторонний штуцер, внутренняя часть которого является муфтой для вставляния и укрепления в нем сигареты из папиросной бумаги, наполненной дымообразующими мелконарезанными растениями или слегка увлажненными мелкими древесными опилками. С наружной стороны съемной крышки имеется штуцер, на который одевается гибкий шланг, по которому отводится дым к объекту исследования. Для получения более интенсивного образования дыма на

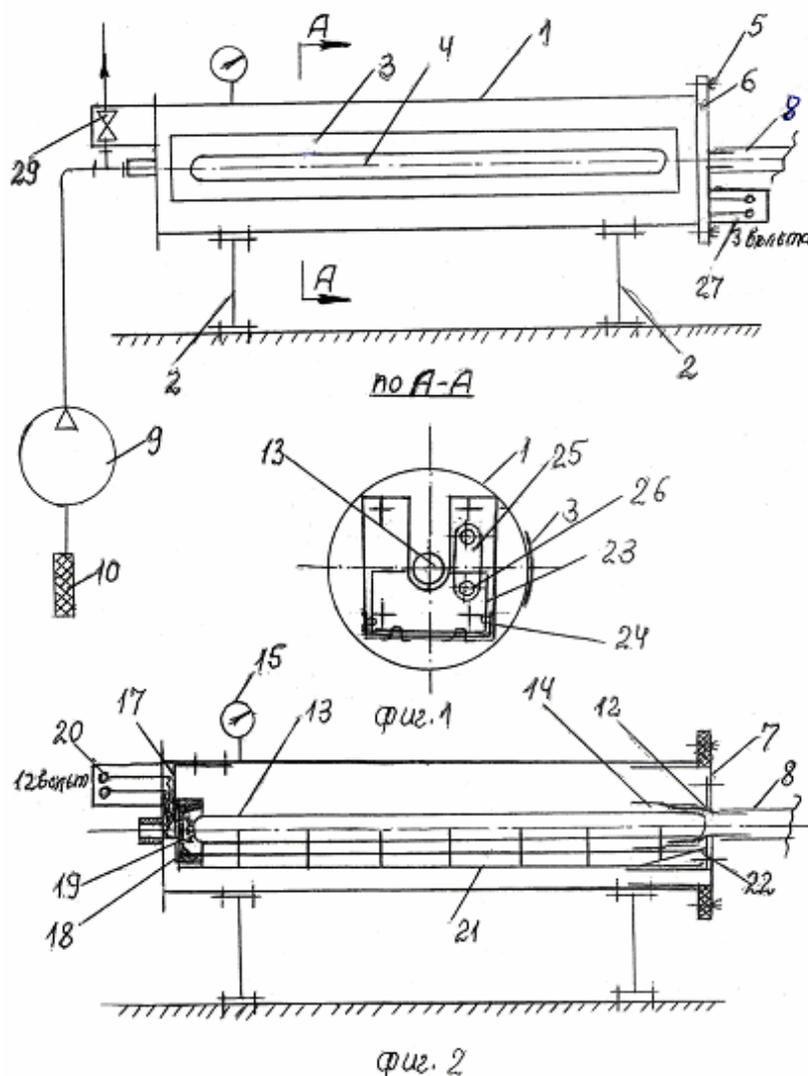
мунштук втугую одевается насадок, позволяющий вставлять и укреплять сигареты значительно большего диаметра. Ниже мунштука находится сетчатый зольник, который укреплен к съемной крышке с помощью фланцевого соединения. Сетчатый зольник имеет прямоугольную форму и длину несколько меньше длины корпуса цилиндрической части дымогенератора. С боковой стороны горизонтального цилиндрического корпуса дымогенератора имеется по всей его длине отверстие в виде широкой щели, герметично закрытое прозрачным органическим стеклом. Через это смотровое стекло хорошо виден весь процесс горения сигареты от начала до конца. Для зажигания сигареты непосредственно внутри цилиндрического дымогенератора установлен гибкий пружинящий рычаг. По центру горизонтального цилиндрического корпуса на конце гибкого пружинящего рычага установлена из огнеупорного фарфора вогнутая розетка, внутри которой расположен спиральный нагреватель для зажигания сигареты. Провода от спирали выведены через неподвижную крышку наружу на плату, укрепленную на этой крышке с клеммами для подсоединения к электрической сети с напряжением 12 вольт.

Для того, чтобы хорошо видеть процесс горения сигареты от начала до конца на съемной крышке установлен рефлектор направленного действия и два светодиода, освещающие всю сигарету во время ее горения, а концы проводов выведены через сверления в съемной крышке на панель с клеммами и кассета с двумя пальчиковыми батарейками на 3 вольта. Панель также укреплена на съемной крышке.

### **Принцип действия дымогенератора**

Устройство работает следующим образом: съемная крышка 7 (рис.2) удаляется из цилиндрического корпуса дымогенератора 1. В мунштук 12 съемной крышки 7 вставляется и укрепляется сигарета 13 и одновременно вкладывается в центрирующие вогнутые по окружности опорные рамочного типа балки 23. После чего съемная крышка 7 вставляется в цилиндрическую часть корпуса дымогенератора 1. Фланцы корпуса дымогенератора 1 и съемной крышки с помощью болтовых соединений и гайками барашкового типа 5 быстро вручную завинчиваются и сжимая резиновую прокладку 6 герметизируют внутреннюю полость цилиндрического корпуса дымогенератора 1. Включается компрессор 9 и подается воздух в цилиндрический корпус дымогенератора 1, после чего подается электропитание на клемную коробку 20 и от электроспирали 19 зажигается сигарета 13. Так как внутри дымогенератора 1 избыточное давление воздуха сигарета 13 горит и с помощью регулирующего вентиля 29, с помощью манометра 15 регулируется давление воздуха в корпусе дымогенератора 1 и с целью добиться одинаковой и интенсивности горения сигареты вначале ее горения когда её аэродинамическое сопротивление велико и в конце горения, когда аэродинамическое сопротивление весьма мало.

В результате процесса горения дым по корпусу сигареты попадает в мунштук 12, а из него во внешнюю часть штуцера съемной крышки 7 и по шлангу 8 дым подается к объекту исследования. С помощью регулирующего вентиля 29, выпуская часть воздуха в атмосферу, можно уменьшить процесс горения сигареты 13, а прикрыв вентиль 29 процесс горения сигареты усилится, т.к. в корпусе дымогенератора 1 установится большее давление. Для лучшей видимости процесса горения подается ток в 3 вольта от кассеты с двумя пальчиковыми батарейками к двум светодиодам 26 и с помощью рефлектора направленного действия 25 сигарета 13 в процессе горения от начала до конца будет хорошо видна.



### Исследование работы минидымогенератора

Цель исследования:

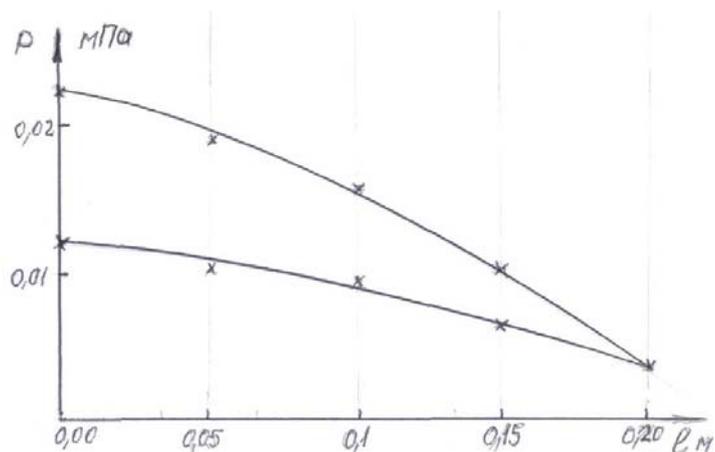
1. Установить как меняется давление в корпусе минидымогенератора в процессе горения дымообразующей сигареты от начала до конца.

2. Установить как необходимо изменять давление воздуха в корпусе минидымогенератора для того, чтобы интенсивность горения дымообразующей сигареты была одинаковой.

На рис 3 представлена графическая зависимость давления воздуха в дымогенераторе из которой видно, что по мере сгорания и уменьшения ее длины аэродинамическое сопротивление оставшейся, еще не сгоревшей сигареты уменьшается.

Из графика рис. 3 также видно, что аэродинамическое сопротивление увеличивается, в связи с увеличением плотности набивки сигареты дымообразующими растениями.

Из рис. 3 также хорошо видно, что, в конце горения графики заканчиваются в одной точке, показывающей аэродинамическое сопротивление муштука, забитого агарком сигареты. Многочисленные эксперименты также показали, что для однородности дымообразования в процессе горения сигареты в начале и конце ее горения необходимо в начале горения сигареты поддерживать давление воздуха внутри дымогенератора на 20% больше тех величин которые показаны на графике рис. 3.



Фотография дымогенератора в работе.

Рис.3. Графическая зависимость давления воздуха в дымогенераторе от длины сгоревшей сигареты.

### Выводы и рекомендации

1. Разработанный минидымогенератор легкий, компактен, поэтому его легко использовать для определения утечек воздуха при открывании дверей шкафов-витрин, холодильных камер, на рефрижераторных судах в трюмно-твиндечных помещениях.
2. Для увеличения количества дыма возможно на муштук насаживать вставку большого диаметра и использовать сигареты большого диаметра.
3. Не использовать табачные сигареты, так как дым табачных сигарет влияет на здоровье.

### Литература

1. Голубев Б.В., Егоров Ю.Ф., Яковлев Ю.А. «Результаты теплотехнических испытаний трюмов на ТР «Алексей Веницианов», журнал «Рыбное хозяйство» №12, 1976, стр.30-32
2. Голубев Б.В., Лагунов Е.Н., авторское свидетельство «Устройство для защиты трюмов от влаго-тепло-обмена во время погрузки и разгрузки судна», журнал «Бюллетень изобретателя» №14, 1977 год.
3. Голубев Б.В., Кобылянский И.Г., Шутов А.В. «Особенности хранения мороженой рыбы в шкафах-витринах супермаркетов». Материалы международной научно-практической конференции «Техника и технология переработки гидробионтов и сельскохозяйственного сырья» посвященная памяти профессора Николая Нестеровича Рулева (24-25 апреля 2009г.).

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧЕК ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА ИЗ ВНУТРЕННИХ ОБЪЕМОВ ШКАФОВ-ВИТРИН ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ИЛИ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ТРЮМОВ СУДОВ ФЛОТА РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДЫМОГЕНЕРАТОРА

Б.В. Голубев<sup>1</sup>, А.В. Шутов<sup>1</sup>, И.Г. Кобылянский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Технологический факультет МГТУ, кафедра технологического и холодильного оборудования

<sup>2</sup> Инженерно-экономический факультет СПбГУ ВК МФ, кафедра естественно-научных и математических дисциплин

**Abstract.** In clause the way of detection of outflow of cold air in cases - show-windows of refrigerating machineries and decision of a task on non-stationary heat exchange between cold air being heat-carrier (carrier of a cold), cooling of air and superfrozen fish in vacuum packing is offered.

### 1. Введение

Способ обнаружения утечек холодного воздуха во внутренних объемах шкафов - витрин холодильных установок позволит решить задачу о нестационарном теплообмене между холодным воздухом, являющимся теплоносителем (хладоносителем), воздухоохладителем и деликатесной мороженой рыбы в вакуумной упаковке.

С помощью вводимого дыма в холодный воздух во внутренних объемах шкафов - витрин холодильных установок при открывании его двери, выходящая через её проемы смесь холодного воздуха и дыма визуализируют места выхода холодного воздуха и дыма, а тонкий световой луч, пронизывающий модель шкафа-витрины насквозь, позволяет судить по показанию прибора, состоящего из фотоэлемента, усилителя и микровольтметра о количестве оставшегося холодного воздуха в смеси с дымом.

### 2. Способ определения утечек холодного воздуха с помощью дыма и устройство для его осуществления

Способ обнаружения мест утечек холодного воздуха и дыма при открывании двери модели холодильного шкафа – витрины осуществляется с помощью устройства, изображенного на рис.1 состоящего из модели холодильного шкафа – витрины (рис.1) имеющего дверь из органического стекла на петлях и ручки для открывания дверей.



рис.1

Задняя стенка, имеющая изоляцию, имеет отверстия, через которые введены горизонтальные трубки, герметично в вертикальный ресивер, имеющий основание большого диаметра для его устойчивости. Вертикальный ресивер можно отодвигать от задней стенки или приближать к ней и таким образом вводить концы горизонтальных труб, из которых выходит дым, дальше от двери или ближе к ней. Концы горизонтальных трубок можно заглушивать коническими пробками и, таким образом, вводить дым через одну, две или все горизонтальные трубки. Вертикальный ресивер имеет штуцер к которому подсоединен шланг, по которому внутрь вертикального ресивера подается дым от дымогенератора (рис.2) и насоса, с помощью которого подается воздух в дымогенератор, а из дымогенератора дым по гибкому шлангу в вертикальный ресивер.



рис.2

Концентрацию дыма в холодном воздухе модели шкафа в каждой секции любой полки с имитаторами мороженой рыбы можно определять с помощью тонкого пучка света пронизывающего проем секции модели шкафа насквозь и фотоэлемента с усилителем и микровольтметром. Как источник света, так и фотоэлемент можно перемещать каждый на своей стойке и с помощью стопора фиксировать на определенной высоте.

На полках модели шкафа – витрины установлены протвину из сетки, заполненные полиэтиленовыми мешками с водным раствором хлористого кальция, температура которого может поддерживаться путем предварительного охлаждения в морозильной камере домашнего холодильника. Эти мешки с холодным водным раствором хлористого кальция имитируют мороженую рыбную продукцию. Воздухоохладитель модели холодильного шкафа – витрины также имеет сетчатую протвину и мешки с холодным водным раствором хлористого кальция.

Устройство работает следующим образом: в модель холодильного шкафа – витрины в протвину, расположенные на полках и в воздухоохладитель укладываются мешки с холодным водным раствором хлористого кальция, дверка шкафа закрывается. Воздух модели холодильного шкафа – витрины охлаждается. После охлаждения воздуха включается работа дымогенератора и воздушного насоса. Под напором воздух подается в дымогенератор, а из него дым по гибкому шлангу подается в вертикальный ресивер, а из него в горизонтальные трубки, где через открытые отверстия в них дым выходит в воздушные проемы модели холодильного шкафа – витрины. После охлаждения дыма до температуры холодного воздуха модели шкафа производится открытие – закрытие дверки, в результате чего холодный воздух с дымом начинает выходить, а дым визуализирует места выхода холодного воздуха. Открывая – закрывая дверь модели холодильного шкафа – витрины с определенной частотой с помощью тонкого светового луча, прошедшего через задымленный воздух

модели шкафа по интенсивности этого светового луча, улавливаемого фотоэлементом, усилителем и микровольтметром можно судить о времени полного удаления задымленного холодного воздуха из модели холодильного шкафа – витрины. Эти данные необходимы для решения задачи и выводе формулы нестационарного теплообмена между теплоносителем (хладоносителем) - воздухом воздухоохладителем и имитаторами мороженой рыбы. Полученные критериальные уравнения нестационарного теплообмена позволят определять средние значения температуры мороженой деликатесной продукции в функции частоты открывания дверей натуральных шкафов – витрин в рыбных супермаркетах.

### 3. Заключение

При подмешивании дыма в холодный воздух во внутренние объемы шкафов-витрин холодильных установок или рефрижераторных трюмов судов флота рыбной промышленности с помощью дымогенератора, покажутся места утечек холодного воздуха.

### Литература

1. Полевой А.А. Монтаж холодильных установок и машин. СПб.: Профессия, 2007.- 262с..
2. Кавецкий Г.Д., Королёв А.В. Процессы и аппараты пищевых производств.- М.: Агропромиздат, 1991.- 432с..
3. Оносовский В.В. Моделирование и оптимизация холодильных установок.- Л.:Изд-во ЛГУ, 1990.- 208с..
4. Хелемский А.М., Гарбер Я.И. Использование тепловизора для обследования теплоизоляции холодильников // Холодильная техника. 1987. № 1. С. 46-49.
5. Майцосенко В.С. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса в воздухоохладителях регенеративного косвенно-испарительного типа // Холодильная техника. 1987. № 1. С.40-43.
6. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов.-М.: Машиностроение. 1983.- 351с..
7. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процесса теплообмена. М.: Энергия, 1979.- 319с..
8. Черный А.А. Планирование экспериментов и математическое моделирование процессов.- Саратов. Из-во Саратов. ун-та., 1977.- 80с..
9. Хелемский А.М., Кудряшов Н.Т. Пароизоляция теплоизоляционных конструкций охлаждений холодильников. М. Центр. науч. исслед. ин-т техн. экон. исслед. 1969.- 86с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ (НЕСТАЦИОНАРНОГО) РЕЖИМА УТЕЧКИ ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА ПРИ ОТКРЫВАНИИ ДВЕРЕЙ В МОДЕЛИ ШКАФА-ВИТРИНЫ

Голубев<sup>1</sup> Б.В., Шутов<sup>1</sup> А.В., Кобылянский И.Г.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>МГТУ, кафедра технологического и холодильного оборудования

<sup>2</sup>Инженерно-экономический факультет СПбГУ ВК МФ, кафедра естественно-научных и математических дисциплин)

**Abstract.** In the report the results of definition of outflow of greyed cold air in model of a case - show-window, and also results of research on electronic model of a case - show-window of directions of lines of a current and pressure are resulted at outflow of cold air through open doors.

### 1. Введение

В современных супермаркетах появилось большое количество зарубежных шкафов-витрин, где при низких температурах порядка  $-18^{\circ} \div -25^{\circ}\text{C}$  хранится в вакуумной упаковке деликатесная мороженая рыба и различные рыбные продукты. Шкафы-витрины периодически открываются покупателями с целью приобретения этой продукции. Через открытые проемы дверей шкафов-витрин внизу выходит холодный воздух, а его место вверху заполняет теплый воздух магазина. После закрывания покупателями дверей шкафов-витрин идет сложный процесс теплообмена. Теплый воздух смешивается с холодным, но поскольку у него плотность будет меньше чем у холодного он в зазоре между дверью и полками с мороженой деликатесной продукцией поднимается вверх и на ребренном воздухоохладителе охлаждается и по наклонной полке при более высокой плотности опускается вниз в зазоре между задней стенкой и кромками задней части полок, где расположены пакеты с мороженой рыбой, а оттуда он растекается в зазоры между полками, где он дополнительно охлаждается, вступая в теплообмен с мороженой рыбой в пакетах и повышает температуру мороженой рыбы.

### 2. Способ решения задачи утечки холодного воздуха из модели шкафа-витрины

Как видно процесс утечки холодного воздуха при открывании покупателями дверей, а также процессы теплообмена смеси теплого и холодного воздуха на поверхности ребренного воздухоохладителя и на пакетах с мороженой рыбой весьма сложный.

С целью определения влияния частоты открывания дверей модели шкафа-витрины на утечку холодного воздуха был использован минидымогенератор для подмешивания дыма к холодному воздуху, а затем после выхолаживания этого дыма до температуры холодного воздуха с определенной частотой открывались и закрывались двери шкафа-витрины до полного удаления задымленного воздуха.

Полки модели шкафа-витрины были заполнены сетчатыми протвинями заполненными водным раствором хлористого кальция с температурой  $-18^{\circ} \div -25^{\circ}\text{C}$  (рис.1).

На рис.1 показана схема экспериментальной установки модели шкафа-витрины с ведением дыма в зазоры между полками через отверстия в задней стенке. После заполнения холодного воздуха шкафа-витрины дымом и после его охлаждения проводилось открывание и закрывание дверок шкафа до полного удаления задымленного воздуха. Таких экспериментов было проведено 5 с разными частотами открывания дверей (рис.2).

На рис.2 приведена фотография модели шкафа-витрины во время открывания-закрывания шкафа-витрины. Одновременно с визуальным наблюдением за удалением задымленного воздуха полное удаление дыма также фиксировалось с помощью остро

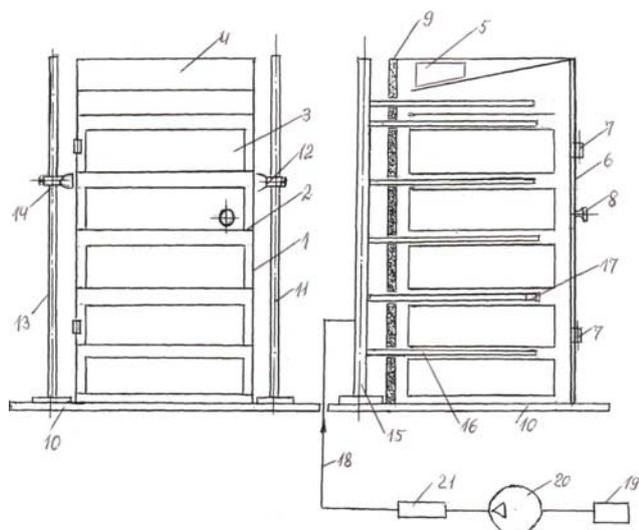


Рис.1 Схема экспериментальной установки



Рис.2 Фотографическая карточка модели шкафа-витрины

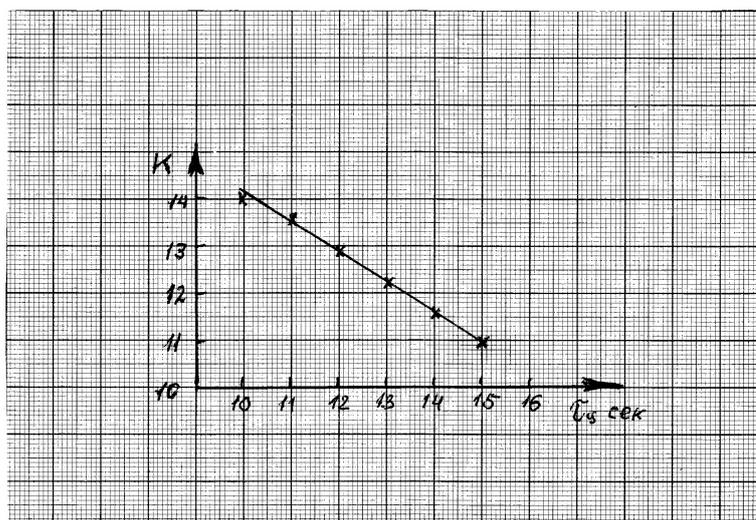


Рис.3 Графическая зависимость количества открываний-закрываний дверей модели шкафа-витрины  $K$  от продолжительности цикла  $t_{\text{ц}}$

направленного луча света и фотоэлемента. ЭДС фотоэлемента с помощью усилителя передавалась на микровольтметр.

На рис.3 представлена графическая зависимость количества открываний -закрываний дверей модели шкафа - витрины  $K$  от продолжительности цикла, который определяется по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{откр}} + t_{\text{закр}}$$

где  $t_{\text{ц}}$  - продолжительность в сек;

$t_{\text{откр}}$  - продолжительность держания дверцы открытой,сек. Во всех экспериментах  $t_{\text{откр}}$  не изменялось и составляло 5 сек;

$t_{\text{закр}}$  - продолжительность держания дверцы закрытой,сек. Во всех экспериментах  $t_{\text{закр}}$  изменялось в сторону увеличения.

Из этой зависимости видно, что увеличивая частоту открывания-закрывания уменьшает количество открываний-закрываний до полного удаления задымленного воздуха. Эти данные будут очень необходимы при выводе критериального уравнения перехода для определения утечек холодного воздуха от модели к натуре.

Для облегчения вывода уравнения средней температуры воздуха модели и натуре холодильных шкафов-витрин необходимо видеть, как холодный воздух через проемы открытых дверей внизу вытекает из шкафа-витрины, а также необходимо видеть как будет изменяться плотность воздуха при его вытекании наружу шкафа. Для этой цели были изготовлены две электронные модели шкафа-витрины с неограниченным пространством теплого воздуха перед открытой дверцей шкафа-витрины (рис.4).

На рис.4 а и б приведена фотография электронной модели шкафа-витрины, на одной из которых (4а) определены электронные модели линий тока холодного воздуха, а на другой (4б) определены линии напора (линии плотности холодного воздуха) (рис.5).



Рис.4 а) Фотографическая карточка электронной модели шкафа-витрины



Рис.4 б) Фотографическая карточка электронной модели шкафа-витрины



Рис.5 Установка электронной модели шкафа-витрины в сборе

На рис.5 показана вся установка в сборе с прибором который можно использовать не только для метода электрогидродинамических аналогий, но и для электроаэродинамических аналогий и сетка пересечения линий тока и линий изменения плотности вытекающего холодного воздуха (рис.6).

На рис.6 приведена аэродинамическая сетка изменяющегося напора холодного воздуха и линий тока. Из графика рис.6 видно, что линии тока потока воздуха, вытекающего через открытую дверцу резко поворачивают вниз. Нами была укорочена наполовину область свободного пространства вне модели шкафа, с целью увеличения электропроводности этого поля. Однако повторное проведение экспериментов привело к тем же наклонным линиям тока, что свидетельствует о правильности наших представлений о вытекании холодного воздуха из модели и натуре шкафа-витрины во время открывания дверей.

Данные эксперименты важны для получения критериальных уравнений переноса данных экспериментов на натурные шкафы-витрины.

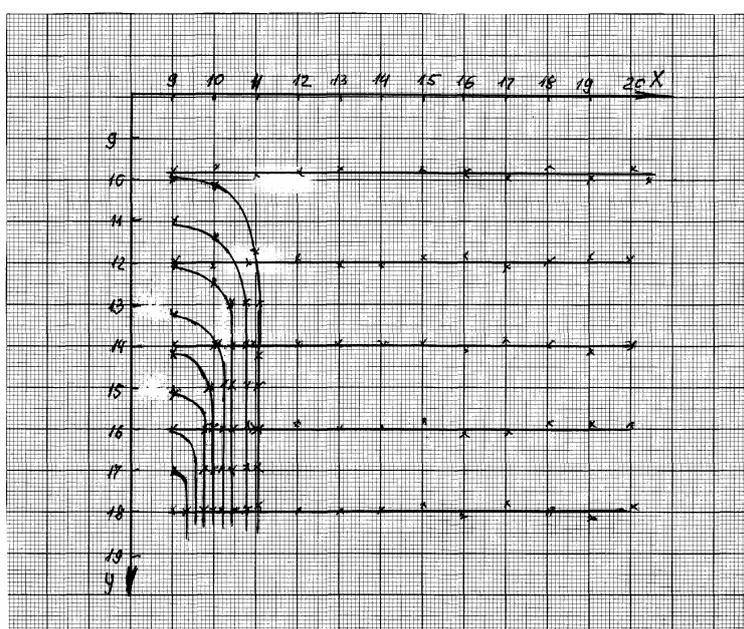


Рис.6 Аэродинамическая сетка изменяющегося напора холодного воздуха и линий тока

### 3. Заключение

1) Экспериментальные исследования модели шкафа-витрины показали, что задымленный воздух позволяет не только визуально, но и с помощью фотоэлемента правильно определить время полного удаления задымленного холодного воздуха из модели.

2) Из графика рис.3 видно, что с увеличением времени закрытия дверок модели шкафа-витрины количество открываний-закрываний дверок  $K$  уменьшилось. Это происходит в связи с тем, что при более длительном периоде закрытия дверей воздух успевает выхолодиться до более низкой температуры и при более высокой плотности холодного воздуха его большее количество будет выходить при открытых дверях.

3) Эксперименты на электронной модели шкафа-витрины показали, что холодный воздух на выходе из модели, имея более высокую плотность опускается вниз.

4) Проведенные эксперименты позволят более правильно подойти к выводу критериальных уравнений для переноса полученных результатов с модели шкафа-витрины на натуру.

**Список литературы:**

**1. Заявка № 2009147194/22(067255) от 18.12.2009 на патент РФ на изобретение.** Модель дымогенератора для исследования утечек воздуха/ Голубев Б.В., Шутов А.В., Кобылянский И.Г., Коваль А.Б., Липин Д.Е.

**2. Голубев Б.В., Шутов А.В., Кобылянский И.Г.** Теплотехнические процессы при внедрении нового способа температурных испытаний и испытаний на оттаивание шкафов-витрин в магазинах, кулинарных магазинах, ресторанах, кафе и столовых/Голубев Б.В., Кобылянский И.Г., Шутов А.В., Долматова Е. В. // Вестник МГТУ. – 2007. - Т.10, № 4. - С.577-580.

**3. Голубев Б.В., Шутов А.В., Кобылянский И.Г.** Результаты хронометрирования частоты открывания-закрывания дверей шкафов-витрин в магазине фирмы ОАО “Норд-Вест ФК”/ Голубев Б.В., Кобылянский И.Г., Шутов А.В., Долматова Е. В. // Вестник МГТУ. – 2008. - Т.11, № 2. - С.358-359.

**4. Голубев Б.В., Шутов А.В., Кобылянский И.Г.** Особенности хранения мороженой рыбы в шкафах-витринах супермаркетов: материалы Международной научно-практической конференции “Техника и технологии переработки гидробионтов и сельскохозяйственного сырья” посвященная памяти профессора Николая Нестеровича Рулева, 24-25 апреля 2008 г. / ФГОУ ВПО МГТУ. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - 125с.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АНАЛОГОВОГО ПРОДУКТА «МУСКУЛ МОРСКОГО ГРЕБЕШКА ИМИТИРОВАННЫЙ» НА ОСНОВЕ ФАРША ОСОБЫХ КОНДИЦИЙ ПУТАССУ**

**Куранова Л.К.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, kuranovalk@mstu.edu.ru*)

The main question of new scallop imitation product creation on the base (background) of surimi from Blue whiting was discovered in this article.

На основе проведённых ранее исследований [1] заданы следующие основные показатели (и их предельные значения), которым должен удовлетворять новый продукт, имитирующий мускул морского гребешка:

- форма и размер: кусочки цилиндрической формы диаметром 25-30 мм, длиной 15-20 мм;
- цвет: кремовый (градус цветности равен 3);
- вкус и аромат: свойственный натуральному варённому мускулу гребешка;
- консистенция: сочная (содержание воды не менее 75,0 %), прочная (усилие резания от 600 до 900 г);
- пищевая и биологическая ценность: соответствующая сбалансированному по аминокислотному составу белковому продукту с полным набором эссенциальных аминокислот и отсутствием лимитирующей, калорийность 100 г - не менее 80 ккал.

Перед авторами стояла задача создать продукт с заданными свойствами, который бы соответствовал вышеперечисленным показателям.

В качестве базовой составляющей при создании аналогового продукта использовали сурими - мороженный фарш особых кондиций (ФОК) из путассу. Сурими представляет собой концентрат миофибриллярных белков (актин, миозин), получаемый путём дифференциальной водной экстракции мышечной ткани рыбы с последующим отделением саркоплазматических белков. Миофибриллярные белки обладают способностью растворяться в солевых растворах (образовывать золь) и при нагревании формировать решётчатую структуру, образуя прочный гель. Прочностные свойства сурими (прочность геля, эластичность) являются основополагающими при использовании ФОК для создания на его основе структурированных и формованных изделий. Сурими из путассу (содержание солерастворимых белков достигает 75% от суммарного белка) отличается высокими реологическими, в том числе прочностными, свойствами: влагоудерживающая способность (ВУС) 60-65 %, прочность геля колеблется в пределах от 800 до 1300 г·см, сгибаемость 8-10 баллов, белизна фарша достигает 68-72 градусов.

Изучено влияние каждого из компонентов, которые предполагалось использовать в рецептуре аналога гребешка (воды, поваренной соли, крахмала, яичного белка), на изменение реологических показателей сурими. Установлено, что увеличение влажности фарша ведёт к уменьшению его прочности (причём в интервале 73-85 % эта зависимость обратно-пропорциональна) и практически не влияет на эластичность (сгибаемость оставался на уровне 2-3 баллов). Добавление поваренной соли в фарш увеличивает прочность желе. При внесении соли до 2,5-4,0 % наблюдалось резкое возрастание прочности желе: при концентрации 2,5 % этот показатель достигал максимума и при дальнейшем её увеличении практически не менялся; наибольшую эластичность фарш приобретал при концентрации соли 1,5 % и выше (значение сгибаемости выходило на уровень 10-ти баллов). Таким образом, для создания прочностной структуры будущего изделия внесение поваренной соли в сурими в количестве 2,5 %, что, по-видимому, необходимо и достаточно для перевода миофибриллярных белков в

золеобразное состояние, из которого при последующей тепловой обработке происходит формирование решётчатой структуры – образование геля. Более высокие концентрации соли ухудшали вкусовые свойства продукта. Крахмал и яичный белок практически не влияли на прочностные свойства ФОК, крахмал значительно повышал его белизну.

В качестве вкусоароматической добавки использовали фарш из филе морского исландского гребешка. Установлено, что внесение этого компонента в количестве до 30,0% от общей фаршевой массы позволяет получить продукт с прочной структурой (прочность геля – 500 г·см, сгибаемость 8-9 баллов). Исследованиями влияния на гелеобразование тестовой массы комплексного внесения добавок: фарша натурального гребешка (в присутствии 3% соли и 3% крахмала), яичного альбумина (в присутствии 3% соли, 3% крахмала, 15% фарша натурального гребешка), воды в присутствии соли и крахмала (3% соли, крахмала, 15% фарша натурального гребешка) выбрана предварительная рецептура аналога. Тестовая масса для выработки имитированного гребешка должна включать следующие компоненты: фарш сурими из путассу (100,0%), фарш натурального гребешка (5,0-30,0%), соль (2,0-2,5%), крахмал (8,0%), воду; от использования яичного альбумина отказались в связи со значительным ухудшением прочностных свойств композиционной смеси.

Определялась оптимальная концентрация вкусоароматической добавки, которая вносилась в градиенте от 5 до 30%, с учётом прочностных характеристик фаршевой смеси (прочность желе, сгибаемость), влияющих на формуемость теста, а также с учётом прочностной (усилие резания) и органолептической оценки готового продукта. С этой целью приготавливались так называемые «коньяши» - определённым образом подготовленные образцы, рецептура которых соответствует рецептуре разрабатываемого продукта. Оценивались органолептические свойства образцов, параллельно определялись прочностные характеристики (прочность желе и сгибаемость) и показатели качества имитированного гребешка (цветность и усилие резания). Результаты представлены в табл.1.

Установлено, что для придания продукту вкуса и аромата натурального гребешка достаточно вносить в рецептуру 15% фарша натурального гребешка от суммарной фаршевой массы, дальнейшее увеличение добавляемого компонента снижало качество структуры продукта.

Таблица 1. Влияние добавки фарша натурального гребешка (% от суммарной фаршевой массы) на качество имитированного продукта (в коньяшах)

Показатели	Добавка фарша гребешка,%						
	0	5	10	15	20	25	30
Органолептические свойства	Вкус и аромат гребешка отсутствуют, консистенция резинистая	Вкус и аромат гребешка практически не ощущаются, консистенция резинистая	Вкус и аромат гребешка ощущаются недостаточно, консистенция резинистая	Вкус и аромат гребешка выражены достаточно, консистенция резинистая	Вкус и аромат гребешка выражены достаточно, консистенция резинистая	Вкус и аромат гребешка ярко выражены, консистенция ослабленная	Вкус и аромат гребешка ярко выражены, консистенция слабая, рыхлая
Прочность геля, г·см	1160±83	1140±54	1100±43	1023±48	899±75	-	482±51
Сгибаемость, балл	10	10	10	10	9	-	7
Цвет, градус	1	1	1	1	1	1	2
Усилие резания, г,	394±48 (400)	(380)	362±56 (350)	295±16 (300)	277±14 (270)		200±22 (200)

По выбранной рецептуре в лабораторных условиях проведены наработки образцов аналога морского гребешка, по технологии, включающей следующие операции: подготовка сырья, приготовление теста, формование ленты, надрезание её, формование пучка, нарезание пучка на кусочки, их варка, охлаждение, фасование и замораживание. Полученные образцы продукта обладали вкусом и ароматом натурального гребешка, однако структура аналога была слишком жёсткой (усилие резания в среднем доходило до 1200 г), цвет аналога также не отвечал заданным параметрам (1 градус по шкале цветности).

Для придания аналогу большей мягкости и сочности часть тестовой массы было решено не подвергать сушке, а наносить на сформованную и подсушенную ленту теста перед её скручиванием, т. е. использовать в виде, так называемой, «связки». Для создания продукта заданного цвета использовался натуральный краситель - расплав сахара (жжёный сахар) в виде его 25%-ного водного раствора, в ходе исследований уточнялась оптимальная концентрация красителя в тестовой массе, разрабатывалась методика контроля его качества. Приготовленный с использованием красителя имитированный гребешок по цвету не отличался от натурального, значение показателя цветности соответствовало трём градусам. Использование красителя позволило приблизить аналог к натуральному продукту не только по цвету, но и по вкусовым ощущениям (первоначально дегустаторами отмечался недостаток сладости в имитированном продукте по сравнению с натуральным).

В результате проведённых работ разработаны технологическая схема приготовления имитированного мускула гребешка (рис. 1) и рецептура продукта (табл. 2).

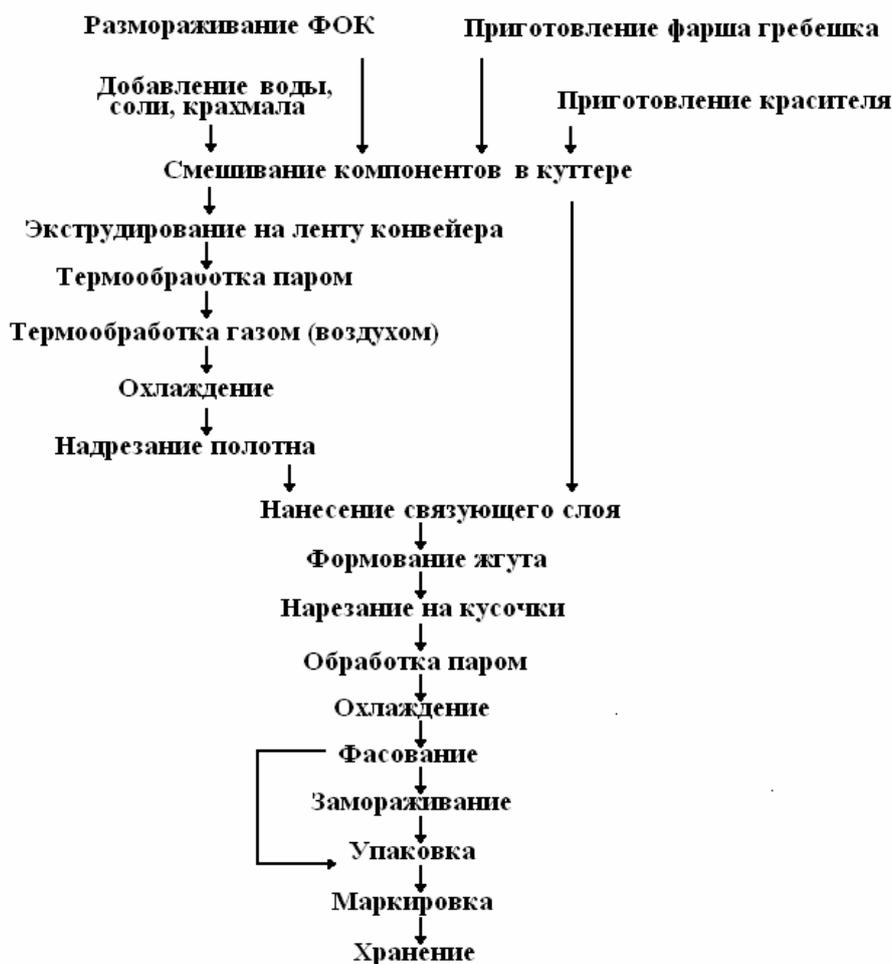


Рис. 1 Технологическая схема производства имитированного мускула морского гребешка

Таблица 2. Рецепттура тестовой массы на 100 кг имитированного мускула гребешка

Наименование компонента	Масса компонента, кг	Соотношение компонентов, %
Фарш особых кондиций из путассу	63,2	100,0
Фарш из филе или мантии гребешка	11,1	17,6
Краситель	11,1	17,6
Соль поваренная	1,5	2,4
Крахмал	5,9	9,3
Вода (с учётом красителя)	26,4	41,8

По разработанной технологии была выработана опытная партия охлаждённого и мороженого аналогового продукта. Проведены органолептические, реологические, химические, биохимические исследования имитированного гребешка. Определение общего химического состава, активной кислотности (рН), влагоудерживающей способности осуществлялось по ГОСТ 7636, содержание углеводов – фотоколориметрически по цветной реакции с антроновым реактивом по методическим рекомендациям ВНИРО. Аминокислотный состав белков определяли в кислотном гидролизате методом ионообменной хроматографии на автоматическом анализаторе аминокислот (ЧССР), триптофан - щелочным гидролизом белка с последующим колориметрированием по цветной реакции с парадиметиламинобензальдегидом. Прочностную характеристику структуры продуктов - усилие резания –на приборе Food Checker (Япония) по методике в модификации автора; оценка цвета изделий проводилась по предложенному автором методу идентификации по шкале цветности с присвоением каждому оттенку соответствующего числового показателя – градуса цветности [2]. Результаты исследований представлены в таблицах 3,4.

Таблица 3. Химический состав мороженого и незамороженного имитированного гребешка

№ п/п	Характеристика образца	Вода, %	Жир, %	Общий азот (ОА) /белок (Б), %	Небелковый азот (НБА), %	Истинный белок (ИБ), %	Углеводы, %	Зола, %
1	Мускул гребешка имитированный (незамороженный)	77,1	0,2	2,19/13,7	0,15	12,25	7,5	1,5
2	Мускул гребешка имитированный (мороженный)	75,1	0,3	2,24/14,0	0,14	13,1	9,0	1,6

Сравнение качественных характеристик выработанного аналогового продукта и натурального гребешка подтвердило соответствие свойств имитированного гребешка заданным:

- форма и размер - кусочки цилиндрической формы диаметром 25-30 мм, длиной 15-20 мм;
- цвет - кремовый (градус цветности равен 3);
- вкус и аромат - свойственный натуральному варённому мускулу гребешка;
- консистенция - сочная (содержание воды 77,1 и 75,1% в незамороженном и мороженом аналоге, соответственно), прочная (усилие резания незамороженного аналога 600 г, мороженого - 900 г);
- пищевая и биологическая ценность - соответствует сбалансированному по аминокислотному составу белковому продукту с полным набором эссенциальных аминокислот и отсутствием лимитирующей, калорийность 100 г продукта - 90 ккал.

Таблица 4. Аминокислотный состав белков и биологическая ценность имитированного мускула морского гребешка

Аминокислота	Содержание, мг в 1 г белка	Скор, %
Триптофан	11,7	117
Лизин	89,7	163
Гистидин	36,1	
Аргинин	55,2	
Аспарагиновая кислота	87,5	
Треонин	51,4	128
Серин	41,7	
Глютаминовая кислота	132,8	
Пролин	44,2	
Глицин	94,1	
Аланин	66,1	
Цистин	-	Цистин + метионин = 105
Метионин	37,0	
Валин	57,8	116
Изолейцин	50,3	126
Лейцин	85,1	122
Тирозин	26,0	Тирозин + фенилаланин =108
Фенилаланин	38,9	
Лимитирующая аминокислота, скор %		Нет

Таким образом, разработана технология аналогового продукта «Мускул морского гребешка имитированный», основным компонентом которого является фарш особых кондиций (сурими) из путассу.

#### Список литературы:

1. Изучение качественных характеристик исландского морского гребешка с целью создания аналогового продукта с заданными свойствами. [Электронный ресурс] / Л.К. Куранова // Наука и образование – 2009: материалы межд. науч.-техн. конф., Мурманск, 1-9 апреля 2009 / МГТУ. - Мурманск: МГТУ, 2009. - С. 409-413. - С1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0320900170.
2. Разработка технологии красителя, используемого для изготовления имитированного морского гребешка. [Электронный ресурс] / Л.К. Куранова // Наука и образование – 2009: материалы межд. науч.-техн. конф., Мурманск, 1-9 апреля 2009 / МГТУ. - Электрон. текст дан. (181 Мб). - Мурманск: МГТУ, 2009. - С. 414-415. - С1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0320900170.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СУБПРОДУКТОВ ОДОМАШНЕННЫХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

**Туршук Е.Г., Лобода Е.А.** (Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, [ekaterinaloboda@yandex.ru](mailto:ekaterinaloboda@yandex.ru))

North reindeer byproducts are an excellent source of protein, fat (including polyunsaturated fatty acids), vitamins and minerals. But north reindeer byproducts are not enough research. We research meat efficiency of north reindeer. The exit of byproducts has made 8,1% from weight of carcass (liver 39-40%, lungs 29%, heart 21-22%). Liver is a good product for use in a food, for example as paste. Liver contain a lot of nutrients such as full value proteins, vitamins and minerals.

Для человека одним из главных источников белка являются мясные продукты. В большинстве регионов основными видами мясного сырья являются говядина и свинина, для жителей Севера важную нишу мясных ресурсов занимает оленьё мясо и субпродукты. Так в Мурманской области в 2010 году будет заготовлено 140 тонн оленины и оленьих субпродуктов.

В последнее время возрастает интерес к производству натуральных высококачественных продуктов питания из нетрадиционного пищевого сырья (оленьих субпродуктов), позволяющего путем введения в него пищевых компонентов получать новые обогащенные продукты питания.

Однако, недостаточность глубоких исследований, связанных с характеристиками мясной продуктивности, химического и биохимического состава субпродуктов, их биологической ценности, технологических свойств являются серьезным сдерживающим фактором комплексной и целенаправленной переработки субпродуктов северных оленей, что и определяет актуальность проведения исследований в данной области.

Для изучения мясной продуктивности одомашненных северных оленей в феврале-марте 2010 года был проведен контрольный убой. Всего было забито 18 голов (по 9 голов самцов и самок) оленей в возрасте до двух лет. При разделке туши были учтены самые ценные субпродукты – ливер (печень, сердце, легкие, почки, селезенка) (табл. 1). Выход субпродуктов от веса туши был одинаковый и составил 8,1% от массы туши. Наибольший удельный вес в ливере приходится на печень (39-40%), затем легкие (29%) и сердце (21-22%).

Таблица 1. Выход субпродуктов, %

Пол животного	Печень	Сердце	Легкие	Почки	Селезенка
Удельный вес субпродуктов в ливере					
Самки	38,85	22,46	29,38	4,20	5,20
Самцы	40,10	20,78	28,64	5,12	5,36
Удельный выход субпродуктов от живой массы					
Самки	1,55	0,90	1,67	0,17	0,21
Самцы	2,22	1,15	1,58	0,28	0,30

Все субпродукты являются важным источником белка и витаминов. По общему содержанию белков они почти не уступают мясу, хотя и резко отличаются по их полноценности. Содержание жира в отдельных субпродуктах (мозгах, языке) больше, чем в мясе, причем в жире субпродуктов относительно высоко содержание полиненасыщенных жирных кислот - арахидоновой и линолевой.

Являясь дополнительным ресурсом, прежде всего белкового питания, некоторые из субпродуктов обладают высокой пищевой ценностью и используются как в виде натуральных продуктов, так и в качестве сырья для изготовления различных изделий.

Нами разрабатывается рецептура паштета из оленьей печени. Печень среди продуктов убоя скота по разнообразию питательных веществ не имеет себе равных, и потому относится к специфическим продуктам деликатесного и диетического назначения. Она содержит большое количество полноценных белков, в оленьей печени содержится масса минеральных веществ (железо, медь, кальций, цинк, натрий, селен и др.) причем железо и медь печени легко усваиваются организмом. Содержание антиоксиданта селена в оленьей печени очень велико (92 мг в 100 г). Печень также богата витаминами (А, В, С, В6, В12 и др.) и гормональными веществами. Добавление в состав паштета растительных компонентов дополняет отсутствующие или недостающие питательные вещества. Они являются источником углеводов, органических кислот, пищевых волокон, каротиноидов, флавоноидов, аскорбиновой кислоты и других веществ.

Из вышеизложенного следует, что перспективным путем решения проблемы организации полноценного питания населения нашей страны является разработка и создание новых высококачественных продуктов из неиспользуемых или малоиспользуемых естественных ресурсов.

#### **Список литературы:**

1. Абрамов А.Ф., Осипова Г.Н. Морфологический и химический состав мяса домашних северных и диких оленей: Справочник / РАСХН. Сиб. отделение. Якут. НИИСХ. - Якутск, 2004. - 12 с.
2. Кудряшов Л.С., Войтова И.Г., Лебедева Л.И., Семенова А.А. Мясная продуктивность северного оленя и пищевая ценность его мяса//Все о мясе. - 2003.№1.
3. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна.-М:ДеЛи принт, 2002. - 236с.
4. Хранение и качественная оценка мяса домашних северных оленей : (метод. рекомендации) / Науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва Крайн. Севера ; науч. ред. Ф. М. Подкорытов. – Новосибирск , 1975. - 24 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЯСА ОДОМАШНЕННЫХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

**Туршук Е.Г., Меднова Т.В.** (Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, *mednova\_t\_v@mail.ru*)

Venison are an excellent source of protein, fat (including polyunsaturated fatty acids), vitamins and minerals. But north reindeer meat is not enough research. We research meat efficiency of north reindeer. The exit of meat has made 48,8% from weight of carcass. Venison consist of approximately 72% water, 20,1% proteins, 6,3% of fat. Venison contain a lot of nutrients such as full value proteins, vitamins and minerals.

Северный олень – основа всей жизни народностей Крайнего Севера. Самое удивительное и редкое животное. Уникальные качества оленины доказаны самой историей. Достаточно вспомнить о первопроходцах Крайнего севера, которые в течение многих дней питались исключительно мясом дикого северного оленя. Представители малых коренных народностей Крайнего севера России используют оленину как основной продукт в рационе питания. В суровых погодных условиях этот продукт практически единственный, который по своим питательным свойствам гарантирует человеческому организму достаточный набор белков, жиров, минеральных веществ и витаминов, необходимых для активной жизнедеятельности человека.

В Мурманской области сейчас осталось около 65 тысяч голов одомашненных оленей ненской породы, из них 96% в племенных стадах сельскохозяйственных производственных кооперативах «Оленевод» и «Тундра». Сохранение северных оленей особенно важно в аспекте продовольственной безопасности региона и сохранения традиционных отраслей Коренных народов Севера Мурманской области.

Для изучения мясной продуктивности одомашненных северных оленей в феврале-марте 2010 года был проведен контрольный убой. Всего было забито 18 голов (по 9 голов самцов и самок) оленей в возрасте до двух лет. Средняя живая масса быков-кастратов равна 107,3 кг, масса туши - 55,8 кг и убойный выход - 51,7%. Средняя живая масса важенок составляет 80,8 кг, масса туши - 40,4 кг, убойный выход - 48,8%. С повышением упитанности животных увеличивается живая масса и убойный выход. Для самок характерно наибольшее развитие задней части туловища, а для самцов - передней.

Оленина занимает одно из первых мест по биологической ценности и вкусовым качествам среди других мясных продуктов. Отличается высоким содержанием полноценных белков. Содержит макроэлементы: кальций, фосфор, магний, натрий, калий; микроэлементы: железо, марганец, цинк, медь, молибден, кобальт, никель, свинец содержит много селена - 25 мг/100г; витамины: А, С; свободные аминокислоты: цистин, лизин, гистидин, аргинин, аспарагиновая кислота, серин, глицин, глутаминовая кислота и т.д. Жир северных оленей имеет довольно высокую температуру плавления и застывания, что указывает на значительное содержание в нем насыщенных жирных кислот. Йодное и родановое число оленьего жира довольно высоки - 34-39 и 23,4-28,1. Это свидетельствует о биологической полноценности жира северных оленей как источника высоко ненасыщенных жирных кислот. Олений жир довольно стойкий при хранении. Органолептические и физико-химические свойства характеризуют жир северного оленя как питательный, биологически полноценный продукт питания, близкий по пищевой ценности к бараньему жиру.

Химический состав оленины соответствует нормам диетических продуктов: в мясе содержится влаги 72% и сухих веществ 28% в том числе белка - 20,10%, жира - 6,30%, золы - 0,97%. Таким образом, оленина содержит белка на 2,7-7,6% больше, чем лучшие сорта

говядины. Содержание жиров достаточно низкое, поэтому мясо имеет высокую диетическую ценность. Энергетическая ценность оленьего мяса ниже других видов мяса и составляет 141,4 ккал/кг.

Важно также, что северный олень в силу специфики своего распространения, условий содержания и кормления меньше подвержен распространенным в животноводстве заболеваниям. Продукция, полученная от оленеводства экологически чиста, уровень радиоактивности ее не превышает допустимого фона.

Проведенная нами товароведная оценка пищевой и биологической ценности мяса северных оленей свидетельствует о целесообразности и перспективности использования его в производстве продуктов питания, как общего, так и функционального назначения.

#### **Список литературы:**

1. Андреев, В. Н. Научно-практические рекомендации по производству оленьего мяса / В. Н. Андреев // Проблемы Севера. – М., 1962. - Вып. 6. - С. 229-233.
2. Хранение и качественная оценка мяса домашних северных оленей : (метод. рекомендации) / Науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва Крайн. Севера ; науч. ред. Ф. М. Подкорытов. – Новосибирск, 1975. – 24 с.
3. Шелепов, В. Г. Заготовка и переработка северных оленей / В. Г. Шелепов, Н. Н. Аникиенко, М. Б. Носов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – N 5. – С. 41-44.

## РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ ИЗ СЫРЬЯ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА

Николаенко О.А., Куранова Л.К., Петрова И.Б. (МГТУ, кафедра технологии пищевых производств), Пинская Л.А. (Гипробыбфлот)

В общем выпуске пищевой продукции из гидробионтов консервы составляют около 16 %, большей частью это натуральные консервы и консервы с добавлением масла. Учитывая изменения сырьевой базы, в настоящее время для производства консервов могут использоваться такие объекты промысла Северного бассейна, как морской петух, сайда, мольва, сайка, мойва.

Авторами разработаны технологии консервов «Рыба копченая в масле» из полуфабрикатов холодного копчения, «Рыба натуральная с добавлением масла» и «Рыба натуральная с добавлением масла «Ароматная». В качестве сырья использовалась мороженая рыба не ниже 1 сорта.

Предварительно были изучены химический состав (табл.1) и микробиологические показатели сырья (табл.2).

Таблица 1 - Химический состав рыбы

Вид рыбы	Массовая доля, %			
	белка	жира	воды	мин. веществ
Сайка	15,5	1,6	81,0	1,8
Путассу	18,5	1,0	78,7	1,5
Морской петух	18,0	5,7	75,0	1,3
Сайда	19,8	0,8	78,1	1,3
Мольва	19,8	1,1	77,6	1,5

Таблица 2 - Микробиологические показатели качества рыбного сырья и полуфабрикатов после ПТО

Объект	КМАФАнМ, КОЕ/г		Масса продукта, в которой не допускаются		
	мороженая рыба	полуфабрикат после ПТО	БГКП	Str. aureus	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы
Требования нормативных документов	не более $1 \cdot 10^5$	не более $5 \cdot 10^4$	0,001	0,01	25
Сайка	$1,2 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^3$	не обнар.	не обнар.	не обнар.
Путассу	$3,8 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^2$	не обнар.	не обнар.	не обнар.
Сайда	$2,2 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^3$	не обнар.	не обнар.	не обнар.
Морской петух	$4,0 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^2$	не обнар.	не обнар.	не обнар.
Мольва	$1,5 \cdot 10^2$	-	не обнар.	не обнар.	не обнар.

Мороженую рыбу размораживали на воздухе, промывали, разделявали на филе или тушку. При изготовлении консервов «Рыба натуральная с добавлением масла» к рыбе добавляли определенное количество растительного масла, поваренной соли и специй. В консервы «Рыба натуральная с добавлением масла «Ароматная» для улучшения аромата и вкуса добавляли коптильный препарат «Сквама-2».

При изготовлении полуфабриката для консервов «Рыба копченая в масле» рыбу подвергали холодному копчению при температуре от 28 до 32 °С. Для каждого ассортимента консервов были определены режимы предварительной термической обработки и близкие к оптимальным потери массы полуфабриката.

Основным процессом производства консервов является стерилизация, которая подавляет полностью или частично жизнедеятельность микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов. Создание новых технологий консервов потребовало провести разработку научно-обоснованного режима стерилизации.

Банки стерилизовали в автоклаве Н2-ИГА 602. В процессе стерилизации ежеминутно фиксировали: температуру греющей среды в автоклаве с помощью системы автоматического управления процессом стерилизации «САУСТ-Е» (рис 1.) и, дополнительно, с помощью термодатчика прибора «Ellab» (рис.2).

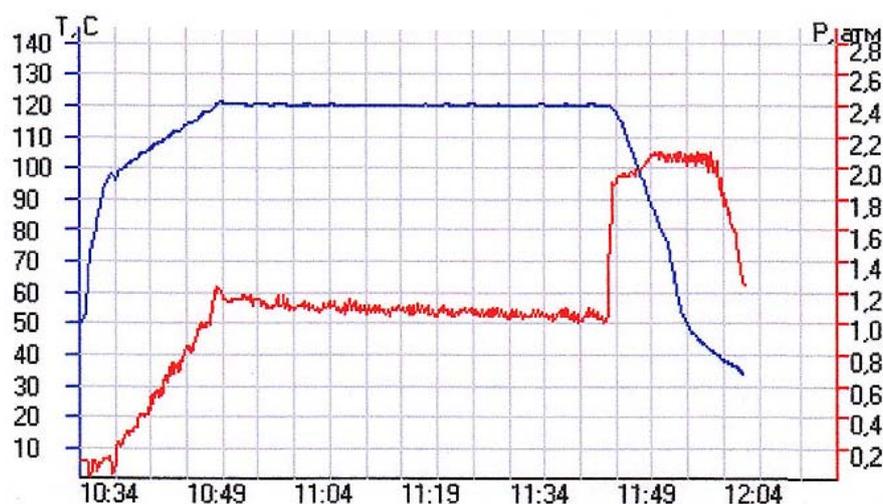


Рис.1 Термо-барограмма процесса стерилизации

В каждой партии по пять-шесть банок были снабжены штуцерами, обеспечивающими дальнейшее подключение датчиков прибора (Эллаб, Дания) с целью измерения температуры продукта в процессе стерилизации и определения летальности режима. Ежеминутно фиксировали температуру продукта (с помощью термодатчиков прибора «Ellab», введенных в центр банки); величину фактической летальности - с помощью программного устройства прибора «Ellab». Опытные банки с продуктом помещали в наименее прогреваемую зону автоклава, определенную экспериментально по «Методике изучения температурного поля греющей среды аппаратов периодического действия для стерилизации консервов» (1983 г.). Данные об изменении температуры продукта и греющей среды при стерилизации консервов представлены на рис.2.

При подборе режима стерилизации варьировали длительность стадии стерилизации (от 45 до 55 мин.) и температурой греющей среды стерилизации (112 °С и 120 °С). В качестве определяющего показателя при оптимизации использовали значение величины фактической летальности (F), которое должно быть выше  $F_n = 5,9$  усл. мин для консервов натурального ряда и 6,3 усл. мин для консервов в масле.

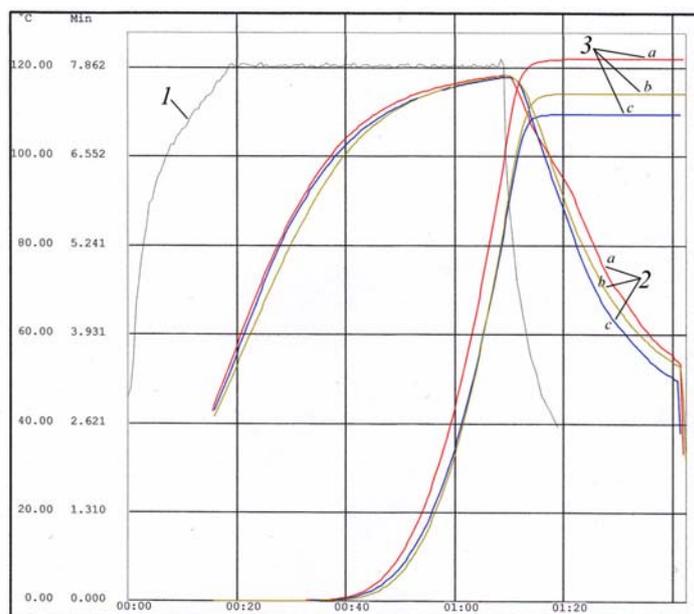


Рис.2. Изменение температуры продукта и греющей среды при стерилизации консервов: 1- в автоклаве; 2 (a,b,c)– в банках; 3(a,b,c) – фактический стерилизующий эффект консервов в банках.

Изменение F эффекта в зависимости от продолжительности стерилизации представлены на рис. 3, 4.

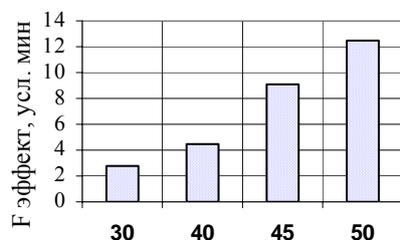


Рисунок 3 - Изменение F эффекта для консервов сайка копченая в масле

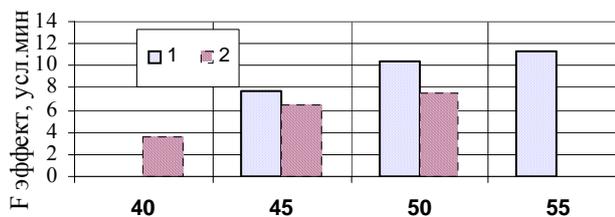


Рисунок 4 - Изменение F эффекта для консервов "Путассу копченая в масле": 1 - масса нетто 230 г; 2 - масса нетто 250 г.

В результате проведенных работ было выявлено, что для консервов «Рыба копченая в масле» длительность стадии стерилизации должна составлять 45 мин для консервов из морского петуха, сайки, щуки, мойвы и 50 мин для консервов из путассу. Определяющим фактором в данном случае служил фактический стерилизующий эффект, который обеспечивал требуемый запас летальности. На основании полученных данных выбраны режимы стерилизации, представленные в таблице 3.

На основании комплекса работ по подбору режима стерилизации консервов из натурального ряда установлено, что для выработки продукта длительность непосредственно стерилизации должна составлять 55 минут, причём определяющим показателем для консервов из сайды служила степень разваренности кости, тогда как фактический эффект стерилизации при этом превышал нормативный почти в два раза (для консервов из сайды он составлял в среднем 7,8 усл. мин, а для консервов из мольвы - 8,7 усл. мин) (табл.4).

Таблица 3 – Режим стерилизации консервов «Рыба копченая в масле»

Наименование консервов	Обозначение банки	Продолжительность, мин	Температура, °С	Давление при охлаждении, МПа	F, усл. мин при Z=10 °С
Путассу копченая в масле	3	5-15-50-20	120	0,2	7,6
Морской петух копченый в масле	3	5-15-45-20	120	0,2	9,3
Сайка копченая в масле	3	5-15-45-20	120	0,2	9,4
Сайда копченая в масле	3	5-15-45-20	120	0,2	9,3
Мольва (филе) копченая в масле	3	5-15-50-20	120	0,2	-

Таблица 4 – Режим стерилизации натуральных консервов

Наименование консервов	Обозначение банки	Продолжительность, мин	Температура, °С	Давление при охлаждении, МПа	F, усл. мин при Z=10 °С
Сайда натуральная с добавлением масла	3	5-15-55-20	120	0,2	7,8
Сайда натуральная с добавлением масла «Ароматная»	3	5-15-55-20	120	0,2	7,8
Мольва (филе) натуральная с добавлением масла	3	5-15-55-20	120	0,2	8,7
Мольва (филе) натуральная с добавлением масла «Ароматная»	3	5-15-55-20	120	0,2	8,7

Для согласования и научного обоснования режима стерилизации проведена серия работ по сбору данных об изменении температур продукта и греющей среды в процессе стерилизации консервов, стерилизованных по подобранным режимам, и расчёту фактической летальности. Готовые консервы каждого ассортимента проходили термостатную выдержку в течение 15 дней при температуре 37 °С (бомбажные банки отсутствовали). Микробиологические анализы подтвердили промышленную стерильность консервов. В результате анализа мезофильных аэробных, факультативно-анаэробных и анаэробных микроорганизмов не обнаружено. Тест-культура *Cl. Sporogenes* не обнаружена ни в одной банке.

Консервы, изготовленные по разработанным режимам, по органолептическим показателям соответствовали всем нормативам ТУ 9271-004 – 00471633-05 (по цвету, запаху, вкусу; консистенция рыбы сочная, плотная; кость разваренная, мягкая; куски рыбы и кожные покровы целые; бульон светлый, прозрачный с наличием масла на поверхности и взвешенных частиц белка).

Научно-обоснованные режимы стерилизации консервов «Рыба копченая в масле» из полуфабрикатов холодного копчения, «Рыба натуральная с добавлением масла» и «Рыба натуральная с добавлением масла «Ароматная»» согласованы и утверждены в ОАО Гипрорыбфлот. На основании утвержденных режимов подготовлены изменения к ТУ 9271-004 – 00471633-06 «Консервы из копченой рыбы. Технические условия» и разработан проект ТУ «Рыба натуральная с добавлением масла. Технические условия».

#### **Список литературы:**

1. Ершов А.М., Николаенко О.А. Разработка технологии консервов из рыбы холодного копчения. Материалы научно-практического семинара «Стратегия развития рыбоперерабатывающего комплекса». - Мурманск: МГТУ, 2002.
2. Николаенко О.А., Куранова Л.К., Петрова И.Б. К вопросу разработки новых видов натуральных консервов из рыб Северного бассейна. Наука и образование – 2009 [Электронный ресурс]: материалы межд. науч. конф., Мурманск, 1-9 апреля 2009. / МГТУ. – Электрон. текст дан. (181 Мб). – Мурманск : МГТУ, 2009. – С1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0320900170.
3. Инструкции по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов". - СПб: Гипробыбфлот, 1996, 42 с.

## К ВОПРОСУ О ПОДТВЕРЖДЕНИИ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

**Николаенко О.А.** (МГТУ, кафедра технологии пищевых производств)

С 15 февраля в России Постановлением Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 982 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии» отменяется обязательная сертификация продуктов питания. Производители смогут предлагать свой товар потребителю на основании декларации о соответствии с использованием собственных доказательств качества и безопасности продукции.

В том, что пищевая продукция является потенциально опасной и требует строжайшего контроля, вряд ли кого надо убеждать. На самом деле осуществляется не отказ от подтверждения соответствия, а логический переход к декларированию как к более высокой, более ответственной форме подтверждения соответствия. Перед изготовителями пищевой продукции будет стоять выбор: получить декларацию соответствия или оформить добровольный сертификат.

Обязательную сертификацию на продовольственные товары в России ввели в 1993 году, когда до 90% всех товаров, продающихся в стране, были поддельными. За годы действия обязательной сертификации пройден большой путь. Законопослушные и ответственные производители сформировали службы качества и сертификации, навели порядок в нормативной документации, наладили испытания продукции, навели порядок в метрологическом обеспечении производства, стали четко выполнять требования по предоставлению информации для потребителя. На рынке появилась конкуренция, сформированы потребительские институты, проводится общественный мониторинг безопасности и качества продукции. Требовательнее и грамотнее стал потребитель.

Госструктуры почти 10 лет контролировали и безопасность, и качество продукции. Однако с 2003 года, после принятия закона РФ «О техническом регулировании», право выдавать сертификаты получили и частные организации. В результате на российских рынках появилось огромное количество фальшивых сертификатов. Конечно, это не могло не привести к девальвации самой идеи сертификации. В последние годы сложилась следующая парадоксальная ситуация: в полном объеме и с неукоснительным соблюдением всех процедур сертификацию проходят лишь предприятия с хорошо организованной работой по качеству. И, наоборот, производители, сомнительная продукция которых должна подлежать самой строжайшей сертификации, наловчились ее благополучно избегать.

Решение Правительства РФ отражает реальность - существовавшая система сертификации фактически не работала. Все крупные массовые пищевые отравления в России в последние годы произошли "по вине" сертифицированной продукции. По статистике «Роспотребнадзора», около 50 % товаров на российских прилавках, даже в условиях сертификации товара, не соответствуют нормам безопасности и качества. Общество защиты прав потребителей (ОЗПП) утверждает, что таких товаров на рынке — треть от общего количества. Проверки мясной продукции показали: 17,8% не соответствовала нормативным документам по органолептическим показателям, 11,5% - по микробиологии показателям (бактерии группы кишечной палочки, КМАФАнМ, дрожжи и т. д.); заявленному составу не соответствовали около 20%; в 30% случаев выявлены ДНК не заявленных мясных ингредиентов. 40,3% молочных продуктов также были признаны фальсификатом. Из проверенных образцов рыбной продукции по органолептическим показателям испытания не прошли более 56%, по микробиологическим — около 30%. Самыми безопасными и

качественными были признаны хлебобулочные изделия и детское питание. При этом, штраф за продажу некачественных товаров в настоящее время составляет от 1 до 2 тысяч рублей для физических лиц, а для юридических — до 10 тысяч рублей.

Не нужно объяснять, как относится к обязательной сертификации бизнес. В 2004 г на обязательную сертификацию пищевых продуктов потрачено токолог,6 млрд. руб, что в 2009 г может составлять с учетом инфляции до 12 млрд.руб. правительство предполагает, что изменения в процедуре подтверждения соответствия даст достаточную экономию для бизнеса – около 700 млрд. рублей в год. Для предпринимателей это может привести к снижению административных издержек

С другой стороны снижение издержек на подтверждение соответствия создает условия для повышения конкуренции; высвободившиеся средства действующий бизнес направит или на развитие собственного бизнеса (инвестиции), или на личное потребление. А любое потребление – это рост старых или создание новых рынков.

Сдерживающим фактором от проникновения на рынок некачественного товара должны стать торговые сети. Продавец кровно заинтересован, чтобы закупленная им продукция хорошо расхотились и не вызвали жалоб потребителей. А потому он не пустит на полку товар сомнительного происхождения и качества. Торгующим организациям в выявлении некачественной продукции должны активно помогать и общественные организации потребителей, которые согласно ст. 45 Закона «О защите прав потребителей» имеют право проводить независимые экспертизы качества и безопасности товаров и доводить полученные результаты до населения через средства массовой информации.

Отмена обязательной сертификации по замыслу реформаторов должна снизить пресловутые административные барьеры и исключить дублирование функций различных надзорных органов. Наряду с этим будет постепенно внедряться европейская система добровольной сертификации, что должно существенно повысить ответственность изготовителей и продавцов за качество поставляемой на рынок продукции. В конечном итоге данная мера должна способствовать созданию благоприятных условий для развития отечественного пищевого производства.

Декларирование не снимает, а, как раз наоборот, резко повышает ответственность производителя за безопасность и качество выпускаемой им продукции. Упрощенное понимание начатого процесса - опасное заблуждение. В том числе для самих производителей, которые должны в полной мере осознать, что переход к подтверждению соответствия в форме принятия декларации означает, что производитель отныне берет на себя проведение процедуры подтверждения соответствия и ответственность за ее достоверность.

## **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ ПЕРЕРАБОТКИ ШАМПИНЬОНОВ**

**Серпунина Л.Т.** (*г. Калининград, ФГОУ ВПО Калининградский государственный технический университет, кафедра технологии продуктов питания, [serpunina@mail.ru](mailto:serpunina@mail.ru)*)

The microbiological indices of lower part of champignons are presented after they have been removed. The sanitary conditions of these raw materials during the storage process are discussed as well.

Одна из наиболее острых проблем современности, стоящих перед человечеством,— недостаток пищевого белка. Этой проблеме уделяется большое внимание. При ООН создан специальный комитет, задачей которого является всестороннее изучение белковых ресурсов и разработка практических рекомендаций для предотвращения белкового голодания.

Около 80% потребляемого белка дают человеку растения, однако увеличение пищевых ресурсов за счет посевных угодий имеет свои ограничения. Грибы являются полноценным источником белков. Последние исследования показали, что 69—85% общего азота в грибах находится в форме перевариваемого белка. Это ценное сырье можно выращивать круглогодично и независимо от световой зоны, погодных и почвенных условий, собирая урожай с 1 га 11 тыс. ц в год.

На данный момент в мире по объемам производства среди искусственно выращиваемых грибов первое место занимает шампиньоны (37,6 %). Свежие грибы являются скоропортящимся продуктом. Способами сохранения шампиньонов являются сушка, соление, квашение, маринование, консервирование с помощью консервантов и тепловой обработки. Для экспорта производят консервированные шампиньоны.

Шампиньоны имеют неповторимый вкус и аромат, хорошо сочетаются практически с любыми продуктами при приготовлении блюд. На мировом рынке ценятся свежие и консервированные грибы. Свежие грибы обычно потребляют на месте. При первичной переработке весьма важно максимально сохранить потребительские свойства этого ценного пищевого белкового сырья.

Кроме этого дополнительным источником пищевого белка могут служить отходы от сбора урожая шампиньонов. В связи с наличием производства шампиньонов в Калининградской области, проблема использования образующихся вторичных ресурсов при культивировании шампиньонов актуальна в свете решения экологических проблем и создания дополнительных рабочих мест в районных поселениях.

Особенности химического состава шампиньонов благоприятствуют порче грибов при хранении, поскольку они являются благоприятной питательной средой для развития микробов. В свежих шампиньонах содержится в среднем 90 % воды, поэтому уже после трехдневного хранения при положительных температурах грибы становятся мягкими, темными или пятнистыми. Порча грибов частично обусловлена присутствием в них ферментов, а также деятельностью различных микроорганизмов.

Важное значение для безопасного пищевого использования ножек шампиньонов и продления срока их хранения имеют микробиологические показатели вторичного сырья. С целью установления возможности использования отходов от сбора урожая шампиньонов для производства пищевых продуктов были проведены специальные исследования.

**Целью данной работы явилось изучение микробиологических и биохимических особенностей вторичных пищевых ресурсов переработки шампиньонов и условий, га-**

**рантирующих сохранение их потребительских свойств. для этого анализировали нижнюю часть гриба после удаления плодового тела.**

Микробиологические анализы выполнялись по стандартным методикам с применением стандартных питательных сред. Были проведены определения общей бактериальной обсемененности, количества микроскопических грибов, сульфитредуцирующих клостридий, сальмонелл (по упрощенному методу), санитарно-показательной микрофлоры.

Определение активности полифенолоксидазы (о – дифенолоксидазы) осуществляли колориметрическим методом (модификация А.Н. Бояркина), основанным на измерении активности фермента по скорости окисления диметил-п-фенилендиамина с образованием соединения, окрашенного в сине-фиолетовый цвет.

Исследования выполнены на свежих шампиньонах белой расы в состоянии товарной спелости. После снятия урожая шампиньонов отделяли плодовое тело с частью ножки длиной до 2 см. Остальная нижняя часть, которая обычно выбрасывается, накапливалась и служила опытным образцами.

Для исследования были взяты немытые нижние части тела шампиньонов вместе с мисцем, содержащим некоторое количество питательного компоста. Исследования проводились на свежих грибах и грибах, хранившихся в течение 3 недель при температуре плюс 4°С.

По данным микробиологических анализов все показатели свежих и хранившихся грибов были в норме, за исключением показателя КМАФАиМ (табл. 1). Для свежей партии ножек грибов этот показатель превышает допустимые нормы в 10 раз (согласно требованиям СанПиН КМАФАиМ применительно к свежим грибам не должен превышать  $1 \times 10^4$  КОЕ/г). Это может быть связано с загрязненностью образцов микрофлорой компоста. Однако бланширование грибов даже с такой высокой обсемененностью в водно-солевом растворе обеспечивает уничтожение всей микрофлоры.

Хранение образцов приводит к ухудшению микробиологического состояния исходного сырья. На этом этапе хранения шампиньонов показатель КМАФАиМ превышает допустимый уровень в тысячу раз. Отчасти это возможно связано со снижением собственного иммунитета грибов и начавшейся их порчей.

Следует отметить, что все показатели микрофлоры шампиньонов значительно возрастают при хранении грибов в течение 3 недель при температуре плюс 4°С.

Последующее длительное хранение грибов при температуре плюс 4°С изменяет также и качественный состав микрофлоры шампиньонов. Преобладающие на свежих грибах бактерии из рода *Pseudomonas* при хранении практически полностью подавляют рост остальных микроорганизмов. Это может быть обусловлено наличием благоприятных для их развития температурных условий.

На поверхности свежих образцов были обнаружены специфические грибки *Verticillium dahliae*, которые вызывают сухую гниль шампиньонов. В условиях хранения при низкой температуре развитие этой плесени подавляется. Общее же количество плесеней при хранении грибов возрастает, что объясняется начавшейся порчей шампиньонов.

Качественный и количественный состав дрожжевых грибов также претерпевает некоторые изменения: рост преобладающих сахаромисцетов при хранении подавляется дрожжами из р.р. *Rhodotorula* и *Torulopsis*.

Несмотря на значительную обсемененность вторичного сырья по другим показателям его санитарное состояние даже после длительного хранения остается в норме. По завершении хранения на ножках шампиньонов отсутствуют бактерии группы кишечной палочки, сальмонеллы и сульфитредуцирующие клостридии. Это указывает на хорошее санитарное состояние агорофермы, на которой осуществлялось культивирование шампиньонов.

Все обнаруженные микроорганизмы принимают самое активное участие в порче шампиньонов. Установлено, что выделенные бактерии сохраняют высокую биохимическую активность и не чувствительны к действию антибиотиков, поэтому необходимо разрабатывать мероприятия по предотвращению развития их на оставшихся после товарного оформления частях ножек грибов, если в последующем они используются на кормовые или пищевые цели.

Таблица 1 - Микробиологические показатели отходов шампиньонов после хранения

Состав микрофлоры	Партии отходов шампиньонов	
	свежие	после хранения
Общая бактериальная обсемененность, кл/г	5,2 10 <sup>6</sup>	6,2 10 <sup>8</sup>
Представлена родами и видами:	70 % <i>Pseudomonas aerogenes</i> , р. <i>Pseudomonas</i> , сем. <i>Pseudomonadaceae</i>  10 % <i>Achromobacter stutzeri</i> , р. <i>Achromobacter</i> , сем. <i>Neisseriaceae</i>  20 % р. <i>Flavobacterium</i>	99,56 % р. <i>Pseudomonas</i>  0,04 % р. <i>Achromobacter</i>  0,4 % р. <i>Flavobacterium</i>
Плесневые грибы, КОЕ/г	19	32
Представлены родами и видами:	26 % <i>Pen.glaucum</i> 10 % <i>Mucor racemosus</i> 16 % <i>Asp.niger</i> 2,5 % <i>Asp.flavus</i> 21 % р. <i>Cladosporium</i> 2,5 % <i>Verticillium dahlial</i>	30 % <i>Asp.niger</i> 15 % <i>Pen.glaucum</i> 25 % <i>Pen.chrizagenum</i> 30 % р. <i>Mucor</i>
Дрожжи, КОЕ/г	26	50
Представлены родами:	20 % р. <i>Rhodotorula</i> 80 % р. <i>Saccharomyces</i>	20 % р. <i>Saccharomyces</i> 35 % р. <i>Rhodotorula</i> 45 % р. <i>Torulopsis</i>
БГКП	Не выявлено	Не выявлено
Патогенные стафилококки	Не выявлено	Выявлено в 0,01 г продукта
<i>Proteus vulgaris</i>	Не выявлено	Выявлено в 0,01 г продукта
Сульфитредуцирующие клостридии	Не выявлено	Не выявлено
Сальмонеллы	Не выявлено	Не выявлено

Таблица 2 - Активность полифенолоксидазы шампиньонов при  
различных условиях хранения (ед./1 г сырой ткани)

Срок хранения (дни)	Условия хранения грибов		
	Контроль	Охлаждение водой	Охлаждение воздухом
0	0,047111	0,012687	0,028563
1	0,053274	0,027022	0,033371
2	0,066135	0,023346	0,031761

Порча грибов может происходить при пониженных температурных условиях под действием специфических ферментов – полифенолоксидаз (ПФО), которые окисляют полифенольный комплекс шампиньонов в присутствии кислорода воздуха (табл. 2). При этом образуются темные пигменты, не разрушающиеся и не удаляющиеся при последующей технологической обработке.

Для предотвращения потемнения мякоти грибов при их чистке использован способ разобщения компонентов реакции окисления с помощью растворов веществ, влияющих на активность фермента. Ингибирование полифенолоксидаз проводили растворами различных неорганических соединений (кислот, солей, а также их смесей). Контрольные варианты грибов обрабатывались растворами серосодержащих солей – бисульфита и тиосульфата натрия, являющихся активными ингибиторами ферментативного потемнения, но ограниченно используемые в пищевой промышленности ввиду их токсичности.

Результаты исследования показали, что ингибирование активности грибной полифенолоксидазы в растворах солей, кислот, а также их смесей зависит не только от концентрации вещества, но и от природы аниона. Так, активно ингибирующий полифенолоксидазу сернистый ангидрид в виде бисульфита, теряет полностью свою активность при использовании тиосульфата.

Ингибирующая активность исследованных кислот зависит также от природы аниона. При введении сильного электролита - соляной кислоты активность полифенолоксидазы, не снижалась, а даже несколько повышалась. Наличие в модельных системах слабых в химическом отношении органических кислот щавелевой (0,1 н) и уксусной (0,05 н) понижает активность фермента более чем на 50 %; при наличии 0,5 н уксусной кислоты фермент инактивирован полностью. Вероятно, это связано с прямым ее влиянием на белковую часть полифенолоксидазы шампиньонов, но и способностью ацетат- и оксалат-ионов образовывать с медью нерастворимые довольно стойкие комплексные соединения.

В процессе исследования отмечены различная способность бинарных композиций органических и неорганических кислот устранять активность фермента шампиньонов. Одновременное использование неорганических солей и растворов соляной кислоты оказывает синергическое действие и усиливает ингибирующий эффект последней. Совместное использование хлористого натрия и растворов уксусной и щавелевой кислот значительно снижало ингибирующее действие последних. В присутствии уксусной кислоты ферментативная активность снижалась примерно в 2 раза. Добавление к указанным растворам кислот пирофосфата натрия обеспечивало аналогичное действие, но менее выраженное в сравнении хлоридом натрия.

С учетом проведенных исследований рекомендована смесь 5 % раствора хлористого натрия и 1,5 % раствора пирофосфата натрия в соотношении 1 : 1, которая обладает ярко выраженным ингибирующим воздействием на полифенолоксидазы шампиньонов за счет по синергического влияния. Указанные компоненты смеси безопасны для организма человека и активно предотвращают потемнение мякоти грибов.

## **ПРОИЗВОДСТВО ФАРШИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НАТУРАЛЬНОЙ РУБКИ ИЗ МЯСА ОДОМАШНЕННЫХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ**

**Смановский В.И.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра ТПП, vladimir-smanowski@rambler.ru*)

For improvement of quality nutrition of among the population is necessary using idle or little used natural resource. For Kola Peninsula this is reindeer. From year to year, deer farming obtains the greater meaning and demand because reindeer is biological full value, high-protein and ecologically pure product. Final aim of this investigation is production of stuffed semi-finished products from venison with the adding of kelp, and using sauce containing endocrinic-enzymatic raw materials.

Важным резервом в решении проблем улучшения качества питания населения, является вовлечение в арсенал пищевой продукции неиспользованных или малоиспользуемых естественных ресурсов. Для районов Кольского полуострова таковыми являются одомашненные копытные животные. Ресурсы оленеводства Кольского полуострова являются дополнительными, а в некоторых регионах – основными источниками обеспечения мясными продуктами.

Главным объектом промысла был и остаётся одомашненный северный олень. Народы Севера получают от оленей продукцию, которая позволяет им поддерживать необходимое комфортное жизнеобеспечение в экстремальных условиях среды проживания. Продукция оленеводства с каждым годом приобретает все большее значение, ценность и спрос.

Мясо северного оленя – биологически полноценный, высоко белковый, достаточно калорийный, экологически чистый продукт. С каждым годом возрастает спрос на эндокринно-ферментное и специальное сырье северного оленя.

Вместе с тем недостаточность глубоких исследований, связанных с характеристиками мясной продуктивности, технологических свойств продукции оленеводства, является серьезным сдерживающим фактором комплексной и целенаправленной переработки мяса, что и предопределило актуальность проведения наших исследований.

Конечной целью нашей работы является производство фаршированных полуфабрикатов из оленины, с использованием соуса, в состав которых входит эндокринно-ферментное сырье.

При приготовлении рубленой массы подобраны соотношения ингредиентов, в состав которых входит ламинария, обогащающая данное мясное изделие минеральными веществами, в том числе йодом, необходимым для профилактики заболеваний эндокринной системы.

### **Список литературы:**

1. Лайшев К.А., Мухачев А.Д. Северный олень и человек // Труды НИИСХ КС, Новосибирск, 2001;
2. Марцеха Е.В., Технология заготовки продукции промыслового оленеводства и ее качественная характеристика : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук / Е. В. Марцеха; [Алт. гос. аграр. ун-т]. – Барнаул, 2009. – 18 с.;
3. Мухачев, А.Д. Край мой многоликий / А.Д. Мухачев. – Л: Гидрометеиздат, 1984. – 136 с.;
4. Шелепов В.Г. Промысел и переработка продукции дикого северного оленя (монография), Новосибирск. – 2002;
5. Шелепов В.Г. Северное оленеводство. Технология заготовки и переработки пантов, эндокринно-ферментного и специального сырья (монография). – М. 1998.

## К ВОПРОСУ О ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ КАЛЬМАРА С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАЛОСОЛЕННЫХ ПРЕСЕРВОВ

Судак С.Н. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра управления судном и промысловом, e-mail: tassn@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе изложены результаты экспериментальной работы по разработке технологии подготовки бланшированного полуфабриката кальмара для производства пресервов. **Abstract.** This report contents result of experimental work of researching technology of blanching semi-processed squid for producing preserves production

Малосоленые пресервы из нерыбных объектов промысла пользуются большим спросом на потребительском рынке. Кальмар обладает своеобразными органолептическими свойствами, что делает продукцию из кальмара желанной на любом столе. Интенсивность сладковатого вкуса зависит от содержания глицина, аргинина, бетаина, таурина и других аминокислот. Главной задачей для производства пресервов из кальмара становится бережная предварительная тепловая обработка сырья с целью получения полуфабриката кальмара с активной ферментной системой, с высоким уровнем органолептических показателей и пищевой ценности.

Выход съедобной части зависит от вида кальмара, размера, сезона вылова, способов добычи, охлаждения, замораживания, условий хранения и методов обработки. Кальмары отличаются высоким содержанием саркоплазматических белков (до 60%) и низким содержанием миофибриллярных (до 30%), белки стромы составляют от 2 до 4 % [4,8]. В состав белков саркоплазмы кальмаров в преобладающем количестве входят глобулин X, миоглобулины и миогены. Миоальбумины содержат фракцию термоустойчивых белков, которые не денатурируют при температуре 100 °С. Миофибриллярные белки кальмаров содержат в основном актин и в незначительном количестве миозин и актомиозин. Низкое содержание актомиозина определяет одну из технологических особенностей мяса кальмара – фарш из него не способен образовывать эластичный гель. Изоэлектрическая точка белков мяса кальмара находится в пределах от 6,1 до 7,0 [8]. Мясо кальмара - высокобелковый продукт и является ценным пищевым продуктом, содержащим все незаменимые аминокислоты и особенно такие, как лизин, содержащийся в растительных продуктах в незначительном количестве.

Азотистые вещества мяса кальмара представлены на 80- 85% белками и на 15-20% экстрактивными азотистыми веществами, которые придают ему своеобразный приятный вкус. По сравнению с белками мяса рыб в мясе кальмара содержится меньше азота цистина и аланина, а содержание аргининового и меланинового азота несколько повышено. В мышцах кальмара не обнаружены экстрактивные азотистые вещества - гипоксантин и лейцин, обычных для белков мяса рыб. Весьма значительно содержание в тканях тела кальмара других экстрактивных азотистых веществ, таких как аргинин, бетаин, таурин, инозиновая кислота, креатин, кратинин, карнозин [7]. Жирокислотный состав липидов кальмара значительно колеблется в зависимости от сезона, возраста кальмаров. Следует отметить высокое содержание в мышцах кальмаров гликогена от 0,5 до 1,5 %, чем они заметно отличаются от мяса рыб [1, 2, 8]. В мантии кальмара содержание гликогена составляет 75, гексоз от 62 до 75, гексозаминов до 60 мг на 100 г. Мясо кальмара отличается большим разнообразием макро- и микроэлементов, по сравнению с рыбой кальмар богаче фосфором и магнием [8].

В настоящее время изучен уровень активности протеолитических ферментов мышечных тканей кальмара. Он гораздо выше, чем у других видов гидробионтов и в зависимости от

вида кальмара достигает значений от 0,4 до 1,3 мкмоль/(г\*ч) [8]. Согласно последним исследованиям в этой области, в мантии кальмара были обнаружены протеазы, активные в кислотной, нейтральной и щелочной областях, при умеренной (около 40 °С) и высокой (около 65 °С) температурах. Активность протеолитических ферментов мантии кальмара-стрелки составляет 0,28 мкмоль/г\*ч, что превышает активность протеаз мышечной ткани некоторых рыб, таких как, сардинопс, ставрида, скумбрия в 4 - 5 раз. При длительном холодильном хранении кальмаров в неразделанном виде, в силу диффузии в мышечную ткань протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта, может повышаться активность протеаз мантии. Немаловажно, что кальмар, замороженный в начальной стадии окоченения, сохраняют высокое качество при температуре минус 18 °С от 8 до 10 месяцев [7]. С учетом требований предъявляемых к сырью для производства малосолёных пресервов необходимо максимально сокращать время термической обработки полуфабриката кальмара, с целью сохранения нативного биохимического состава кальмара [3, 6, 7, 11, 12].

Объектом исследований было выбрано мороженое сырье - кальмар атлантический *Todarodes sagitatus* (Lamarck) по качеству не ниже 1 сорта, отвечающие требованиям нормативной документации и требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01.

Консистенция мяса кальмара определяется его сложной микроструктурой. В работе учитывалось, что при тепловой обработке мяса кальмара наблюдается уплотнение мышечных волокон за счет увеличения их диаметра на 15%, слияние миофибрилл, появление на поверхности гранул, представляющих денатурированный белок, исчезновение соединительной ткани вследствие желатинизации. Такие изменения приводят к образованию своеобразной резиноподобной консистенции вареного мяса, что является одной из технологических особенностей этого вида сырья [8], однако для пресервного производства полуфабрикат мяса мантии кальмара должен иметь нежную консистенцию подваренного мяса, а активность ферментной системы сырья должна быть достаточной для процессов созревания при посоле. В работе был предложен способ кратковременной тепловой обработки горячей водой с температурой  $(98 \pm 2) ^\circ\text{C}$  [9, 10].

Взамен субъективной оценки консистенции - разжёвывание, которая зависит от индивидуальных сенсорных ощущений дегустатора, объективный показатель органолептической оценки консистенции «усилие резания», можно определить инструментально при помощи гелометра. «Усилие резания», выраженное в граммах, соответствует максимальному показанию стрелочного индикатора прибора или пику на диаграммной бумаге самописца. Исследования «усилия резания» бланшированного мяса кальмара проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры ТПП МГТУ на приборе гелометр "ФудЧекер" P-1180РАТ, TYPE 2141, Class 1.5, F.S.100 mA (Yokogawa, Япония) по методике, разработанной на кафедре ТПП МГТУ. Гелометр, как и сектилометр позволяет определять консистенцию твердых и полутвердых материалов. Показатель «усилие резания» оценивает качество структуры продукта в зависимости от усилия (г), необходимого для полного разрезания образца заданного поперечного сечения (образец бланшированного кальмара одинаковой ширины и толщины) режущим рабочим органом - «струной» [5].

Для определения режима бланширования полуфабриката кальмара был разработан план двухфакторного эксперимента. Функцией отклика являлась обобщенная численная характеристика качества (Y), включающая балльную органолептическую оценку качества (Y<sub>1</sub>) в баллах и усилие резания (Y<sub>2</sub>) в граммах как объективного показателя оценки консистенции полуфабриката кальмара после тепловой обработки. Для оценки органолептических показателей полуфабриката кальмара, подвергнутого предварительной тепловой обработке, была разработана специальная 5-ти балльная шкала, которая учитывает особенности данного полуфабриката. Варьируемые факторы: (X<sub>1</sub>) – весовая часть воды в гидромодуле во-

да/кальмар и продолжительность тепловой обработки ( $X_2$ ) в минутах. Исследования проводили на интервале варьирования:  $X_1$  - от 1,0 до 3,0;  $X_2$  – от 1 до 5. Факторы фиксируемые на постоянном уровне: начальная температура воды ( $98^0 \pm 2^0 \text{C}$ ), толщина мантии (3 - 4 мм) и площадь поверхности тушки кальмара ( $250 \text{ см}^2$ ). Статистическая обработка результатов проводилась методом нелинейной регрессии. Полученное уравнение регрессии, адекватно описывает процесс кратковременной термической обработки кальмара:

$$Y = 1,98x_1 - 0,47x_1^2 + 0,70x_2 - 0,11x_2^2 - 2,14.$$

Критерий F-ratio для данной модели составил 235,9. При оценке качества полуфабриката, приготовленного по оптимальному режиму, было отмечено, что при нарезании кольца кальмара хорошо сохраняют свою форму и имеют нежную, сочную консистенцию, приятный, свойственный подваренному кальмару вкус. Средний балл дегустационной оценки при этом составил 5 баллов, а оптимальный интервал величины усилия резания от 38 до 42 г позволяет получить полуфабрикат с наилучшими органолептическими показателями и требуемой консистенцией [9, 10].

Подготовленный способом кратковременной тепловой обработки, полуфабрикат бланшированного кальмара использовали для разработки технологии малосоленых пресервов с внесением различных соусов и заливок. В ходе работы были изготовлены опытные партии пресервов (соленостью 2,5 %). Особое внимание уделялось подбору компонентов и разработке рецептур заливок, состав которых сдвигал бы pH готового продукта в кислую сторону, что необходимо для малосоленых пресервов.

Результаты органолептической оценки образцов продукции (уровень качества готовой продукции) и их динамика (представлена на рисунке 1) свидетельствуют о том, что пресервы из бланшированного полуфабриката кальмара готовы к употреблению в момент изготовления. В процессе хранения на 5 сутки качество пресервов несколько улучшается за счет перераспределения компонентов соусов и до 72 суток хранения органолептические показатели практически не изменяются (рис. 1).

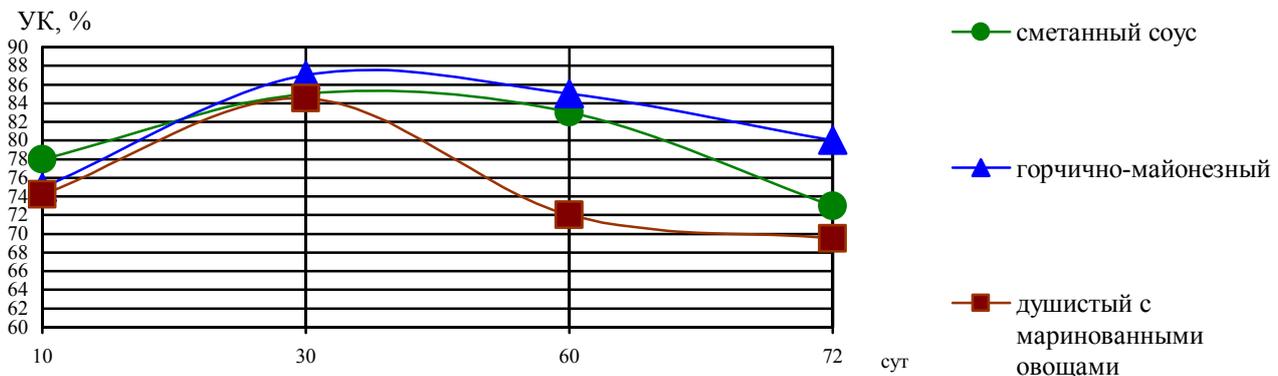


Рисунок 1. – Динамика органолептических показателей в пресервах «Кальмар бланшированный в различных соусах»

Анализ образцов малосоленых пресервов из бланшированного кальмара в различных соусах по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям выявил, что полученная продукция обладает высокой пищевой ценностью, хорошими потребительскими свойствами, а по вкусовым качествам пресервы близки к салатам из морепродуктов.

**Список литературы:**

1. Зуев, Г. В. Кальмары: биология и промысел / Г. В. Зуев, К. Н. Несис. – М. : Пищ. пром-сть, 1971. - 360 с.
2. Зуев, Г. В. Нектонные океанические кальмары / Г. В. Зуев, Ч. М. Нибмайтулин, В. Н. Никольский. – М. : Агропромиздат, 1985. – 224 с.
3. Квасницкая, А. А. Влияние продолжительности тепловой обработки кальмаров на их качество / А. А. Квасницкая // Рыб. хоз-во. – 1982. - № 3. – С. 67-69.
4. Квасницкая, А. А. Разработка технологии быстрозамороженных полуфабрикатов из кальмаров / А. А. Квасницкая, Л. В. Липатенко, Н. А. Грибуст // Сб. тр. / АтлантНИРО. – Калининград, 1984. – С. 58-63.
5. Куранова, Л. К. Разработка инструментальных методов определения реологических показателей качества гидробионтов и фаршевой продукции на приборе «Food Checker» / Л. К. Куранова // Наука и образование – 2007 [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2 апр. / МГТУ. – Электр. текст. дан. (18Мб). – Мурманск : МГТУ, 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - С. 899. – Гос. рег. НТИЦ «Информрегистр» № 0320700491 от 05.03.07.
6. Леванидов, И. П. Активность пептидогидролаз мышечной ткани рыб как показатель способности мяса соленых рыб к созреванию / И. П. Леванидов, В. П. Мясоедов, Т. В. Чинова // Исследования по технологии рыбных продуктов / ТИНРО. - Владивосток, 1973. – Вып. 4. - С. 24.
7. Подкорытова, А. В. Головоногие моллюски и их переработка / А. В. Подкорытова, З. В. Слапогузова // Рыб. хоз-во. – 2007. - № 3. - С. 99-102.
8. Сафронова, Т. М. Сырье и материалы рыбной промышленности / Т. М. Сафронова. - М. : Агропромиздат, 1991. - 191 с.
9. Ташкевич, С. Н. Изучение влияния тепловой обработки на реологические свойства кальмара / С. Н. Ташкевич, И. Э. Бражная // Наука и образование –2006 [Электронный ресурс] : междунар. науч. техн. конф., Мурманск, 2 апр. / МГТУ. - Электрон. текст. дан. (16 Мб). – Мурманск : МГТУ, 2006. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - С. 721—724. – Гос. рег. НТИЦ «Информрегистр» № 0320501517, св. 7081 от 28.11.05.
10. Ташкевич, С. Н. Новые технологии пресервов из малосозревающих гидробионтов / С. Н. Ташкевич // Рыб. хоз-во. - 2008. - № 3. - С. 93-96
11. Тимонина, Л. Г. Влияние активности протеолитических ферментов некоторых объектов океанического промысла на режимы их обработки / Л. Г. Тимонина, Л. И. Петрова, А. Б. Одинцов // Сб. тр. / АтлантНИРО. – Калининград, 1982. – С. 22-26.
12. Тимонина, Л. Г. О липолитических и протеолитических ферментах кальмаров / Л. Г. Тимонина // Технология перспективных видов рыбопродукции : сб. тр. / АтлантНИРО. – Калининград, 1984. – С. 14 -17.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕРЫБНЫХ ГИДРОБИОНТОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

**Табакеева О.В.** (г.Находка, Находкинский инженерно-экономический институт, кафедра естественно-научных дисциплин, [yankovskaya68@mail.ru](mailto:yankovskaya68@mail.ru))

The opportunity of reception acid hydrolysate from a tissue of folding mollusc of Far East region *Patinopecten yessoensis*. Is investigated at use as the hydrolyzing agent of a food citric acid. Optimum parameters of carrying out of process are certain concentration of an acid 12%, time of carrying out 20 hours. On the basis of mathematical planning two-factorial experiment the equations of regress adequately describing dependence of the maintenance of dry substances and the general nitrogen from concentration of an acid and time of process are offered. The maintenance of free amino acids in received hydrolysate is certain.

В современной пищевой промышленности в настоящее время идет активный поиск путей использования как новых нетрадиционных видов сырья, так и новых подходов к процессам обработки. Это касается и нерыбных гидробионтов. В группе нерыбных гидробионтов особенно выделяются двустворчатые моллюски, в потреблении которых отчетливо наблюдается тенденция считать их деликатесной продукцией.

Известно, что мышечная ткань двустворчатых моллюсков имеет состав аминокислот, обеспечивающий ей высокую белковую полноценность. Кроме того, двустворчатые моллюски содержат значительное содержание свободных аминокислот, играющих определенные функции в организме человека [1]. Некоторые из аминокислот, содержащихся в двустворчатых моллюсках, являются неизменными участниками белкового обмена в организме человека, оказывают значительное стимулирующее действие на его рост и необходимы в качестве питательных добавок на определенных стадиях его развития [2]. Кроме аминокислот, характерных для тканей высших животных, у моллюсков обнаружено значительное количество аминокислот необычного строения. К ним относятся саркозин, фосфосерин, гидроксизин, триметилгистидин,  $\alpha$ -аминобензойная кислота, цитруллин, орнитин и некоторые другие. Аминокислоты и пептиды имеют большое значение для антиоксидантной защиты клеток [1].

Из свободных аминокислот моллюсков особый интерес представляет таурин, который не входит в состав белков, а образуется в процессе метаболизма метионина. Он участвует в обмене холестерина, способствует детоксикационной функции печени, регуляции кровяного давления и улучшению светочувствительности сетчатки глаза [3]. Таурин обладает нейротропной активностью, кардиопротекторным действием, оказывает тонизирующее действие на сердечную мышцу, и поэтому может быть использован для лечения хронической сердечной недостаточности [4]. Также установлено, что таурин способствует улучшению памяти и умственной работоспособности, повышению концентрации внимания, положительно влияет на высшие корковые функции головного мозга [5]. Таким образом, беспозвоночные, и в частности моллюски являются перспективными источниками биологически активных веществ, что необходимо использовать в целях включения их в пищевой рацион человека в различных видах – кулинарной продукции, пищевых и биологически активных добавок в составе традиционных продуктов.

Известным способом модификации нативного сырья с целью получения препаратов с высоким содержанием свободных аминокислот является гидролиз, как кислотный, так и ферментативный или щелочной. У каждого вида гидролиза есть свои преимущества и недостатки. При кислотном гидролизе в основном используют концентрированные серную и

соляную кислоты. При кислотном гидролизе получаемые гидролизаты содержат только свободные аминокислоты.

Гидролизаты, получаемые с помощью ферментативного гидролиза представляют собой многокомпонентные смеси, содержащие олигопептиды различных размеров, смеси пептидов со свободными аминокислотами. Таким образом, выбор способа гидролиза зависит от того, гидролизат какого химического состава мы хотим получить.

В качестве объекта исследования использован двустворчатый моллюск Дальневосточного региона приморский гребешок (*Patinopecten yessoensis*). Мягкие ткани данного моллюска представлены большим мускулом-замыкателем, мантией и внутренностями, куда относятся печень, жабры и гонады. Мягкие ткани составляют до 36% массы всего моллюска. Массовая доля съедобных частей составляет до 22%.

В пищу у гребешка могут использоваться мускул-замыкатель, мантия и гонады, но на практике используется только аддуктор, а все остальное не находит пищевого применения, то есть от 35 до 50% съедобных частей моллюска отправляется в отходы, хотя их применение очень перспективно. Исходя из этого разработка новых методов обработки перспективного пищевого сырья, содержащего биологически активные вещества морского генеза является актуальным направлением.

Целью исследования было получение кислотных гидролизатов из мантии гребешка приморского, с использованием в качестве гидролизующего агента пищевой лимонной кислоты. Выбор данной кислоты обусловлен ее безопасностью, возможностью создания необходимого для гидролиза pH ( $\text{pH} = 2$ ), возможностью использования гидролизата в пищевых продуктах (например в майонезах и соусах) без нейтрализации, а также получение после нейтрализации KOH,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  в гидролизате цитратов калия, кальция и магния, которые являются разрешенными пищевыми добавками, играющими роль стабилизаторов и регуляторов кислотности.

В процессе гидролиза исследовали зависимость накопления сухих веществ и общего азота в получаемых гидролизатах от концентрации кислоты и продолжительности процесса с целью выбора оптимальных параметров.

Полученные в ходе экспериментов данные представлены в таблице 1.

С увеличением концентрации гидролизующей кислоты происходит накопление сухих веществ в гидролизате, однако этого же нельзя сказать об изменении содержания общего азота. На содержание общего азота концентрация кислоты оказывает существенное влияние в пределах 10-12% кислоты, дальнейшее повышение концентрации кислоты до 15-20% практически не увеличивает его содержание, но существенно влияет на количество сухих веществ. На основании полученных закономерностей сделан вывод о целесообразности использования лимонной кислоты в качестве гидролизующего агента в концентрации 12%.

Изучение закономерностей протекания процесса гидролиза во времени показало, что максимальное накопление в гидролизатах как сухих веществ, так и общего азота происходит при продолжительности гидролиза 20 часов, дальнейшее проведение процесса несущественно влияет на эти показатели.

Математическое планирование двухфакторного эксперимента и статистическая обработка полученных экспериментальных данных позволила определить оптимальные параметры гидролиза мантии гребешка в виде уравнений регрессии, представленных в таблице 2. Приведенные уравнения описывают зависимость накопления сухих веществ и общего азота от концентрации гидролизующего агента (лимонной кислоты) и времени процесса.

Таблица 1 – Динамика накопления сухих веществ и общего азота в зависимости от времени гидролиза и концентрации кислоты в кислотных гидролизатах

Объект	Продолжительность гидролиза, час	Концентрация кислоты, %	Содержание сухих веществ, %	Содержание общего азота, %
Мантия гребешка	8	10	7,89	0,76
	8	12	8,26	0,89
	8	15	9,12	0,90
	8	20	9,84	0,92
	12	10	9,23	0,80
	12	12	10,56	0,90
	12	15	11,41	0,91
	12	20	11,99	0,88
	16	10	10,12	0,83
	16	12	10,87	0,93
	16	15	11,95	0,94
	16	20	12,54	0,95
	20	10	10,96	1,05
	20	12	11,84	1,07
	20	15	12,21	1,08
	20	20	12,86	1,06
	24	10	11,68	0,95
	24	12	11,97	1,01
24	15	12,62	0,98	
24	20	13,26	0,97	

Таблица 2 – Уравнения регрессии, описывающие оптимальные параметры кислотного гидролиза мантии гребешка

Гидролизат	Уравнение регрессии
Мантия гребешка	$Y=1,6507X_1-1,98X_2-0,0863X_1^2-0,12X_1X_2+0,52X_2^2+1,8333$
	$Z=0,0188X_1+0,0943X_2-4,4634X_1^2-0,0006X_1X_2-0,0026X_2^2-0,0064$

Y (%) – содержание сухих веществ в гидролизате мантии гребешка

Z (%) – содержание общего азота в гидролизате мантии гребешка

X<sub>1</sub> (час) – продолжительность гидролиза

X<sub>2</sub>(%) – концентрация кислоты

Таблица 3 – Содержание свободных аминокислот в гидролизате мантии гребешка

Аминокислоты	Содержание, % от общей массы свободных аминокислот
Таурин	2,98
Пролин	4,59
Гистидин	1,14
Серусодержащие	4,81
Основные	11,35
Алифатические	19,96
Дикарбоновые	8,53
Ароматические	9,12
Нейтральные	7,62
Сумма	70,1

Так как целью исследования было получение гидролизата с высоким содержанием свободных аминокислот, было определено их содержание в полученном гидролизате. Проведенный анализ показал, что в нем в значительных количествах присутствуют свободные аминокислоты, в том числе и таурин, что должно обеспечивать гидролизату биологическую активность. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Мантия двустворчатого моллюска Дальневосточного региона *Patinopecten yessoensis* является источником биологически активных веществ морского генеза, в частности свободных аминокислот, способом извлечения которых может быть кислотный гидролиз, проводимый пищевой лимонной кислотой;

2. Содержание сухих веществ и общего азота зависит от продолжительности процесса и концентрации кислоты и эта зависимость может быть описана математически с помощью уравнений регрессии;

3. Оптимальными параметрами гидролиза, установленными по накоплению сухих веществ и общего азота в гидролизатах является концентрация лимонной кислоты 12%, продолжительность гидролиза 20 часов.

В дальнейшем полученный гидролизат может быть использован в качестве компонента в эмульсионных продуктах.

#### **Список литературы:**

1. Аюшин, Н.Б. Азотистые экстрактивные вещества в тканях дальневосточных моллюсков / Н.Б.Аюшин, И.П.Петрова, Л.М.Эпштейн // Изв.ТИНРО.-1999. – Т.125. – С.52-56.
2. Просер, Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. – М.: Мир, 1967. – 751с.
3. Машковский, М.Д. Лекарственные средства. – М.: Медицина, 1993. – Т.2. – 590с.
4. Торкунов, П.А. Кардиопротекторное действие таурина / А.П.Торкунов, Н.С. Сапронов // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1997. – Т.60, №5. – С.72-77.
5. Оруджев, Я.С. Применение медиаторных аминокислот (таурин) во внебольничной геронтологической практике / Я.С. Оруджев, В.В.Ростовщиков // Социальная и клиническая психиатрия. – 1998. - №3. – С.78-81.

## ПОТЕНЦИАЛЬНО-ПРОМЫСЛОВЫЕ БУРЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА: ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ

**Табакаева О.В.** (г.Находка, Находкинский инженерно-экономический институт, кафедра естественно-научных дисциплин, [yankovskaya68@mail.ru](mailto:yankovskaya68@mail.ru))

Prospects of processing of potentially-trade seaweed of Far East region *Undaria pinnatifida* and *Costaria costata* and application of a waste of their processing in technology of fatty products that allows to enrich mayonnaise with biologically-active substances of seaweed are described.

Среди пищевых факторов, имеющих особое значение для поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия человека, важнейшая роль принадлежит микронутриентам, основными из которых являются витамины и минеральные вещества. Например, недостаточность йода у человека приводит к развитию эндемического зоба, к заболеваниям, сопровождающимися такими аномалиями, как нарушение функций мозга, гипотериоз у детей, к уменьшению содержания кальция в костях, к снижению сопротивляемости к инфекциям.

Один из путей решения проблемы обеспеченности населения йодом – создание широкого спектра продуктов питания, характеризующихся наличием в их составе компонентов с высоким содержанием этого микроэлемента, в частности с использованием морских бурых водорослей.

В Дальневосточном регионе бурые водоросли распространены повсеместно и их насчитывается 15 промысловых и 16 потенциально-промысловых видов. Суммарные запасы в морях России ламинариевых составляют до 8,8 млн. тонн, что позволяет получать до 800 тыс. тонн водорослевого сырья ежегодно, до сих пор в пищевых технологиях в России используется всего два представителя бурых водорослей: *Laminaria japonica* (дальневосточная) и *Laminaria saccharina* (беломорская). В бухтах Японского моря отмечается большой запас биомассы потенциально-промысловых бурых водорослей ундарии перистонадрезной (*Undaria pinnatifida*) и костарии ребристой (*Costaria costata*) [1].

В перспективе необходимо рассматривать пищевое использование, а также использование в качестве источников БАВ морского генеза потенциально-промысловые виды водорослей, таких как костария ребристая (*Costaria costata*) и ундария перистонадрезная (*Undaria Pinnatifida*). Эти водоросли активно используются в азиатских странах Тихоокеанского региона, но в России их использование носит случайный характер, хотя их запасы находятся на достаточно высоком уровне – 70-100 тысяч тонн (по данным ТИПРО-Центра).

Особенности химического состава этих видов морских бурых водорослей предполагают освоение их с целью последующего использования в разработке новых технологий продуктов питания с широким спектром лечебно- профилактических свойств.

Изучение химического состава данных бурых водорослей показало, что они содержат: главный компонент – полисахарид альгиновая кислота, сульфатированные сложные эфиры полисахаридов – фукоидан и ламинарин, различные витамины и минеральные соли.

Фукоиданы – семейство высокомолекулярных сульфатированных полисахаридов, широко рассеянных стенках клетки бурых водорослей. Основная часть молекулы фукоидана составлена прежде всего из цепочки повторяющихся мономеров сахара фукозы. Именно из-за присутствия фукозы, бурые водоросли, содержащие фукоидан служат мощным ингибитором вторжения опухолевых клеток с мягкой антиопухолевого активностью.

Сахар фукоза может оказывать полезное воздействие на иммунную систему организма, стимулируя иммунные реакции гуморальных и клеточных типов и увеличивая фагоцитоз.

Альгиновая кислота, являющаяся гетерополисахаридом, в организме человека выполняет важные физиологические функции – снижает количество липидов и холестерина в крови, способствует

усвоению питательных веществ, выводит тяжелые металлы и радионуклиды. Кроме физиологического действия широко известны и используются функционально-технологические свойства альгиновой кислоты и ее солей.

Полисахариды водорослей, в частности альгинаты, оказывающие антиоксидантное, гипогликемическое и ипохолестеринемическое действие, выводят радионуклиды и соли тяжелых металлов [2,3].

Обнаружено, что альгинаты бурых водорослей оказывают антитоксическое, гиполипидемическое действие, а альгинат вместе с полиманнуронатом более эффективно защищают печень от ожирения и оказывают противоопухолевое действие [4].

Клинические наблюдения доказывают способность альгинатов выводить из организма радиоактивные изотопы. Важным направлением профилактики внутреннего облучения радиоактивным стронцием и другими радиоизотопами является разработка пищевых продуктов с высоким содержанием альгинатов натрия и кальция [5].

Что касается полисахарида морской капусты ламинарина, то он используется главным образом в медицине, так как обладает ингибирующим действием на рост и развитие вирусов. Этерифицированный ламинарин приобретает свойства антикоагулянта, значительно удлиняя время свертывания крови. Ламинаран обладает противоопухолевым действием.

У фукоиданов обнаружены антикоагулянтная, противоопухолевая, гиполипидемическая, антивирусная (в том числе против ВИЧ-инфекции) активности. Известно, что фукоиданы оказывают антивирусное воздействие в первую очередь на фактор HIV – инфекционный агент СПИДа AIDS и на другие вирусы. Есть сведения о том, что при введении в кровь фукоидана в концентрации выше обычной, происходит антикоагуляционное воздействие и образуется кровотечение, а при снижении концентрации происходит контролирование вирусного заражения и ингибирование ферментов с обратной считкой информации. Учитывая все это, в настоящее время фукоиданы изучаются как одно из будущих лекарств против СПИДа [6].

Таким образом, фукоиданы обладают широким спектром полезного воздействия на организм человека. Это выражается различными видами активности: иммуномодулирующей, противовоспалительной, противоопухолевой, антикоагулянтной, антитромбической, гипертензивной.

Обнаружено, что в пищевых волокнах ундарии перистонадрезной содержатся альгиновые кислоты, Са, Mg, которые контролируют кровяное давление. Последние исследования показали, что ундария перистонадрезная содержит пептиды, снижающие кровяное давление.

Липиды морских водорослей – уникальные соединения, привлекающие к себе особое внимание спектром биологической активности. По данным ряда авторов, полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе эйкозапентаеновая и октадекатетраеновая, проявляют антибактериальную, антимикробную, антибиотическую и другие виды физиологической активности, а также используются в лечебно-профилактическом питании [7].

При употреблении в пищу бурых водорослей необходимой стадией их обработки является термическая, варка в воде. В ходе этого процесса происходит значительный переход в отвар, который можно считать водным экстрактом, и фукоидана и альгиновой кислоты. Следовательно, данные экстракты должны проявлять загущающие и стабилизирующие технологические свойства, а также обладать физиологической активностью.

Исследована возможность применения водных экстрактов бурых водорослей Дальневосточного региона костария ребристая (*Costaria costata*) и ундария перистонадрезная (*Undaria Pinnatifida*), полученных трехкратной варкой водорослей в одном объеме воды при первоначальном гидромодуле 1:1,5 при температуре 100<sup>0</sup>С в течение 10 минут для ундарии и 13-15 минут для костарии.

Полученные экстракты ввели в состав майонезных соусов в количестве, необходимом для получения майонезного соуса заданной эффективной вязкости и приемлемых органолептических характеристик. Так как отвары водорослей имели характерный запах морских водорослей, именно этот органолептический показатель был взят за основу при определении оптимальной концентрации отвара в рецептуре майонезных соусов. В результате экспериментов определены оптимальные концентрации отваров водорослей с майонезных соусах – 15% для отвара костарии и 20% для отвара ундарии.

Полученные майонезные соусы были исследованы на содержание в них биологически активного вещества – фукоидана. Экспериментальным путем было установлено, что майонезные соусы с отваром ундарии содержат фукоидана 1,3%, в то время как соус с отваром костарии содержит фукоидана значительно меньше – 0,4%.

На основании полученных результатов можно утверждать:

1. водные термические экстракты из потенциально-промысловых бурых водорослей Дальневосточного региона костария ребристая и ундария перистонадрезная могут использоваться в качестве водной фазы в рецептуре майонезных соусов и при этом не влияют на органолептические характеристики продукта;
2. введение отваров водорослей в состав майонезных соусов обогащает получаемый продукт биологически активными веществами – альгиновой кислотой и фукоиданом, что должно придавать продукту функциональные свойства и физиологическое воздействие на организм человека.

Таким образом, направление использования БАВ бурых водорослей Дальневосточного региона с целью создания функциональной майонезной продукции является перспективным и актуальным и его необходимо активно разрабатывать.

#### **Список литературы:**

1. Андрианов, А.В. Таксономический каталог биоты залива Петра Великого Японского моря / А.В. Андрианов, О.Г. Кусакин. - Владивосток: Дальнаука, 1998. – 350 с.
2. Шевцова, О.И. Влияние альгината кальция и пектина на перекисное окисление липидов при токсическом гепатите / О.И. Шевцова // Биология моря. – 1999. – Т. 25, № 2. – С. 177-178.
3. Злобин, В.С. Использование ламинариевых водорослей в антирадиационных лечебно-профилактических и косметологических целях / В.С. Злобин, А.Ф. Федоров // Рыбное хозяйство. - 2004. - № 3. - С. 54-57.
4. Хотимченко, Ю.С. Физико – химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов – полисахаридов бурых водорослей / Ю.С. Хотимченко, В.В. Ковалёв, О.В. Савченко, О.А. Зиганшина // Биология моря. – 2001. – Т. 27(3). – С. 151 – 162.
5. Корзун, В.Н. Альгинаты в профилактике внутреннего облучения стронцием / В.Н. Корзун, Ю.Г. Воронова, А.И. Парац // Медицинская радиология. – 1992. - № 3. – С. 31-34.
6. Кузнецова, Т.А. Биологическая активность фукоиданов из бурых водорослей и перспективы их применения в медицине / Т.А. Кузнецова, Н.М. Шевченко, Т.Н. Звягинцева, Н.Н. Беседнова // Антибиотики и химиотерапия. – 2004. - № 5. - С. 83-90.
7. Подкорытова, А.В. Применение альгинатсодержащих продуктов в лечебно-профилактическом питании / А.В. Подкорытова, Н.М. Аминина // Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок: материалы Российской научной конференции. - Владивосток: ИМКВЛ СО РАМН, 1998. - С. 205-209.

## **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАРИНАДОВ ИЗ СЕВЕРНЫХ ЯГОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЧ-НАГРЕВА**

**Телицына М.А., Кириллук О.А., Гроховский В.А.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, v.grokhovsky@mail.ru*)

This article observes the new technology of preparation marinade from frozen northern berris. Frozen northern berries were used as a raw material. This technology uses microwave treatment both for defrosting and heating. This prevents enzyme activity in the surface layers of berries during defrosting, so the quality of finished product is improved.

Один из путей улучшения качества продуктов питания и расширения сырьевой базы для перерабатывающей промышленности является переработка местного товарного сырья, которое можно применять в пищу как в свежем, так и в переработанном виде. Ягоды – источник биологически активных веществ, особенно витаминов, макро– и микроэлементов, которые содержатся в них в легкоусвояемой форме и в оптимальных для организма человека соотношениях. Они могут обеспечить около 1/2 суточной потребности человека в витаминах и микроэлементах, а также являются прекрасным сырьем для пищевой промышленности.

На территории Кольского полуострова произрастают дикорастущие ягоды (черная смородина, малина, морошка, черника, брусника, клюква, рябина, вороника), которые подлежат промышленному сбору и заготовке.

Для рационального использования местного растительного сырья необходима его комплексная переработка и дальнейшее применение для производства пищевых продуктов. В Мурманском государственном техническом университете на кафедре технологий пищевых производств ведутся исследования по созданию продуктов питания, выработанных с использованием фитообогатителей в виде экстрактов, морсов, квасов. Данное направление позволяет получать продукты, обогащенные несколькими группами активных веществ: витаминами, микро– и макроэлементами, углеводами и т. д. В природе не существует продукта, который содержал бы все необходимые человеку компоненты для полноценной жизнедеятельности организма. Поэтому только сочетание различных продуктов лучше всего обеспечивает организм необходимыми питательными веществами.

Комплексная переработка местного ягодного и рыбного сырья способствует не только расширению ассортимента и повышению биологической ценности пищевых продуктов, но и рациональному использованию природно-сырьевых ресурсов и внедрению малоотходных технологий. Маринады представляют собой специально подготовленные продукты из овощей, плодов или ягод в заливке, содержащей уксусную кислоту, соль, сахар, пряности. Маринование плодов, ягод и овощей основано на применении уксусной кислоты — консерванта, широко распространенного в консервной промышленности, а также определенное консервирующее действие оказывают соль и эфирные масла пряностей.

Ягодные маринады готовили из замороженных ягод одного вида или из смеси ягод. Технологический процесс производства заключался в следующем: ягоды сортировали по размерам, качеству, степени зрелости, цвету. После сортировки ягоды промывали чистой проточной водой до полного удаления загрязнений. В состав маринадной заливки входят сахар, пряности: корица, гвоздика, перец душистый, уксусная кислота. Допускается замена до 50% уксусной кислоты молочной.

В предлагаемом способе приготовления заливки размораживание происходит одновременно с процессом варки маринада, которое проводится путем термической обработки (ТО) мороженых ягод в СВЧ-печи.

В процессе проведения экспериментов замороженные ягоды и сахар-песок помещали в рабочую камеру СВЧ-печи россыпью в закрытой посуде из радиопрозрачного материала. Высота слоя ягод и сахара составляла не более 10 см. Термическую обработку ягод проводили до температуры от 85 до 100 °С циклично, причем СВЧ-печь работала на частоте микроволнового излучения от 500 до 750 Вт. Первый цикл: размораживание, бланширование ягод с сахаром, причем в промежутках между циклами проводили перемешивание. Второй: добавление воды, третий: добавление пряностей. Уксусную кислоту добавляли по выходу продукта.

В результате такой обработки значительно сокращалась общая продолжительность изготовления маринада, при этом отсутствовали потери сырья. Полученные образцы маринадов были представлены на рабочие дегустации, где были одобрены по комплексу органолептических показателей (внешнему виду, вкусу, аромату и консистенции).

В соответствии с результатами предварительных экспериментов в настоящее время проводится оптимизация технологических режимов.

#### **Выводы:**

1. Разработан новый способ изготовления маринада из северных ягод с использованием СВЧ-нагрева.
2. Установлены несомненные достоинства разработанного способа, в частности, кратковременность изготовления, повышенный выход готового продукта, минимальный расход электроэнергии.
3. Изготовлены новые виды маринадов из северных ягод.

#### **Список литературы:**

1. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции / А.Ф. Загибалов, А.С. Зверькова, А.А. Титова, Б.Л. Флауменбаум. – М.: Агропромиздат, 1992. – 352 с.
2. Технология консервирования плодов, овощей, мяса и рыбы / под ред. Б.Л. Флауменбаума. – М.: Колос, 1993. – 320 с.
3. Технология пищевых производств / А.П. Нечаев, И.С. Шуб, О.М. Аношина. – М.: КолосС, 2005. – 786 с.

## **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ НОВЫХ ВИДОВ БЫСТРОЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛОЁНОГО ТЕСТА И ОРИГИНАЛЬНЫХ НАЧИНОК**

**Телицына М.А., Кириллук О.А., Гроховский В.А.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, v.grokhovsky@mail.ru*)

This article about working out of technology and compounding of new kinds of the frozen half-finished products such as PTIFURY MURMANSKIYE/BUREKI SEVERNYYE with use of force-meat of a cod and other kinds of fishes of the North seas.

Одной из заметных тенденций, сложившихся на пищевом рынке в последние годы, стало увеличение потребления населением различных полуфабрикатов. В частности, на рынке замороженных полуфабрикатов выявляется рост производства более технологичных продуктов. Так, если раньше выпускались преимущественно котлеты и биточки, то теперь появились замороженные продукты со сложной начинкой, натуральные продукты полной готовности, готовые обеды, которые, позволяют экономить время потребителей. При этом потребители предъявляют к рынку повышенные требования, как в отношении самих продуктов, так и в отношении их оформления и их информационного сопровождения.

Если раньше ключевую роль в процессе принятия решения играла цена, то сейчас при выборе замороженных полуфабрикатов покупатель обращает внимание на соотношение цена/качество, отдавая предпочтение более качественному продукту.

10–12 лет назад замороженные полуфабрикаты ассоциировались с некачественной продукцией, не пользовались спросом, и ассортимент их был чрезвычайно узок, то сейчас ситуация кардинально изменилась. В настоящее время такие продукты, помогающие существенно сократить время, затрачиваемое на приготовление пищи, пользуются особой популярностью у российских потребителей.

Необходимо отметить, что большой практический интерес представляет технология быстрой заморозки полуфабрикатов, которая получает все большее распространение и используется при производстве различных видов теста: для слоеного теста, для специальных и элитных сортов хлеба, для пиццы, кондитерской сдобы и т.д. Быстрое замораживание полуфабрикатов из теста относится к технологии отложенной во времени выпечки, суть которой заключается в том, чтобы: значительно замедлить или полностью приостановить брожение; сохранить замороженные полуфабрикаты длительное время; предусмотреть возможность последующей выпечки в пунктах продажи.

Существует несколько разных приемов отложенной выпечки: замедленная расстойка в охлажденной среде (до нескольких часов); контролируемая расстойка в охлажденной среде с целью достижения заданных параметров изделия; двухступенчатая выпечка (с замораживанием или без) с целью окончательной выпечки поблизости места реализации; быстрая (шоковая) заморозка с целью длительного (до 6 месяцев) хранения полуфабрикатов, готовых к немедленной выпечке.

Целью проводимых исследований явилась разработка технологии и рецептуры новых видов замороженных полуфабрикатов, а именно «Птифуры «Мурманские»» и «Буреки «Северные»».

Полуфабрикаты изготавливались по следующей технологии: традиционное слоеное тесто раскатывали в пласт толщиной от 6 до 7 мм и формировали птифуры с начинкой из креветки с оливкой, пасты из лосося с добавлением моршки, яблочно-брусничного пюре.

Соотношение теста и начинки 2 : 1. Формовку птифур осуществляли в ручную, укладывали на лотки и замораживали до температуры в центре начинки от – 10 до -12 °С. Готовые птифуры снимали с лотков и фасовали в полиэтиленовые пакеты.

После определения приемлемой продолжительности и температуры замораживания нами были изготовлены небольшие опытные партии продукта: «Птифуры «Мурманские»».

Полученные образцы полуфабрикатов были подвергнуты тепловой обработке с доведением их до кулинарной готовности, представлены для дегустации в рамках 11-й Международной выставки «Море. Ресурсы. Технологии. -2010», где получили одобрение у респондентов.

В соответствии с результатами предварительных экспериментов в настоящее время проводится оптимизация технологических режимов изготовления полуфабрикатов «Птифуры «Мурманские»» и «Буреки «Северные»».

#### **Выводы:**

1. Разработаны рецептуры новых быстрозамороженных полуфабрикатов «Птифуры «Мурманские»» и «Буреки «Северные»» на основе слоёного теста и оригинальных начинок.
2. Новые виды быстрозамороженных полуфабрикатов получили одобрение на выставке-дегустации по комплексу органолептических показателей.

#### **Список литературы:**

1. Ройтер, И. М. Сырье хлебопекарного производства / И. М. Ройтер : Киев, Техника, 1972
2. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции / А.Ф. Загibalов, А.С. Зверькова, А.А. Титова, Б.Л. Флауменбаум. – М.: Агропромиздат, 1992. – 352 с.

## СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОВИДЛА ИЗ СЕВЕРНЫХ ЯГОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЧ-НАГРЕВА

Телицына М.А., Кириллук О.А., Гроховский В.А. (*Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, [v.grokhovsky@mail.ru](mailto:v.grokhovsky@mail.ru)*)

**Abstract.** This article observes the technology of new canned foods from fruit and berries, such as jam. Frozen northern berries were used as a raw material. This technology uses microwave treatment both for defrosting and heating. This prevents enzyme activity in the surface layers of berries during defrosting, so the quality of finished product is improved.

Производство консервов (речь пойдет о консервах из ягод) имеет большое значение для населения и народного хозяйства нашей страны. Консервированные пищевые продукты позволяют в значительной степени сократить затраты труда и времени на приготовление пищи в домашних условиях, разнообразить меню, обеспечить круглогодичное питание населения, а также создавать текущие, сезонные и страховые запасы. Плодоовощные консервы, богатые витаминами и минеральными веществами, необходимы для питания населения северных районов страны.

Более эффективными в условиях рыночной экономики являются структуры, объединяющие производство сельскохозяйственной продукции и ее реализацию потребителю. Перерабатывающие предприятия активно вкладывают средства не только в собственное производство, но и в сырьевую базу.

Ассортимент плодоовощной продукции, согласно действующей нормативно-технической документации, насчитывает более 1000 наименований. Фактически сегодня вырабатывается не более 150 наименований. В незначительных объемах выпускаются джемы, варенье, компоты, обеденные блюда и т.д.

Новые разработки в области технологии консервирования, заморозки и сушки плодоовощной сельскохозяйственной продукции, возрастающий спрос на отечественную продукцию и большой диапазон между потенциальным и фактическим рынком делает эту отрасль пищевой промышленности привлекательной для инвесторов.

Следует особо отметить, что производство консервов является весьма удобной сферой для малого бизнеса. Простая технология, дешевизна (не надо больших капиталовложений, производственных площадей), легкость при организации производства (минимальное количество технологического оборудования), технически несложное производственное оборудование (возможно, его изготовление в простейших условиях) позволяет активно участвовать в этом большому количеству представителей малого бизнеса.

Целью проводимых исследований явилась разработка нового способа изготовления фруктовых консервов с использованием северных ягод (черника, брусника, морошка), которые являются источниками ценных витаминов, минеральных веществ, микроэлементов, органических кислот, биологически активных веществ и других нутриентов (1).

Суть данного способа заключается как в переработке ягод непосредственно в местах выращивания, сбора и, при необходимости, замораживания, так и на перерабатывающих предприятиях, куда поставляется замороженное сырье и где оно хранится в холодильниках длительное время. Способ может использоваться для переработки ягод, замороженных с использованием естественного холода, искусственного холода и методов ускоренного глубокого замораживания, в частности жидким азотом, а также для переработки предварительно замороженных ягод при некоторой корректировке технологических

параметров способа в зависимости от размеров замороженного продукта и режима замораживания. В традиционной технологии изготовления джемов, конфитюров и повидла размораживание ягод проводят непосредственно перед варкой, так как при хранении дефростированных фруктов возобновляется деятельность ферментов, приводящая к потемнению сырья, ухудшению вкуса и аромата (1, 2).

В предлагаемом способе размораживание происходит одновременно с процессом варки повидла, которое проводится путем термической обработки (ТО) мороженых ягод в микроволновой СВЧ-печи.

В процессе проведения экспериментов изготовления повидла (желеобразный продукт, полученный увариванием плодовых или ягодных пюре с сахаром, с добавлением или без добавления пищевых кислот или пектина) замороженное пюре и сахар-песок в соотношении 1:1 помещали в рабочую камеру СВЧ-печи в закрытой посуде из радиопрозрачного материала. Высота слоя пюре и сахара составляла не более 10 см.

Термическую обработку пюре проводили до температуры от 85 до 100 °С циклично, в течение времени от 5 до 30 минут, причем СВЧ-печь работала на частоте микроволнового излучения от 500 до 750 Вт. Количество циклов ТО составляло от одного до трех, продолжительность каждого цикла от 5 до 15 мин, причем в промежутках между циклами проводили перемешивание пюре. Таким образом, размораживание пюре, его прогрев и варка проводили за одну операцию. В результате такой обработки значительно сокращалась общая продолжительность изготовления повидла, при этом отсутствовали потери сырья на промежуточных операциях. Повидло, полученный таким способом из ягодного пюре, имеет повышенный выход, расход энергии при его изготовлении минимизирован, а качество продукта очень высокое из-за кратковременности СВЧ-нагрева и, следовательно, отсутствия потерь и деструкции ценных микронутриентов этих северных фруктов.

После определения приемлемой продолжительности, температуры, и цикличности ТО с использованием СВЧ-нагрева, нами были изготовлены небольшие опытные партии продукта: «Повидло из морошки», «Повидло из брусники», «Повидло из черной смородины».

Полученные образцы повидла были представлены на рабочие дегустации, где были одобрены по комплексу органолептических показателей (внешнему виду, вкусу, аромату и консистенции).

В соответствии с результатами предварительных экспериментов в настоящее время проводится оптимизация технологических режимов приготовления повидла.

Новый способ изготовления повидла экономичен и прост в осуществлении, а также не требует повышенных финансовых вложений.

Также были изготовлены опытные партии «Джем из черной смородины», «Конфитюр из брусники».

#### **Выводы:**

1. Разработан новый способ изготовления повидла из северных ягод с использованием СВЧ-нагрева.
2. Установлены несомненные достоинства разработанного способа, в частности, кратковременность изготовления повидла, повышенный выход готового продукта, минимальный расход электроэнергии, минимизация потерь ценных нутриентов ягод.
3. Изготовлены новые виды консервов из северных ягод, получившие одобрение на рабочих дегустациях по комплексу органолептических показателей.

**Список литературы:**

1. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции / А.Ф. Загибалов, А.С. Зверькова, А.А. Титова, Б.Л. Флауменбаум. – М.: Агропромиздат, 1992. – 352 с.
2. Технология консервирования плодов, овощей, мяса и рыбы / под ред. Б.Л. Флауменбаума. – М.: Колос, 1993. – 320 с.

## **РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВИДОВ РЫБНЫХ КОНСЕРВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯГОДНЫХ ЗАЛИВОК-СОУСОВ**

**Телицына М.А., Кирилюк О.А., Гроховский В.А.** (*Мурманск, МГТУ, кафедра технологии пищевых производств, v.grokhovsky@mail.ru*)

Original kinds of pourings with principally new composition, based on such ingredients as frozen northern berries, wine and other components. New kinds of canned food made from Atlantic herring fillets with original pourings «Berry», «Berry with wine», «Berry jelly» and others were developed. They got a high marks at working degustations.

В настоящее время, одним из приоритетных направлений развития экономики рыбопромышленного комплекса является расширение ассортимента традиционных технологий из освоенных объектов промысла и создание безопасных продуктов при максимальном сохранении пищевой ценности. Удовлетворение потребностей в высококачественных продуктах питания – одна из основных социально-экономических проблем сегодняшнего дня.

Целью настоящей работы явилось разработка новых видов консервов из сельди атлантической с применением созданных оригинальных ягодных заливок-соусов.

Сельдь занимает одно из первых мест среди рыб по количеству полезных свойств и является источником витаминов А, Д и В<sub>12</sub>, богата полезными для здоровья жирными кислотами Омега-3, Омега-6, Омега-9. По содержанию белка занимает лидирующее место. Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости расширения ассортимента консервов из атлантической сельди, главным образом за счёт разработки и использования новых видов заливок-соусов.

В процессе экспериментов нами были разработаны оригинальные виды заливок-соусов «Ягодная», «Ягодная с вином», «Ягодное желе» на основе принципиально новой рецептуры и технологии.

Для изготовления консервов «Сельдь атлантическая в заливке-соусе «Ягодная»» использовали сельдь мороженую, которую размораживали, разделявали на филе, ополаскивали, нарезали ломтиками шириной не более 3 см и укладывали в банки № 3.

При отработке рецептуры заливки-соуса «Ягодная» использовали замороженное пюре из брусники. В предлагаемом способе размораживание происходит одновременно с процессом варки заливки-соуса, которое проводится путем термической обработки (ТО) мороженого пюре в микроволновой СВЧ-печи.

В процессе проведения экспериментов изготовления заливки-соуса замороженное пюре с небольшим количеством сахара и соли помещали в рабочую камеру СВЧ-печи в закрытой посуде из радиопрозрачного материала. Высота слоя составляла не более 10 см. Термическую обработку пюре проводили до температуры от 85 до 100 °С циклично, в течение времени от 4 до 12 минут, причем СВЧ-печь работала на частоте микроволнового излучения от 500 до 750 Вт. Количество циклов ТО составляло от одного до трех, продолжительность каждого цикла от 1 до 4 мин, причем в промежутках между циклами проводили перемешивание пюре. В последнем цикле ТО добавляли смесь специй.

Таким образом, размораживание пюре, его прогрев и варка проводилось за одну операцию. В результате такой обработки значительно сокращалась общая продолжительность изготовления заливки-соуса, при этом отсутствовали потери сырья на промежуточных операциях. Заливка-соус, полученная таким способом из ягодного пюре, имеет повышенный выход, расход энергии при её изготовлении минимизирован, а качество продукта очень вы-

сокое из-за кратковременности СВЧ-нагрева и, следовательно, отсутствия потерь и деструкции ценных микронутриентов северных ягод.

После определения приемлемой продолжительности, температуры, и цикличности ТО с использованием СВЧ-нагрева, нами были изготовлены небольшие опытные партии продукта.

Заливку-соус «Ягодная с вином» готовили по рецептуре «Заливка-соус «Ягодная»» с добавлением в последнем цикле ТО смеси специй с вином и находили оптимальное соотношение ингредиентов по органолептическим показателям (внешний вид, консистенция, вкус, аромат).

Далее проводили исследования по подбору оптимального соотношения рыба : заливка-соус.

В банки № 3 укладывали филе сельди атлантической и вводили заливку-соус «Ягодная» в соотношениях 5:1, 4:1, 3:1, 2:1, 3:2, сахар, соль, специи, герметизировали и направляли на стерилизацию в автоклаве периодического действия с формулой стерилизации 5-15-45-20/112 °С.

Предварительной термической обработки рыбы не проводили.

Готовые консервы представляли на рабочие дегустации, на которых оценивали органолептические показатели разработанных консервов и определяли наиболее оптимальное соотношение рыбы и заливки-соуса в готовом продукте, которое в конечном итоге оказалось следующим: рыбы 80 %, заливки 20 %.

Аналогичным образом в результате поисковых экспериментальных работ были разработаны новые виды консервов «Сельдь атлантическая в заливке-соусе «Ягодная», и «Сельдь атлантическая в заливке-соусе «Ягодная с вином», «Сельдь атлантическая в заливке-соусе «Ягодное желе», получившие положительную оценку на рабочих дегустациях.

В настоящее время разрабатываются уточнённая формула стерилизации и проекты технической документации на новые виды консервов с использованием филе сельди и оригинальных заливок-соусов.

#### **Выводы:**

1. Установлена целесообразность расширения ассортимента новых видов консервов с использованием сельди атлантической и оригинальных заливок-соусов.
2. В результате экспериментальных работ разработаны новые виды заливок-соусов с использованием северных ягод.

#### **Список литературы:**

1. Баранов, В.В., Бражная И.Э., Гроховский В.А. Технология рыбы и рыбных продуктов: Учебник для вузов / В.В. Баранов, И.Э. Бражная, В.А. Гроховский и др.: Под ред. А.М. Ершова. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 944 с.
2. Технология консервирования плодов, овощей, мяса и рыбы / под ред. Б.Л. Флауменбаума. – М.: Колос, 1993. – 320 с.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ КОНСЕРВОВ ИЗ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

**Толсторебров И.Н., Куранова Л.К., Петрова И.В., Николаенко О.А.** (МГТУ, кафедра технологии пищевых производств)

Целью данной работы было внедрение малоиспользуемых нерентабельных пресноводных рыб для производства рыбных консервов. Объектами для исследования были выбраны карась и пелядь мелкие (длина не более 15 см).

Караси (*Carassius*) — промысловые рыбы и объект прудового хозяйства из семейства карповых. Питаются караси растительностью, мелкими беспозвоночными, зоопланктоном, зообентосом и детритом. Обитают исключительно в болотистых и низменных озёрах и реках, в горных озёрах и вообще в горных местностях карась является довольно редким явлением. Химический состав карася приведен в таблице 1.

Пелядь, или сырок (лат. *Coregonus peled*) — озёрно-речная рыба, род сигов.. Обитает в бассейнах рек Северного Ледовитого океана от Мезени до Колымы. Питается ракообразными. Имеет промысловое значение, разводится также искусственно. В последнее время пелядью зарыбляют озера северо-запада нашей страны, в которых раньше не было рыбы, кроме мелкого непромыслового окуня. В данных условиях выращивается большое количество мелкой рыбы, переработка которой является актуальной.

Таблица 1 -Химический состав мяса

Вид рыбы	Массовая доля, %			
	белка	жира	воды	мин. веществ
Карась	17,7	1,8	78,9	1,6
Пелядь	19,1	5,5	74,0	1,4

На основе результатов анализа химического состава сырья были разработаны три вида изготовления консервов:

- «Пелядь натуральная с добавлением масла»;
- «Пелядь подкопченная в масле»;
- «Карась по- тюменски».

Консервы изготавливали на площадях учебно-экспериментального цеха МГТУ из мороженой рыбы (пеляди, карася, срок хранения рыбы до переработки на консервы - 4 мес.), доставленной самолётом из Тюмени.

Мороженая рыба размораживалась на воздухе, промывалась, разделывалась (голова с пучком внутренностей отсекались косым резом), ополаскивалась и передавалась на укладку в банки для изготовления консервов из рыбы без предварительной термообработки. При изготовлении консервов «Пелядь натуральная с добавлением масла» в банке 3 (масса нетто 240 г) масса рыбы в банке составляла 227 г, растительного масла - 10 г, соли-3 г, в рецептуре использовали также специи: лавровый лист, перец душистый, гвоздику. При изготовлении консервов «Карась по-тюменски» в банке 3 (масса нетто 250 г, масса рыбы 210 г) использовали специально разработанную заливку, которая позволяла придавать консервам хорошие органолептические показатели и маскировать илистый запах.

При изготовлении консервов «Пелядь копченная в масле» в банке 3 (масса нетто 230 г) размороженная промытая рыба после стечки подвергалась холодному копчению при температуре 32 °С (длительность копчения 1,5 часа), разделывалась (голова с пучком внутренностей отсекались косым резом), укладывалась в банку (масса рыбы в банке -180 г) и заливалась растительным маслом (масса масла 47 г), количество соли в банке – 3 г.

Общая бактериальная обсеменённость продукта в банках до стерилизации для консервов «Пелядь копченая в масле», «Пелядь натуральная с добавлением масла», «Карась натуральный по-тюменски» составила соответственно  $4,0 \times 10^2$ ;  $8,0 \times 10^2$ ;  $2,0 \times 10^2$  кл./г, споры облигатных мезофильных анаэробных микроорганизмов в 0,5 г продукта отсутствовали в во всех исследованных банках.

Банки закатывались и стерилизовались в автоклаве Н2-ИТА 602. В процессе стерилизации ежеминутно фиксировали: температуру греющей среды в автоклаве (с помощью системы автоматического управления процессом стерилизации «САУСТ-Е» и, дополнительно, с помощью термодатчика прибора «Ellab»).

При подборе режима стерилизации варьировали длительность стадии стерилизации (от 45 до 55 мин.) при неизменной температуре -  $120^{\circ}\text{C}$ . В качестве определяющего показателя при оптимизации использовали значение величины фактической летальности (F), которое должно быть выше  $F_n=5,9$  усл. мин для консервов натурального ряда и 6,3 усл. мин для консервов в масле. После стерилизации консервы выдерживали в течение 15 суток и затем проводили органолептическую оценку их качества

В результате комплекса работ по подбору режима стерилизации консервов из пеляди и карася натурального ряда установлено, что для выработки продукта длительность непосредственно стерилизации должна составлять 55 минут, причём определяющим показателем служила степень разваренности кости, тогда как фактический эффект стерилизации при этом превышал нормативный почти в два раза. При изготовлении консервов «Пелядь подкопченая в масле» длительность стадии стерилизации должна составлять 45 мин, определяющим фактором в данном случае служил фактический стерилизующий эффект, который обеспечивал требуемый запас летальности. На основании полученных данных выбраны следующие режимы стерилизации для консервов (табл.2)

Таблица 2 – Режим стерилизации натуральных консервов

Наименование консервов	Обозначение банки	Продолжительность, мин	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Давление при охлаждении, МПа	F, усл. мин при $Z=10^{\circ}\text{C}$
Пелядь подкопченая в масле	3	5-15-45-20	120	0,2	8.1
Пелядь натуральная с добавлением масла	3	5-15-55-20	120	0,2	10.1
Карась по-тюменски	3	5-15-55-20	120	0,2	11,3

Готовые консервы каждого ассортимента проходили термостатную выдержку в течение 15 дней при температуре  $37^{\circ}\text{C}$  (бомбажные банки отсутствовали). В них определялись органолептические и химические показатели качества (табл.3). Массовая доля соли в консервах составляла от 1.3 до 2 %. Количество отстоя к консервах «Пелядь копченая в масле» не превышало 9%.

Научно-обоснованные режимы стерилизации консервов «Пелядь подкопченая в масле» в банке 3, «Пелядь натуральная с добавлением масла» в банке 3, «Карась по-тюменски» в банке 3 согласованы и утверждены в ОАО Гипрорыбфлот.

На основании проведенных работ авторами были разработаны проекты технологических инструкций к ТУ 9271-001-11796723-09 «Консервы рыбные. Рыба

подкопчённая в масле. Технические условия» (и проект ТУ 9271-002-11796723-09 «Консервы рыбные. Рыба по-тюменски. Технические условия» (разработчики: МГТУ и ООО «СП «Тюменская рыба»)).

**Список литературы:**

1. Ершов А.М., Николаенко О.А. Разработка технологии консервов из рыбы холодного копчения. Материалы научно-практического семинара «Стратегия развития рыбоперерабатывающего комплекса.»- Муманск : МГТУ, 2002

2. Николаенко О.А.Куранова Л.К., Петрова И.Б. К вопросу разработки новых видов натуральных консервов из рыб Северного бассейна. Наука и образование – 2009 [Электронный ресурс] : материалы межд. науч. Конф., Мурманск, 1-9 апреля 2009. / МГТУ. – Электрон. текст дан. (181 Мб). – Мурманск : МГТУ, 2009. – С1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Гос. рег. НТЦ «Информрегистр» № 0320900170

3. Инструкции по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов"

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ РЫБЫ-СЫРЦА НА СОДЕРЖАНИЕ ГИСТАМИНА В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ

**Чащина С.Л., Серпунина Л.Т.** (г. Калининград, ФГОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет", кафедра "Технология продуктов питания", [sweetpolly@mail.ru](mailto:sweetpolly@mail.ru))

The data about level of histamine in the muscular tissue of the Baltic herring in the course of refrigerating storage is cited. The absence of formation of histamine in the conditions of a constant temperature mode of storage of fish-raw is shown.

В последние десятилетия более 80 % улова рыб в Балтике составляют такие пелагические виды, как балтийская сельдь (салака) и шпрот. На переработку поступают также рыбы атлантического океана сельдь и скумбрия. Биохимическая особенность аминокислотного состава белков вышеуказанных рыб заключается в том, что в посмертный период в их мышечных тканях может накапливаться гистамин выше допустимых уровней, например, при неблагоприятных условиях транспортирования рыбного сырья на перерабатывающие предприятия, в процессе его последующей технологической обработки.

Гистамин ( $\beta$ -имидазолил-4(5)-этиламин или 2-аминоэтилимидазол) является широко распространенным биогенным амином, накопление которого в некоторых продуктах питания при определенных условиях, может служить причиной пищевых отравлений вплоть до летального исхода. Доза переносимости гистамина для взрослого человека составляет 5 –6 мг/кг массы тела.

Гистамин образуется в рыбных продуктах вначале в результате декарбоксилирования аминокислоты гистидина в процессе автолиза, а затем при участии ферментов микрофлоры (рис.1) [1].

Анализ литературных источников позволил составить обобщенную схему факторов, ответственных за накопление гистамина в рыбном сырье (рис.2) [4, 5, 6, 7]. В настоящее время стратегия безопасности пищевых продуктов определяет предупреждение загрязнения и заражения – как химического, так и биологического, на всех стадиях и ступенях пищевой цепи. Настоятельной задачей является переход от контроля готовой продукции к предварительному контролю на стадии ее производства, (то есть, по всей технологической цепочке) [3]. Такой подход позволяет существенно снизить затраты на проведение исследований и прогнозировать качество и безопасность продовольственного сырья и пищевой продукции. Состояние поступающего на производство рыбного сырья во многом определяет качество конечного продукта. В связи с этим исследование накопления гистамина в рыбном сырье является важной и актуальной проблемой.

Известны публикации исследований по данной проблеме, выполненные И.В. Кизеветером и Е.А. Наседкиной в отношении тихоокеанской скумбрии [5]. Из литературных источников известно, что на накопление гистамина в мышечной ткани рыбы-сырца существенно влияют температура и продолжительность ее хранения, которые предопределяют темпы развития ее посмертных изменений.

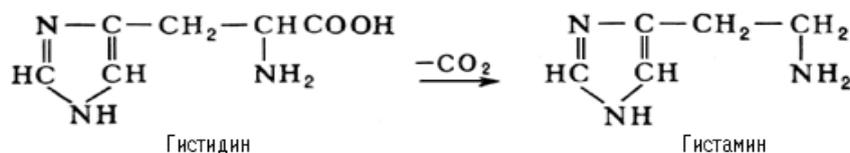


Рис.1. Схема образования гистамина из гистидина

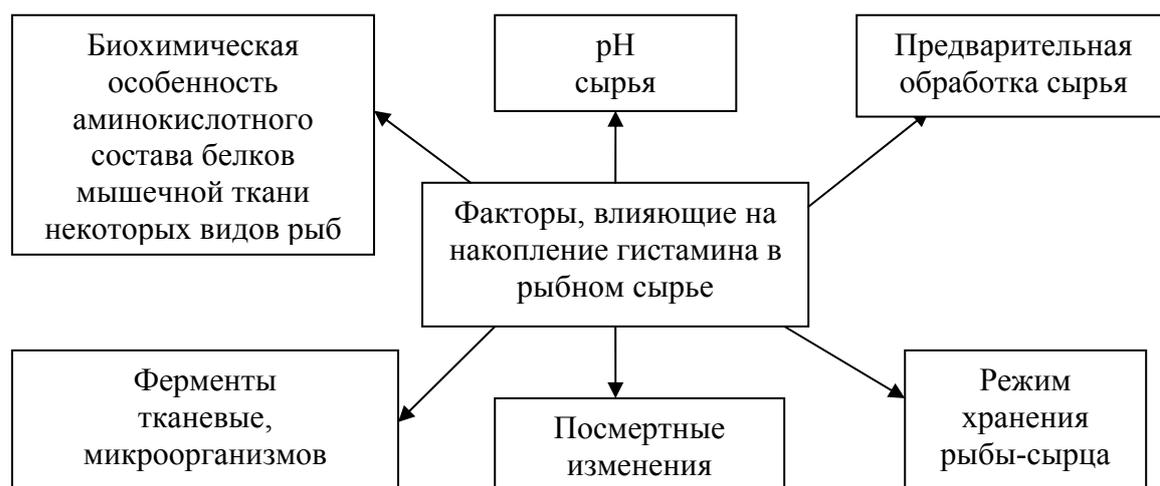


Рис. 2 – Факторы, влияющие на процесс накопления гистамина в сырье

Данные о накоплении гистамина в пищевых продуктах из сельдевых рыб Атлантического океана отсутствуют. Поэтому актуальными являются исследования по уточнению характера влияния технологических процессов обработки сельди на накопление гистамина в мышечной ткани. Такая информация обеспечит производство безопасной продукцией из рыб вышеуказанного семейства.

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния режимов хранения рыбы-сырца на накопление гистамина в мышечной ткани. Объектами исследования явились балтийская сельдь и скумбрия разного срока холодильного хранения при температуре минус 18-20 °С. Дополнительно проанализированы образцы балтийской сельди и атлантической скумбрии, которые хранили семь суток при температуре плюс 20-22 °С.

Определение гистамина в сырье проводили фотометрическим методом согласно указаниям ВНИРО [2].

Данные об уровне гистамина в мышечной ткани исследованных видов рыб при разных температурах хранения представлены в табл. [5, 6].

Количественный анализ гистамина в балтийской сельди, и тихоокеанской скумбрии, показал увеличение его содержания на один порядок. Таким образом, в наших модельных опытах выявлена прямая зависимость между интенсивностью образования гистамина и температурными условиями хранения сырца.

В то же время не прослежено значительного увеличения гистамина в мышечной ткани атлантической скумбрии (в 10 раз) в сравнении с литературными сведениями по тихоокеанской скумбрии (в 100 раз) при хранении сырья при температуре плюс 20-22 °С.

Оценка динамики гистамина в рыбном сырье в процессе холодильного хранения проводилась в течение одиннадцати месяцев при температуре минус 18-20 °С. Установлено, что исходное количество гистамина в мышечной ткани неразделанной мороженой рыбы во время хранения постепенно увеличивается даже при условии соблюдения постоянства температурного режима (исходное количество гистамина 2,2 мг/кг, конечное - 26,5 мг/кг).

В процессе эксперимента было смоделировано кратковременное нарушение низкотемпературного режима: полное размораживание на 7 месяце хранения и повторное замораживание. В результате установлено резкое значительное увеличение уровня гистамина, составившее 87,5 мг/кг к одиннадцатому месяцу хранения.

Результаты исследования по влиянию сроков хранения мороженой балтийской сельди на уровень накопления гистамина представлены на рис.3.

Таблица – Влияние режима хранения рыбы-сырца на накопления гистамина в мышечной ткани мг/кг

Срок хранения рыбы, дни	Температура хранения, °С			
	20-22	3-7	0	-2
Атлантическая скумбрия				
1	22,0±0,6	-	18,7±0,6	-
4	48,0±0,9	-	23,0±0,7	-
7	330±1,9	-	67,5±0,9	-
Балтийская сельдь				
1	3,5±0,3	-	2,0±0,3	-
4	19,5±0,5	-	9,8±0,4	-
7	225,0±1,8	-	22,5±0,6	-
Тихоокеанская скумбрия [5]				
1	35,0	30,0	28,0	24,0
2	45,0	50,0	-	-
3	40,0	-	-	-
4	70,0	-	20,0	42,0
5	1480,0	650,0	-	-
6	3631,0	200,0	95,0	70,0

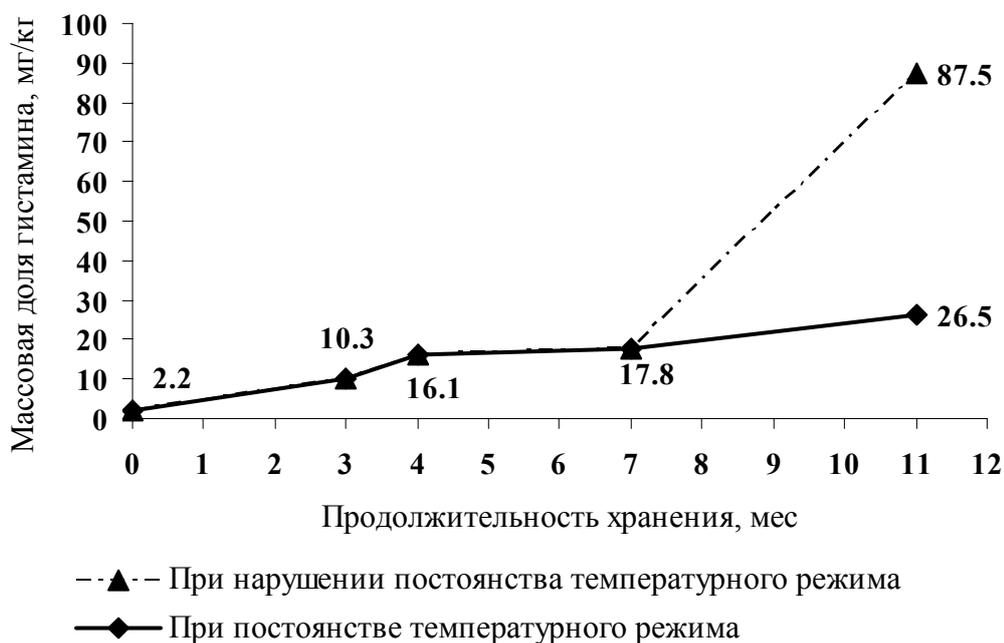


Рис. 3 – Динамика накопления гистамина при различных температурных условиях в процессе хранения мороженой балтийской сельди

Установлено, что холодильное хранение мороженой балтийской сельди при температуре минус 18-20 °С существенно не влияет на интенсивность образования гистамина, при условии соблюдения низкотемпературного режима. Таким образом, экспериментально подтверждена зависимость уровня гистамина в мороженой сельди от соблюдения температурного режима ее хранения.

Научная новизна данной работы состоит в установлении зависимости уровня накопления гистамина в атлантических рыбах семейств сельдевых, скумбриевых от сроков хранения рыбы-сырца и мороженого рыбного сырья.

Полученные данные могут быть использованы для разработки системы управления качеством и безопасностью производства рыбных консервов, основанной на принципе HASSP, для уточнения критических точек в части накопления гистамина.

Список используемой литературы:

1. Быков В.П. Изменения мяса рыбы при холодильной обработке: Автолитические и бактериальные процессы. – М.: Агропромиздат, 1987. – 221 с.
2. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01. – Введ. 1.07. 2002.
3. Гулич М.П. Безопасность пищевых продуктов. Современные аспекты [Электронный ресурс] // М.П. Гулич. – Режим доступа: <http://www.ecologylife.ru/pisch-prom-2004>
4. Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. – М., 1973. – 415 с.
5. Кизеветтер И.В. К вопросу о накоплении гистамина в тканях тела тихоокеанской скумбрии // Известия ТИНРО. – Владивосток, 1972, Т. 83. – С. 27-34
6. Кизеветтер И.В., Макарова Т.И. Технология обработки водного сырья. – М., 1976. – 696
7. Подсосонная М.А. Проблема гистамина в рыбной продукции / Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2004, №1. – С. 30-32.



---

# ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ



## ОСОБЕННОСТИ И ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ЭЭС МОНГОЛИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТНОГО РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Баясгалан Загдхорол (*г. Москва, МЭИ(ТУ), кафедра ЭЭС, [zagdaal@yahoo.com](mailto:zagdaal@yahoo.com)*)

The electricity market in Mongolia is developing slowly and requires a new design (model) the functioning of the market, intensifying competition among market participants. Implementation of the new design in the electricity market provides an opportunity not only to increase competition, but also may fundamentally change the approach to the investment market and help reduce state regulations, later to become a fully liberalized market. In order to successfully implement the process of creating a competitive market should find out in detail the characteristics and limitations EES Mongolia.

В настоящее время энергетический сектор Монголии сталкивается с многочисленными финансовыми и техническими трудностями, и мировой кризис существенно влиял именно в этот сектор. В результате подробно показывал недостатки и несовершенство этого сектора, особенно в электроэнергетике.

Итаеу палеаеа подбедодиуа есияаеу а уеаедийадааде-анеие идаане[1,2]. Рынок электроэнергии Монголии развивается медленно и требуется новый дизайн (модель) функционирования рынка, усиливающий конкуренции между участниками рынка. Дациуа еинаиее иаа-аро са идёсаинаоаи, иадаа-о е аауоаеуиноу иадаоида непаиу. Оаеау подбедода иаа-аао дааиааеуи дуйеа идаане, ааа анду асйаеиноу дааипааинаи е еиеодаоииаи о-андеу.

С 2007 года в Монголии впервые создан спотовый рынок ЭЭ. Формула распределения денежного потока основана на прогнозах производства и потребления и потому появилась необходимость проведения спот рынка для исключения разницы, несовпадающей с запланированным количеством. Расчёты между производственными компаниями разрешаются путём согласования дивидендов.

Порядок спот рынка прост, но не смог полностью заключить все возникающие вопросы. Согласно порядку цена электроэнергии, реализованного на рынке, является совокупной ценой энергии и мощности производителя. Но оценивать работу мощности и энергии совокупной ценой не является подходящей тенденцией. Также разницу производителя или разницу возникшую в результате поставки продают на спот рынке, а разница возникшая в поставке не учитывается. Поэтому необходимо улучшить современный спот рынок или постепенно создать конкурентный рынок электроэнергии.

Конкуренцию внедряют в рынок методом равноправного доступа производителей, предоставлением потребителям возможности выбора поставщика. В Монголии возможность потребителя осуществлять выбор поставщика – новый вопрос, поэтому прямое внедрение несёт довольно большой риск. Также необходимо рассмотреть несколько факторов, ограничивающих внедрение конкуренции в более широких масштабах в электроэнергетике.

Цель создания оптового рынка:

- Улучшить цену и стоимость оказываемых услуг (или качество оказываемых услуг, сравнение с тарифом надёжного обеспечения, варианты выбора услуг)
- Снизить напряжение долгового обязательства и давление инвестирования на госбюджет
- Улучшить спрос электроэнергетической отрасли, эффективность предложения, экономию.

Цель создания конкурентного рынка состоит в снижении риска, на который потребитель не в состоянии повлиять или контролировать, увеличении цены и стоимости услуг, оказываемых потребителям.

Вышеуказанные цели обеспечивают в следующем направлении:

- Создать и развить электроэнергетическую отрасль, полностью обеспечивающую спрос потребителей.
- При искусственном создании конкуренции обеспечить равноправное участие и гласность.
- Создать условия для надёжного и безопасного обеспечения электроэнергии.
- Внедрить современные технологии
- Обеспечить гласные и устойчивые условия для привлечения инвестирования инфраструктуры
- Поддерживать источник восстанавливаемой энергии
- Оказать поддержку защите окружающей среды

Рынок электроэнергии Монголии развивается медленно и требуется новый дизайн (модель) функционирования рынка, усиливающий конкуренции между участниками рынка.

Реализации нового дизайна в рынке электроэнергии дает возможность не только усилит конкуренции, но и принципиально может изменить подход к инвестированию рынка и поможет уменьшить государственное регулирования, в последствии рынок становится полностью либерализованным.

Для того, чтобы успешно осуществить процесс создания конкурентного рынка, мы должны решить следующие проблемы или принять решение об **ограничивающих факторах**:

- Потребительский тариф до сих пор регулируется государством.
- Так как на данный момент участие частного сектора в отрасли электроэнергии Монголии ограничено, требуется определённое время до обретения веры в то, что частное инвестирование в электроэнергетику будет проводится устойчиво.
- Рынок электроэнергии Монголии мал, установленная мощность ЦЭЭС 782 МВт (потенциальная мощность 627 МВт). Поэтому будет сложно внедрить конкуренцию, защитить потребителей от производителей с преимущественным правом. Так как ЦЭЭС имеет возможность получить мощность 240 МВт от ЭЭС РФ, поэтому существует возможность внедрения конкуренции, ограниченной внешним рынком. В отчёте Synex-a показано, что рынок электроэнергии Монголии по размерам подобен рынку таких стран как Боливия, Панама, Никарагуа, Сальвадор и эти страны смогли успешно внедрить конкуренцию среди своих производителей общей мощностью 700-100 МВт (Страница 3 отчёта Synex-a). Но с целью предотвращения того, чтобы некоторые производители не использовали своё рыночное преимущество сверх разумной меры, требуется постоянный контрол и регулирования рыночную деятельность.
- В НДЦ существует несколько технически ограничивающих факторов. Хотя была установлена новая система SCADA, но не смогли купить систему менеджмента электроэнергии или Energy Management System (EMS) и симулятор операторского обучения системы, так как не госбюджет не имел необходимых денег. В случае когда нет симулятора обучения нет никакой возможности провести обучение о мерах необходимых принять, если в реальности возникнет какая-либо ситуация возникновения внезапной аварии, остановки передаточной и производственной системы. При увеличении риска системы симулятор обучения улучшает



ἰαίο ÷ἄἵῃ ἰᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἑἵἵἵἵᾷᾷ ἩΔΥ ἰᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἰᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἰᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἑἵἵἵἵᾷᾷ, ἂ ἂᾷᾷἵᾷᾷᾷ ἵᾷἵᾷᾷᾷᾷᾷ ἑᾷ ἵᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ, ἂ ᾷᾷᾷᾷᾷ ἂᾷᾷ ἵᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ.

- ἰᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ᾷᾷᾷᾷ: Ἡἵἵἵἵᾷᾷ ἂἵἵἵἵᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἵᾷᾷᾷ ἰᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἑ ἑἵἵἵἵᾷᾷ ᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἵ ἂἵᾷᾷᾷ ἑᾷᾷᾷ, ἰᾷᾷᾷᾷᾷ ἡᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ἵᾷᾷᾷ ἵᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ ᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷᾷ.

**Список литаратуры**

1. Баясгалан Загдхорол. Современное состояние ЭЭС Монголии // Международная научно-техническая конференция «Наука и образование-2007» Мурманск. Гос. рег. НТЦ "Информрегистр" № 0320700491 С. 950-954
2. Баясгалан Загдхорол. Реструктуризация ЭЭС Монголии // Международная конференция «Современная электроэнергетика 2007» в рамках программы VII Международного форума «ГЭК России -2007» Санкт-Петербург. 2007. С.17-19.
3. Баясгалан Загдхорол. Дополнительные системные услуги // Международная научно-техническая конференция «Наука и образование-2008» Мурманск. Гос. рег. НТЦ "Информрегистр" № 0320800238, 2008. С. 662-665
4. Баясгалан Загдхорол. Крупные электроэнергетические рынки мира и их функционирования // Московская научной теоретико-практическая конференция монгольских студентов, магистрантов, аспирантов и докторантов, обучающихся в ВУЗах Российской Федерации. –М. 2007

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОРШНЕВОЙ ЧАСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПО ДАВЛЕНИЮ В КАРТЕРЕ

Бабошин А.А., Малышев В.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра энергетики и транспорта)

При проведении диагностирования двигателей техническое состояние цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) оценивается обычно с помощью измерения компрессии и плотности ЦПГ. Оба названных метода имеют ряд недостатков, не позволяющих объективно оценить состояние двигателя, тем более что в большом числе случаев результаты измерений дают противоположные значения. Отсюда возникает необходимость в получении дополнительной информации. Такую возможность может дать измерение давления в картере двигателя.

Прорыв газов в картер требует контроля сам по себе, потому что его увеличение приводит к ускоренному окислению масла и потере его свойств, «сдуванию» масляной пленки и интенсификации износа пар трения в ЦПГ, но он одновременно является и диагностическим параметром, отражающим изменение состояния пары трения «поршень – гильза».

Нами предложено устройство для диагностирования ЦПГ по параметру давления газов в картере. Его основным элементом является датчик, устанавливаемый вместо щупа для измерения уровня масла. Характер пульсаций давления газов в картере, в зависимости от угла поворота коленчатого вала, имеет синусоидальную форму. Амплитуда давления с увеличением неплотностей в цилиндре возрастает.

Осциллограммы пульсаций, возникающих от давления газов, прорывающихся в картер четырехцилиндрового двигателя при нормальном техническом состоянии ЦПГ и при неплотностях, имеющихся, например, в третьем цилиндре, приведены на рисунке 1.

При анализе полученных диаграмм необходимо учитывать особенности кинематики КШМ, а именно различие в скоростях поршней, движущихся от ВМТ к НМТ, которые создают в картере пульсации давления, т.н. газодинамический фон, не зависящий от прорыва газов в картер. Поэтому осциллограммы давления дают суммарную характеристику – газодинамический фон, на который накладываются импульсы, возникающие от прорыва газов.

Это подтверждается и на практике; на рисунке 2 показаны осциллограммы пульсаций давления газов в картере при выключенных втором и четвертом цилиндрах соответственно. У данных цилиндров наблюдается только газодинамический фон.

Для оценки возможности диагностирования двигателей по давлению в картере была разработана методика, которая включает в себя следующие виды проверки.

1. Проверяется состояние системы зажигания, анализируются осциллограммы напряжения во вторичной цепи.

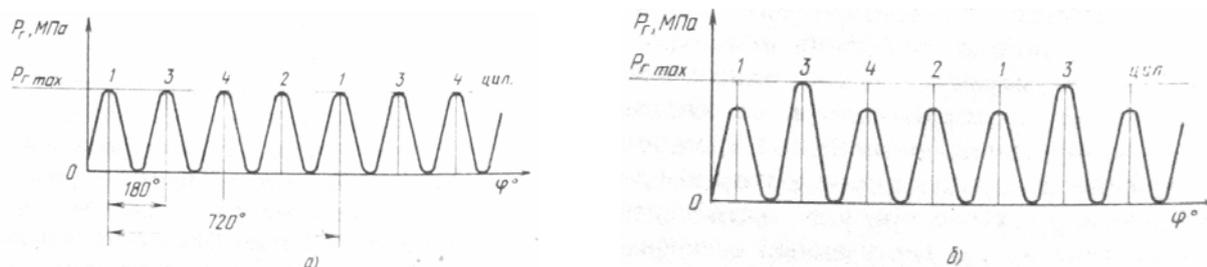


Рисунок 1 – Осциллограммы пульсаций давления газов, прорывающихся в картер двигателя: а) – при исправном техническом состоянии ЦПГ; б) – при нарушении герметичности в 3 цилиндре

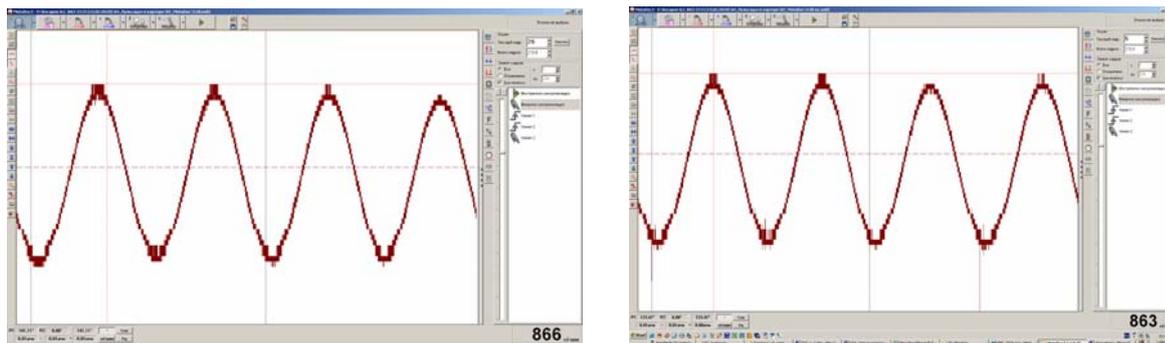


Рисунок 2 – Осциллограммы пульсаций давления газов в картере при выключенном 2 цилиндре (слева); при выключенном 4 цилиндре (справа) (порядок работы цилиндров 1-3-4-2)

2. Производится оценка состояния двигателя по току, потребляемому стартером при прокрутке двигателя (оценка относительной компрессии).

3. Регистрируется падение напряжения на клеммах аккумуляторной батареи при прокрутке двигателя стартером.

4. Производится проверка эмиссии отработавших газов.

5. Производится измерение компрессии с использованием компрессометра и проверка герметичности камеры сгорания с использованием пневмотестера.

6. Производится измерение давления в цилиндре при работе двигателя на холостом ходу и на повышенной частоте вращения с использованием датчика давления (1,6 МПа), который устанавливается вместо свечи зажигания проверяемого цилиндра.

7. Производится измерение пульсаций давления в картере. Датчик давления подключается вместо щупа для измерения уровня масла. Режимы проверки при измерении давления в картере включают в себя измерения на холостом ходу, на холостом ходу с дополнительной нагрузкой (обогрев заднего стекла, дальний свет фар и др.), измерение на повышенной частоте вращения (1300 об/мин, 1800 об/мин, 2200 об/мин, 2700 об/мин). Затем производится поочередное отключение каждого из цилиндров и измерение давления в картере на режимах холостого хода и повышенной частоте вращения (2500 об/мин).

Целью данной методики является всесторонняя оценка герметичности камеры сгорания, оценка состояния ЦПГ, плотности прилегания клапанов, правильности процесса сгорания смеси. Все данные анализируются в совокупности, и сопоставляются с давлением в картере.

Для измерения давления в картере двигателя используется датчик давления наддува воздуха 47.3829, серийно выпускаемого ОАО «Автоэлектроника». Этот датчик используется в составе системы управления двигателями на автомобилях ГАЗ-3110 с дизельными двигателями STEYR (двигатель ГАЗ-560). Для питания датчика давления необходимо стабилизированное напряжение +5 В; потребляемый ток  $6 \div 10$  мА; диапазон измерения величины абсолютного давления составляет от 0,25 до 2,4 бар; выходное напряжение от 0,5 до 4,5 В.

Датчик давления наддува воздуха имеет встроенный усилитель выходного сигнала и обладает достаточно высоким быстродействием. Результаты испытаний датчика, на различных автомобилях, позволяют использовать его для практического применения в диагностической практике [2].

Анализ осциллограммы давления в картере заключается в следующем. Первоначально осциллограмма давления подвергается осреднению. По осредненной

осциллограмме определяются максимумы давления от прорыва газов каждого из цилиндров (см. рисунок 3).

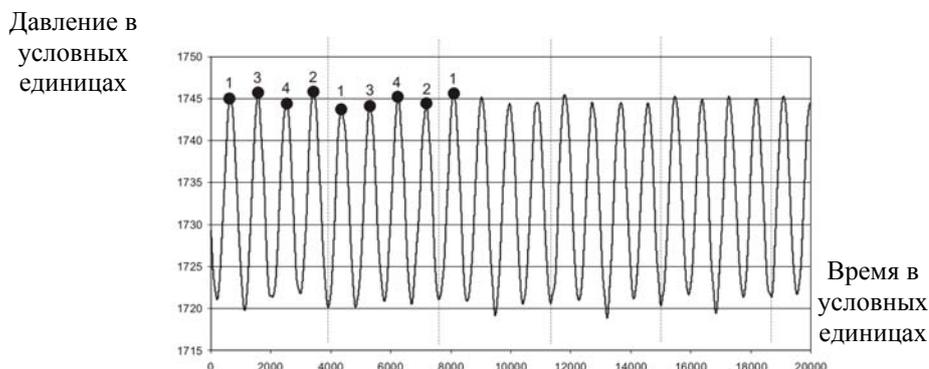


Рисунок 3 – Осредненная осциллограмма давления в картере (порядок работы цилиндров 1-3-4-2)

Полученные значения разбиваются на циклы в соответствии с количеством цилиндров и порядком их работы; производится осреднение полученных данных, как среднее арифметическое всех значений.

Аналогично обрабатываются осциллограммы давления в картере при отключенных по очереди цилиндрах. Вся обработка осциллограмм давления в картере производится с использованием разработанного программного обеспечения.

Таким образом, имеются максимумы давления в картере при всех работающих цилиндрах и при отключении каждого из цилиндров по очереди. Среднее арифметическое всех значений максимумов осредненной кривой давления в картере при работающих цилиндрах и при выключении одного из цилиндров показано на рисунке 4 (на примере автомобиля ВАЗ-2112 с двигателем ВАЗ-2112).

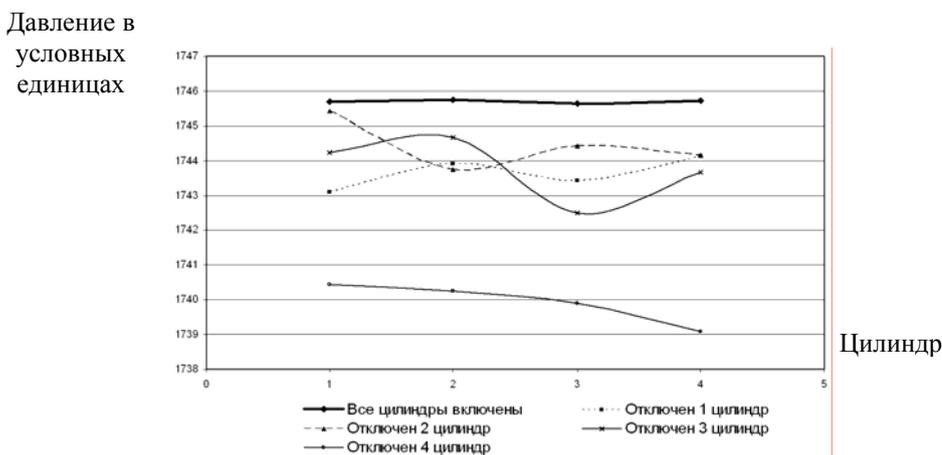


Рисунок 4 – Изменение среднего давления в картере при всех работающих цилиндрах и при последовательном отключении цилиндров

Как видно из графика (рисунок 4) при отключении четвертого цилиндра среднее давление в картере уменьшается намного больше, чем при отключении остальных цилиндров; это говорит о неисправности в четвертом цилиндре. Проверка в соответствии с вышеуказанной методикой показала, что в данном цилиндре значение компрессии

составляет около 8,3 бар (у остальных – 12,6÷13,2 бар), показания пневмотестера составили 60%.

Таким образом, при отключении одного из цилиндров среднее давление в картере понизится тем больше, чем больше прорыв газов от данного цилиндра. При одинаковом состоянии герметичности камер сгорания всех цилиндров падение давления будет одинаковым. Повышенное давление в картере, при нормальном состоянии ЦПГ (определенное с использованием компрессометра, пневмотестера и других методов) свидетельствует о неисправности системы вентиляции картера (загрязненной системе). Если показания компрессометра (и пневмотестера) занижены, а амплитуда пульсаций давления в картере находится в норме, то это свидетельствует, скорее всего, о проблемах с деталями газораспределительного механизма.

В процессе работы было проверено около 15÷20 автомобилей различных марок и с различным пробегом. Первоначальные результаты оценки метода диагностирования двигателей по давлению в картере говорят о возможности его применения в практике.

Плюсами данного метода являются:

- универсальность (метод позволяет проводить проверку как для двигателей с искровым зажиганием, так и для дизельных двигателей);
- объективность получаемых данных;
- простота реализации (не требуется проводить никаких разборочных работ);
- экономия времени при определении состояния деталей ЦПГ;
- полученная с использованием данного метода информация может быть использована для подтверждения или опровержения поставленного диагноза с использованием других методов диагностирования.

Дальнейшая работа должна проводиться в следующих направлениях:

- необходим сбор статистических данных давления в картере для различных автомобилей с различным пробегом и состоянием ЦПГ;
- подбор более чувствительной аппаратуры для измерения давления в картере;
- необходима регистрация осциллограмм давления в картере на различных скоростных и нагрузочных режимах;
- необходимо проводить измерение количества газов, прорвавшихся в картер; для большинства современных автомобильных двигателей расход газов, равный 20÷30 л/мин на один цилиндр (при проверке на холостом ходу), свидетельствует о предельном износе поршневых колец, поршней и цилиндров или о поломке (закоксовывании) поршневых колец, задирах на гильзах цилиндров; у новых двигателей расход газов равен 6÷10 л/мин на один цилиндр;
- необходима регистрация и анализ давления во впускной и выпускной системе.

### Список литературы:

1. Мирошников Л.В. и др. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. – М.: Транспорт, 1977, – 263 с., ил.
2. Датчик давления наддува воздуха [Электрон. ресурс]. – <http://www.acelab.ru/dep.auto/article.070712.001.php/>
3. Технические средства диагностирования: Справочник [Текст]/ В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др.; Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с., ил.
4. Диагностика автомобилей: диагностика при помощи датчика разрежения [Электрон. ресурс]. – [http://www.autodiagnos.com.ua/Diagnos/diagnos\\_vacuum\\_usb.htm](http://www.autodiagnos.com.ua/Diagnos/diagnos_vacuum_usb.htm).

## ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АВТОБУСОВ

**Ветлужских С.Ю.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра энергетики и транспорта)

В соответствии со стандартами ISO:9000 под качеством понимается совокупность характеристик объекта, которые позволяют удовлетворить установленные и предполагаемые потребности.

Проведенный авторами работы [4] анализ определяет понятие качество как оценочное потребителем в конкретный момент времени в каком-либо сегменте рынка превосходство товара по технико-экономическим показателям аналогов за жизненный цикл, достигаемое за счет наиболее полного удовлетворения потребностей человеческого общества, нанося при этом обществу и природе минимально возможный ущерб.

Данное определение полностью характеризует оценочные показатели качества авто-транспортного средства, как промышленную продукцию, которые подразделяются:

- показатели назначения;
- показатели надежности;
- показатели технологичности;
- показатели унификации;
- патентно-правовые показатели;
- эргономические показатели;
- показатели транспортабельности;
- экологические показатели;
- показатели экономного использования трудовых и материальных ресурсов.

Так как подвижной состав является не только промышленной продукцией, но и средством предоставления услуг по перевозке пассажиров, то при выборе оценочных показателей необходимо учитывать требования соответствующей нормативно-технической документации:

- ГОСТ Р 51004-96 устанавливает следующие показатели:
  - 1) безопасности;
  - 2) своевременности;
  - 3) скорости;
  - 4) комфортность;
  - 5) информативность;
  - 6) сохранность багажа.
- ГОСТ Р 51825-2001 дополнительно к перечисленным устанавливает показатели:
  - a) комплектности;
  - b) достоверности;
  - c) доступности.

В тоже время обобщенным показателем качества автобусов согласно авторам работ [6, 15] является его годовая производительность, определяемая по формуле:

$$W = 365 \cdot \alpha_n \cdot \beta \cdot \gamma \cdot q \cdot v \cdot t_n, \quad [\text{пасс.-км}] \quad (1)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент использования (выпуска) транспортного средства;  
 $\beta$  – коэффициент использования пробега транспортного средства;  
 $\gamma$  – коэффициент использования пассажироместности транспортного средства;  
 $q$  – номинальная вместимость транспортного средства;  
 $v$  – эксплуатационная скорость транспортного средства, км/ч;  
 $t_n$  – среднее время в наряде, ч.

Так как с 2005 года в России начала формироваться новая модель конкуренции, в которой операторы услуг борются за право обслуживать маршруты, а органы власти выдают контракты на обслуживание и осуществляют контроль деятельности перевозчиков, то применение для оценки качества автобуса показателя годовой производительности не является достоверным. Данное обстоятельство характеризуется учетом пассажироместности транспортного средства, что требует дополнительных исследований о подвижности населения, в этом, как правило, отсутствует необходимость, так как на основании выданного контракта оператор обслуживает существующий маршрут с известным пассажиропотоком. Тем не менее, пример применения планирования работы подвижного состава на основе годовой производительности представлен в работах [7, 13].

Учитывая сложившуюся обстановку на рынке транспортных услуг, требуется выбрать такой показатель, который объективно характеризовал бы качество автобуса, при этом позволял бы планировать его работу на маршруте. В свою очередь наиболее информативным показателем в данном случае является количество предоставляемых пассажирских мест (Present Itself Seating Accommodation for Passengers - PISAP), который характеризует количество транспортной работы при полном использовании номинальной вместимости транспортного средства и определяется по формуле:

$$\text{PISAP} = W / \gamma, \quad [\text{м.-км}] \quad (2)$$

Подставляя данный показатель в формулу 1, получим:

$$\text{PISAP} = 365 \cdot \alpha_n \cdot \beta \cdot q \cdot v \cdot t_n, \quad [\text{м.-км}] \quad (3)$$

В свою очередь произведение эксплуатационной скорости и среднего времени в наряде характеризуют среднесуточный пробег  $l_{cc}$  транспортного средства.

Коэффициент использования пробега  $\beta$  определяется отношением производительного пробега с пассажирами  $L_M$  к общему пробегу за тот же период времени [5]. В данном случае в качестве общего пробега принимаем среднесуточный пробег.

$$\beta = L_M / l_{cc} \quad (4)$$

Производительный пробег совершается  $L_M$  совершается при работе транспортного средства по маршруту и определяется количеством выполненных перевозочных циклов (рейсов) и протяженностью маршрута [5], следовательно, его можно определить по формуле:

$$L_M = n_p \cdot l_m, \quad [\text{км}] \quad (5)$$

где  $n_p$  – количество рейсов за день (смену);

$l_m$  – протяженность маршрута в одном направлении, км.

Коэффициент выпуска (использования) транспортного средства представляет собой отношение количества дней нахождения автомобиля в эксплуатации к календарному числу дней за этот период или долю календарного времени, в течение которого автомобиль осуществлял транспортную работу. Данный показатель непосредственно зависит от коэффициентов технической готовности и нерабочих дней. Их взаимосвязь определяется выражением:

$$\alpha_n (\alpha_v) = \alpha_t \cdot (1 - \alpha_n), \quad (6)$$

Согласно [14] на транспорте общего пользования принято считать отношение  $\alpha_v/\alpha_t$  равным 0,91-0,95 для пассажирских перевозок.

Подставляя представленные параметры в формулу 3, получим:

$$PISAP = 365 \cdot \alpha_t \cdot (1 - \alpha_n) \cdot q \cdot n_p \cdot l_M, \quad [M.-KM] \quad (7)$$

Так как коэффициент технической готовности характеризует текущее техническое состояние и не позволяет оценить возможность появления отказов на линии, то при определении показателя PISAP предлагается в место него оценивать надежность с помощью коэффициента оперативной готовности, который определяется по формуле:

$$\alpha_{ог} = \alpha_t \cdot P(t_{ог}), \quad (8)$$

где  $P(t_{ог})$  – вероятность безотказной работы транспортного средства в течение заданного интервала времени.

Следовательно, количество предоставляемых пассажирских мест при выборе транспортного средства необходимо по формуле:

$$PISAP = 365 \cdot \alpha_t \cdot P(t_{ог}) \cdot (1 - \alpha_n) \cdot q \cdot n_p \cdot l_M, \quad [M.-KM] \quad (7)$$

Таким образом, предлагаемый показатель зависит от технического состояния транспортного средства, его вместимости, характеристик маршрута и организации эксплуатационного режима оператором. Данное обстоятельство определяет две основные группы оценочных показателей качества (надежности и эргономичности) предъявляемых при выборе транспортного средства.

Так как вместимость транспортного средства не позволяет полностью оценить его эргономические возможности, то для оценки данного свойства качества предлагается определить обобщенный показатель эргономических характеристик (Overall Index Ergonomical Characteristic – OIEC), который учитывает не только вместимость, но и антропометрические свойства автобуса.

В настоящее время большое внимание уделяется оценке влияния продукции на окружающую среду. Данное обстоятельство подтверждается развитием системы экологического менеджмента качества. На основании проведенного анализа нормативно-технической документации [1, 8-10, 12], действующей на территории Российской Федерации, в области охраны окружающей среды на автомобильном транспорте можно сделать следующие выводы:

- 1) Все рассмотренные документы учитывают негативное воздействие на окружающую среду в конце технологического или эксплуатационного процесса, на основании проведенных расчетов планируются мероприятия по снижению его снижению;
- 2) При расчетах не учитываются исходное и конечное состояние транспортного средства, то есть его материальный состав в начале и конце эксплуатации.

Таким образом, отсутствие в нашей стране единой методики определения экологической эффективности транспортных средств, не позволяет однозначно оценить негативное воздействие на окружающую среду от их деятельности.

Оценку экологического воздействия на окружающую среду в зарубежных странах принято определять по теории эко-эффективности, родоначальником которой является Шмидт-Блик. В 1992 г. он сформулировал основные требования к показателям, необходимым для оценки возможного экологического воздействия производства продуктов, услуг и экономического развития, и предложил в качестве такого показателя величину MIPS.

MIPS (Material Input Per Service unit) – показатель, характеризующий материальный вход на единицу продукции или услуги, который служит для оценки воздействия на окружающую среду материального входа, необходимого для производства продукции или услуги [12]:

$$MIPS = MI / S, \quad (10)$$

где  $M_I$  – материальный вход или сумма используемых ресурсов;  
 $S$  – единица услуги.

Учитывая, что транспортное средство является промышленной продукцией, а так же отсутствием объективных показателей оценки его воздействия на окружающую среду, существует необходимость разработки современной методики определения его экологической эффективности. При этом в качестве главного показателя предлагается использовать величину MIPS, так как она показывает суммарное количество материальных ресурсов, используемых для получения этого продукта или услуги.

Кроме выбранных показателей качества при выборе подвижного состава большое влияние на положительное принятие решения оператора оказывает свойство технологичности, называемое себестоимостью (в зарубежных странах величина COPS – Cost per Unit Service [12]), характеризующее затраты на единицу продукции или услуги:

$$COPS = C / S, \quad (11)$$

где  $C$  – суммарные затраты, тыс. руб.;

$S$  – единица услуги.

Таким образом, при выборе автобуса целевой функцией будет являться обобщенный показатель качества транспортного средства (Overall Index of Quality Vehicle - OIQV), которая имеет вид:

$$OIQV = f(\alpha_{ог}, OIEC, MIPS, COPS) \rightarrow \max \quad (11)$$

Следовательно, при выборе транспортного средства для городских пассажирских перевозок оператору необходимо определить следующие свойства качества: надежности, эргономичности, эко-эффективности и себестоимости.

### Список литературы:

- 1) ГОСТ Р 17.0.0.06 – 2000 «Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы». – М.: 2000
- 2) ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества – М., ИПК Издательство стандартов, 1997
- 3) ГОСТ Р 51825-2001. Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования – М., ИПК Издательство стандартов, 2002
- 4) Крахмалева А.В., Фасхиев Х.А. Методика оценки качества автомобилей // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – №4.
- 5) Ларин О.Н. Организация пассажирских перевозок: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
- 6) Лисковец А.М., Блудян Н.О., Семенов А.А. Анализ методических основ оценки качества изготовления автомобильной техники. – В кн. Повышение эффективности эксплуатации подвижного состава АТ на основе достижения НТП. Сб. науч. тр. / Гос. НИИ автомоб. трансп. (НИИАТ). – М., 1988. – с. 3-8
- 7) Максимов В.А., Хазиев А.А. Особенности управления технической эксплуатацией городских автобусов: Учебное пособие / Под ред. Максимова В.А. / МАДИ-ГТУ. – М., 2002. – 97 с.
- 8) Методика определения выбросов автотранспорта для поведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – М.: 1999
- 9) Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М.: 1998

- 10) Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. – М.: 1996
- 11) Основы теории эко-эффективности: Монография / Под науч. ред. О. Сергиенко, Х. Рона. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 223 с.
- 12) Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. – М.: НИИАТ, 2008
- 13) Российская автомобильная энциклопедия. Том 3. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств: Справочное и научно-практическое пособие для специалистов отрасли “Автомобильный транспорт”, студентов и научных сотрудников профильных учебных заведений, НИИ. – М.: РБООИП “Просвещение”. – 456 с.
- 14) Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др.; Под ред. Е.С. Кузнецова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991 – 413 с.
- 15) Хамханова Д.Н. Основы квалиметрии. Учебное пособие для студентов специальностей 190800 «Метрология метрологическое обеспечение», 07200 «Стандартизация и сертификация (по отраслям пищевой промышленности)» и 340100 «Управление качеством». – Улан-Удэ.: Издательство ВСГТУ, 2003. – 142с.

## АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Ветлужских С.Ю. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра энергетики и транспорта)

Впервые идея системного подхода и анализа была выдвинута Аристотелем (третий век до н. э.), учеником Платона и учителем Александра Македонского, предложившим классификацию, построенную на иерархии общего и частного: вид – род – класс. В современном понимании система – это совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определенную целостность. [4]

В настоящее время применение системного подхода получило наибольшее распространение в системах менеджмента качества, где соответствии с [2] под качеством подразумевается степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям, требованием – потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным, а характеристикой – отличительное свойство.

Проведенный авторами работы [3] анализ определяет понятие качество как оценочное потребителем в конкретный момент времени в каком-либо сегменте рынка превосходство товара по технико-экономическим показателям аналогов за жизненный цикл, достигаемое за счет наиболее полного удовлетворения потребностей человеческого общества, нанося при этом обществу и природе минимально возможный ущерб.

В последние годы наиболее эффективными моделями оценки качества продукции и их конкурентоспособности получили:

- модель функционально-стоимостного анализа;
- модель анализа видов и последствий потенциальных отказов (Failure Mode and Effects Analysis – FMEA);
- модель развертывания функции качества (Quality Function Deployment – QFD).

### 1. Модель функционально-стоимостного анализа

Функционально-стоимостный анализ (ФСА) это метод системного исследования функции отдельного изделия или технологического, производственного, хозяйственного процесса, структуры, ориентированный на повышение эффективности использования ресурсов путем оптимизации соотношения между потребительскими свойствами и затратами на его разработку, производство и эксплуатацию. [5]

К основным принципам ФСА относятся:

- функциональный подход к объекту исследования;
- системный подход к анализу объекта и выполняемых им функций;
- исследование функций объекта и их материальных носителей на всех стадиях жизненного цикла изделия;
- соответствие качества и полезности функции продукции затратам на них;
- коллективное творчество.

Цель ФСА состоит в развитии полезных функций объекта при оптимальном соотношении между их значимостью для потребителя и затратами на их осуществление, т.е. выборе наиболее благоприятного для потребителя и производителя, если речь идет о производстве продукции, варианта решения задачи о качестве продукции и ее стоимости. Математически цель функционально-стоимостного анализа можно определить по формуле:

$$ПС / З = \max \quad (1)$$

где ПС – потребительская стоимость анализируемого объекта, выраженная совокупность его потребительских свойств ( $ПС = \sum n c_i$ );

3 – издержки на достижение необходимых потребительских свойств.

## 2. Модель анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA-анализ)

FMEA-анализ, в отличие от ФСА, не анализирует прямо экономические показатели, в том числе затраты на недостаточное качество, но он позволяет выявить именно те дефекты, которые обуславливают наибольший риск потребителя, определить их потенциальные причины и выработать корректировочные мероприятия по их исправлению еще до того, как эти дефекты появятся и, таким образом, предупредить затраты на их исправление [1, 7].

Целью проведения FMEA-анализа процесса эксплуатации служит формирование требований к конструкции изделия, обеспечивающих безопасность и удовлетворенность потребителя, т.е. подготовка исходных данных как для процесса разработки конструкции. Этапы проведения FMEA-анализа:

1) Построение компонентной, структурной, функциональной и потоковой моделей объекта анализа.

2) Исследование моделей. В ходе исследования моделей определяются:

- потенциальные дефекты для каждого из элементов компонентной модели объекта;
- потенциальные причины дефектов;
- потенциальные последствия дефектов для потребителя;
- возможности контроля появления дефектов.

3) Проводятся экспертные оценки, определяющие следующие параметры:

- тяжести последствий для потребителя (проставляется обычно по 10-балльной шкале; наивысший балл проставляется для случаев, когда последствия дефекта влекут юридическую ответственность);

- частоты возникновения дефекта (проставляется по 10-балльной шкале; наивысший балл проставляется, когда оценка частоты возникновения составляет 1/4 и выше);

- вероятности не обнаружения дефекта (является 10-балльной экспертной оценкой; наивысший балл проставляется для «скрытых» дефектов, которые не могут быть выявлены до наступления последствий);

- риска потребителя (показывает, в каких отношениях друг к другу в настоящее время находятся причины возникновения дефектов; дефекты с наибольшим коэффициентом приоритета риска подлежат устранению в первую очередь).

Результаты анализа заносятся в специальную таблицу. Выявленные «проблемные места» подвергаются изменениям. Таким образом, рассмотренная модель позволяет проанализировать возможности возникновения дефектов, а также выявить степень их влияния на потребителей.

## 3. Модель развертывания функции качества (QFD)

Технология метода QFD – это последовательность действий производителя по преобразованию фактических показателей качества товара в технические требования к продукции, процессам и оборудованию.

Основным инструментом технологии метода QFD является таблица специального вида, получившая название «домик качества». В этой таблице удобно отображать связь между фактическими показателями качества (потребительскими свойствами) и вспомогательными показателями (техническими требованиями). Основные этапы технологии:

1) Разработка плана качества и проекта качества. На этом этапе проводится исследование состояния рынка и запросов потребителей, устанавливается, что следует производить. С учетом других важных параметров рынка разрабатывается таблица требований потребителей к качеству. Устанавливаются основные требования и маркетинговые параметры продук-

ции. Анализируются и оцениваются изделия конкурентов. На этой основе составляется план по качеству, в котором отражаются маркетинговые рейтинги разрабатываемого изделия. Определяется важность (рейтинг) каждого из установленных требований по качеству. Определяются компоненты изделия, на основании анализа продукции конкурентов устанавливаются технические параметры компонентов, исследуются рекламации и замечания потребителей по качеству. Исследуются фактические параметры качества и преобразуются во вспомогательные параметры качества компонентов. На этой основе разрабатывается план по качеству. Устанавливаются методы обеспечения качества и испытаний продукта и элементов.

2) Разработка детализированного проекта качества и подготовка производства. На данном этапе параметры качества конечного продукта преобразуются в параметры качества узлов, которые заносятся в специальные таблицы для элементов и отдельные таблицы для узлов и сборочных единиц (в которые входят таблицы для отдельных элементов). Окончательно устанавливаются функции элементов и узлов изделия, а также признаки качества узлов и стандарты, их определяющие, планируются позиции контроля элементов и узлов изделия в будущем производственном процессе.

3) Разработка техпроцессов. На этом этапе разрабатываются техпроцессы и технологические приспособления. При этом для каждого техпроцесса обычно проводится ФСА. На основе результатов анализа вырабатывается план процесса производства, который реализует заданную точность при минимальных затратах. Утверждаются стандарты по качеству узлов, стандарты на испытания и стандарты на покупные изделия, выбираются поставщики и устанавливаются стандарты на закупки.

Осуществляется выбор оборудования, и для каждого технологического модуля окончательно устанавливается позиция контроля качества, прежде всего для таких характеристик, как форма, размеры и прочностные параметры продукции. Определяются факторы производственного процесса, влияющие на эти характеристики качества. При этом разрабатывается таблица, в которой сопоставляются признаки качества конечного продукта и признаки качества и условия работы оборудования. Разрабатываются операционные карты технического контроля и таблица качества для окончательной сборки изделия. После выбора средств контроля разрабатывается система технического контроля в сборочном производстве для выбранных позиций контроля.

Проводится FMEA-анализ производственного процесса. При этом анализируются как проектные данные, так и данные исследований, данные производства аналога, данные изготовления опытного образца. Все выявленные проблемы немедленно передаются в соответствующие отделы для принятия решения. Производится уточнение модели качества (отраженной в таблицах) и корректировка проекта.

Такая технология работы позволяет учитывать требования потребителя на всех стадиях производства изделий, для всех элементов качества предприятия и, таким образом, резко повысить степень удовлетворенности потребителя, снизить затраты на проектирование и подготовку производства изделий.

#### **4. Программно-целевой подход**

В теории управления технических систем для определения оптимального целереализующего решения получил распространение программно-целевой подход. Суть данного метода описано авторами в работах [4, 6], реализация которого основано на количественной оценки вклада конкретных подсистем в достижение цели системы.

Применение данного метода сводится к выполнению следующего алгоритма:

1) Разметка дерева целей и дерева систем, которая включает обозначение и нумерацию всех целей, подцелей, систем и подсистем, а также разметку дуг, связывающих их.

2) Результаты разметки переносятся в функционально-системную матрицу (табл. 1), строки которой показывают вклад подсистемы в связанную с ней подцель, а столбцы – вклад подсистем в конкретную подцель. Последняя строка матрицы содержит «веса» подцелей при формировании генеральной цели.

3) Для каждой подсистемы определяется ее структурный вклад в достижение генеральной цели системы. Для этого используют данные функционально-системной матрицы, а в более сложных структурах составляют цепочки влияния. При этом структурный вклад подсистемы в достижение генеральной цели определяется по формуле:

$$Q(C_{oi}^1 / \Psi_{oj}^1) = a_{ij} \cdot r_{oj}^0 \quad (2)$$

4) Полученные результаты расчетов для всех подсистем и подцелей сводятся в таблицу вклада подсистем (табл. 2).

Таблица 1 – Функционально-системная матрица.

Подсистема	Вклад $a_{ij}$ подсистемы $n$ в реализацию целей и подцелей $\Psi_{oj}^1$			
$C_i^1$	$\Psi_{01}^1$	...	$\Psi_{0m}^1$	$\Psi^0$
$C_{01}^1$	$a_{11}$	...	$a_{1m}$	-
$C_{02}^1$	$a_{21}$	...	$a_{2m}$	-
...	...	...	...	...
$C_{0n}^1$	$a_{n1}$	...	$a_{nm}$	-
Всего по $\Psi_j^1$	$\sum_{i=1}^n a_{i1} = 1$	...	$\sum_{i=1}^n a_{im} = 1$	
«Вес» подцели $\Psi_j^1$ в цели $\Psi^0, r_{oj}^0$	$r_{01}^0$	...	$r_{0m}^0$	$\sum_{j=1}^m r_{0j}^0 = 1$

Таблица 2 – Вклад подсистем в реализацию цели

Подсистема	Структурный вклад подсистемы $\Psi_{oj}^1$			Общие вклады подсистемы $C_i^1$ в реализацию цели $\Psi^0$
	$\Psi_{01}^1$	...	$\Psi_{0m}^1$	
$C_i^1$	$Q(C_{01}^1 / \Psi_{01}^1)$	...	$Q(C_{01}^1 / \Psi_{0m}^1)$	$Q(C_{01}^1 / \Psi^0)$
$C_{01}^1$	$Q(C_{01}^1 / \Psi_{01}^1)$	...	$Q(C_{01}^1 / \Psi_{0m}^1)$	$Q(C_{01}^1 / \Psi^0)$
$C_{02}^1$	$Q(C_{02}^1 / \Psi_{01}^1)$	...	$Q(C_{02}^1 / \Psi_{0m}^1)$	$Q(C_{02}^1 / \Psi^0)$
...	...	...	...	...
$C_{0n}^1$	$Q(C_{0n}^1 / \Psi_{01}^1)$	...	$Q(C_{0n}^1 / \Psi_{0m}^1)$	$Q(C_{0n}^1 / \Psi^0)$
«Вес» подцели в цели $\Psi^0, r_{oj}^0$	$r_{01}^0$	...	$r_{0m}^0$	1

5) Определяем общий вклад каждой из подсистем в генеральную цель  $\Psi^0$  по формуле:

$$Q(C_{oi}^1 / \Psi^0) = Q(C_{oi}^1 / \Psi_{01}^1) + \dots + Q(C_{oi}^1 / \Psi_{0m}^1) \quad (3)$$

6) Производится проверка полученных данных:

а) суммируются данные последнего столбца (табл. 2): сумма вкладов всех подсистем в  $\Psi^0$  должна равняться единице.

б) суммируются данные столбцов по каждой цели, получаем при правильных расчетах веса подцелей.

7) Подводятся итоги проведенной оценки.

На основании проведенного анализа методов комплексной оценки качества можно сделать вывод о целесообразности применения программно-целевого подхода для разработки оптимизационной модели. Данный метод характеризуется универсальностью и возможностью при необходимости изменять количество оцениваемых показателей, а так же он является наиболее информативным, так как, в отличие от других, не зависит от квалификации экспертов и полностью основан на расчетных данных.

**Список литературы:**

- 1) Бенделл Т. Арманд Фейгенбаум / Т. Бенделл //Стандарты и качество. – 1999. - №10.
- 2) ГОСТ Р ИСО 9000-2001. «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь». – М.: ВНИИС, 2003
- 3) Крахмалеева А.В., Фасхиев Х.А. Методика оценки качества автомобилей // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – №4.
- 4) Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: Учебное пособие / МАДИ(ТУ) – М.: 2003. – 247 с.
- 5) Ребрин Ю.И. Управление качеством: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРГУ, 2004 – 174 с.
- 6) Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др.; Под ред. Е.С. Кузнецова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991 – 413 с.
- 7) Шанк Дж. Стратегическое управление затратами: пер. с англ. / Дж. Шанк, В. Говиндараджан. – Спб.: ЗАО «БизнесМикро», 1999.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ЗАМЕНЫ СВЕТИЛЬНИКОВ С ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ ЛАМПАМИ И ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ НА СВЕТОДИОДНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ**

*Дзюба А.М. (п. Мурманск, филиал ОАО «МРСК Северо-Запада «Колэнерго», Andrey\_Dz@rambler.ru)*

This article contains description of energy saving and economic benefit of replacement of fixtures with luminescent lamps with light-emitting diode fixtures

По оценкам экспертов, 19% вырабатываемой в мире электроэнергии приходится на освещение. Это огромные деньги, которые буквально сгорают в наших домах, офисах и на улицах городов, а также на различных предприятиях, в том числе и сельскохозяйственных. Тема экономии и сбережения ресурсов всегда была актуальна, и, конечно, особо важное значение она приобретает в период экономического кризиса.

Вопрос энергосбережения в сфере освещения на птицефабриках стоит остро, так как хорошее освещение на птицеферме играет важную роль в производстве мяса птицы, так как даже здоровая откормленная птица теряет вес, а иногда и гибнет, если света недостаточно.

Решение проблемы энергосбережения путем перехода от ламп накаливания к люминесцентным – лишь временное. Современные технологии позволяют сделать переход от ламп накаливания сразу к новым источникам света (светодиодам), минуя люминесцентные лампы, который с позиции энергоэффективности разумнее и действеннее. Кроме того, при применении светодиодов решается вопрос охраны окружающей среды, встающий при использовании люминесцентных ламп.

Экономия электроэнергии особенно актуальна и важна для крупных потребителей, например, таких, как птицефермы, где для обеспечения достаточно уровня освещенности в птичниках затрачивается большое количество энергии в связи с использованием доступных, но неэффективных и энергоемких источников света

Речь идет не о современных птицефабриках, сделанных по последнему слову техники, в которых внедрены энергоэффективные технические решения, а о тех предприятиях, при строительстве которых закладывались принципы уменьшения первоначальных капитальных вложений за счет экономии на технических решениях, либо строившихся довольно давно с использованием актуальных тогда, но устаревших на сегодняшний день технологий.

Реконструкция системы освещения с использованием светодиодных светильников позволит:

- уменьшить количество энергии на освещение, даже по сравнению с люминесцентными лампами;
- существенно увеличить срок службы ламп (до 100 тыс часов);
- уменьшить затраты на обслуживание светильников (так как светодиодные светильники практически не нуждаются в обслуживании);
- повысить надежность системы освещения;
- повысить пожаробезопасность.

Кроме того, полная экологическая безопасность светодиодных светильников позволяет сохранять окружающую среду, не требуя специальных условий по утилизации (светодиодные лампы не содержат ртути, ее производных и других ядовитых, вредных или опасных составляющих материалов и веществ)

Для того, чтобы показать экономическую эффективность от замены светильников с люминесцентными лампами на светодиодные, рассмотрим светодиодный светильник типа **L-**

**INDUSTRY 48/5800/60/Д.** Серия "L-INDUSTRY" разрабатывалась для замены существующих светильников на люминесцентных лампах ЛПО 2x58. Основные преимущества светильников этого типа:

- потребляемая мощность не более 60 Вт
- степень защиты IP67
- не требует сервисного обслуживания
- высокий индекс цветопередачи (80 Ra)
- срок службы 100 000 часов (25 лет)
- естественный свет исключает усталость глаз
- время непрерывной работы — не ограничено
- отсутствие стробоскопического эффекта (мерцания)
- мгновенное зажигание
- светоотдача с одного светодиода - 121 Люмен (диоды CREE)
- количество светодиодов - 48 шт.
- световой поток - 5800 Люмен (CREE)
- цветовая температура - 5000-5500 К
- рабочая температура - от -63 до +60°C
- коэффициент мощности драйвера - не менее 0,9

Сравнение светильников с люминесцентными лампами и светодиодных светильников проводится из условий:

- срок службы светодиодов – 100000 часов;
- при равных световых потоках освещенности (учитывались только светильники с двумя лампами мощностью 58 Вт каждая);
- из условий работы 12 часов в сутки.

#### Экономия электроэнергии

Показатель расчета	Люминесцентное освещение	Светодиодное освещение	Формула
Мощность светильника, кВт	0,116	0,060	N
Потребляемая эл.энергия в год при работе 12 часов в сутки, кВтч	508,08	262,8	$\dot{Y}_{\bar{a}} = N \cdot 12 \cdot 365$
Количество сэкономленной эл.энергии в год, кВтч	-	245,28	$\dot{Y}_{\bar{a}_{ye}} = \dot{Y}_{\bar{a}_{epi}} - \dot{Y}_{\bar{a}_{na}}$
Тариф на эл.энергию в 2010 г., руб	2,35	2,35	T
<b>Стоимость сэкономленной эл.энергии в год, руб.</b>	-	<b>546,408</b>	$C_2 = \mathcal{E}_{\epsilon_{эк}} \cdot T$

#### Затраты на эксплуатацию светильников с люминесцентными лампами

Показатель расчета	Люминесцентное освещение	Формула
Годовые затраты: на утилизацию ламп, руб.	32,46	$C_{\bar{a}_{oode}} = 2 \cdot 16,23$
на замену ламп, руб.	240	$C_{\bar{a}_{cai}} = 2 \cdot 120$
на закупку ламп, руб.	60	$C_{\bar{a}_{caee}} = 2 \cdot 30$
<b>Итого затраты на утилизацию, замену и закупку ламп за год, руб.</b>	<b>332,46</b>	$Z_2 = Z_{\epsilon_{утил}} + Z_{\epsilon_{зам}} + Z_{\epsilon_{зак}}$

### Суммарная экономия

Показатель расчета	Светодиодное освещение	Формула
Суммарная экономия средств за один год в т.ч.:	908,87	$\mathcal{E}_{\Sigma_{\text{эк}}} = \mathcal{E}_{\text{эк}} + \mathcal{Z}_{\text{э}}$
Эффект от экономии электроэнергии	576,41	$\mathcal{E}_{\text{эк}}$
Эффект от экономии на эксплуатацию	332,46	$\mathcal{Z}_{\text{э}}$

Средняя оптовая цена светодиодного светильника типа **L-INDUSTRY 48/5800/60/Д** составляет примерно 9000 руб. Таким образом, легко увидеть, что при ежегодной экономии чуть больше 900 руб., срок окупаемости составит примерно 10 лет (при сроке службы порядка 22 лет). В данном случае не учитывались ежегодный прирост тарифа на электроэнергию, увеличение затрат на эксплуатацию светильников с люминесцентными лампами, а также ремонт светильников. Если учесть хотя бы только ежегодный прирост тарифа на электроэнергию (10%), то срок окупаемости составит уже около 8 лет.

В идеальном случае (без учета роста тарифа и затрат на эксплуатацию и ремонт) срок окупаемости можно найти по формуле:

$$n = \frac{\mathcal{O}}{(\mathcal{C}_{\text{а}} + (N_{\text{эл}} - N_{\text{нл}}) \cdot t \cdot T)}$$

где  $n$  – срок окупаемости, лет;

$\mathcal{C}$  – стоимость одного светодиодного светильника, руб.

$\mathcal{Z}_{\text{э}}$  – годовые затраты на эксплуатацию светильников с люминесцентными лампами, руб/год;

$N_{\text{лм}}$  – мощность светильника с люминесцентными лампами, кВт

$N_{\text{сд}}$  – мощность светодиодного светильника, кВт

$t$  – количество часов работы светильника в год, ч/год

$T$  – тариф на электроэнергию, руб/кВт ч

Зачастую, радикальные и эффективные методы энергосбережения отвергаются в силу их относительно высокой стоимости и недальновидности руководства, не задумывающегося о долгосрочной выгоде. На сегодняшний день срок окупаемости светодиодных светильников относительно велик из-за их высокой стоимости, но с развитием технологий и производственных мощностей стоимость светодиодных светильников будет уменьшаться, что в свою очередь позволит снизить начальные капиталовложения при их установке.

### Список литературы

1. Аллаш Е. Х., Казаков В. А., Казанцев С. Б., Слободник Э. Б. Система управления освещением на светодиодах // Энергосбережение – 2008.– №8.– с. 34-37.
2. Титова Г. Р. Применение нанотехнологий для энергосбережения в наружном освещении и ЖКХ Москвы // Энергосбережение – 2008.– №5.– с. 68-69.
3. Табунщиков Ю. А. Энергосбережение: дефицит знаний и мотиваций / Ю. А. Табунщиков // АВОК. – 2004. – № 5.
4. Энергосбережение в учреждениях: сб. науч.-практич. и науч.-методич. материалов / Под общ. ред. акад. В. Е. Фортова. – М.: Амипресс, 2001.
5. <http://www.ledele.ru>
6. URL: <http://www.energsovet.ru>

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКО-ЭФФЕКТИВНОСТИ

Долматова Е.С., Малышев В.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра энергетики и транспорта);

Основной причиной необходимости «дематериализации» современной мировой экономики является неизбежность возникновения экологического кризиса, обусловленного чрезмерным и нерациональным использованием природных ресурсов, включая энергоносители, земельные и водные объекты. Существующие инфраструктуры, производимые товары и услуги, чрезвычайно материалоемки. Сегодняшняя продуктивность невозобновимых природных ресурсов составляет в среднем менее 5%, другими словами на одну тонну производимых товаров таких ресурсов расходуется в среднем более 30 т.

Для оценки воздействия на окружающую среду материального входа, необходимого для производства продукции или услуги, предложен новый и весьма актуальный показатель экологической эффективности и ресурсной продуктивности хозяйствующего субъекта *MIPS* («Material Input Per Unit Service or Utility», что в переводе означает «материальный вход на единицу полезного продукта») – показатель, характеризующий материальный вход на единицу продукции или услуги, показывает суммарное количество природных ресурсов, используемых для получения такого продукта или услуги. Он позволяет определить количество использованных ресурсов, начиная с момента их извлечения из природной среды. Используемые в расчетах данные соответствуют количеству перемещенной в окружающей среде массы вещества с распределением по соответствующим категориям природных ресурсов. Использование показателя *MIPS* выявляет огромный потенциал для инноваций в отношении использования сырья и процессов производства продукции.

Чем больше величина *MIPS*, тем выше «экологическая цена единицы продукции», больше невидимый груз природных ресурсов или материального входа *MI*, так называемый «экологический рюкзак», который «несет» эта продукция. Уменьшение *MIPS* может быть достигнуто посредством замены материалов, используемых в производстве продукции, на материалы с меньшим «экологическим рюкзаком».

Таким образом, при выборе оптимального варианта энергогенерирующего объекта необходимо руководствоваться не только технико-экономическими расчетами, но следует провести обоснование выбора с экологической точки зрения, используя показатели эко-эффективности.

Сравнивая альтернативы, можно определить наиболее предпочтительные варианты. В частности, более детально следует рассматривать процессы, которые имеют высокую материальную интенсивность. На основании полученных результатов можно выбрать наиболее оптимальные стратегии.

Для принятия объективного решения о составе того или иного энергогенерирующего объекта требуется проведение дополнительного технико-экономического обоснования.

Экономичность объекта характеризуется капиталовложениями  $K_{в.л}$ , руб., эксплуатационными расходами (издержками производства)  $I$ , руб./год, обобщающей их величиной годовых приведенных затрат

$$Z = E_n K_{в.л} + I, \text{ руб./год}, \quad (1)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности, который в общем случае должен быть не меньше процента по депозитным вкладам в банке.

Приведённые затраты — экономическая категория, отражающая величину (в стоимостном выражении) полных затрат общественного труда, текущих и единовременных, на производство продукции.

Исчисление приведенных затрат применяется при сравнении вариантов капитальных вложений, необходимых для решения данной хозяйственной задачи. Лучший из числа сравниваемых вариантов определяется по наименьшим приведенным затратам.

Еще одним экономическим показателем для сравнения вариантов капвложений является себестоимость производимой продукции, а именно энергии.

Себестоимость единицы отпускаемой энергии определяется как:

$$S_{omn} = \frac{I}{Q_{omn}}. \quad (2)$$

где  $I$  – годовые издержки, отнесенные на отпуск энергии,

$Q_{отп}$  – годовой полезный отпуск энергии.

В общем случае издержки производства определяются в соответствии со сметой затрат на производство. Текущие затраты (издержки) на производство и передачу энергии, руб./год, группируются в смете затрат в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- Материальные затраты (на топливо);
- Затраты на оплату труда и отчисления на социальные нужды;
- Амортизация основных средств на их полное восстановление;
- Прочие затраты (на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые, общестанционные, экологические платежи).

Наилучшим вариантом согласно технико-экономическому обоснованию будет тот, который имеет наименьшую себестоимость отпускаемой энергии, поскольку в тарифах на энергию основную часть занимает себестоимость производства энергии, а также наименьшие приведенные затраты.

Таким образом, для выбора оптимального варианта энергогенерирующего объекта необходимо свести к минимуму три переменные: себестоимость продукции, приведенные затраты и материальный вход на единицу продукции, то есть решить в общем виде задачу оптимизации, которую можно сформулировать следующим образом: минимизировать целевую функцию с учетом ограничений на управляемые переменные. При этом под минимизацией функции  $n$  переменных  $f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$  на заданном множестве  $R$   $n$ -мерного векторного пространства  $E_n$  понимается определение хотя бы одной из точек минимума этой функции на множестве  $R$ , а также, если это необходимо, и минимального на  $R$  значения  $f(x)$ . Математически задачу оптимизации можно записать в виде:

$$f(x) = f(S, \Pi, MIPS) \rightarrow \min, x \in R, \quad (3)$$

где  $f(x)$  - целевая функция,  $R$  - допустимое множество, заданное ограничениями на управляемые переменные,  $S$  - себестоимость продукции,  $\Pi$  - приведенные затраты,  $MIPS$  - материальный вход на единицу продукции. При этом, как можно видеть из вышеизложенного, все показатели, как экономические, так и эко-эффективности, взаимосвязаны.

Для решения данной задачи оптимизации примем метод первого порядка покоординатного спуска.

Стратегия решения задачи состоит в построении последовательности точек  $\{x^k\}$ ,  $k = 0, 1, \dots$ , таких, что  $f(x^{k+1}) < f(x^k)$   $k = 0, 1, \dots$ . Точки последовательности  $\{x^k\}$  вычисляются по циклам в соответствии с правилом

$$x^{jk+1} = x^{jk} - t_k \left( \frac{\partial f(x)}{\partial x_{k+1}} \right)_{x=x^{jk}} \cdot e_{k+1}, \quad (4)$$

где  $j$  – номер цикла вычислений;  $j = 0, 1, 2, \dots$ ;  $k$  – номер итерации внутри цикла,  $k = 0, 1, \dots, n-1$ ;  $e_{k+1}$ ,  $k = 0, 1, \dots, n-1$  – единичный вектор,  $(k+1)$  – я проекция которого равна 1; точка  $x^{00}$  задается пользователем, величина шага  $t_k$  выбирается из условия

$$f \left( x^{jk} - t_k \left( \frac{\partial f(x)}{\partial x_{k+1}} \right)_{x=x^{jk}} \cdot e_{k+1} \right) - f(x^{jk+1}) < 0 \text{ или } f(x^{jk+1}) - f(x^{jk}) < -\varepsilon \|\nabla f(x^{jk})\|^2.$$

Если выбранное условие при текущем  $t_k$  не выполняется, шаг уменьшается вдвое и точка  $x^{jk} - t_k \left( \frac{\partial f(x)}{\partial x_{k+1}} \right)_{x=x^{jk}} \cdot e_{k+1}$  вычисляется заново. Легко видеть, что при фиксированном  $j$  за

одну итерацию с номером  $k$  изменяется только одна проекция точки  $x^{jk}$ , имеющая номер  $k+1$ , а в течение всего цикла с номером  $j$ , т.е. начиная с  $k = 0$  и кончая  $k = n-1$ , изменяются все  $n$  проекций точки  $x^0$ . После этого точке  $x^{jn}$  присваивается номер  $x^{j+1,0}$  и она берется за начальную точку для вычислений в  $j+1$  цикле. Расчет заканчивается в точке  $x^{jk}$  при выполнении по крайней мере одного из трех критериев окончания счета:

$$\|\nabla f(x^{jk})\| < \varepsilon_1, \text{ или } j \geq M, \text{ или двукратного выполнения неравенств } \|x^{jk+1} - x^{jk}\| < \varepsilon_2, \\ |f(x^{jk+1}) - f(x^{jk})| < \varepsilon_2.$$

Полученные в результате вычислений точки могут быть записаны как элементы последовательности  $\{x^l\}$ , где  $l = nj+k$  – порядковый номер точки, т.е.  $\{x^l\} = \{x^0 = x^{00}, x^1 = x^{01}, \dots, x^n = x^{0n} = x^{10}, x^{n+1} = x^{11}, x^{n+2} = x^{12}, \dots\}$ .

Алгоритм решения данной задачи оптимизации сводится к следующему:

*Шаг 1.* Задать  $x^{00}, \varepsilon > 0, \varepsilon_1 > 0, \varepsilon_2 > 0$ , предельное число  $M$  циклов счета, кратное  $n$ , где  $n$  – размерность вектора  $x$ . Найти градиент  $\nabla f(x)$ .

*Шаг 2.* Задать номер цикла  $j = 0$ .

*Шаг 3.* Проверить условие  $j \geq M$  :

а) если  $j \geq M$ , то  $x^* = x^{jk}$ , расчет окончен;

б) если нет, то перейти к шагу 4.

*Шаг 4.* Задать  $k = 0$ .

*Шаг 5.* Проверить условие  $k \leq n - 1$  :

а) если  $k \leq n - 1$ , то перейти к шагу 6;

б) если  $k = n$ , то положить  $j = j + 1$  и  $x^{j+1,k} = x^{jn}$  и перейти к шагу 3.

*Шаг 6.* Вычислить  $\nabla f(x^{jk})$ .

*Шаг 7.* Проверить выполнение критерия окончания  $\|\nabla f(x^{jk})\| < \varepsilon_1$  :

а) если критерий выполнен,  $x^* = x^{jk}$ , расчет окончен;

б) если нет, то перейти к шагу 8.

*Шаг 8.* Задать  $t_k$ .

*Шаг 9.* Вычислить точку  $x^{jk+1}$ :  $x^{jk+1} = x^{jk} - t_k \left( \frac{\partial f(x)}{\partial x_{k+1}} \right)_{x=x^{jk}} \cdot e_{k+1}$ .

*Шаг 10.* Проверить выполнение условия

$$f(x^{jk+1}) - f(x^{jk}) < 0 \text{ (или } f(x^{jk+1}) - f(x^{jk}) < -\varepsilon \|\nabla f(x^{jk})\|^2).$$

- а) если условие выполнено, то перейти к шагу 11;  
б) если нет, то положить  $t_k = \frac{t_k}{2}$  и перейти к шагу 9.

*Шаг 11.* Проверить выполнение условий

$$\|x^{jk+1} - x^{jk}\| < \varepsilon_2, |f(x^{jk+1}) - f(x^{jk})| < \varepsilon_2:$$

- а) если в двух последовательных циклах с номерами  $j$  и  $j-1$  оба условия выполняются, то расчет в точке  $x^{jk+1}$  окончен и  $x^* = x^{jk+1}$ ;  
б) если хотя бы одно из условий не выполнено, положить  $k = k+1$  и перейти к шагу 5.  
Геометрическая интерпретация метода для  $n=2$  приведена на рисунке 1.

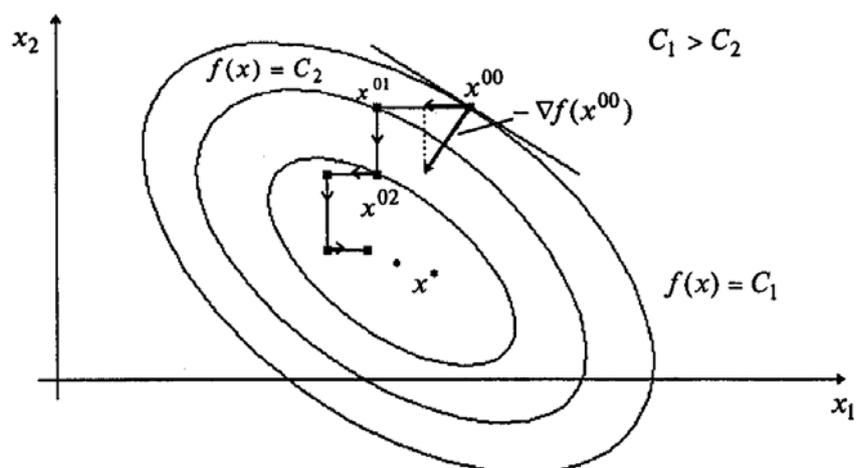


Рисунок 1 – Геометрическая интерпретация метода покоординатного спуска для случая  $n=2$ .

Решение задачи оптимизации выбора состава энергогенерирующих объектов возможно также градиентным методом спуска, основная идея которого состоит в том, чтобы двигаться к минимуму в направлении наиболее быстрого убывания функции, которое определяется антиградиентом. На вопрос, какому из способов выбора направления спуска следует отдать предпочтение при решении задачи, однозначного ответа нет. Тем не менее, решение задачи оптимизации требует проведения всех изложенных вычислений. Для упрощения этой процедуры возможно написание специальной программы для нахождения точек минимума функций нескольких переменных.

Таким образом, реализация программ по повышению экологической эффективности производства продукции требует не только капиталовложений, но и, в первую очередь, принятия грамотных решений после проведения всех необходимых вычислений и обоснований. В то же время с учетом текущего отставания российской экономики темп внедрения основных положений концепции эко-эффективности должен стать максимальным.

### Список литературы:

1. Долматова Е.С. Малышев В.С. Использование показателей эко-эффективности при проведении технико-экономического обоснования в теплоэнергетике. Материалы конференции «Региональные проблемы эффективности работы комплексов в тепло и электроэнергетике» (19 марта 2008г) [Электронный ресурс]/МГТУ. электрон. текст дан. (7Мб).
2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах. – М.: Высш. шк., 2005, – 544 с., ил.

## **АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КАК ОБЪЕКТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш.** (г. Санкт-Петербург, СПбГАУ, кафедра «Энергообеспечение производств в АПК», [zarifjan\\_yz@mail.ru](mailto:zarifjan_yz@mail.ru))

Questions of definition relative power consumption of work of the electric motors under passport characteristics and experimental researches are considered. Results of calculations and experimental researches of the asynchronous electric motor are resulted.

Высокая энергоемкость сельскохозяйственной продукции, а также постоянный рост цен на энергоносители является одним из основных факторов, увеличивающим важность вопроса энергоэффективности и энергосбережения. Проблема энергосбережения должна стать одной из актуальных приоритетных направлений деятельности как на государственном уровне, так и для отдельно взятых предприятий, и в первую очередь – сельскохозяйственных.

В сельскохозяйственном производстве более 90% используемых электродвигателей составляют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Причиной широкого распространения асинхронных двигателей по сравнению с другими видами является предельная простота, надежность и экономичность. Асинхронный двигатель как электромеханический преобразователь энергии является основой силовой части электропривода. В настоящее время электродвигатель для привода рабочей машины выбирается с коэффициентом запаса относительно номинальной мощности рабочей машины. Это приводит к неэффективному использованию электроэнергии и, как следствие, к повышению энергоемкости выпускаемой продукции.

Характерной особенностью работы асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве являются – сезонность работы, неравномерная нагрузка и условия хранения, которые приводят к преждевременному выходу его из строя.

В настоящее время в промышленности все шире используется частотно-регулируемый привод в качестве основы энергоресурсосберегающих систем, а также там, где технология производства требует изменения скорости вращения механизмов в широких пределах. Внедрение частотно-регулируемого привода в сельскохозяйственном производстве осуществляется в комплексе с современными электрооборудованиями и энергосберегающими технологиями (например, насосные станции).

Большой парк электродвигателей, используемых в сельскохозяйственном производстве, средняя мощность которых составляет  $7,5 \times 10$  кВт (в основном электродвигатели серии АО..., 4А... и др.), требует проведения оценки их энергетических показателей с целью выявления, ремонта или замены электродвигателей с низкими энергетическими показателями.

Разработанный метод конечных отношений (МКО) и его техническое обеспечение в виде информационно-измерительной системы позволяет решать вопросы энергоэффективности использования электрооборудования и электрической энергии [1].

Для повышения энергоэффективности электродвигателей необходимо проведение планомерного периодического измерения и контроля энергоемкости в течении всего срока их эксплуатации. Такие измерения позволяют определять расхождение паспортной и фактической характеристик относительной энергоемкости работы электродвигателя при различных значениях нагрузки [2].

В справочной литературе и каталогах приводятся для нового электродвигателя зависимости коэффициента полезного действия  $\eta$  и коэффициента мощности  $\cos \varphi$  от мощности на валу электродвигателя  $P_2$  при 25; 50; 75; 100 и 125% от  $P_{2н}$ .

В работе [3] предложена методика расчета относительной энергоемкости работы асинхронного двигателя по паспортным характеристикам.

В данной работе проведем сравнение результатов расчета относительной энергоемкости работы асинхронного электродвигателя по паспортным характеристикам и путем непосредственного исследования на электромагнитном тормозном стенде, который позволяет задавать момент сопротивления на валу электродвигателя в пределах от 0 до  $1.5 * M_{ном}$ .

Основными паспортными характеристиками исследуемого электродвигателя являются: тип-АО2-51-4С2; заводской номер № 4474; ГОСТ 13859-68; мощность – 7.5 кВт; номинальное напряжение  $U_n$  - 220/380 В; номинальный ток  $I_n$  – 26/15 А; коэффициент мощности  $\cos \varphi_n = 0,87$ ; коэффициент полезного действия  $\eta_n = 0,885$  и номинальная скорость вращения  $n_n = 1460$  оборот/мин. Условия хранения электродвигателя – отапливаемое учебное помещение факультета.

Для определения фактической относительной энергоемкости работы данного электродвигателя были проведены экспериментальные исследования на электромагнитном тормозном стенде при соответствующих значениях мощностей  $P_2 / P_{2н}$  (25 - 125%).

**Таблица. Определение относительной энергоемкости работы асинхронного двигателя по паспортным характеристикам и экспериментальным исследованиям**

АО2-51-4С2, $P_{2н} = 7.5$ кВт. $n_n = 1460$ оборот/мин			$P_2 / P_{2н}, \%$				
			25	50	75	100	125
1	$\eta$ , кпд	паспорт.	0.83	0.88	0.895	<b>0.885</b>	0.87
		эксперим.	0.69	0.83	0.85	<b>0.84</b>	0.82
2	$\cos \varphi$ , коэф. мощности	паспорт.	0.57	0.78	0.84	<b>0.87</b>	0.88
		эксперим.	0.52	0.69	0.79	<b>0.84</b>	0.825
3	$P_2$ , кВт мощн. на валу	паспорт.	1.875	3.75	5.625	<b>7.5</b>	9.375
		эксперим.	1.875	3.75	5.625	<b>7.5</b>	9.375
4	$P_1$ , кВт потр. мощность	паспорт.	2.26	4.26	6.28	<b>8.47</b>	10.77
		эксперим.	2.78	4.52	6.62	<b>8.93</b>	11.43
5	$S_1$ , кВА полн.мощность	паспорт.	3.96	5.46	7.48	<b>9.74</b>	12.24
		эксперим.	5.35	6.55	8.49	<b>10.63</b>	13.50
6	$K_{нагр}$ , коэф. нагрузки	паспорт.	0.41	0.56	0.77	<b>1.0</b>	1.26
		эксперим.	0.51	0.63	0.81	<b>1.0</b>	1.33
7	$Q_3$ , энергоемкость	паспорт.	2.1	1.46	1.33	<b>1.29</b>	1.31
		эксперим.	2.77	1.77	1.50	<b>1.44</b>	1.48
8	$I_\phi$ , А ток фазы	паспорт.	10.39	14.33	19.68	<b>26.00</b>	32.21
		эксперим.	13.50	17.00	22.5	<b>28.00</b>	37.00
9	$\Delta P_\Sigma$ , кВт сумм. акт. потери	паспорт.	0.385	0.51	0.655	<b>0.97</b>	1.395
		эксперим.	0.905	0.77	0.995	<b>1.43</b>	2.055

В таблице приведены результаты расчетов и измерений по паспортным характеристикам и экспериментальным исследованиям по определению относительной энергоемкости работы электродвигателя.

В соответствии с ГОСТ 28173-89 (МЭК -60034-1) номинальные энергетические показатели электродвигателей (электродвигатели мощностью до 50 кВт включительно) могут иметь отклонения, в частности:

- допустимое отклонение коэффициента полезного действия  $\eta_n$ :  $-0,15(1-\eta_n)$ ;
- допустимое отклонение коэффициента мощности  $\cos \varphi_n$ :  $-(1-\cos \varphi_n)/6$ ,  
(минимум: -0,02; максимум: -0,07).

С учетом этого для исследуемого двигателя отклонения, согласно ГОСТ, должны составлять:

- коэффициент полезного действия  $\eta_n$  - не более 0,017;
- коэффициент мощности  $\cos \varphi_n$  - не более 0,022.

Как видно из результатов расчета и исследований, паспортные энергетические показатели отличаются от фактических, которые определены экспериментально:

- $\eta$  – на 0,045 (при 100% нагрузке) и на 0,14 (при 25% нагрузке);
- $\cos \varphi$  - на 0,03 (при 100% нагрузке) до 0,09 (при 50% нагрузке);
- фактический номинальный фазный ток больше паспортного на 2А или на 7,7%
- относительные энергоемкости работы электродвигателя имеет минимум при номинальной нагрузке, при этом фактическая относительная энергоемкость работы равняется 1,44, что на 12% больше паспортной энергоемкости.

Суммарные активные потери, определенные по экспериментальным данным, имеют минимальное значение при 50% нагрузке электродвигателя.

Отклонение коэффициента полезного действия при номинальной нагрузке значительно отличается от допустимых отклонений, это, прежде всего, может зависеть от качества применяемых материалов и технологии изготовления электродвигателя, состоянием изоляции и подшипников, а также от показателей качества электроэнергии в питающей сети.

Превышение номинального тока на 7.7% приводит к увеличению потерь на 15%, что отрицательно влияет на ресурс электродвигателя.

Низкие значения коэффициента полезного действия по отношению к паспортным характеристикам вызывают повышение суммарных активных потерь в электродвигателе, и в том числе в обмотках, что приводит к перегреву и преждевременному выхода из строя изоляции. Периодическое определение характеристик относительной энергоемкости работы электродвигателя позволит определять расхождение паспортной и фактической характеристик относительной энергоемкости его работы и выработать рекомендации для эксплуатационных структур по дальнейшему устранению существующих недостатков или замене его на электродвигатель с наилучшими энергетическими параметрами.

В соответствии с ГОСТ Р 51677-2000, промышленность выпускает электродвигатели новых серий (электродвигатели серии 5А... и 6А...) с повышенным КПД. Суммарные активные потери электродвигателей с повышенным КПД примерно на 20% меньше, чем электродвигатели с нормальным КПД. Электродвигатели с повышенным КПД дополнительно маркируются строчной буквой «е». Использование новых серий электродвигателей с повышенным КПД в сельскохозяйственном производстве позволит снизить энергоемкость и повысить энергоэффективность производства.

При этом, энергетическому обследованию должны подвергаться все процессы, связанные с потребленной энергией. Из этого следует вывод о том, что становятся

востребованными специалистами, имеющие навыки управления (менеджмента) энергетикой различных масштабов – от отдельного предприятия до региона и способные создать систему энергетического сервиса в отрасли для решения отраслевой энергетической проблемы снижения энергоемкости в пределах областного региона.

#### **Литература:**

1. В.Н.Карпов. Энергосбережение. Метод конечных отношений. – СПб: СПбГАУ, 2009. – 137с.
2. Способ контроля и управления энергопотреблением. Патент РФ № 2212746. Оpubл. 20.09.2003. Бюл № 26. Патентообладатели СПбГАУ и В.Н.Карпов.
3. Иванникова Н.Ю. Обоснование ресурса энергосбережения и мер по его реализации на предприятиях АПК методом конечных отношений: Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб., 2008.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОЛИКОВЫХ И ПЛАТФОРМЕННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СТЕНДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**Хабибуллин Р.Г., Макарова И.В., Малаховецкий А.Ф., Кинзин Р.Х.** (*г. Набережные Челны, ГОУ ВПО «Камская государственная инженерно-экономическая академия», кафедра «Сервис транспортных систем», rustikkinzin@rambler.ru*)

В настоящее время на станциях технического обслуживания для проверки исправности тормозных систем используют два вида диагностических стендов: роликовый или платформенный.

По скорости определения неисправности тормозов платформенный стенд опережает роликовый. Но важно получить не только ответ: есть неисправность или ее нет, а иметь в итоге картину неисправности, знать характер дефекта. И в этом роликовый стенд имеет преимущество перед платформенным.

Современные автомобили оснащены антиблокировочной системой тормозов (ABS), усилителем экстренного торможения (Brake Assist), системой курсовой устойчивости и стабилизации (VSK), антипробуксовочной системой (TRC). Все они так или иначе взаимодействуют с тормозами и исключить их влияние при кратковременном торможении на платформенном стенде на скорости от 5 до 15 км/ч невозможно.

Колесо при торможении на платформенном стенде совершает только часть оборота, то есть эффективность тормоза определяется на небольшом участке вращения тормозного диска или барабана, что уже может исказить объективность результата при изношенном барабане или диске.

На роликовом стенде можно продолжать вращение колеса сколько угодно долго, плавно нажимать на педаль, отслеживая усилие на каждом колесе, что дает возможность определять наличие воздуха в системе, замасливание или увлажнение колодок и т.д. На роликовом стенде можно «прогреть» тормоза и шины, что также позволяет более глубоко диагностировать состояние тормозов. При разных режимах нажатия педали можно определить эффективность работы и наличие неисправностей усилителя тормозов. На роликовом стенде можно выполнить при необходимости регулировки, после чего повторно проверить автомобиль.

Роликовые тормозные стенды позволяют оценить сопротивление качению колеса в расторможенном состоянии – провести диагностику подклинивания. На нейтральной передаче колеса автомобиля раскручиваются самим стендом, и если суппорт «залипает» на одном колесе или на обоих, определить этот дефект не составляет труда. Особенно важно и то, что роликовый стенд четко фиксирует возрастание тормозных усилий при проверке системы Brake Assist – системы безопасности, позволяющей автоматически усилить торможение при несильном, но резком нажатии на педаль. Итак, роликовый стенд дает стопроцентную диагностику тормозной системы на разных стадиях ее срабатывания и максимальную точность показаний оценки тормозного механизма при полном отсутствии влияния со стороны системы ABS и моментов от полного привода.

Также к плюсам роликового стенда можно отнести высокую повторяемость и достоверность результатов по серии тестов.

До недавнего времени недостатком роликового стенда являлось то, что он не мог тестировать полноприводные автомобили.

При проверке тормозов у автомобилей с полным приводом, если не отключить межосевой дифференциал (там, где он есть) или не разъединить мосты, блокирующиеся

фрикционными муфтами с электронным управлением, автомобиль может спонтанно съехать с роликов, потому что колеса обеих осей в заблокированном состоянии будут вращаться синхронно.

Эту проблему решили путем внедрения простейшего дополнения в конструкцию роликовых стендов. Пока колеса одного из мостов крутятся на роликах, другие свободно перекатываются на «бегунках» - простых вращающихся цилиндрах.

К недостаткам роликовых стендов можно отнести их стоимость, они дороже платформенных, т.к. они сложнее по конструкции. Для их монтажа требуются фундаментные работы.

Одним из главных преимуществ платформенного тормозного стенда по отношению к роликовому, является быстрота проведения диагностики. За короткое время проводится диагностика состояния тормозов, сходимости колес обеих осей и эффективности работы подвески (амортизаторов).

Преимущества платформенного стенда по сравнению с роликовым:

- испытания проводятся в условиях приближенных к дорожным, в динамическом режиме;
- одновременно испытываются все четыре колеса, что сокращает время диагностики;
- не возникает проблем при испытаниях полноприводных автомобилей;
- стенд легко монтируется, не требуется больших фундаментных работ.

Электронные платформенные стенды динамической проверки автомобилей обеспечивают измерение тормозной силы рабочей и стояночной тормозных систем, схождения колес и дают оценку состояния подвески автомобиля по амплитудам колебания после торможения.

Динамический метод измерений позволяет легко определять тормозные усилия даже на автомобилях с постоянным полным приводом колес. Величина схождения колес на каждой оси автомобиля определяется при проезде испытуемого автомобиля через модуль измерения схождения колес.

Скорость технического совершенствования платформенных стендов настолько велика, что это дает основание, с моей точки зрения, говорить о полном вытеснении ими уже в обозримом будущем роликовых стендов. Кроме того, роликовые стенды громоздки, занимают много места, их монтаж сопряжен с достаточно дорогими фундаментными работами.

Стоит отметить, что и у платформенного стенда, есть свои слабые места. Ряд параметров диагностируемых неисправностей могут быть менее детализированными, чем на роликовом стенде. На таком стенде довольно сложно добиться точной воспроизводимости результатов, поскольку скорость въезда, темп и усилие нажатия на педаль при повторных испытаниях одинаковыми могут быть крайне редко.

Однако проблему точной воспроизводимости результатов на платформенном тормозном стенде возможно решить с помощью использования датчиков, которые будут набрасываться на тормозную педаль и на педаль акселератора под ногу оператора.

Подводя итог, можно сказать: платформенные тормозные стенды больше подходят для оперативной диагностики, а роликовые – для более углубленного тестирования дефекта.

### **Список литературы:**

1. Экспертиза и диагностика объектов и систем сервиса: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Г. Сапронов. – М.: Академия, 2008. – 224 с.
2. Правильный автосервис / А.С.Блохнин // Барабан или платформа. – 2005. - №6. – с. 24.
3. <http://avpilot.ru/diagn-avto/dia-tormsist/index.html>
4. [http://www.traceavto.ru/view\\_konstrukcii.php?id=5&page=1](http://www.traceavto.ru/view_konstrukcii.php?id=5&page=1)

## **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОАУДИТА СОШ № 5 Г. МУРМАНСКА**

**Мальшев В.С., Куренков В.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра энергетики и транспорта)

Все школьные здания г. Мурманска были построены по строительным стандартам советских времен, причем проекты зданий школ также выбирались типовыми, что позволяло снизить стоимость их проектирования и строительства, но, как правило, не соответствовало климатическим условиям г. Мурманска, что в современных условиях привело к повышенным затратам средств на их тепло и электроснабжение, а главное не обеспечило поддержание требуемых санитарных норм по температуре и составу воздушной среды в помещениях школ. Средняя общеобразовательная школа №5 г. Мурманска, расположенная по адресу: ул. Александра, дом 32/2, является в этом смысле наиболее типичной. Школа была построена в 1980 году по стандартному проекту.

Школа №5 была выбрана для проведения исследований в связи с тем, что она является одной из наиболее «холодных» школ города, что связано в значительной мере с расположением школы, здание которой обдувается преимущественно северо-западным ветром со стороны залива.

Целями проводимого исследования являлось выявление причин неудовлетворительного отопления школы и предложение наиболее рациональных способов снижения энергопотребления при одновременном качественном улучшении условий обитания в ее помещениях. Для достижения поставленных целей использовалась стандартная методика проведения энергоаудита объекта. Работа была построена таким образом, чтобы предложенные пути модернизации здания школы и ее инженерных систем носили максимально универсальный характер, позволяющие внедрять предложенные решения и для других школ города, построенных по аналогичному проекту.

В процессе проведения энергоаудита объекта, было проведено исследование состояния наружных ограждений объекта, качества работы систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции, выявлены основные источники тепловых потерь. На основе выполненного анализа предложены и экономически обоснованы меры по энергосбережению и модернизации здания и его инженерных систем.

### **Характеристика состояния и обследование наружных ограждений объекта исследования**

СОШ № 5 расположена в Ленинском административном округе г. Мурманска по адресу ул. Александра д.32/2. Школа, расположенная на северо-западном склоне сопки, прилегающей к Кольскому заливу, открыта ветрам, что существенно повышает удельную тепловую нагрузку здания.

Наружные стены выполнены крупнопанельными, крыша здания бесчердачная, мягкая. Чердачное перекрытие выполнено из железобетонных плит. Междуэтажные и надпольное перекрытия также выполнены из железобетонных плит. Оконные проемы выполнены двойными, створными с двойным остеклением и деревянным (сосновым) переплетом. В галереях используется ленточное остекление. Следует отметить, что техническое состояние всех наружных ограждений имеет заметные признаки износа. Так на крыше отмечены вздутия и нарушение верхнего слоя, выполненного из многослойного рубероида, наружные стеновые панели имеют волосяные трещины. Оконные переплеты рассохлись и имеют коробления. Все эти отклонения безусловно снижают сопротивление теплопередачи и увеличивают воздухопроницаемость (уменьшают плотность) ограждающих конструкций и увеличивают, таким образом, тепловую нагрузку здания.

Отличительной особенностью данного проекта школы является очень большая относительная площадь световых проемов, что делает чрезмерно высокими теплотери через оконные проемы, что и подтвердил проведенный аудит.

В ряде помещений школы (тренажерном и спортивном залах, в гардеробе, библиотеке) были предприняты попытки снизить теплотери за счет уменьшения размеров оконных, закладывая их кирпичной кладкой или полной закладкой проема кирпичной кладкой.

Установлено, что до 2/3 суммарных теплотерь происходит через внешние стены и окна, т.е. наружные ограждающие конструкции здания, поскольку они имеют наибольшие площади контакта с окружающей средой. Также весьма ощутимая доля теплотерь (до 25 %) приходится на покрытия и внутренние стены, поскольку в местах контакта плит перекрытий с несущими стенами, в местах примыкания к наружным стенам внутренних стен и перегородок образуются так называемые "мостики холода" - участки интенсивного теплообмена с окружающей средой.

В результате расчета было выявлено, что сопротивление теплопередачи наружных стен в целом соответствует требованиям СНиП 23.02.2003 «Тепловая защита зданий».

Однако реальное состояние стен характеризуется наличием большого числа трещин, швов, что, как правило, приводит к снижению сопротивления теплопередачи стен.

В связи с тем, что данная школа подвержена большим ветровым нагрузкам с западной стороны здания, внутренняя температура помещений и стен значительно снижена. Экспериментальное исследование проводилось при наружной температуре в  $-5\text{ C}^0$ , тем не менее, температура во всех помещениях была на 4-8 градусов ниже нормируемой в  $20\text{ C}^0$ , температуры внутренних поверхностей стен и стекол также ниже нормируемых значений в ряде помещений на  $8-12\text{ C}^0$ .

Такая разница температур стен может возникнуть из-за проблем с состоянием изоляционного слоя, а также из-за больших перетоков тепла от стыков. Эксплуатационная практика показала, что со временем вследствие увлажнения и уплотнения изоляционного слоя, он оседает и образует довольно обширные пустоты, что резко увеличивает конвективный теплообмен и снижает сопротивление теплопередачи.

Теплотери через окна происходят по нескольким каналам: потери через оконный блок и переплеты (мостики холода, неплотности), потери за счет теплопроводности воздуха и конвективных потоков между стеклами, а также теплотери посредством теплового излучения. Очевидно что, величина теплотерь через оконный блок напрямую зависит от конструкции окна, используемых материалов, качества изготовления. В реальности она составляет около 10 % от общих теплотерь из помещения. Остальные два канала теплотерь - это потери непосредственно через остекление.

В ходе исследования и анализа было установлено, что стандартный проект здания не учитывает географические и климатические особенности.

#### **Характеристика и анализ состояния инженерных систем**

В здания школы №5 была проведена оценка работы системы теплоснабжения (отопления), системы горячего водоснабжения, системы вентиляции.

Результаты обследования реального энергопотребления за 2008г (с момента установки теплосчетчика)

Среднемесячный расход: 106,35 Гкал

Среднегодовая температура за 2008 год:  $2,6\text{ C}^0$

Среднегодовая температурная норма:  $0,2\text{ C}^0$

#### **Система вентиляции**

Проектом предусматривается естественная вентиляция учебных классов и коридоров здания и принудительная вентиляция помещений столовой, спортивного и актового залов. К сожалению, система механической вентиляции находится в нерабочем состоянии. Не работает должным образом и естественная вентиляция в учебных классах школы, так как предписанного регулярного проветривания помещений не производится из-за конструкции оконных переплетов, в которых форточки для проветривания расположены достаточно высоко и затруднены для открывания, а сами окна плотно заклеены вследствие их низкой плотности.

### **Системы отопления**

При проведении исследований была составлена схема системы отопления школы, проведены измерения температур теплоносителя. В результате проведенных испытаний были получены следующие результаты:

- нерациональное расположение теплового узла: ввод теплоносителя в здание и тепловой узел удалены друг от друга, что приводит к увеличению протяженности труб и к большой разнице температур по стоякам (Рис. 1);
- на вводе теплоносителя в здание отсутствует тепловой счетчик;
- существующий тепловой узел – элеваторный;
- изоляция трубопроводов в подвале и в ТП соответствует нормам;
- теплоснабжающей организацией не выдерживается температурный график подачи теплоносителя. В соответствии с температурным графиком сетевой воды в тепловых сетях от котельной «Северная» ГОУТП «ТЭКОС» (в системе теплоснабжения города используется центральное регулирование) при температуре наружного воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$  предусматривается:

Температура теплоносителя в подающем трубопроводе:  $86^{\circ}\text{C}$

Температура теплоносителя в обратном трубопроводе:  $47^{\circ}\text{C}$

Действительные значения при проведении аудита составили:

Температура теплоносителя в подающем трубопроводе:  $79^{\circ}\text{C}$

Температура теплоносителя в обратном трубопроводе:  $42,9^{\circ}\text{C}$

- разводка системы отопления горизонтальная, от центра теплоснабжения к периферии, все горизонтальные магистрали спрятаны в бетонных перекрытиях, что приводит к нагреву межпанельных швов, а температура теплоносителя снижается от  $50\text{ C}^0$  до  $30\text{ C}^0$ ;
- в качестве отопительных приборов используются чугунные радиаторы и стальные конвектора;
- для некоторых приборов разница температур прямой и обратной воды не превышает  $0,3-0,7\text{ C}^0$ , что свидетельствует об их загрязнении.
- отсутствует какая-либо балансировка системы теплоснабжения.
- в галереях стальные конвекторы спрятаны в ящики, выполненные из древесностружечных плит с отверстиями, площадь которых во много раз меньше требуемых значений в 50% от площади ограждений, что, естественно приводит также к значительному недотопу помещений галерей.

### **Меры по снижению энергопотребления школы №5**

1. Было выявлено, что наибольшие тепловые потери приходятся на стены и окна здания школы, имеющие низкое термическое сопротивление, что связано с наличием трещин в наружных ограждениях, отсутствие целостности остекления, заменой оконных проемов кирпичной кладкой. По данным исследования, тепловые потери через стены ориентировочно в зимние месяцы составляют 10,06 Гкал, а через оконные проемы 100,6 Гкал.

2. Повышение тепловой защиты здания рекомендуется обеспечить путем утепления внешних ограждающих конструкций с использованием современных теплоэффективных материалов и прогрессивных технологий, а именно:

- Теплоизоляцию наружных стен предлагается реализовать за счет системы скрепленной теплоизоляции.

- Повышения энергоэффективности светопрозрачных конструкций рекомендуется обеспечить в первую очередь путем замены всех существующих окон на двухкамерные стеклопакеты с установкой штор из полимерной пленки в межрамном пространстве и использовании окон с контролируемой вентиляцией.

Использование данных методов модернизации позволят снизить тепловые потери минимум в 5 раз.

2.3. Следует модернизировать систему вентиляции здания школы, установив 4 приточно-вытяжных установки с рекуперацией, это позволяет снизить расход на отопление на 20%.

3. Рекомендуется модернизировать систему отопления, предусмотрев:

- рациональное расположение теплового узла в центральной части подвала;
- автоматизацию и модернизацию теплового пункта;
- установка теплового счетчика на вводе здания;
- перенос горизонтальных магистралей из бетонных перекрытий наружу, снабжение их регулировочными вентилями.

В результате отказа от элеваторной схемы и перехода к автоматизированному тепловому узлу будут наблюдаться следующие качественные изменения в системе отопления:

- произойдет снижение тепловых нагрузок, а, следовательно, уменьшение затрат на подготовку теплоносителя;
- улучшится гидравлический режим в тепловых сетях и, как результат,
- уменьшатся затраты на транспортировку теплоносителя;
- уменьшение затрат на подпитку;
- станет возможным получение качественной и своевременной информации;
- высвободятся финансовые средства, появится возможность направления их на дальнейшее совершенствование и развитие материальной базы школы.

4. Суммарный отпуск тепла за отопительный период в результате установки автоматизированных тепловых пунктов сократится на 20 %. Тогда экономия тепловой энергии составит 239 Гкал/год, в денежном эквиваленте – 351 тыс. руб/год.

При оценочной стоимости автоматизированного теплового узла в 700 тыс. рублей срок простой окупаемости составит 2 года.

Таким образом, совместная модернизация систем отопления и вентиляции приводит к экономии тепловой энергии около 40%.

Комплексная реконструкция здания, включающая утепление наружных ограждений (в первую очередь за счет установки вентилируемых стеклопакетов) и модернизацию систем отопления и вентиляции минимум вдвое снизит энергопотребление здания школы и обеспечит поддержание в ней комфортных условий для учащихся.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ ДЕТСКОГО САДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Мальшев В.С. (МГТУ, кафедра энергетики и транспорта)

В целом ряде муниципальных образований Мурманской области, особенно в поселках Кольского, Терского и Кандалакшского районов в качестве источников систем теплоснабжения широко используются электрокотельные. При этом практически все собственники этих котельных (как правило, МУПы) испытывают огромные финансовые проблемы, являясь практически банкротами, не имеющими средств для закупки электроэнергии. Вызвана эта ситуация в первую очередь, ножницами между себестоимостью вырабатываемой энергии и тарифами для населения. Например, в поселке Лувеньга себестоимость выработки 1 Гкал тепла составляет 5486 рублей, а тариф – 2594 рубля. При существующем положении дел эта проблема не имеет решения. Однако, на самом деле, существует принципиальная возможность существенного снижения себестоимости вырабатываемой энергии, если использовать низкопотенциальное геотермальное тепло с установкой тепловых насосов. Как показал анализ ситуации в п. Лувеньга, полностью перевести его на геотермальное тепло в настоящее время не представляется возможным, так требуется коренная модернизация системы электроснабжения всего поселка и его объектов, а также внутрименовых систем отопления. Дело в том, что теплонасосная установка обеспечивает получение коэффициента преобразования энергии КОП = 3, при максимальной температуре теплоносителя 50-60 градусов, таким образом необходимо перепроектировать систему отопления на низкотемпературный график ( существующий график – 95/70). Следует отметить, что при температурном графике 60/30, например, идеальной будет водяная система отопления с греющими полами. С этой точки зрения наилучшим объектом может быть признано здание детского сада, в котором греющие полы необходимы еще и функционально. Из практики известно, что эффективность системы отопления с греющими полами наиболее высока, так в помещениях с высотой потолков более 3 м обеспечивается экономия до 50% энергии, при этом обеспечивается наилучшая комфортность и физиологичность.

Известны два варианта получения низкопотенциального тепла из грунта: укладка металлопластиковых труб в траншеи глубиной 1,2 – 1,5 м, либо в вертикальные скважины глубиной до 100 метров. Известно, что температура грунтов на глубинах более 15 м постоянна и составляет 10 °С. Для нашей климатической зоны предпочтительным является способ получения тепла из скважин. При этом удельный теплосъем составит в среднем 50 Вт/м, если же имеются каменные породы, то теплосъем возрастает до 70 Вт/м, а при наличии грунтовых вод – до 80 Вт/м.

Объектом модернизации выбрано здание детского сада площадью 670 м<sup>2</sup>, его тепловая нагрузка может быть оценена в величину 40,2 кВт, что при одновременной реализации системы отопления с греющими полами позволит снизить эту нагрузку до 20 кВт. Дополнительные затраты на приготовление горячей воды могут быть оценены в 10 кВт. Таким образом, тепловая мощность устанавливаемой теплонасосной установки может быть оценена в 30 -35 кВт. При принятом тепловом графике гарантированно обеспечивается получение коэффициента преобразования КОП=3, означает реальное электропотребление не более чем 10-12 кВт. В качестве греющей установки может быть предложен тепловой насос FIGHTER – 1330- 30, шведской фирмы NIBE , которая, кстати, организовала производство своей продукции в России.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗВИТИЮ СТРУКТУРЫ СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ГАЗОВЫМ ТОПЛИВОМ

**Медведева О.Н.** (г. Саратов, СарГТУ, кафедра теплогазоснабжение и вентиляция  
[medvedeva-on@mail.ru](mailto:medvedeva-on@mail.ru))

The article presents the methodological and practical recommendations on the supply of consumers of liquefied natural gas, enhancing the efficiency and reliability of supply to the population and public sector in this type of fuel.

Потребление энергии — непереносимое условие общественного прогресса, неотъемлемый фактор любого вида человеческой деятельности. Топливо-энергетический комплекс является одной из основ экономики России. Важнейшим вопросом планирования развития топливного хозяйства является правильное распределение, рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и перевод экономики на энергосберегающий путь развития. Проведение энергосберегающих мероприятий обеспечивает, в первую очередь, сохранение энергоресурсов (как добытых, так и произведенных с большими материальными, финансовыми и трудовыми затратами). Во-вторых, сэкономленное топливо выступает как дополнительный ресурс для удовлетворения потребностей промышленности и народного хозяйства.

Главным образом газоснабжение потребителей различного назначения (населения, коммунально-бытовых и промышленных предприятий) осуществляется путем строительства газопроводов, на долю которых приходится основная часть капитальных вложений. Окупаются эти строения при хорошей загрузке газопроводов, но как показывают статистические исследования ОАО «Газпром» средний уровень загрузки газопроводов-отводов не превышает 25%.

Отсутствие магистральных газопроводов на территории Восточной Сибири, Камчатки, Чукотки создает проблему газификации этих регионов страны сетевым природным газом. Поэтому, на современном этапе развития систем газоснабжения этих регионов, используется привозной сжиженный углеводородный газ (СУГ).

В настоящее время в России получает развитие новое направление топливно-энергетического комплекса – производство сжиженного природного газа (СПГ). Первые шаги по внедрению в экономический оборот и экспортную структуру СПГ намечены на Сахалине, где в настоящее время идет строительство завода по производству СПГ. Параллельно с этим строятся специальные танкеры-метановозы, которые будут работать на вывоз произведенного газа. В России имеются благоприятные условия для строительства таких заводов в непосредственной близости от месторождений природного газа. К сожалению, технические, экономические, эксплуатационные и экологические преимущества СПГ до настоящего времени не были в должной мере востребованы в России.

Применение СПГ для бытовых и хозяйственных нужд населения и промышленных нужд производственных предприятий в полной мере отвечает техническим, экологическим и санитарным требованиям.

Снабжение сжиженным природным газом обладает преимуществами, которые в ряде случаев являются определяющими при выборе газотранспортной системы. К таким преимуществам относятся:

- возможность хранения под небольшим избыточным давлением при температуре около 112К;
- нетоксичность;
- высокая калорийность (по сравнению с другими видами топлива);

- низкая температура кипения - гарантия полного испарения СПГ при самых низких температурах окружающего воздуха;
- эффективность и удобство хранения, транспортировки и потребления (при сжижении природного газа его плотность увеличивается в 600 раз);
- СПГ может доставляться потребителю любым видом транспорта (включая межконтинентальные перевозки) и т.д.

Снабжение потребителей на базе СПГ экономически оправдано в следующих условиях:

- малые объемы потребления газа объектом, удаленным от магистрального газопровода;
- нестабильные сейсмические условия на участке предполагаемого строительства газопровода;
- сложный рельеф местности на предполагаемой трассе строительства газопровода;
- газифицируемый объект или предполагаемая трасса строительства газопровода находятся в районе с уникальным природным ландшафтом;
- наличие труднопреодолимой преграды на предполагаемой трассе строительства газопровода (море, реки, горы).

При рассмотрении СПГ как топлива, альтернативного СУГ следует отметить недостатки, присущие последнему [1]:

- накопление тяжелых фракций в резервуаре-хранилище и необходимость их периодического удаления;
- меньшие по сравнению с метаном пределы воспламеняемости;
- образование локальной взрывоопасной зоны даже при небольших утечках (так как пары СУГ значительно тяжелее воздуха);
- низкая температура воспламенения ( $430\div 460^{\circ}\text{C}$ , тогда как у природного газа она составляет  $700^{\circ}\text{C}$ );
- неполное заполнение резервуаров СУГ жидкостью (85% геометрического объема, чтобы предотвратить разрушение сосуда от температурных деформаций).

Первые шаги по использованию сжиженного природного газа для энергосбережения в промышленности и коммунальном хозяйстве были осуществлены в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Здесь были введены в действие две опытно-промышленные установки по производству СПГ, кроме того, несколько удаленных котельных в области работают на привозном сжиженном природном газе. Как показывают конкретные расчеты, расчетный срок окупаемости капитальных вложений при работе котельной на СПГ в 1,5 раза меньше, чем на природном газе, что и может оказаться определяющим фактором при выборе энергоносителя [2].

К основным вопросам оптимизации систем снабжения потребителей сжиженным природным газом относятся:

- оптимизация режимов газопотребления и обоснование сберегающих систем газоснабжения потребителей СПГ;
- определение оптимальных размеров централизации систем газоснабжения сельских населенных пунктов на базе СПГ.

Теоретической и методологической основой исследования послужили работы современных отечественных авторов. В работе использовались методы статистического анализа, математическое и экономико-математическое моделирование.

В таблице 1 представлены результаты расчета технико-экономических показателей систем газоснабжения сжиженным природным газом. Значение коэффициента экономической эффективности капиталовложений при расчете приведенных затрат по всем рассматриваемым вариантам принималось в размере  $0,15 \text{ год}^{-1}$ , что соответствует нормативному сроку окупаемости единовременных затрат 6 - 7 лет.

Конкурентоспособность СПГ по сравнению с СУГ и СГ определена в рамках модельных схем газоснабжения для различного радиуса действия газоснабжения (максимального удаления населенного пункта от источника газоснабжения). Стоимость специального оборудования принималась из каталогов, представительских листов таких крупных производителей оборудования в области газоснабжения, как: ООО ПКФ "АЗС - Снаб", ООО "Диоксид", ООО "Ферроинжиниринг Групп и др.

Расчет технико-экономических показателей систем газоснабжения сетевым природным газом, сжиженным природным газом, сжиженным углеводородным газом для различного радиуса действия систем (максимального удаления населенного пункта от источника газоснабжения) показал, что затраты в систему газоснабжения на базе СПГ значительно ниже по сравнению с затратами в систему сжиженного углеводородного газа для всех рассмотренных годовых объемов энергопотребления и удаленности потребителя от опорного пункта газоснабжения. А с учётом дальнейшего перевода потребителя на сетевой природный газ условия перехода будут более выгодными при изначальном снабжении сжиженным природным газом. Плавное возрастание затрат в систему газоснабжения на основе СПГ с дальнейшим переводом потребителей на сетевой природный газ подтверждает конкурентоспособность сжиженного природного газа.

Таблица 1 - Приведенные затраты в систему газоснабжения на базе СПГ

Наименование комплекса	Приведенные затраты в зависимости от расстояния от установки сжижения до наиболее удаленного населенного пункта, млн.руб.					
	10	20	100	140	180	200
Комплекс СПГ с годовым объемом потребления 1 тыс.т./год.	2,1	2,5	3,6	4,3	5,1	5,4
Комплекс СПГ с годовым объемом потребления 5 тыс.т./год.	4,1	2,9	3,8	4,6	5,5	5,5
Комплекс СПГ с годовым объемом потребления 10 тыс.т./год.	4,0	5,2	5,2	5,95	6,6	6,9
Комплекс СПГ с годовым объемом потребления 20 тыс.т./год.	8,0	10,1	10,5	11,2	11,9	12,5
Комплекс СПГ с годовым объемом потребления 30 тыс.т./год.	10,4	12,1	12,5	13,1	14,1	14,2

Особую актуальность приобретает технико-экономическое обоснование двухстадийной газификации объектов: сначала (при отсутствии сетевого природного газа) газоснабжение СПГ или СУГ, затем (по мере подключения опорного пункта к магистралям природного газа) перевод потребителей со сжиженного на сетевой природный газ [3]. Как показывают расчеты, величина годового газопотребления населенного пункта значительно влияет на расстояние, при котором потребителя, газифицированного сжиженным газом, целесообразно перевести на природный газ. При годовом газопотреблении населенного пункта 100 (1500)МВт и плотности населения  $q$ , варьирующейся в пределах от  $5 \cdot 10^{-4}$  до  $6 \cdot 10^{-4}$  чел./м<sup>2</sup>, при наличии природного газа в опорном пункте энергоснабжения, область его целесообразного использования изменяется от 0,80 до км 1,75 (от 23,20 до 28,40 км). Потребителей, удаленных от опорного пункта энергоснабжения на большие расстояния, следует газифицировать сжиженным природным газом. При отсутствии сетевого природного газа газификация объектов может быть обеспечена только сжиженным газом. При этом, однако, представляется возможным по мере развития распределительной системы газоснабжения часть потреби-

телей, расположенных на соответствующем расстоянии от опорного пункта энергоснабжения, перевести со сжиженного на сетевой природный газ. С увеличением срока отдаленности газификации опорного пункта возможности конвертирования систем газоснабжения существенно сокращаются (то есть сокращается зона перевода потребителей со сжиженного на природный газ). Так, например, если опорный пункт энергоснабжения получает сетевой природный газ через 10 лет (с годовым потреблением 1000 (МВт·ч)/год) на природный газ целесообразно переводить потребителей, удаленных от опорного пункта на расстояние до 20 км.

Если отдаленность газификации опорного пункта соизмерима со сроком службы системы газоснабжения перевод потребителей со сжиженного на сетевой природный газ нецелесообразен при любой удаленности последнего от опорного пункта энергоснабжения.

Как показывает анализ, себестоимость СПГ главным образом зависит от принятой технологии сжижения и комплексной очистки природного газа. Значительно снизить себестоимость газа возможно при использовании перепада давления на газораспределительных станциях (ГРС) или газорегуляторных пунктах (ГРП) за счет уменьшения затрат на электроэнергию, на обслуживание компрессорного и электросилового оборудования, а также отчислений на амортизацию. Например, подобные технологии, разработанные ОАО «Криогенмаш», позволяют снизить себестоимость СПГ на 30-40%. В нашей стране имеется большое количество ГРС и ГРП, где редуцируемый газ бесполезно теряет свою «бесплатную» энергию, которую можно использовать для получения удобного, экологически безопасного энергоносителя – сжиженного природного газа, с помощью которого можно газифицировать промышленные и социальные объекты, населенные пункты, не имеющие трубопроводного газоснабжения [4].

Наряду с экономией приведенных затрат использование СПГ позволит улучшить социально-бытовые условия жизни населения. Автономное энергоснабжение небольших промышленных и социальных предприятий с использованием СПГ является привлекательной сферой инвестиций объектов энергетики со сравнительно небольшим сроком окупаемости (до 4 лет), а также возможностью ликвидировать проблему энергообеспечения отдаленных регионов и является альтернативой для прекращения зависимости потребителей от крупных поставщиков тепловой и электрической энергии.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Крылов Е.В., Гордеева Р.П. Газоснабжение сжиженным природным газом. – Саратов: Изд-во СГАУ, 2003. 156с.
2. Саркисян В.А. Экономические проблемы газификации и использования СПГ// Автогазозаправочный Комплекс. 2002. № 2. с. 45–49.
3. Медведева О.Н., Краснов М.В. Актуальные вопросы эффективности использования резервного топлива// Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газозенергоснабжения: Сб. научн. трудов. - Саратов: изд-во СГТУ, 2008. с.85-89.
4. Кириллов Н.Г. Концепция производства сжиженного природного газа для автотранспортных средств//Химическое и нефтегазовое машиностроение. №6. 2001. с.17-19.

## **ПЕРМАНЕНТНАЯ ПРИЛИВНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ**

**Ершов А.М., Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Коробко А.Н.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра *PuPTKC, KalitenkovNV@mstu.edu.ru*)

**Аннотация.** Предложено инновационное гидроэнергетическое устройство для непрерывного преобразования энергии приливов и отливов в электрическую энергию.

В работе предложено гидроэнергетическое устройство для непрерывного преобразования энергии приливов и отливов в электрическую энергию[1]. К настоящему времени известно несколько типов устройств, служащих для преобразования энергии приливов и отливов в электрическую энергию:

1. Известен генератор электроэнергии, приводимый в действие приливными течениями (RU 2315890, 27.01.2008), содержащий турбину, установленную в корпусе, с возможностью поворота турбины в нем вокруг вертикальной оси. Таким образом, турбину можно избирательно поворачивать в корпусе турбины с помощью поворотных элементов, что позволяет обеспечить эффективность работы турбогенератора в обоих направлениях потока воды.

2. Известна гидротурбинная установка (RU 2216644, 27.12.2001), содержащая, по меньшей мере, две установленные в турбинных водоводах ортогональные турбины, валы которых связаны в общий вал и генератор, вал которого связан с общим валом. В установке турбинный водовод делится на два, расположенных на одном горизонтальном уровне. Валы турбин и генератора связаны в общий горизонтальный вал, а генератор размещен на одном уровне с водоводами в водонепроницаемом бычке, разделяющем водовод.

3. Известны гидроэнергетические установки (RU 60644, 27.01.2007 и RU 2307949, 10.10.2007), содержащие, по меньшей мере, два горизонтально расположенных один над другим турбинных водовода, ортогональные турбины, расположенные в турбинных водоводах, и генератор, установленный над турбинными водоводами с турбинами, установленными вертикально в подшипниковых опорах и кинематически связанными соединительными элементами между собой и с валом генератора.

4. Наиболее близкой к предлагаемой является известная приливная электростанция (SU 1490223, 30.06.1989), содержащая несколько бассейнов, соединенных с акваторией глубинными отверстиями, оборудованными затворами, обратимые гидроагрегаты с затворами, установленные в турбинных водоводах и трубопроводе с переключающими затворами, последовательно соединяющими бассейны с турбинными водоводами. При этом трубопровод выполнен с выходами внутрь каждого бассейна, а переключающие затворы установлены в выходах трубопровода в бассейны с возможностью поочередного перекрытия соответствующего выхода в бассейн и проходного сечения трубопровода.

Каждый из перечисленных типов устройств, служащих для преобразования энергии приливов электрическую энергию, обладает существенными недостатками:

Недостатками приливной электростанции первого типа являются сложность поворота агрегатов при изменении направлений потоков воды и прерывание генерации электрической энергии на время снижения напоров и на время технологических перерывов по изменению положения турбин, в которые требуется повышенный расход электроэнергии на собственные нужды электростанции.

Недостатками установок второго типа являются прерывание генерации электрической энергии на время снижения напоров и устройство водонепроницаемого бычка, уменьшающего сечение водоводов.

Основным недостатком установок третьего типа является прерывание генерации электрической энергии в промежуточные циклы приливов и отливов.

К числу недостатков установок четвертого типа относится одноразовая остановка гидроагрегатов при переходе от режима наполнения бассейнов к режиму их опорожнения.

В настоящей работе предложено гидроэнергетическое устройство для преобразования энергии приливов и отливов в электрическую энергию, лишенное всех этих недостатков и обеспечивающее непрерывную генерацию электрической энергии. Перманентная приливная электростанция, содержит, по меньшей мере, два бассейна, два турбинных водовода, две ортогональные турбины двухсторонней работы, размещенные в турбинных водоводах с валами, ориентированными перпендикулярно осям водоводов и кинематически связанными с генератором, отличается тем, что, по меньшей мере, один турбинный водовод снабжен трубопроводом, соединенным с обоими бассейнами при помощи переключающего затвора, обеспечивающего поочередное открытие входа в любой из бассейнов, а турбины, размещенные в турбинных водоводах, связаны с валами храповыми механизмами. Это позволяет решить поставленную задачу в полном объеме.

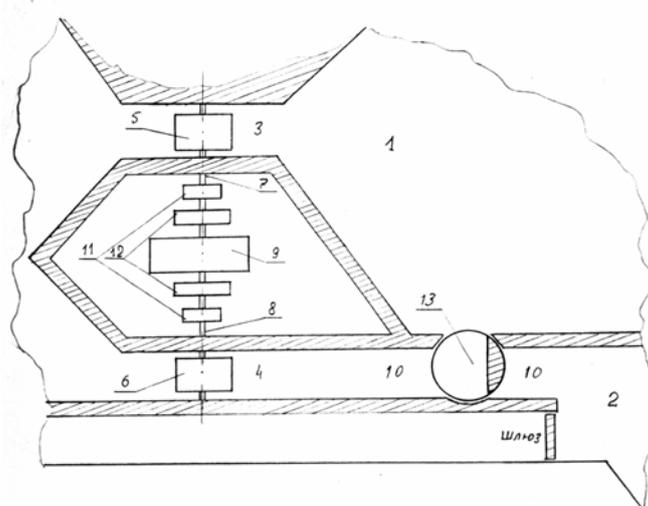
Предложенное устройство имеет развитие для частных случаев его реализации:

-ортогональные турбины двухсторонней работы могут быть выполнены поперечно-струйными, валы которых установлены горизонтально;

-ортогональные турбины могут быть установлены вертикально, выполнены многоярусными, валы которых установлены вертикально.

Кроме этого, устройство имеет развитие, предусматривающее выполнение в виде обладающего собственной плавучестью блок-модуля как фрагмента плотины гидроэнергетического сооружения с турбинными водоводами, турбинами и генератором. Это дает возможность изготавливать и отлаживать в собранном виде крупногабаритный блок на заводе-изготовителе, а затем доставлять его на плаву к месту возведения приливной электростанции.

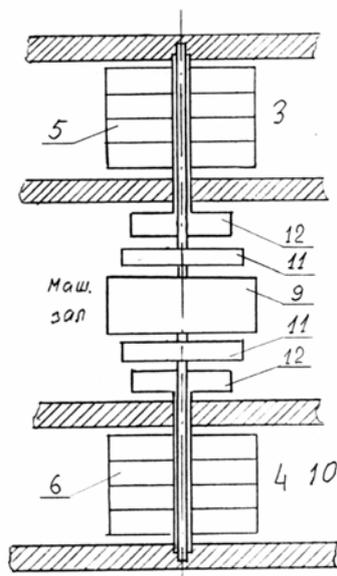
На фиг. 1 изображен эскиз перманентной приливной электростанции с поперечно-струйными турбинами.



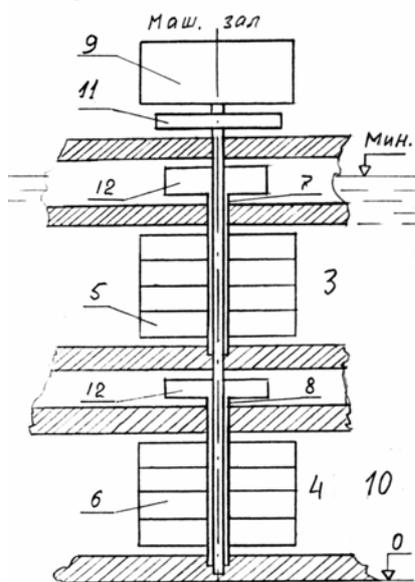
Фиг. 1. Эскиз перманентной приливной электростанции с поперечно-струйными турбинами.

На фиг. 2 показан разрез устройства турбогенераторов горизонтальной плоскостью, направленной вдоль потока и проходящей через валы ортогональных поперечно-струйных турбин.

На фиг. 3 показан разрез устройства турбогенераторов вертикальной плоскостью, направленной вдоль потока и проходящей через валы, которые установлены вертикально.



Фиг.2. Разрез устройства турбогенераторов горизонтальной плоскостью, направленной вдоль потока и проходящей через валы ортогональных поперечно-струйных турбин.



Фиг.3. Разрез устройства турбогенераторов вертикальной плоскостью, направленной вдоль потока и проходящей через валы, которые установлены вертикально.

Перманентная приливная электростанция для двух бассейнов содержит бассейны 1 и 2, два турбинных водовода 3 и 4, две ортогональные турбины 5 и 6 с валами 7 и 8, генератор 9 и трубопровод 10. В описываемом примере реализации валы 7 и 8 кинематически связаны с валом генератора 9 соединительными элементами, включающими кроме мультипликаторов 11 храповые механизмы 12, механически развязывающие остановку одной из турбин при изменении направлений и скоростей потоков движения, управляемых переключающим затвором 13.

В случае выполнения установки в виде обладающего собственной плавучестью блок-модуля фрагмента плотины, монтаж и отлаживание турбин и генератора производится, как правило, на заводе-изготовителе. После этого блок-модуль герметизируется и подготавливается к наплавной доставке к месту строительства приливной электростанции, там осуществляется его установка и сооружаются трубопроводы с необходимыми элементами плотины.

Перманентная приливная электростанция при использовании работает как в качестве основных агрегатов приливной электростанции, так и субблоков генерации электроэнергии на собственные нужды, в циклы режимов переходов между приливами и отливами при отсутствии напоров для основных гидроагрегатов следующим образом.

При низких уровнях воды в бассейнах 1 и 2 и при высоком уровне прилива переключающий затвор 13 открывает выход трубопровода 10 в бассейн 1 и турбины 5 и 6 обеспечивают выработку электроэнергии.

После установления минимального рабочего напора для турбин 5 и 6, переключающий затвор 13 закрывает выход трубопровода 10 в бассейн 1 и открывает выход в бассейн 2, обеспечивая выработку электроэнергии за счет турбины 6. Турбина 5 останавливается, но ее храповой механизм 12 устраняет влияние остановки на работу генератора 9 и выработка электроэнергии продолжается за счет наполнения бассейна 2 от турбины 6.

С началом отлива сработкой воды из бассейна 1 подключается к выработке электроэнергии турбина 5, потоки воды в турбинных водоводах 3 и 4 идут навстречу друг другу. За этим, при остановке турбины 6, со снижением напора между уровнем воды в бассейне 2 и промежуточным уровнем при отливе, переключающий затвор 13 закрывает выход трубопровода 10 в бассейн 2 и открывает выход в бассейн 1. Турбина 6 в момент остановки, за счет ее храпового механизма 12 не оказывает влияния на работу генератора 9, а при открытии выхода трубопровода 10 в бассейн 1 направление движения воды в трубопроводе изменяется на обратное, оба потока идут в одном направлении и обе турбины 5 и 6 обеспечивают выработку электроэнергии.

После установления минимального рабочего напора для турбин 5 и 6, переключающий затвор 13 закрывает выход трубопровода в бассейн 1 и открывает выход в бассейн 2, обеспечивая выработку электроэнергии за счет сработки воды от промежуточного уровня при выработке электроэнергии от турбины 6. Турбина 5 останавливается, но ее храповой механизм 12 устраняет влияние остановки на работу генератора 9 и выработка электроэнергии продолжается за счет сработки воды из бассейна 2.

С началом прилива начинает работать турбина 5, потоки воды в турбинных водоводах 3 и 4 идут навстречу друг другу и с остановкой турбины 6, переключающий затвор 13 открывает выход трубопровода 10 в бассейн 1 и циклы далее повторяются.

Предложенное техническое решение позволяет обеспечить непрерывную генерацию электрической энергии. Предложенное решение допускает использование в качестве бассейна 2 гидроаккумулирующего бассейна или бассейна устья реки с плотинным заграждением при изменении циклов работы. Кроме этого, дополнительно к рассмотренному

применению бассейна 2, может использоваться расширение его потенциальных энергетических возможностей за счет снабжения дополнительными соединительными трубопроводами с задвижками при выходах в приливную зону. Дополнительно к этому, в целях экономии средств, в зависимости от местных условий, размеры бассейна 2 могут быть значительно уменьшены, в том числе как с зависимостью от соотношения установленных мощностей турбин для работы от 1 и 2 бассейнов, так и устройств шлюзов во 2 бассейне для ускоренного сброса и наполнения в периоды работы турбин 1 бассейна.

### **Выводы и заключение**

1. В работе предложено гидроэнергетическое устройство для непрерывной генерации электрической энергии на основе энергии приливов и отливов:

перманентная приливная электростанция, включающая, по меньшей мере два бассейна, два турбинных водовода, две ортогональные турбины двухсторонней работы, размещенные в турбинных водоводах, с валами, ориентированными перпендикулярно осям водоводов и кинематически связанными с генератором, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, один турбинный водовод снабжен трубопроводом, соединенным с обоими бассейнами при помощи переключающего затвора, обеспечивающего поочередное открытие выхода в любой из бассейнов, а турбины, размещенные в турбинных водоводах, связаны с валами храповыми механизмами.

2. Предложена электростанция по п. 1, отличающаяся тем, что турбины выполнены ортогональными поперечно-струйными, валы турбин установлены горизонтально.

3. Предложена электростанция по п. 1, отличающаяся тем, что турбины выполнены многоярусными, валы турбин установлены вертикально.

4. Предложена электростанция по п. 1, 2 и 3, отличающаяся тем, что она выполнена в виде обладающего собственной плавучестью блок-модуля в виде фрагмента плотины гидроэнергетического сооружения с турбинными водоводами, турбинами и генератором.

### **Список литературы:**

1. Ершов А.М., Милкин В.И., Калитёнков Н.М., Коробко А.Н. «Перманентная приливная электростанция. Инновации в гидроэнергетике». Материалы Международной научно-практической конференции «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление» 1-2 октября 2009г. –СПб.:ФГОУ ВПО СПГУВК,2009.- С. 36-38.

## **СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ МНОГОФАЗНОЙ ПРИЛИВНОЙ СТАНЦИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ**

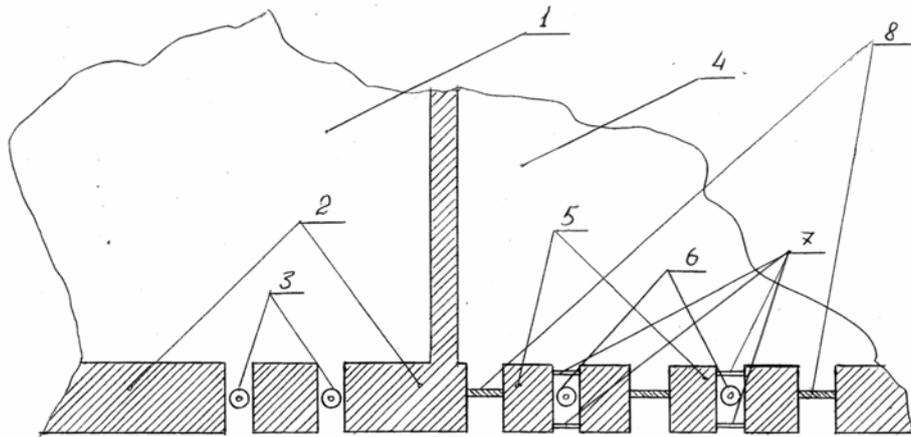
**Ершов А.М., Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Коробко А.Н.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра ПуПТКС, KalitenkovNV@mstu.edu.ru*)

В проекте предложен экологически безопасный и не травмирующий природный ландшафт способ непрерывного преобразования энергии приливов и отливов океанов, морей и озер в электрическую энергию.

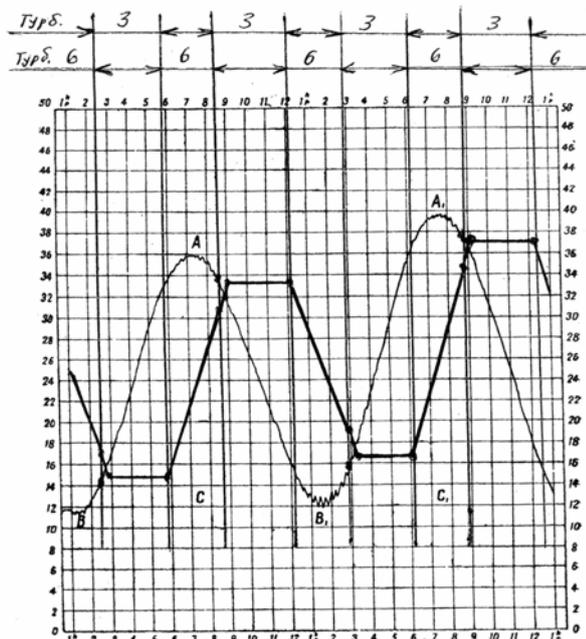
В проекте предлагается способ непрерывного преобразования восполняемой энергии приливов и отливов океанов, морей в электрическую энергию. В настоящее время известны способы преобразования энергии морских приливов в электрическую энергию. (Политехнический словарь/Редкол.: А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Советская энциклопедия, 1989, стр. 415). Для этого создают бассейны, перекрыв залив или устье впадающей в море реки. Действие приливных электростанций основано на использовании перепадов уровней воды, образующихся во время приливов и отливов между бассейнами и морем. Основным недостатком таких приливных станций является непостоянный режим выработки электроэнергии, зависящий от режима приливов и отливов. Известны способы гидроаккумулирования, когда дополнительно к основному бассейну на несколько десятков метров выше производят устройство дополнительного аккумулирующего бассейна. В плотине основного бассейна размещают обратимые гидроагрегаты, работающие как электрические генераторы или водяные насосы, способные в периоды уменьшения потребления энергии заполнять водой аккумулирующий бассейн. Такие бассейны могут быть и подземными (RU 2341618, 20.12.2008). За счет гидроаккумулирующего бассейна осуществляется работа станции в периоды равенства уровней воды в основном бассейне и в море. Недостатками таких приливных станций являются сложные конструкции гидроагрегатов и дополнительный расход вырабатываемой энергии на собственные нужды по обеспечению запаса энергии в гидроаккумулирующем бассейне. Известен способ, заключающийся в преобразовании энергии прилива, отлива, течения реки и перекачки воды в бассейн из моря, чтобы выработка энергии осуществлялась плавно и не прекращалась между приливом и отливом (Тельдеш Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию: Пер. со словац./Пер. Аркина М.Я.; Под ред. Ю.А.Мазитова: - М.: Мир, 1981, стр. 142-148). Недостатками указанного способа являются требования исключительно благоприятных условий по размещению приливной станции, а также расход энергии на собственные нужды по перекачке воды в бассейн перед плотиной и снижение выработки энергии в моменты изменения фаз работы.

В настоящей работе предлагается способ обеспечения непрерывного действия приливной станции с попеременной работой гидротурбин при использовании перепадов для вращения движущейся водой с попеременным использованием основного бассейна и бассейна замещения, технологическая простота работы и обслуживания устройства. Способ предусматривает подпор уровней прилива и отлива воды в основном бассейне и в море и использование перепада для вращения движущейся водой гидротурбин в фазах прилива и отлива, а в фазах равенства уровней воды в основном бассейне и в море применяются не менее чем один дополнительный бассейн замещения с подпором прилива и отлива воды в бассейне и в море и использовании перепада для вращения движущейся водой гидротурбин [1]. Для обеспечения готовности к работе бассейна замещения в фазах равенства уровней воды в основном бассейне, в дополнительном бассейне предусматривается ускоренный сброс воды в ходе

фазы отлива до уровня моря и ускоренное наполнение в ходе фазы прилива до уровня моря, в периоды после окончания работы гидротурбин в фазах равенства уровней воды. Устройство для осуществления предлагаемого способа включает основной бассейн и установленную между бассейном и морем плотину с размещенными в ней гидротурбинами и дополнительно включает не менее чем один бассейн замещения и установленную между бассейном и морем плотину с размещенными в ней гидротурбинами с затворами задержки и шлюзами ускоренного сброса и наполнения водой бассейна замещения. На фиг. 1 изображен эскиз устройства для осуществления способа, а на фиг. 2 изображены эпюры фаз работы гидротурбин.



Фиг. 1 Эскиз устройства.



Фиг. 2. Эпюры фаз работы гидротурбин.

Устройство для осуществления способа содержит основной бассейн 1 и плотину 2 с гидротурбинами 3, бассейн замещения 4 и плотины 5 с гидротурбинами 6 с затворами 7 и шлюзами 8. Устройство работает следующим образом: При начавшемся приливе с обеспечением перепада между уровнем моря и уровнем воды в основном бассейне 1 на подпоре плотины 2

тины 2 включаются в работу гидротурбины 3 при закрытых задвижках 7 на гидротурбинах 6 и закрытых шлюзах 8 плотины 5. Уровень воды в бассейне замещения 4 соответствует уровню при отливе моря. При приближении уровня воды в основном бассейне 1 к уровню прилива моря с уменьшением перепада между уровнем моря и уровнем воды в основном бассейне 1 гидротурбины 3 останавливаются. За некоторое время до этого открываются затворы 7 гидротурбин 6 и они при максимальном перепаде включаются в работу на время до начала отлива и включения в работу гидротурбины 3. С включением гидротурбин 3 при отливе открываются шлюзы 8, ускоренно уровень в бассейне замещения 4 выравнивается с уровнем моря и шлюзы 8 и затворы 7 закрываются. При приближении уровня воды в основном бассейне 1 к уровню прилива моря с уменьшением перепада между уровнем воды в основном бассейне 1 гидротурбины 3 останавливаются. За некоторое время до этого открываются затворы 7 гидротурбин 6 и они при максимальном перепаде включаются в работу на время до начала прилива и включения в работу гидротурбин 3. С включением гидротурбин 3 открываются шлюзы 8, ускоренно уровень в бассейне замещения выравнивается с уровнем моря и шлюзы 8 и затворы 7 закрываются. Цикл повторяется. Электрогенераторы (на фиг. 1 не показаны) гидротурбин 3 и 6 попеременно при параллельном включении обеспечивают непрерывную работу электросети с отдачей вырабатываемой электроэнергии.

Преимуществом предлагаемого способа является высокая надежность, экологическая безопасность и технологическая простота обслуживания работы устройства его осуществляющего, постоянное действие приливной станции с попеременной работой гидротурбин при использовании перепадов для вращения движущейся водой с попеременным использованием основного бассейна и бассейна замещения без использования искусственной гидроаккумуляции.

#### **Выводы и заключение:**

1. В работе предложен высокоэкологичный и конкурентноспособный проект непрерывного действия многофазной приливной станции заключающейся в подпоре уровней прилива и отлива воды в основном бассейне и в море и использовании перепада для вращения движущейся водой гидротурбин, отличающийся тем, что применяют не менее чем один дополнительный бассейн замещения с подпором прилива и отлива воды в этом бассейне и в море с системами задержки и ускоренных сброса и наполнения при использовании перепада для вращения движущейся водой гидротурбин при задействовании в фазы отсутствия перепадов при равенстве уровней воды в основном бассейне и в море, при этом ускоренный сброс осуществляют в ходе фазы отлива, а ускоренное наполнение осуществляют в ходе фазы прилива.

2. Предложено устройство по п. 1, содержащее основной бассейн и установленную между бассейном и морем плотину с размещенными в ней гидротурбинами отличающееся тем, что дополнительно введен не менее чем один бассейн замещения и установленную между бассейном и морем плотину с размещенными в ней гидротурбинами с затворами и устройством шлюзов для ускоренного сброса или наполнения водой бассейна замещения.

#### **Список литературы:**

1. Ершов А.М., Милкин В.И., Калитёнков Н.М., Коробко А.Н. «Способ непрерывного действия многофазной приливной станции и устройство для его осуществления. Инновации в гидроэнергетике». Материалы Международной научно-практической конференции «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление» 1-2 октября 2009г. –СПб.:ФГОУ ВПО СПГУВК,2009,стр34-35

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ СПОНТАННОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ В ХРАНИЛИЩЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В ГУБЕ АНДРЕЕВА

**Наумов В.А., Каравеева Е.В.** (*Апатиты, Горный институт КНЦ РАН, естественно-технический факультет Апатитского филиала МГТУ, кафедра горного дела, naumovva@goi.kolasc.net.ru*)

**Abstract.** There have been assessed the critical masses of homogeneous mixtures of water and spent nuclear fuel from the nuclear submarines reactors. Dispersion of  $Ual_3$  in aluminium has been considered as a fuel.

**Введение.** Серьезную опасность для окружающей среды представляет хранилище отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в губе Андреева, выгруженного из активных зон реакторов атомных подводных лодок (АПЛ) 1-го и 2-го поколений.

В трех бетонных емкостях хранилища находится более 3000 упаковок (чехлов) с ОЯТ, содержащих ~ 21000 отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) по 7 штук в чехле. Для размещения ОТВС внутри емкостей по периодической треугольной решетке с шагом ~ 450 мм установлены стальные трубы диаметром 262 мм и высотой ~ 4 м. Пространство между трубами забетонировано. Труба с установленным в ней чехлом образует ячейку хранилища. За 30-ти летний период эксплуатации бетонные емкости потеряли герметичность, и значительная часть ячеек заполнены водой. При обследовании хранилища обнаружены процессы коррозионного разрушения ОТВС и выхода радиоактивности в водную среду ячеек [1, 2]. Разрушение топливных композиций в обводненных упаковках может при определенных условиях образовывать в ячейке хранилища гомогенные смеси топлива с водой, отличающиеся малой величиной критической массы, что может быть причиной возникновения спонтанной цепной реакции (СЦР).

В нескольких статьях журнала Атомная энергия ведущими сотрудниками РАН и институтов Росатома высказывается утверждение о возможности возникновения СЦР при выгрузке чехлов с ОЯТ из хранилища [1, 2, 3]. В случае СЦР «все содержимое чехла будет выброшено из ячейки, что приведет к сильному радиоактивному загрязнению не только блоков хранилища, но и окружающей территории» [1]. Однако утверждения специалистов Росатома о принципиальной возможности СЦР в хранилище ОЯТ в губе Андреева не представляются убедительными, так как в цитированных работах не представлена информация, о топливной композиции и изотопном составе ОЯТ, принятых в расчеты. Это особенно важно, потому что в последних публикациях гипотетическое проявление СЦР связывается не с ОЯТ, а только со свежим топливом [4, 5]. Таким образом, вопрос о возможности СЦР в хранилище ОЯТ в губе Андреева остается не закрытым.

Настоящая работа посвящена изучению критических масс однородных смесей воды и ОЯТ, их зависимости от глубины выгорания  $^{235}U$ . Она включает две задачи. В первой поставлена цель изучить изотопные составы топлива, отработанного в типичных судовых реакторных установках (РУ). В качестве типовой считаем ВМ-4-1 АПЛ 2-го поколения проекта 667А [6]. Для этой РУ известна информация об основных параметрах активной зоны по данным Главного технического управления ВМФ [7] и также [6]: номинальная тепловая мощность 90 МВт; загрузка  $^{235}U$  116,3 кг; обогащение урана изотопом  $^{235}U$  21%; число технологических каналов 250. Во второй задаче на основе данных по изотопному составу ОЯТ оценены критические массы однородных смесей  $H_2O$  и ОЯТ в ячейке хранилища.

**Изотопный состав отработавшего ядерного топлива.** Для расчета изотопного состава выгоревшего топлива применен методический подход, заключающийся в разработке робастных (упрощенных) моделей судового водо-водяного реактора, для описания нейтронно-физических процессов в которых используется верифицированная многогрупповая (10 энергетических групп) программа КРАТЕР [8]. Робастная модель для реактора типа ВМ-4-1 опирается на следующие предположения:

- активная зона имеет компоновку канального типа и образуется технологическими каналами (тепловыделяющими сборками - ТВС), как в РУ ледокола «Ленин».
- ТВС располагаются в правильной треугольной решетке с шагом 64 мм;
- ТВС представляет собой пучок стержневых или кольцевых твэл длиной 900-1000 мм, заключенных в трубу из нержавеющей стали;
- твэлы охлаждаются теплоносителем – водой под давлением, проходящей по межтвэльному пространству ТВС. Пространство между ТВС заполнено водой. Средние параметры теплоносителя равны: давление - 13 МПа, температура - 300 °С;
- размеры активной зоны определяются шагом решетки, числом ТВС и длиной твэл;
- в качестве топливной композиции рассматривается интерметаллид  $UAl_3$  в алюминиевой матрице (36,5% объемных).

Уравнения баланса нейтронов в реакторе программой КРАТЕР решаются совместно с уравнениями кинетики выгорания топлива и образования новых актинидов ( $^{236}U$ ,  $^{237}Np$ ,  $^{239,240,241,242}Pu$ ,  $^{241}Am$ ), а также осколков деления. Результаты расчета изотопного состава для РУ ВМ-4-1 представлены в таблице 1.

Топливный цикл активной зоны рассчитывается при непрерывной работе на эксплуатационной мощности [7]. Это приближение вполне оправдано, т. к. ОЯТ в хранилище находится около 30 лет и содержит только долгоживущие и стабильные продукты реакции деления.

Изотопный состав ОЯТ представлен, кроме  $^{235}U$  и  $^{238}U$ , долгоживущими и стабильными изотопами, с большими значениями нейтронных поперечных сечений поглощения для нескольких значений энерговыработки активных зон. Исключение составляют  $^{90}Sr$  и  $^{137}Cs$ , которые приведены для характеристики активности ОЯТ.

**Оценки критических масс.** Рассматривается задача по выявлению состояния критичности однородной смеси  $H_2O$  и ОЯТ в трубе ячейки хранилища  $\varnothing=262 \times 6$  мм. Под критичностью понимается стационарное состояние процесса цепного деления ядер  $^{235}U$  и  $^{239}Pu$  только на мгновенных нейтронах, без учета запаздывающих. Количество  $^{235}U$  в смеси в критическом состоянии является критической массой.

Важная особенность задачи состоит в том, что размножение нейтронов в трубе ячейки хранилища происходит в гомогенной смеси  $H_2O + OЯТ$  практически без влияния хранилища ОЯТ. Этот факт объясняется значительным различием коэффициента размножения нейтронов в трубе с гомогенной смесью ( $K_{\infty} \approx 1,6$ ) и в ячейках хранилища с чехлами ОЯТ ( $K_{\infty} \approx 0,5$ ). Вклад хранилища в размножение нейтронов в трубе с гомогенной смесью  $H_2O + OЯТ$  не превышает 1 %. Учет этой особенности задачи позволил предложить простую и эффективную цилиндрическую одномерную модель с программой РИТМ, в которой уравнение переноса нейтронов решается методом вероятностей прохождения [9,11]. Математическая программа РИТМ была верифицирована с помощью программ MCNP-4C, в которой реализован метод Монте-Карло [12].

Модель ячейки хранилища включает 4 зоны: гомогенной смеси  $H_2O + OЯТ$  ( $R_1=12,5$  см); стальной трубы ( $R_2=13,1$  см); бетона ( $R_3=23,47$  см); зоны гомогенизированного состава 6-ти ячеек хранилища ( $R_4=62,1$  см). Высота зон одинакова и равна 76 см.

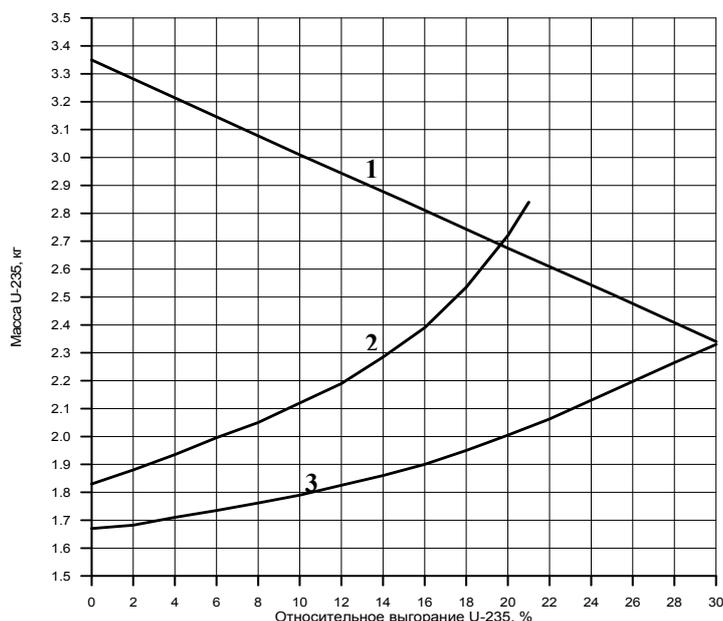
Таблица 1. Массы долгоживущих и стабильных изотопов\* (сильных поглотителей нейтронов) в активной зоне реактора ВМ-4-1 в зависимости от энерговыработки, кг

Изотоп	Период полураспада, лет	Энерговыработка, ГВт·сут		
		10,2	17,0	27,2
$^{235}\text{U}$	$7,04 \cdot 10^8$	103,21	94,83	82,77
$^{236}\text{U}$	$2,342 \cdot 10^7$	2,673	4,307	6,570
$^{237}\text{Np}$	$2,14 \cdot 10^6$	$0,806 \cdot 10^{-1}$	0,205	0,456
$^{238}\text{U}$	$4,468 \cdot 10^9$	435,36	433,75	431,26
$^{239}\text{Pu}$	$2,41 \cdot 10^4$	1,832	2,656	3,473
$^{240}\text{Pu}$	6570	0,123	0,280	0,542
$^{241}\text{Pu}$	14,4	$0,311 \cdot 10^{-1}$	0,112	0,312
$^{241}\text{Am}$	432,1	$0,307 \cdot 10^{-3}$	$0,188 \cdot 10^{-2}$	$0,847 \cdot 10^{-2}$
$^{242}\text{Pu}$	$3,76 \cdot 10^5$	$0,832 \cdot 10^{-3}$	$0,562 \cdot 10^{-2}$	$0,285 \cdot 10^{-1}$
$^{90}\text{Sr}$	29,1	0,233	0,382	0,595
$^{137}\text{Cs}$	30,14	0,389	0,644	1,021
$^{149}\text{Sm}$	стабилен	$0,568 \cdot 10^{-2}$	$0,526 \cdot 10^{-2}$	$0,468 \cdot 10^{-2}$
$^{151}\text{Sm}$	90	$0,171 \cdot 10^{-1}$	$0,201 \cdot 10^{-1}$	$0,203 \cdot 10^{-1}$
$^{55}\text{Gd}$	стабилен	$0,256 \cdot 10^{-4}$	$0,310 \cdot 10^{-4}$	$0,310 \cdot 10^{-4}$
$^{57}\text{Gd}$	стабилен	$0,417 \cdot 10^{-4}$	$0,452 \cdot 10^{-4}$	$0,485 \cdot 10^{-4}$
шлаки ( $^{239,241}\text{Pu}$ )	стабилен	0,420	0,968	2,140
шлаки ( $^{235,238}\text{U}$ )	стабилен	10,42	17,08	26,70

\* на время окончания эксплуатации

Расчет критической массы для определенной величины выгорания  $^{235}\text{U}$  производился вариацией объема ОЯТ в смеси до достижения коэффициентом размножения нейтронов значения равного 1,0. При этом были изучены 2 сценария. В первом предполагается, что гомогенная смесь  $\text{H}_2\text{O} + \text{ОЯТ}$  не содержит частиц матрицы. Этот сценарий может реализовываться в случае, когда при образовании смеси происходит гравитационное разделение частиц топлива и матрицы. Во втором сценарии предполагается образование однородной смеси частиц топливной композиции и воды. Причем алюминиевая матрица окислена до  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Результаты расчетов сведены на рисунке 1, на котором представлена зависимость минимальной критической массы от выгорания  $^{235}\text{U}$  для сценария 1 (кривая 3) и для сценария 2 (кривая 2). Кривая 1 представляет количество  $^{235}\text{U}$  в 7-ми ОТВС при определенном выгорании, которое рассчитывается по



1- Масса U-235 в семи ОТВС  
 2- Критическая масса для смеси  $\text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ОЯТ}$   
 3- Минимальная критическая масса (для смеси  $\text{H}_2\text{O} + \text{ОЯТ}$ )  
**Рисунок 1.** Критическая масса U-235 для ячейки хранилища (в губе Андреева) с однородной смесью воды и ОЯТ из реактора ВМ-4-1

данным таблицы 1. Максимальное выгорание равно 28,9 % и соответствует энерговыработке АЗ 27, 2 ГВт·сут. Начальная точка кривой 3 изображает минимальную критическую массу для смеси воды и свежего топлива. Ее значение 1,67 кг  $^{235}\text{U}$ . Максимальное значение критической массы составляет 2,30 кг  $^{235}\text{U}$  и соответствует максимальной величине выгорания. Отношение значений критической массы (кривая 3) к содержанию  $^{235}\text{U}$  в 7-ми ОТВС (кривая 1) дает степень деградации топлива, которая необходима для создания условий образования критической массы. Так в случае свежего топлива деградация должна быть равна ~ 50 %, а при выгорании  $^{235}\text{U}$  28,9 % все содержащееся в 7-ми ОТВС топливо должно деградировать.

Таким образом, данные рисунка 1 демонстрируют принципиальную возможность образования критического состояния на мгновенных нейтронах в ячейке хранилища в губе Андреева со смесью воды и деградировавшего отработавшего топлива. Для создания условий такого состояния степень деградации ОЯТ зависит от глубины выгорания и должна быть очень высокой. Например, если принять эксплуатационное выгорание топлива в активных зонах реакторов АПЛ 2-го поколения таким же как в реакторах 1-го поколения и равным 20 % [10] то степень деградации должна составлять 0,75, то есть 5 ОТВС из 7.

Общим итогом выполненного исследования является вывод о том, что в гомогенной смеси воды и ОЯТ из активных зон реакторов 2-го поколения в ячейке хранилища в губе Андреева, в принципе, возможно образование критического состояния на мгновенных нейтронах, то есть вспышки СЦР.

Полученные результаты могут использоваться при оценке безопасности технологии разгрузки хранилища ОЯТ в губе Андреева.

Авторы благодарят академика Н.Н. Мельникова и профессора В.П. Конухина за поддержку и постоянный интерес к работе.

### Литература:

1. Васильев А.П. и др. Радиоэкологическое состояние территории и акватории в губе Андреева. - Атомная энергия, 2006, т. 101, вып. 1, с. 49-56.
2. Аден В.Г. и др. Обращение с отработавшим ядерным топливом в пункте временного хранения в губе Андреева. - Атомная энергия, 2006, т. 101, вып. 1, с. 56-61.
3. Аден В.Г. и др. Научно-технические проблемы реабилитации бывших береговых технических баз флота. - Атомная энергия, 2007, т. 103, вып. 1, с. 72-78.
4. Вавилкин В.Н., Васильев А.П., Калинин Р.Н. и др. Отработавшее ядерное топливо транспортных реакторов. Фактическое состояние, проблемы обращения.- Известия академии наук. Энергетика №6 2009 г.
5. Сотрудники профильных институтов комментируют критическую ситуацию в хранилище ОЯТ АПЛ в губе Андреева. [электронный ресурс]-  
[http://www.ru/articles\\_ru/articles\\_2007/andreeva\\_interview](http://www.ru/articles_ru/articles_2007/andreeva_interview)
6. Лебедев В.А. Ядерная энергетика и атомный флот. Доклад на научно-техническом семинаре, посвященном 50- летию атомного флота 2009. [электронный ресурс]-  
<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=articles&sid=1813>
7. Рубцов П.М., Ружанский П.А. Оценка радиационных характеристик отработавшего ядерного топлива реакторов атомных подводных лодок и ледокола "Ленин", затопленных в районе архипелага Новая Земля. - Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 3, с. 212-219.
8. Наумов В.А., Рубин И.Е., Днепровская Н.М. и др. Описание ослабления нейтронов в биологической защите методом вероятностей прохождения: Препринт ИПЭ-17.-Минск: изд. Институт проблем энергетике АН Беларуси, 1996.-28 с.

9. Наумов В.А., Рубин И.Е., Днепровская Н.М. Программный комплекс КРАТЕР для расчета нейтронно-физических характеристик тепловых ядерных реакторов. Препринт ИПЭ-14. - Минск –Сосны: ИПЭ АНБ, 1996.
10. Макаров В.И. и др. Состояние и первоочередные предложения по реабилитации радиационно-опасного объекта в БТБ в п. Гремиха. - Материалы международного научного семинара "Научные и технические проблемы обеспечения безопасности при обращении с ОЯТ и РАО утилизируемых АПЛ и НК с ЯЭУ". Москва, 22-24 сентября 2004 г. – М.: Изд-во "Комтех-Принт", 2007, с. 404-426.
11. Рубин И.Е. и др. Быстродействующий расчет многозонной ячейки методом вероятностей прохождения - Атомная энергия, 1998, т. 84, вып.3, с. 219-224.
12. LA-13709-M Manual «MCNPTM-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 4C», Judith F. Briesmeister, Editor, 2000.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСС ЦБП ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

**Оруджова О.Н.** (г. Архангельск, Архангельский государственный технический университет, кафедра строительной механики и сопротивления материалов, E-mail: [olga.orudzhova@yandex.ru](mailto:olga.orudzhova@yandex.ru))

The study results of research of hydraulic properties of working cloths and grids (waste products of pulp and paper industry) as salvage are provided. The recommendations on their application for construction of wood tracks are also provided.

Совершенствование дорожных покрытий, применение новых материалов при строительстве дорог приводит к многообразию дорожных конструкций. Устройство одежды лесовозных дорог является наиболее материалоемким и дорогостоящим процессом в их строительстве, что сказывается на себестоимости лесопродукции. В сложившихся условиях проблеме дорожного строительства в лесу можно решить путем использования отходов целлюлозно-бумажной промышленности в устройстве дорожных конструкций. Таким образом, снижаются материальные затраты и решается проблема утилизации отходов.

Работы по исследованию и практическому применению отдельных видов отработанных сукон и сеток были начаты СевНИИПе (г. Архангельск) в 1984-1989г.г. За это время получены экспериментальные и теоретические результаты. Однако марки сукон и сеток ЦБП образцов, которые были испытаны в те годы, в настоящее время практически не применяются.

Основная цель применения отработанных сукон и сеток ОСС (ОСС) - обеспечение надежного функционирования лесовозной дороги в сложных условиях эксплуатации, а также при наличии технических и экономических преимуществ по отношению к традиционным решениям. При строительстве лесовозных дорог в сложных погодно – климатических условиях регионов Севера и грунтово-гидрологических условиях особое значение имеют гидравлические свойства синтетических прослоек.

Коэффициент фильтрации является основной фильтрационной характеристикой системы «синтетическая прослойка – грунт». Коэффициент фильтрации позволяет оценить скорость движения воды в сукне (сетке), а, следовательно, и ее расход.

Определение коэффициента фильтрации производилось согласно требованиям ГОСТ 25584-90 [1].

Капиллярность характеризует способность ткани поглощать и переносить воду на какую-либо высоту под действием капиллярных сил. Мерой капиллярности является высота капиллярного поднятия. Водопоглощение характеризует способность материала впитывать и удерживать в порах воду при атмосферном давлении воздуха и непосредственном соприкосновении с водой. Проведение испытаний по определению водопоглощения и высоты капиллярного поднятия проводились согласно ГОСТ 3816-81 [2].

Водопроницаемость является одной из основных и решающих характеристик при выборе материала в качестве гидроизоляции конструкций, при разделении слоев грунта, устройстве дренажей, дренажных фильтров, при защите гидроизоляции и армировании дорожных конструкций.

Материалы, используемые для армирования дорожных конструкций, должны обладать не только высокой прочностью и малым растяжением, но и достаточной водопроницаемостью, чтобы обеспечить наиболее благоприятный режим работы дорожной конструкции и исключить эффекта возникновения порового давления.

Некоторые показатели гидравлических свойств ОСС ЦБП

№ п/п	Вид прослойки в дорожной конструкции	Давление, кПа	Коэффициент фильтрации (сквозной), $K_{10}$ , м/сут, не менее	Водопроницаемость перпендикулярно плоскости материала $\psi$ , сут <sup>-1</sup> , не менее	Высота капиллярного поднятия, мм, не менее		Водопоглощение, %, не менее
					вдоль	поперек	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	сетка	2	0,4	1120	-	-	-
		20	0,3	862			
		200	0,2	595			
2	сукно	2	1,9	632	131	71	82
		20	1,6	546			
		200	0,4	171			
4	геотекстиль «Дорнит»		40-50	-	20-80		430-490

При неблагоприятных гидрологических условиях, когда имеется опасность переувлажнения за счет капиллярного поднятия грунтовых вод, можно устроить гидроизолирующие или дренирующие прослойки из ОСС (рис. 1).

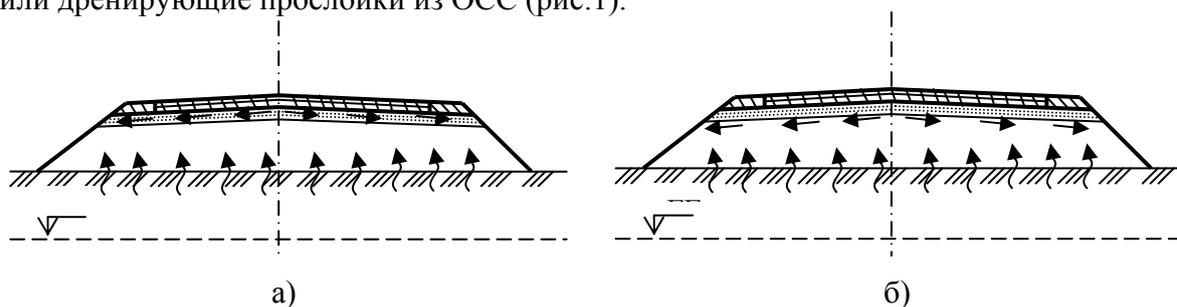


Рис. 1. Схема конструкции дренирующих (а) и изолирующих (б) прослоек под дорожной одеждой

При строительстве временных дорог в районах распространения слабых грунтов целесообразно применение ОСС в качестве армирующих и защитных элементов в нижней части (основании) насыпей, что позволило бы снизить объемы земляных дорог, обеспечило бы устойчивость основания и откосов насыпей, снизило бы неравномерность осадок (армирование и защита) [3, 4]. Устройство прослоек также исключает (уменьшает) взаимопроникновение материалов насыпи и грунта основания (разделительная прослойка), улучшает условия отсыпки и уплотнения насыпи, что облегчает технологию производства работ, сокращает потери материала насыпи. При устройстве временных автомобильных дорог, подъездов, обеспечении проезда на период строительства в сложных грунтово-гидрологических условиях прослойки укладывают непосредственно на основание, в нижней части насыпи или на лежневой настиле, фашинную выстилку.

От грунтовых и гидрогеологических условий местности, наличия и состояния водосточных и дренажных устройств в значительной степени зависят прочность и работоспособность дорожных одежд.

**Выводы:**

1. По величинам коэффициента сквозной фильтрации, водопроницаемости (перпендикулярно плоскости материала) и водопоглощения ОСС значительно уступают геотекстилю марки «Дорнит».
2. По величине высоты капиллярного поднятия ОСС сопоставимы с геотекстилем марки «Дорнит».
3. По исследуемым параметрам гидравлических свойств ОСС могут быть использованы в качестве гидроизолирующих и дренирующих прослоек в дорожных конструкциях лесовозных дорог, а также выполнять функции фильтра и дрены.

**Список литературы**

1. ГОСТ 25584-90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации [Текст]. – Введ. 1990 – 09 – 01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1990. – 17с.
2. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств [Текст]. – Введ. 1982 – 07 – 01. – М.: Государственный комитет СССР по стандарту: Изд-во стандартов, 1992. – 19с.
3. Оруджова, О.Н. Применение отработанных сукон и сеток в строительстве лесовозных дорог [Текст]/ О.Н.Оруджова// Наука – северному региону. Сборник научных трудов. Вып. 78. - Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2009. – с.101-105.
4. Оруджова, О.Н. Исследование физико-механических свойств отработавших срок сеток и сукон ЦБП, как вторичного продукта [Текст]/ О.Н.Оруджова// Наука и технологии. Итоги диссертационных исследований (серия «Избранные труды Российской школы» Том 2 - М.: РАН, 2009. – с.142 – 153.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

**Осипова Н.Н.** (г. Саратов, ГОУ ВПО Саратовский государственный технический университет, каф. «Теплогазоснабжение и вентиляция», [tgs@sstu.ru](mailto:tgs@sstu.ru))

The article presents the results of studies to determine the optimal parameters of regional gas distribution systems based on liquid hydrocarbons, natural gas

В настоящее время большая часть территории России не охвачена поставками сетевого природного газа (около 45% городов и поселков городского типа и 75-80% потребителей в сельской местности). Широкое распространение как источники газоснабжения городов и сельских населенных пунктов Российской Федерации, удаленных от магистральных газопроводов природного газа получили сжиженные углеводородные газы (СУГ).

В большинстве случаев транспортировка СУГ с газонаполнительных станций (ГНС) потребителю осуществляется с помощью автомобильного транспорта. На стоимость доставки сжиженного газа влияет удаленность потребителя от опорного пункта газоснабжения, объемы доставляемого газа (баллоны и цистерны), вид дорожного покрытия (асфальтобетонное покрытие или грунтовые дороги) и д.т.

Как показывают теоретические и экспериментальные исследования [1], а также практический опыт эксплуатации поселковых систем снабжения при использовании населением СУГ на цели пищеприготовления, а также на цели пищеприготовления и горячего водоснабжения в качестве источников поселковых систем газоснабжения могут применяться как индивидуальные баллонные установки, так и индивидуальные (групповые) резервуарные установки.

При использовании СУГ на цели пищеприготовления, горячего водоснабжения и отопления зданий, в качестве источников поселковых систем газоснабжения следует применять только индивидуальные (групповые) резервуарные установки [2].

Примем в качестве целевой функции задачи удельные (на 1 т продукта) приведенные затраты в систему газоснабжения по комплексу ГНС – потребитель.

Поскольку затраты в бытовые газовые приборы (газовые плиты, водонагреватели, газовые отопительные печи и котлы) не зависят от параметров региональных систем снабжения СУГ, при разработке целевой функции указанную составляющую исключаем из общей структуры затрат.

В общем случае, для смешанной схемы газоснабжения (через баллонные и резервуарные установки) целевая функция задачи имеет вид функционала:

$$Z = f(Z_{\text{ГНС}}^{\text{р}}; Z_{\text{ат}}^{\text{р}}; Z_{\text{ру}}; Z_{\text{рг}}; Z_{\text{вг}}; Z_{\text{ГНС}}^{\text{б}}; Z_{\text{ат}}^{\text{б}}; Z_{\text{бу}}), \quad (1)$$

где  $Z_{\text{ГНС}}^{\text{р}}$ ,  $Z_{\text{ГНС}}^{\text{б}}$  – удельные приведенные затраты по газонаполнительной станции при реализации газа через резервуарные и баллонные установки, руб/т;

$Z_{\text{ат}}^{\text{р}}$ ,  $Z_{\text{ат}}^{\text{б}}$  – удельные приведенные затраты в доставку газа автомобильным транспортом при его реализации через резервуарные и баллонные установки, руб/т;

$Z_{\text{ру}}$ ,  $Z_{\text{бу}}$  – удельные приведенные затраты в резервуарные установки и баллонные установки потребителя, руб/т;

$Z_{\text{рг}}$ ,  $Z_{\text{вг}}$  – удельные приведенные затраты в распределительные и внутридомовые газопроводы, руб/т.

Преобразование функционала (1) с учетом способа реализации газа и доставки потре-

бителю (автоцистерны или баллоновозы), дальности доставки, вида дорожного покрытия определяет вид целевой функции задачи:

$$Z = \frac{A_p \beta^{0.2}}{\pi^{0.8} q^{0.8} R_0^{1.6}} + (0.8b_p R_0 + M_p) \beta + \frac{A_6 (1-\beta)^{0.2}}{\pi^{0.8} q^{0.8} R_0^{1.6}} + (0.8b_6 R_0 + M_6)(1-\beta), \quad (2)$$

$$\text{где } M_p = a_p + Z_{py} + Z_{pr} + Z_{вр}; \quad M_6 = a_6 + Z_{6y} \quad (3)$$

где  $A_p, A_6, a_p, a_6, b_p, b_6$  – стоимостные параметры, численные значения которых зависят от способа реализации газа, дорожных условий, вида автомобильного транспорта (автоцистерны или баллоновозы) [3];

$R_0$  – радиус действия газонаполнительной станции, км;

$q$  – плотность газопотребления на территории прилегающей к ГНС, т/(год·км<sup>2</sup>);

$\beta$  – доля потребителей, использующих СУГ на все бытовые нужды (отопление, горячее водоснабжение, пищеприготовление).

При отсутствии резервуарного газоснабжения потребителей ( $\beta=0$ ) целевая функция задачи примет следующий вид:

$$Z = \frac{A_6}{q^{0.8} \pi^{0.8} R_0^{1.6}} + 0,8b_6 R_0 + M_6 \quad (3)$$

Аналогично, при отсутствии баллонного газоснабжения потребителей ( $\beta=1$ ):

$$Z = \frac{A_p}{\pi^{0.8} q^{0.8} R_0^{1.6}} + 0,8b_p R_0 + M_{py} \quad (4)$$

Для нахождения оптимального радиуса действия газонаполнительной станции  $R_0^{opt}$  продифференцируем уравнения (2 - 4) по управляющему параметру  $R_0$  и приравняем их к нулю.

В результате имеем:

- смешанная схема газоснабжения потребителей СУГ (резервуарное и баллонное газоснабжение при  $0 < \beta < 1,0$ ):

$$R_0^{opt} = \left[ \frac{2(A_p \beta^{0.2} + A_6 (1-\beta)^{0.2})}{\pi^{0.8} q^{0.8} (b_p \beta + b_6 (1-\beta))} \right]^{0.385} \quad (5)$$

- снабжение потребителей СУГ через баллонные установки  $\beta = 0$ :

$$R_0^{opt} = \left[ \frac{2A_6}{\pi^{0.8} q^{0.8} b_6} \right]^{0.385} \quad (6)$$

- снабжение потребителей СУГ через резервуарные установки  $\beta = 1,0$ :

$$R_0^{opt} = \left[ \frac{2A_p}{\pi^{0.8} q^{0.8} b_p} \right]^{0.385} \quad (7)$$

Оптимальная мощность газонаполнительной станции, т/год, при баллонной, резервуарной и смешанной схемах снабжения потребителей СУГ, определяется по формуле:

$$N_{opt} = q \pi (R_0^{opt})^2 \quad (8)$$

В целях численной реализации экономико-математической модели (1÷8) были проведены расчеты. В расчетах использовались следующие исходные данные:

- плотность газопотребления на территории, прилегающей к ГНС:  $q=0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0$  т/(год·км<sup>2</sup>);

- схема снабжения потребителей СУГ: от индивидуальных баллонных установок, от групповых резервуарных установок, от индивидуальных баллонных и групповых резервуарных установок;

- характеристика дорожной сети: дороги с асфальтобетонным покрытием – 85% пути, дороги со смешанным типом покрытия (переходный тип покрытия и грунтовые дороги) – 15% пути;

- характер застройки населенного пункта – одноэтажная, усадебная застройка, 50% с компактной и 50% с разбросанной планировкой;

- доля газа, реализуемая через резервуарные установки:  $\beta = 0; 0,5; 1,0$ .

Результаты расчетов приводятся в табл.1.

Таблица 1. Оптимальные параметры систем снабжения СУГ

Плотность газопотребления, $q$ т/(год км <sup>2</sup> )	Реализация СУГ через:					
	индивидуальные баллонные установки ( $\beta = 0$ )		групповые резервуарные установки ( $\beta = 1$ )		групповые резервуарные и индивидуальные газобаллонные установки ( $\beta = 0,5$ )	
	$R_{opt}$ , км	$N_{opt}$ , т/ГОД	$R_{opt}$ , км	$N_{opt}$ , т/ГОД	$R_{opt}$ , км	$N_{opt}$ , т/ГОД
0,2	197	24372	284	50652	216	29300
0,5	149	34856	215	72573	163,5	41970
1,0	120	45216	173	93977	132	54711
2,0	97	59089	140	123088	106	70562
4,0	78	76415	113	160379	86	92894

Как видно из табл.1 значения радиуса действия ГНС изменяются в зависимости от плотности газопотребления на газоснабжаемой территории. С увеличением плотности газопотребления  $q$  от 0,2 т/(год·км<sup>2</sup>) до 4,0 т/(год·км<sup>2</sup>) радиус действия станции  $R_{opt}$  уменьшается, а мощность станции  $N_{opt}$  увеличивается.

В существующей практике снабжение потребителей сжиженным газом осуществляется, как правило, от газонаполнительных станций, мощность которых варьируется в пределах от 3 до 12 тыс.т/год. В отдельных случаях применяются станции мощностью до 25 тыс.т/год (кустовые базы СУГ).

Проведенные исследования показывают, однако, что оптимальное функционирование систем газоснабжения требует значительного повышения их централизации на базе газонаполнительных станций повышенной мощности до 30-160 тыс.т/год с радиусом действия до 78-284 км, то есть на базе ГНС областного и межобластного характера.

### Список литературы:

1. Курицын, Б.Н. Объективный выбор децентрализованного источника снабжения сжиженным газом / Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова, Е.В. Иванова// Строительная инженерия. – 2006. – №9. – С. 25-30.
2. Осипова, Н.Н. Децентрализованные системы снабжения сжиженным газом от индивидуальных резервуарных установок/Н.Н. Осипова, Б.Н. Курицын, Е.В. Иванова// Строительная инженерия. – 2006. – №7–8.
3. Рекомендации по проектированию и строительству систем газоснабжения малых и средних городов и населенных пунктов сельской местности. – Саратов: Гипрониигаз, 1985. – 144 с.

## АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ КОРПОРАТИВНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОМПАНИИ

Слепухин Ю.А., Панкратов П.С. (п. Мурманши, филиал ОАО «МРСК Северо-Запада «Колэнерго», [uaslepuhin@kolenergo.ru](mailto:uaslepuhin@kolenergo.ru))

Aspects of application of the automated systems of monitoring and the account of the electric power in a network complex of the Murmansk power supply system, as bases of the integrated storehouse of the data for fast extraction and representation of the necessary data on analytical processing, and as a way of increase of efficiency and information support of complex work are considered.

Сегодня развитие энергосберегающих технологий характеризуется комплексным внедрением автоматизированных систем диспетчеризации, учета электроэнергии и энергоресурсов.

23.08.95г. подписан Приказ РАО «ЕЭС России» №381 «О создании автоматизированных систем контроля и учета электро-и теплоэнергии (АСКУЭ)» и дальнейшем развитии их в РАО «ЕЭС России» и акционерных обществах энергетики и электрификации.

На базе приказа РАО «ЕЭС России» сформировалась устойчивая тенденция к массовому внедрению автоматических систем коммерческого учета электроэнергии, в рамках которых решаются задачи сбора данных по передаче и потреблению электроэнергии, их обработки, хранения, выработки управляющих мер при возникновении нештатных ситуаций. Вклад этой составляющей в общий показатель эффективности тем больше, чем шире масштабы системы.

В настоящей статье будут рассмотрены аспекты применения АСКУЭ в сетевом комплексе Мурманской энергосистемы (далее энергосистема), как путь повышения эффективности работы.

Учет **активной** электроэнергии должен обеспечивать определение количества энергии:

- переданной в другие энергосистемы или полученной от них;
- отпущенной потребителям из электрической сети энергосистемы;
- отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин узлов нагрузки (УН) энергосистемы;
- потребленной на собственные и хозяйственные (раздельно) нужды объектов энергосистемы.

Кроме того, учет активной электроэнергии должен обеспечивать возможность:

- 1) определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы;
- 2) контроля за соблюдением заданных потребителям режимов потребления и баланса электроэнергии.

Учет **реактивной** электроэнергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты за потреблённую электроэнергию, или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

Внедрение АСКУЭ в энергосистеме, позволяет решить задачу по учету активной и реактивной энергии потребленной на собственные нужды и хозяйственные нужды сетевой

компании, отпущенные потребителям, переданные в другие энергосистемы или полученные от них и отпущенные потребителям из электрической сети. А также контроль заданного режима работы компенсирующих устройств.

При создании системы АСКУЭ в региональной сетевой компании Мурманской области, решена задача эффективности управления деятельностью сетевого комплекса за счет обеспечения большей достоверности, полноты, своевременности поступающей информации по передаче электроэнергии.

Внедрение АСКУЭ обеспечила возможность:

1. оперативно контролировать и анализировать режим потребления электроэнергии и мощности основными потребителями;
2. осуществлять оптимальное управление нагрузкой потребителей;
3. собирать данные и формировать балансы электроэнергии, как на отдельных объектах энергосистемы, так и в целом по энергосистеме;
4. собирать и передавать на верхний уровень центра сбора информацию и формировать на этой основе данные для проведения коммерческих расчетов между поставщиками и потребителями электрической энергии.

АСКУЭ внедренная в Региональной сетевой компании имеет следующую структуру:

- 1 интервальные счетчики электрической энергии и мощности;
- 2 устройства сбора и передачи данных (УСПД);
- 3 центральный сервер сбора данных с установленным специальным программным обеспечением;
- 4 выделенные каналы связи, а так же канал связи GSM;
- 5 автоматизированные места пользователей информации и администратора системы, а так же предоставляется возможность организации удаленных рабочих мест.

Выбор технических средств для построения АСКУЭ Региональной сетевой компании (РСК) определялся, в первую очередь, количеством точек учета системы и возможности создания межсерверного обмена данными с АСКУЭ смежных энергетических предприятий Мурманской области, таких как Филиал Кольский ТГК-1, ОАО МЭС Северозапада и другими компаниями.

В РАО «ЕЭС России» 12 октября 2001г. Утверждено **«Положение об организации коммерческого учёта электроэнергии и мощности на оптовом рынке»**, имеющее обязательную силу для всех субъектов оптового рынка, независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности и распространяется в части технических требований (Приложение 1-4) на вновь вводимые и модернизируемые системы коммерческого учёта.

Данным положением определены требования к средствам автоматизации контроля и учета электроэнергии и мощности для АСКУЭ. Они содержат требования к точностным характеристикам, которые должны определяться в основном классом точности счетчика электрической энергии, установленного на входе канала, требования к показателям назначения, программному обеспечению, устойчивости к внешним воздействиям и другие требования, необходимые для создания системы.

Основным источником измерительной информации в любой АСКУЭ является ее нижний уровень. Точность и достоверность результатов измерений обеспечиваются, в первую очередь, показателями качества и точностными характеристиками средств используемых в составе нижнего уровня АСКУЭ. Поэтому в РСК при создании нижнего уровня системы применены интервальные счетчики типа «Альфа» и «ЕвроАльфа» с классом точности 0.5.

Существует и другой весьма важный для АСКУЭ показатель - погрешность передачи информации по линиям связи АСКУЭ. Поэтому информация с нижнего уровня системы АСКУЭ передается преимущественно по волоконно-оптическим линиям связи.

В пределах энергосистемы АСКУЭ охватывает несколько уровней: систему выработки (контроль поступления электроэнергии в распределительную сеть), систему распределения и, на конец, систему потребления электроэнергии.

Полученная, обработанная и накопленная информация АСКУЭ в региональной сетевой компании позволила решить следующие задачи:

1.Режимные:

- снижение потерь энергии в электрических сетях энергосистемы;
- обеспечение контроля объемов потребления электроэнергии, установленных договорами с энергоснабжающими организациями;
- контроль значений активного и реактивного максимума в часы максимальных нагрузок энергосистемы.
- получасовой и суточный контроль количества переданной электроэнергии потребителям;
- контроль потребляемой мощности и энергии во время введения режимов ограничения нагрузки при дефиците мощности в энергосистеме;
- контроль показателей качества электроэнергии;
- текущий контроль эффективности использования электроэнергии на собственные и хозяйственные нужды объектов энергосистемы.

2.Организационно - экономические:

- обеспечение коммерческих отношений с внешними организациями на всех точках поставки электроэнергии в сеть и границах балансового разграничения (коммерческого учета) с потребителями;
- составление и анализ энергетических балансов по отдельным узлам нагрузки и энергосистемы в целом;
- прогнозирование и планирование передачи электроэнергии в период максимальных нагрузок.

Для реализации всех функций АСКУЭ достаточно обеспечить режим «мягкого» реального времени. Однако для аварийных, а иногда и послеаварийных режимов электросетевого комплекса требуется режим «жесткого» реального времени.

Такие режимы обеспечиваются в АСКУЭ РСК путем передачи данных, в зависимости от возможностей каналов связи с пяти и тридцати минутным интервалом времени. Часть системы АСКУЭ позволяет передавать данные о выработке и выдаче в сеть электроэнергии с одноминутным интервалом времени для диспетчерского управления режимами энергосистемы.

Современные информационные технологии позволяют построить АСКУЭ любой архитектуры.

**Список литературы:**

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов,1998.
2. Основы энергосбережения: методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А. А. Арутюнян. - М. : Энергосервис, 2007. - 593 с. : ил. - Библиогр.:

с. 567-587.

3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. - М. : Омега-Л, 2008. - 254, [1] с. - (Безопасность и охрана труда).

4. Сюсюкин А.И. Основы электроснабжения предприятий. В двух частях – Тюмень: ТюмГНГУ, 1998; ч.2 с 312-326.

5. Мозгалев В. С., Богданов В. А., Карташев И. И. и др. Оценка эффективности контроля качества электроэнергии в ЭЭС//Электрические станции. 1999. №1.

**Основные нормативные документы:**

1. Постановление Госстандарта России от 14 августа 2001 года № 74 «О внесении изменений и дополнений в Номенклатуру продукции и услуг (работ), в отношении которых законодательными актами Российской Федерации предусмотрена их обязательная сертификация».

2. Письмо Госэнергонадзора Министерства энергетики Российской Федерации от 16 апреля 2001 года № 32-02-04/44 «О внесении в действие РД 153-34.0-15.501-00.

3. РД-34.11.114-98 "Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования".

4.РД-153-34.0-15.501-00 Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1 и 2". Москва, 2000.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ, КАК СРЕДСТВО АНАЛИЗИРУЮЩИХ И СИНТЕЗИРУЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Слепухин Ю.А., Мухалев В.А., Панкратов П.С.** (*п. Мурманск, филиал ОАО «МРСК Северо-Запада «Колэнерго», uaslepuhin@kolenergo.ru*)

The task of modeling of electric network was set and analysis was introduced. Main fields of implementation of modeling of schemes for power supply were estimated.

В процессе эксплуатации электрических сетей и электроустановок возникают повреждения и переходные режимы работы, приводящие к изменению качества электроснабжения. Специалист по электроснабжению должен уметь разрабатывать и принимать адекватные технические решения по восстановлению их нормального режима работы.

Вопросы надежной работы электрических сетей, предупреждения и локализации возникающих аварийных режимов и скорейшее восстановление качества электроснабжения потребителей постоянно находятся в центре внимания науки и практиков, занимающихся эксплуатацией.

Причинам возникновения, методам и средствам анализа работы электрической сети посвящены многие работы [1,2,3]. Методики прогнозирования провалов напряжения, позволяют рассчитать их глубину, длительность и частотность при трехфазных коротких замыканиях на воздушных линиях с учетом грозовой активности региона.

Краткий обзор работ, посвященных проблеме совершенствования качества электроснабжения, показывает актуальность разработки моделей для исследования режимов работы типовой схемы электроснабжения. На основании моделей, реализуемых в виде нейронно-нечетких сетей реальных переходных процессов исправного электрооборудования предложена реализация методики оценки технического состояния электрооборудования в реальном масштабе времени. Показывается эффективность ограничения величины токов короткого замыкания посредством метода стационарного деления электрической сети.

В настоящее время отсутствует общепризнанное определение понятия «модель». Наиболее характерные из них: модель - «некий объект, который в определенных условиях может заменять оригинал, воспроизводя интересующие свойства и характеристики оригинала» [5], «материальная или идеальная (мыслимо представляемая) система, создаваемая и/или используемая при решении конкретной задачи с целью получения новых знаний об объекте оригинале, адекватная ему с точки зрения изучаемых свойств и более простая, чем оригинал, в остальных аспектах» [6].

Таким образом, можно утверждать, что модель несет в себе информацию о реальности, воспринятую субъектом и выраженную им в форме мыслительной конструкции, рисунка, математической формулы, словесного текста, графического изображения, компьютерной программы, некоего устройства, совмещающего в себе вышеперечисленное и т.п. Поэтому любая модель (независимо от способа её выражения) субъективна по своему содержанию. Это означает, что для одного и того же реального объекта можно построить совершенно разные модели, отражающие субъективный взгляд того или иного исследователя на объект изучения.

Различными авторами в зависимости от целей исследования предлагаются различные основания для классификации моделей: по масштабности тематики предметных областей моделирования, по способам построения моделей [7], по методам формализованного представления систем [8] и другие. На рисунке 1 представлен один из вариантов классификации моделей, приведенный в [9].

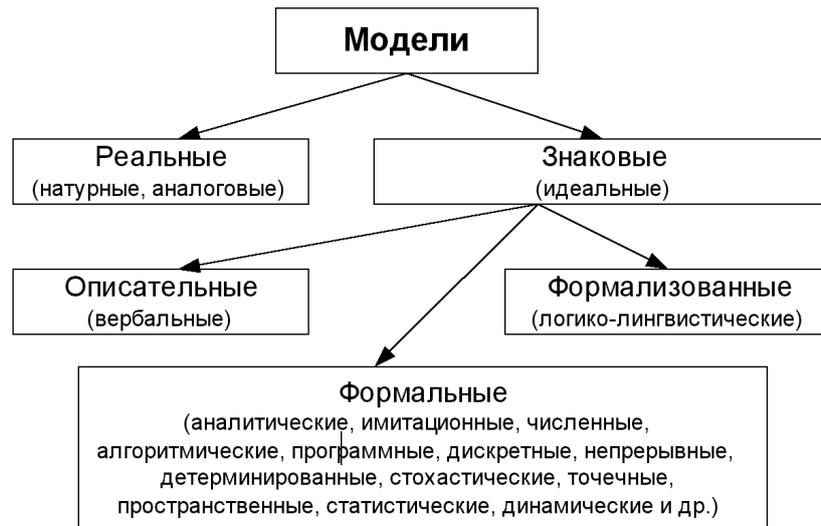


Рисунок 1- Классификация моделей

Являясь средством выделения и обобщения изучаемых сторон объекта, модель характеризуется анализирующими и синтезирующими функциями – с её помощью объект изучается поэлементно, а затем объединяется из разрозненных данных в единое целое на основе закономерностей и логического рассуждения.

Перед моделью ставится задача – объяснить, каким образом некоторые стороны явления влияют друг на друга или на весь изучаемый процесс в целом. Построение такой модели можно осуществить только при использовании научной теории, её закономерностей, определенных правил и принципов, а также опытных данных.

Моделирование электрической сети основывается на принципе материального единства мира, наличия в живой и неживой природе общих законов развития, на признании всеобщей связи и взаимообусловленности явлений.

Наряду с системой-оригиналом, которую принято обозначать  $S^0$ , рассматривать её модель, в качестве которой выступает некоторая другая система  $S$ , представляющая собой образ (подобие) оригинала  $S^0$  при моделирующем отображении (соответствии подобия), что принято обозначать записью:  $f : (S^0) \rightarrow S$ , где скобки означают, что  $f$  - частично определенное отображение, то есть не все черты оригинала отражаются моделью.

Моделирующее отображение  $f$  обычно представляют в виде композиции (продукта последовательного выполнения) двух отображений – огрубляющего  $g$  и гомоморфного  $h$  (от греческого *homos* - одинаковый + греческого *morphē* - форма):  $g : (S^0) \rightarrow S^1$ ;  $h : S^1 \rightarrow S$ ;  $f = h \circ g$ ;  $g : (S^0) \rightarrow S^1$ , где  $S^1$  некоторая подсистема системы  $S^0$ .

Моделирование, как правило, представляет собой создание упрощенного образа оригинала, и это упрощение (огрубление) осуществляется отображением  $g$ , при которой, сознательно удаляя из системы  $S^0$  некоторые компоненты (элементы) и связи, мы получаем подсистему  $S^1$ . В то же время модель должна в определенном смысле верно отражать оригинал, хотя, возможно, и огрублено, или агрегировано. Именно это и осуществляет гомоморфное отображение  $h$  подсистемы  $S^1$  на модель  $S$ .

В зависимости от характера огрубления и степени агрегирования для одного и того же оригинала можно получить несколько различных моделей. Стратегия моделирования заключается в попытке путем упрощения получить модель, свойства и поведение которой можно

было бы эффективно изучать, но которая в то же время оставалась бы сходной с оригиналом, чтобы результаты изучения были применимы к оригиналу. Обратный переход от модели  $S$  к оригиналу  $S^0$  называется интерпретацией модели.

Существенным свойством моделирования является широта возможностей исследования: от рассмотрения очевидных наглядных признаков явления до изучения тех сторон, которые скрыты и недоступны для непосредственного наблюдения. Таким образом, моделирование предусматривает проведение опытов, расчетов, наблюдений, логического анализа на моделях, с тем, чтобы по результатам такого исследования можно было судить о явлениях, происходящих в действительных объектах. Моделирование позволяет объединять эмпирическое и теоретическое, сочетать при исследовании прямое наблюдение, факты, с построением логических конструкций и научных абстракций (рисунок 2).

Моделирование схем электроснабжения позволяет:

- по результатам опытов, расчетов, измерений, наблюдений, логического анализа, судить о явлениях, происходящих в действительных объектах;
- по результатам изучения различных сторон оригинала создавать обобщенную, абстрактную, модель объекта;
- выступать в качестве заменителя или представителя объекта изучения;
- выступать в качестве средства комментирования определенных сведений об изучаемом объекте;
- выступать в качестве оператора, связывающего аппарат выражения модели и проводящего решение поставленных задач.

По причине накладывания определенных ограничений на модель, моделирование используется только для решения специально выделяемой части свойств изучаемого объекта, отраженных в модели. Для чего исследователь выделяет те свойства оригинала (абстрагируется от «несущественных» на данный момент свойствах оригинала), которые позволяют ему сосредоточить все внимание на признаках изучаемого явления.

По степени абстракции разрабатываемые модели можно расположить в следующем порядке:

- наблюдение процессов и их словесное описание (вербальная модель);
- имитирование один к одному (натурное моделирование);
- игровое моделирование;
- машинное моделирование;
- аналитические (математические, логико-математические) модели.

Принято выделять три основные области применения моделирования: обучение, научные исследования и управление. При обучении с помощью моделей достигается высокая наглядность отображения различных объектов и облегчается передача знаний о них. Это в основном модели позволяющие описать и объяснить систему. В научных исследованиях модели служат средством получения, фиксирования и упорядочения новой информации, обеспечивая развитие теории и практики. В управлении модели используются для обоснования и принятия решения.

В настоящее время на основании приведенных теоретических положений разработана модель силовой схемы и схемы защиты и автоматики лабораторного стенда для исследования режимов работы типовой схемы электроснабжения, которая применяется в учебном процессе направления подготовки дипломированных специалистов «Электроэнергетика».

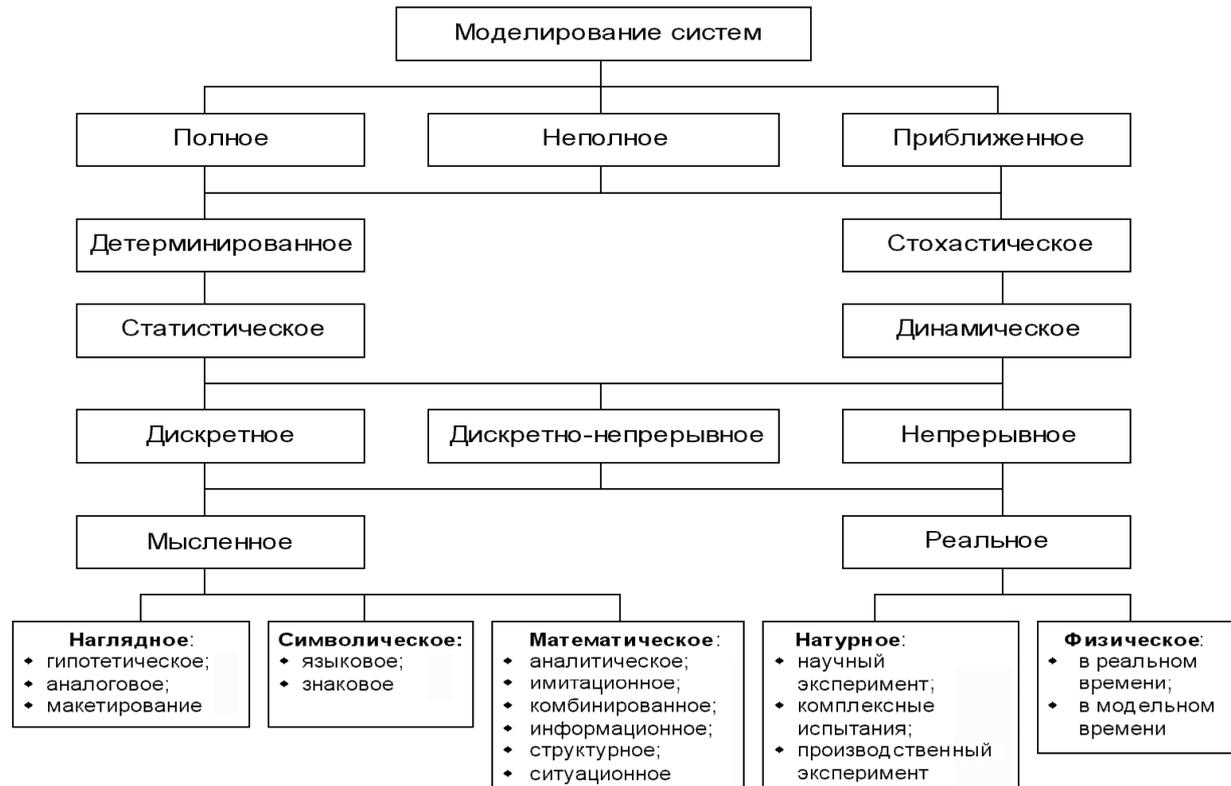


Рисунок 2 - Вариант классификации видов моделирования

### Список литературы:

1. Карташев, И.И. Анализ провалов напряжения в электрических сетях 110-220 кВ / Карташев И.И., Плакида А.В., Хромышев Н.К. // Электричество.- 2005.- № 4.- С.2-8.
2. Александров, Г.Н. К расчету токов короткого замыкания в электрических сетях / Александров Г.Н. // Электричество. - 2004.- №7.- С.16-22.
3. Агмалов, О.Н. Методика оценки технического состояния электрооборудования в реальном времени с помощью нечетких моделей / Агмалов О.Н., Костерев Н.В., Лукаш Н.П. // Электричество.- 2004.- № 1.- С.40-49.
4. Мозгалев, К.В. Токи короткого замыкания и эффективность стационарного деления электрической сети / Мозгалев К.В., Неклепаев Б.Н., Шунтов А.В. // Электричество .- 2004.- № 10.- С.16-22.
5. Антонов А.В. Системный анализ : [учебник для вузов] / А.В.Антонов. – М.: Высш. шк., 2004. – 454 с.
6. Надежность и эффективность в технике. Т.3. Эффективность технических систем : [справочник] / под общ. ред. В.Ф.Уткина, Ю.В. Крючкова. – М., 1998.- 328 с.
7. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука.- 1978. – 339 с.
8. Волкова, В.Н. Основы теории систем и системного анализа / В.Н. Волкова, А.А. Денисов.-2-е изд, перераб. и доп.- СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 512 с.
9. Веников, В. А. Физическое моделирование электрических систем / Веников, В.А., Иванов-Смоленский А. В.- М.: Л.: Госэнергоиздат,1956.- 359 с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЫТОВОГО ЭЛЕКТРОИНКУБАТОРА С РЕЗЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ ИНКУБАЦИИ

**Ерошенко Г.П.<sup>1</sup>, Тулегенов К.К.<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>*Саратов, Россия, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова,* <sup>2</sup>*Уральск, Казахстан, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, кафедра «Энергетика», e-mail: kkt\_zhan@mail.ru*)

В данной работе проводится эксперимент бытового электроинкубатора с резервной системой инкубации. Разработана экспериментальная установка для проведения исследований отдельных узлов. В результате получены связь между коэффициентами неравномерности температуры и основными параметрами БЭИ.

The experiment household of electrical incubator with reserve system incubator is spent in the given work. The experimental installation for realization of researches of separate units is developed. In result connection between factors of non-uniformity of temperature and basic parameters HEI are received.

Главные направления совершенствования инкубаторов выявлены теоретическим положением эффективности БЭИ[1].

Целью экспериментальных исследований является контролю работоспособности предлагаемого инкубатора и его теоретических положений. Вместе с тем необходимо найти количественные связи главных параметров инкубатора на основе экспериментальных данных, что позволит учесть те факторы, которыми мы пренебрегали на уровне идеализированных теоретических исследований.

При проведении эксперимента получены следующие решаемые задачи, такие как

- на основе инициативного планирования многофакторного эксперимента определить равномерность температурного поля в зоне расположения яиц;
- исследовать работоспособность РСИ;
- установить динамические свойства электроинкубатора и РСИ;
- исследовать работоспособность электроинкубатора с резервной системой.

Эксперимент тепло аккумулирующего электронагревателя, управляемых заслонок и сигнализации содержится в методике проверки функционирования РСИ. Для этого изготовлено два электронагревателя. В первом теплоаккумулирующее вещество является вода, а во втором - кирпич (красный обожжённый). Внутри теплоаккумулирующей массы размещались нагревательные элементы в виде спирали из нихрома. Теплоизоляция выполняется из нескольких слоев стеклоткани. Управляемыми заслонками проведена многократная имитация срабатывания и построена их диаграмма.

Разработана схема для проверки свойств инкубатора, которая позволяет проверять изменение температуры в зоне размещения яиц и создавать переходные режимы работы инкубатора. Имитируется партия яиц по поверхности охлаждения с помощью полиэтиленовых пакетов, заполненных водой и по массе.

Температурное поле контролируется в трех слоях: в нижнем - на поверхности электронагревателя и на входе вентиляционных отверстий; в среднем — на решетке (в лотке) для размещения яиц; под крышкой - в отверстии выходного вентиляционного канала. Детально изучается поле в лотке для яиц.

Разработана и изготовлена экспериментальная установка для экспериментального исследования отдельных узлов и всего инкубатора [2], позволяющая осуществлять любой тре-

буемый режим для опытной и производственной проверки инкубатора, в состав которого входят непосредственно инкубатор, силовой и измерительный блоки.

По результатам активного эксперимента получено аналитическое описание связи между коэффициентом неравномерности температуры и основными параметрами БЭИ. По влиянию на равномерность температуры значимость факторов следующая: тепловое сопротивление стенок инкубатора, площадь электронагревателя и подогрев воздуха. Экспериментальные данные также подтвердили высокую точность расчётов ( $\pm 3...6\%$ ) результирующей температуры, интенсивности охлаждения и других параметров.

**Список литературы:**

1. Ерошенко Г.П., Рассказов В.П, Исследование теплового поля аккумулирующей электронагревательной установки // Электрификация сельскохозяйственного производства. – Саратов: Сарат. СХИ. – 1978. вып.119. – С. 21-27.
2. Спиридонов А,А., Рассказов В.П. Применение методов активного планирования эксперимента для исследования аккумулирующих электронагревательных установок: Сб. науч. раб/ Электрификация сельскохозяйственного производства. – Саратов: Сарат. СХИ. – 1977. Вып. 96. – 35 с.

## **ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОРТОВОГО И СВЯЗАННЫХ С НИМ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЭКОНОМИКЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Фофанова А.Ю.** (г. Мурманск, НОУ «Мурманский гуманитарный институт», кафедра национальной экономики, *n.p.fofanova@mail.ru*)

Экономическую ситуацию в области во многом определяет портовый комплекс, входящий в транспортный комплекс региона. Он представлен тремя морскими портами - Мурманск, Кандалакша и Витино, формирующими морской портовый комплекс, который не смог бы достигнуть собственных успехов без тесного сотрудничества с предприятиями железнодорожного, морского, автомобильного и воздушного транспорта. У них же имеются собственные проблемы, снижающие эффективность функционирования данного комплекса.

The economic situation in the region is defined in many respects by the port complex entering into a transport complex of region. It is presented by three seaports - Murmansk, Kandalaksha and Vitino forming a sea port complex which could not reach own successes without close cooperation with the enterprises of railway, sea, automobile and air transport. They have own problems reducing efficiency of functioning of the given complex.

Предыдущей Стратегией социально-экономического развития Мурманской области до 2015 г. было выделено пять базовых комплексов, определяющих в среднесрочной и долгосрочной перспективе темпы и пропорции экономического развития региона: горнорудная промышленность; ТЭК; рыбная промышленность; транспорт (порты и смежные предприятия) и коммуникации; АПК. Такое деление не утратило своей актуальности при разработке новой стратегии – до 2025 г.

В XXI в. основная доля (57,1%) [3] валового регионального продукта (ВРП) Мурманской области создается предприятиями промышленности, экспортирующими 42% произведенного продукта морским путем. В связи с этим, экономическую ситуацию в области во многом определяет портовый комплекс, входящий в транспортный комплекс региона, доля которого в структуре ВРП составляет примерно 14%. [2] Он представлен тремя морскими портами, Мурманск, Кандалакша и Витино, формирующими морской портовый комплекс.

Изучив функционирование портового комплекса мы приходим к заключению, что его влияние на экономику Мурманской области состоит в следующем: он платит налоги (увеличивая налоговую базу, возрастают платежи в бюджеты всех уровней и внебюджетные фонды), которые, главным образом, формируют региональный бюджет; увеличивает занятость населения; он определяет уровень благосостояния местного населения; активизирует деловую активность и пр.

Однако, портовый комплекс не смог бы достигнуть таких успехов без тесного сотрудничества с предприятиями железнодорожного, морского, автомобильного и воздушного транспорта. У них же имеются собственные проблемы, снижающие эффективность функционирования данного комплекса, которыми нельзя пренебречь.

Объект исследования – функционирование, связанных с портовым, транспортных комплексов, помогающих ему выполнять основную цель: переработку грузов в изменяющихся внешних условиях.

Предмет исследования - деятельность железнодорожного, морского, автомобильного, воздушного транспорта в Мурманской области с целью наилучшей работы портового комплекса.

В Мурманской области железнодорожный транспорт является основным поставщиком грузов в порты комплекса, но и сдерживает их развитие. Он представлен Мурманским отделением Октябрьской железной дороги (ОЖД) - филиалом ОАО «РЖД». ОЖД и порты – давние и надежные партнеры [4, с. 43], в частности 2 – 3 ноября 2005 г. в Москве прошла III Международная конференция «ОАО РЖД» на рынке транспортных услуг: взаимодействие и партнерство», организованная обществом и ОАО «Мурманский морской торговый порт», которому была вручена награда «Партнер ОАО «РЖД». Лучшая компания в смежном виде транспорта». Компания «РЖД» выделяет значительный объем инвестиций (15 млрд руб. – на начальном этапе) на развитие транспортной инфраструктуры Мурманской области. Однако эта связь неэффективна, что иллюстрируется снижением объемов перерабатываемых дорогой грузов. В 2008 г. железнодорожным транспортом было переработано 25336,8 тыс. т, что на 8,8% меньше, чем в 2007 г. (27786 тыс.т). В ноябре 2008 г. произошло снижение грузоперевозок, что связано с мировым финансовым кризисом, следовательно, и порты не достигли запланированных показателей работы.

У железной дороги следующие проблемы: низкая скорость движения составов; изношен и не обновляется парк подвижного состава; отсутствие локомотивных бригад.

Все эти факторы являются актуальными и не позволяют быстрыми темпами повысить скорость движения грузов через проектируемый Мурманский транспортный узел, но совместными усилиями и слаженными действиями порты и железная дорога находят варианты решения возникающих проблем. Скоординировать движение морских и железнодорожных грузовых потоков пока невозможно, т. к. нет бесперебойного информационного взаимодействия между участниками перевозок.

Пропускную способность железной дороги – для достижений целей портового комплекса региона - надо повышать. В рамках ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 гг.)», «Развитие транспортной системы России (2010-2015 гг.)» реализуется комплекс мероприятий по увеличению пропускной способности железной дороги на подходах к Мурманскому транспортному узлу (МТУ). В 2008 г. ОЖД освоила 55 млрд руб. инвестиций. Однако в 2009 г. ОЖД планировало сократить инвестиционную программу на 57% - до 35 млрд руб. [1, с. 2], что также связано с влиянием мирового финансового кризиса.

Станции интенсивно ремонтируют. Их проектные мощности были 900 вагонов в сутки. На сегодня - 1600. ОЖД изменило схему подачи вагонов, что позволило вдвое сократить и облегчить маневровые работы портов. Порты взаимодействуют с отделением Октябрьской железной дороги для решения проблем, связанных с выгрузкой железнодорожных составов. В течении ближайших пяти лет железная дорога увеличит объемы выгрузки до 2500 вагонов для дальнейшего развития экономики Мурманской области.

Значительное внимание при развитии портового комплекса, при усилении его конкурентных преимуществ, в сравнении с портами стран Балтии и Украины уделено рациональной тарифной политике в сфере железнодорожных перевозок. Нахождение оптимального как для ОАО «РЖД», так и для основных грузоотправителей уровня тарифов на перевозки в направлении региональных портов является одной из важнейших задач.

Морской транспорт представлен в Мурманской области тремя основными компаниями ОАО «Мурманское морское пароходство», ЗАО «МАСКО» и ФГУП «Атомфлот».

ОАО «Мурманское морское пароходство (ММП)» - это предприятие, осуществляющее перевозку грузов и пассажиров. Под управлением пароходства находится 47 судов (собственных и зафрахтованных). В пароходстве трудятся около 4000 чел. На

акватории порта Мурманск работают около 50 судов портового флота, большая часть которых принадлежат или арендуются ЗАО «МАСКО» - это буксирные теплоходы, масловозы и бункеровщики, рефрижераторы-снабженцы, водолеи, пассажирские, рейдовые, рабочие и лоцманский катера, нефтемусоросборщик, грунтоотвозная шаланда и другие суда.

В 2008 г. морским транспортом было перевезено 7411,2 тыс. т грузов, что на 3,4 % ниже, чем в 2007 году (7677,4 тыс. т). [1, с. 4] Основной проблемой морского транспортного флота является вывод из эксплуатации выработавших ресурс судов и пополнение его новыми современными судами. В своей деятельности пароходство вывозит из портов комплекса следующие категории внешнеторговых грузов: металлолом, уголь, пиллес, металлопрокат, топливо и др.

В планах стратегического развития ОАО «Мурманское морское пароходство» предусматривается при увеличении грузовой базы и с целью оптимизации коммерческих перевозок строительство крупнотоннажного сухогрузного флота. Серию из четырех балкеров дедвейтом 75 тыс. т планируется построить до 2011 г. Компании ММП и ЗАО «МАСКО» осуществляют перевозки пассажиров на территории Мурманской области на социально значимых морских линиях «Мурманск-Островной-Мурманск», «Кислая-Североморск-Кислая» и по маршруту «Мурманск-Абрам-мыс». В 2008 г. морским транспортом было перевезено 145, 412 тыс. чел., что на 54% ниже, чем в 2007 г. (317,3 тыс. чел.) [1, с. 4]

ФГУП «Атомфлот» (Госкорпорация «Росатом») – это предприятие, которое располагает развитой инфраструктурой, включая в себя производственные цеха, причальную линию протяженностью 1050 м, обеспечивающую стоянку атомных ледоколов, лихтеровоза с ядерной энергетической установкой и судов атомно-технологического обслуживания, крановое оборудование, грузоподъемность которого позволяет осуществлять транспортно-технологические операции (в т. ч. с ядерным топливом) в контейнерах массой до 100 т; железнодорожные подъездные пути, плавучий док грузоподъемностью 20 тыс. т, на котором обеспечиваются доковые ремонтные работы атомных ледоколов и судов атомно-технологического обслуживания. Предприятие также выполняет ремонт реакторного оборудования, участвует в перезарядках ядерных реакторов, осуществляет прием и переработку всех видов радиоактивных отходов и их временное хранение, ремонт и хранение специальной оснастки.

Эксплуатируемый атомный ледокольный флот имеет в своем составе шесть ледоколов, из которых четыре ледокола («Россия», «Советский Союз», «Ямал» и «50 лет Победы») мощностью по 75 тыс. л.с., а их силовые установки имеют по два реактора; два ледокола («Таймыр», «Вайгач») мощностью по 40 тыс. л.с. - по одному реактору. На ледоколе «Ленин» в порту Мурманск ведется работа по его переоборудованию в музей. Лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть» (не используется по причине выработки ресурса атомной паропроизводящей установки) мощностью 40 тыс. л.с., с одним реактором. В состав флота также входят суда атомного технологического обслуживания. Численность работающих 2441 чел. [1, с. 5]

По состоянию на 1 января 2009 г. автотранспорт Мурманской области имел следующие характеристики: протяженность автодорог общего пользования 2568 км, из них федеральных – 537 км, территориальных - 2031 км. [1, с. 5] Автомобильный транспорт обеспечивает потребности портов в транспортном обслуживании. Однако со стороны портов нередко не соблюдаются правила перевозки и погрузки опасных грузов; администрации морских портов не принимают мер к своевременному освобождению береговых линий от затонувших судов, в частности в Кольском заливе. Тем не менее, правительство Мурманской области выделяет бюджетные ассигнования транспортными предприятиями на организацию

обслуживания морского и железнодорожного транспорта. С целью наилучшего оказания транспортный услуг автотранспортные предприятия обновляют подвижной состав. Однако состояние автодорог тоже влияет на развитие экономики портов и региона. Только 23% дорог находится в удовлетворительном состоянии, более 44% требует ремонта и капитального ремонта, более 33% – реконструкции. [5] По автодорогам в порты, в основном, поступают контейнеры, где формируются в крупные партии для отправки далее морским путем.

В Мурманской области услуги авиационного транспорта предоставляют аэропорты Мурманск (ОАО «Аэропорт Мурманск») и Хибин (ОАО «Аэропорт»). Воздушный транспорт региона, в основном, осуществляет перевозку пассажиров. Грузовые перевозки, осуществляемые им незначительны: в 2008 г. перевезено 423 т грузов, что на 5,4% выше, чем в 2007 г. (400 т). В связи с незначительным объемом авиационных работ, проводимых на территории Мурманской области, затраты на содержание аэродромных комплексов не покрываются их доходами. Однако ценность перевозок отдельных грузов делают их экономически эффективными. Например, активно функционируют вертолеты – ими доставляются крупногабаритные грузы, прибывшие морским путем для строительства мощностей нефтегазового комплекса, в т. ч. в труднодоступные районы Мурманской области.

Актуальным остается и то обстоятельство, что даже в условиях мирового финансового кризиса в Мурманской области уже собрана необходимая для работы своего морского портового комплекса база топографических и инженерно-геологических материалов. Уже получены основные исходные данные по состоянию региональной портовой инфраструктуры и грузопотоков региона на конец 2010 г. и перспективу до 2025 г. Помимо того, специалистами были своевременно выявлены и представлены проблемные вопросы связанных с портом транспортных предприятий, а также отдельные положения по разработке обоснования инвестиций, требующие корректировки.

### **Список литературы:**

1. Информационная справка о текущей ситуации по основным направлениям работы министерства промышленности, транспорта и энергетики Мурманской области. – Мурманск, 2009. – 5.
2. Мурманская область: Презентационный диск. Экономика. Транспортно-коммуникационный комплекс. [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.2004.murman.ru/economy/transport](http://www.2004.murman.ru/economy/transport)
3. Мурманская область: экономические и социальные процессы в период рыночных преобразований // Север промышленный. 2008. - №№ 1-2. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.helion-ltd.ru/marketchanges>
4. Ситало П. Мы давние и надежные партнеры // Морские порты России. 2004. №4. - С. 43
5. Состояние дорог в нашей области можно считать весьма плачевным Транспорт Новости Мурман.ru от 30 мая 2008 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.murman.ru/themes/transport-30052008.shtml>

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК СПОСОБ ИХ ПОДДЕРЖАНИЯ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ**

**Макарова И.В., Малаховецкий А.Ф., Хамидуллин И.Р.** (г. Набережные Челны, ИИЭКА, кафедра СТС, [ildar.hamidullin@rambler.ru](mailto:ildar.hamidullin@rambler.ru))

Автомобиль относится к классу сложных технических систем, поскольку состоит из множества подсистем-агрегатов, механизмов, навесных элементов. Вследствие этого его безопасная и долговечная работа во многом определяется качеством и надежностью его узлов и агрегатов.

Под *качеством* принято понимать совокупность свойств, определяющих степень пригодности автомобиля, агрегата к выполнению заданных функций при использовании по назначению.

Большинство из свойств, составляющих качество автомобиля, ухудшается по мере его работы (старения). Естественно, что сферу эксплуатации интересуют не только начальные показатели качества, но и динамика их изменения в течение всего периода эксплуатации. Качественное изменение этого процесса оценивается понятием надежность.

*Надежность* характеризует способность любого изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах. Надежность, как свойство, характеризует и позволяет количественно оценить, насколько быстро происходит изменение показателей автомобиля при его работе в определенных условиях эксплуатации.

При работе автомобиль взаимодействует с окружающей средой, которая оказывает влияние на изменение его свойств. Взаимодействие между элементами характеризуется физическими величинами – конструктивными параметрами: размерами, взаимным расположением и перемещением деталей, зазорами между ними и т.д.

Возможность непосредственного измерения конструктивных параметров без частичной или полной разборки агрегатов и механизмов ограничена. Поэтому при определении технического состояния часто пользуются косвенными величинами – диагностическими параметрами, которые связаны с конструктивными, и дают о них достаточную информацию. Например, абразивный износ контактирующих поверхностей как диагностический параметр характеризует эффективность функционирования двигателя.

По мере работы конструктивные и диагностические параметры изменяются от начального (или номинального) до предельно допустимого. Транспортное средство является технически исправным, если в интервале пробега, измеренного в часах или километрах, от начального до предельного состояния конструктивных параметров оно может выполнять свои функции.

Изменение технического состояния автомобилей, агрегатов, механизмов происходит под влиянием постоянно действующих причин, обусловленных работой самих механизмов, случайных воздействий, а также внешних условий, в которых работает автомобиль. [1]

К ним также можно отнести скрытые дефекты конструкции, ошибки водителей, перегрузки конструкции.

Основными постоянно действующими факторами изменения технического состояния являются: изнашивание, усталостное разрушение, коррозия и физико-химические изменения материалов. Обычно эти причины проявляются в виде отказов или неисправностей, которые могут быть отслежены при диагностировании автомобиля.

Очевидно, что безразборное обнаружение неисправностей узлов машин и механизмов на ранней стадии дает возможность не только предотвратить их внезапные отказы, но и перейти к эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования по фактическому состоянию, исключив ненужные вскрытия механизмов, тем самым минимизировав объем ремонтных работ.

В настоящее время широкое применение в области диагностики находят неразрушающие методы контроля (НМК). Одним из НМК является капиллярный метод. [2]

Капиллярный метод основан на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. При контроле этим методом на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают с помощью проявителя, который образует индикаторный рисунок. Капиллярный метод используется в полевых, цеховых и лабораторных условиях, в широком диапазоне положительных и отрицательных температур. Он позволяет обнаруживать термические и шлифовочные трещины, волосовины, закаты и прочее. Капиллярный метод может быть применен для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной формы.

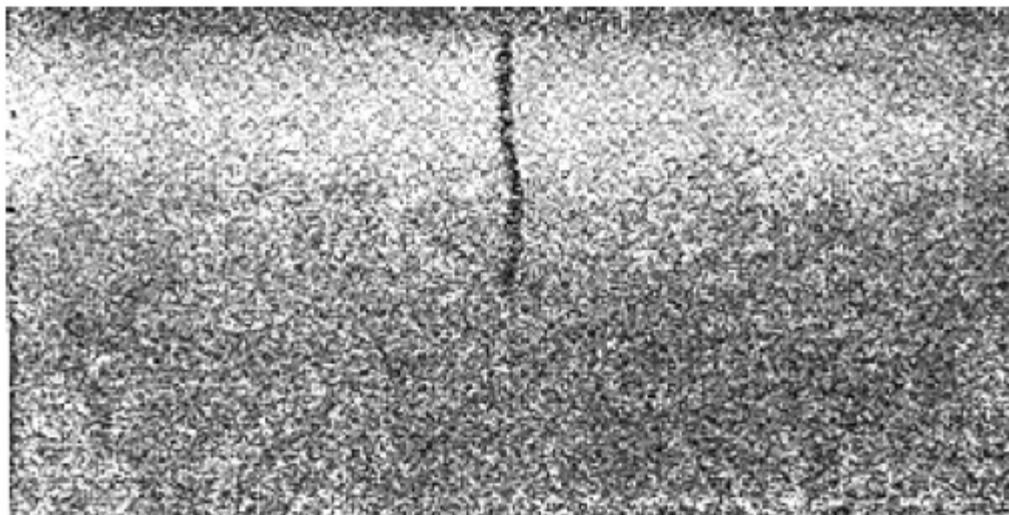


Рис. 1. Трещина абразивного происхождения

Однако применение данного вида дефектоскопии сопряжено с полной или частичной разборкой агрегата, сложностью механизации и автоматизации процесса контроля, снижением достоверности результатов при отрицательных температурах.

В дальнейшем планируется применение различных датчиков для определения остаточного ресурса изделия, что позволит избежать больших потерь времени и материальных затрат, обеспечит частичную или полную автоматизацию операции контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности изделия.

#### **Список литературы:**

1. Проверка технического состояния транспортных средств: учеб. пособие / А.Л. Безруков [и др.]; под общ. ред. А.М. Грошева; НГТУ. – Нижний Новгород, 2009. – 400 с.
2. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

## ТЕХНОЦЕНОЗЫ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Южанников А.Ю., Сизганова Е.Ю., Чупак Т.М.** ( г. Красноярск, Сибирский Федеральный университет, кафедра «Электротехнические комплексы и системы», yuzhannikov@mail.ru )

In this article, the role of the technocenoses in forming of complex elektrotechnical system is represented in analogy with living biological systems – biocenoses.

Электрические нагрузки промышленного предприятия в значительной степени зависят от производственной деятельности, при этом на первое место выступает задача увеличения достоверности прогнозов электропотребления. Это обстоятельство ставит проблему разработки теории анализа электропотребления в ряд наиболее актуальных теоретико-прикладных задач современной науки, решение которой дает принципиально новые основы управления электрическими нагрузками.

Современное промышленное предприятие имеет в своем составе технологические, теплотехнические, электрические, телефонные и другие сети. Это комплексное хозяйство является системой нового типа, где свойства системы не вытекают из совокупности свойств ее отдельных элементов. Подобные системы такой сложности рассматриваются в других направлениях науки как ценозы (биогеоценозы, техноценозы, бизнесценозы и т.д.).

Используемый авторами подход позволил найти ответ на вопрос, как можно согласовать развитие технических систем с процессами самоорганизации в живой природе.

Законы развития живой природы, включающей отдельные особи, и техники, состоящей из отдельных элементов, имеют много общего. Поэтому представляется возможным описывать сложные технические системы на основе ценологических понятий. Устойчивость систем искусственного происхождения обусловлена действием законов энергетического и информационного отборов по аналогии с живыми системами, где действует закон естественного отбора.

Известно, что в 1877 г. при исследовании свойств отдельных особей и совокупностей живых организмов Клаус Фердинанд Мебиус ввел понятие «биоценоз». Биоценоз – совокупность живых организмов, обитающих на определенном участке, где условия внешней среды определяют его видовой состав.

Термин «техноценоз» и ценологический подход к исследованию сложных технических систем предложены замечательным ученым Б.И. Кудриным, где техноценоз определяется как сообщество всех изделий, включающее все популяции, ограниченное в пространстве и времени, характеризующееся слабыми связями и слабыми взаимодействиями элементов – изделий, образующих систему искусственного происхождения, которая характеризуется несопоставимостью времени жизни ценоза и особи, невозможностью выделения однозначной системы показателей [1].

Кудрин Б.И. предложил использовать модель Н-распределения для математического описания видового и рангового распределения техноценозов:

$$W_r = \frac{W_1}{r^\beta}, \quad (1)$$

где  $W_r$  – электропотребление особи с рангом  $r$ ;  $W_1$  – электропотребление особи с рангом  $r = 1$  (максимальное электропотребление);  $r$  – ранг,  $\beta$  – ранговый коэффициент, характеризующий форму кривой распределения.

Отмеченные ценологические свойства промышленных предприятий констатируют устойчивость явления, проявляющегося с определенного уровня организации некоторого множества элементов с неопределенными связями: способность ценозов формировать в процессе образования и сохранять в процессе развития устойчивую структуру при наличии различных механизмов отбора. Теория предполагает существование некоторого идеального распределения элементов ценоза, причем стабильность системы характеризуется значением рангового коэффициента  $\beta$ , находящегося в пределах от 0,5 до 1,5 [2].

Методика техноценологического анализа структуры электропотребления предприятия, основанная на аппарате рангового  $N$ -распределения, включает в себя следующие этапы:

- В ценозе (год) выделяются элементы-особи (дни) и исследуемый параметр (интегральный показатель электропотребления предприятия).

В общем случае ценоз более высокой степени иерархии (месяц) может содержать ценозы более низкой (вложенные) (дни), для которых характер изменения  $\beta$  аналогичен.

- Элементы-особи ранжируются за период предыстории. Ранг –  $r$  – целые числа в порядке убывания электропотребления. Первый ранг имеет особь с наибольшим электропотреблением. В итоге имеем ранговое распределение дней по величине электропотребления.

Для математического описания рангового распределения принята зависимость (1). Функция принимает по оси абсцисс только целочисленные значения, по оси ординат такое ограничение отсутствует. Для получения непрерывной функции  $W_r$  из дискретной применяем метод наименьших квадратов, получая невозрастающую функцию в качестве основы для построения рангового  $N$ -распределения.

- Определяются параметры рангового распределения  $(W_r, \beta)$  по всей длине предыстории.

- Оценивается стабильность рангов.

Для проверки гипотезы об устойчивости структуры анализируется структурно-топологическая динамика исследуемого техноценоза, введенная В.В.Фуфаевым [3]. Структурно-топологическая динамика рангового распределения исследует траектории движения рангов электропотребления по ранговой поверхности в функции времени. Максимальную сумму квадратов отклонений возьмем за основу формулы коэффициента согласованности:

$$k = \frac{12 \cdot \sum_{r=1}^n D_r^2}{m^2 (n^3 - n)},$$

где  $m$  – количество ранговых распределений;  $n$  – количество рангов;  $D_r$  – отклонение суммы рангов одного распределения от средней их суммы для всех распределений исследуемого интервала.

Данная методика успешно опробована на примере системы электроснабжения крупного машиностроительного предприятия, определены временные ряды значений первой точки  $W_1$  и коэффициентов  $\beta$ , что позволило более точно прогнозировать электропотребление [4].

На основе исследования рангового распределения и траекторий электропотребления на ранговой поверхности получена модель прогнозирования:

$$W(r) = \frac{W_1(t)}{r^{\beta(t)}},$$

$$W(r, t) = \begin{cases} W_1 = f(t), \\ W_2 = f(t), \\ \dots \\ W_r = f(t). \end{cases} \Rightarrow k = \frac{12 \sum_{r=1}^n D^2}{m^2 (n^3 - n)}$$

При построении модели показывается сначала ранговое распределение предыдущих лет электропотребления ( $W$ ), затем экспериментальные данные на текущий период и в конце выводятся прогнозные значения.

Методика прогнозирования электропотребления предприятий с учетом применения аппарата Н-распределения следующая:

1. Вычисляется прогнозные значения электропотребления первого ранга

$$W_1^{t+1} = f(W_1^{t-n}, \dots, W_1^{t-1}, W_1^t).$$

2. Определяется прогнозная оценка рангового коэффициента

$$\beta^{t+1} = \varphi(\beta^{t-n}, \dots, \beta^{t-1}, \beta^t).$$

3. Определяются расчетные ранги последнего известного периода предыстории

$$r_{i \text{ расч}} = (W_1^t / W_r^t)^{1/\beta^t}$$

4. Определяются прогнозные значения электропотребления  $i$ -го ранга

$$W_i^{t+1} = W_1^{t+1} / r_{i \text{ расч}}^{\beta^{t+1}}$$

5. Прогнозируется суммарное электропотребление

$$W_{\Sigma}^{t+1} = \sum_{i=1}^r W_i^{t+1}$$

6. Прогноз корректируется за счет устойчивости поверхности рангового распределения уравнением баланса

$$\sum_{i=1}^r W_i(t) = \sum_{i=1}^r W(t, r), \quad \text{при } t = \text{const}.$$

7. Производится оценка прогнозных значений электропотребления

$$\varepsilon\% = \frac{W_{\text{факт}} - W_{\text{прог}}}{W_{\text{факт}}} \cdot 100\%$$

Применение этих закономерностей для поиска оптимальных параметров функционирования систем электроснабжения служит одним из приемов, используемых в качестве методологической основы ценологических исследований сложных электротехнических систем.

#### Литература:

1. Кудрин Б.И. Введение в технетику. - Томск: Издание ТГУ, 1993. - 552 с.

2. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. - М.: Изд-во ТГУ - Центр системных исследований, 2005. - 384 с.

3. Фуфаев, В. В. Основы теории динамики структуры техноценозов / В. В. Фуфаев // Математическое описание ценозов и закономерности технетики. Ценологические исследования. Вып.1. - Абакан: Центр системных исследований, 1996. - С. 156-193.

4. Южанников А.Ю. Моделирование электропотребления предприятия сельхозмашиностроения / А.Ю. Южанников, А.Г. Студенский, Т.А. Ширяева, Е.Ю. Сизганова. – Красноярск: Вестник КрасГАУ.- 2006. - № 12. - С. 262-274.

## **ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОРТОВОГО И СВЯЗАННЫХ С НИМ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЭКОНОМИКЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Фофанова А.Ю.** (*г. Мурманск, НОУ «Мурманский гуманитарный институт», кафедра национальной экономики, n.p.fofanova@mail.ru*)

Экономическую ситуацию в области во многом определяет портовый комплекс, входящий в транспортный комплекс региона. Он представлен тремя морскими портами - Мурманск, Кандалакша и Витино, формирующими морской портовый комплекс, который не смог бы достигнуть собственных успехов без тесного сотрудничества с предприятиями железнодорожного, морского, автомобильного и воздушного транспорта. У них же имеются

The economic situation in the region is defined in many respects by the port complex entering into a transport complex of region. It is presented by three seaports - Murmansk, Kandalaksha and Vitino forming a sea port complex which could not reach own successes without close cooperation with the enterprises of railway, sea, automobile and air transport. They have own problems reducing efficiency of functioning of the given complex.

Предыдущей Стратегией социально-экономического развития Мурманской области до 2015 г. было выделено пять базовых комплексов, определяющих в среднесрочной и долгосрочной перспективе темпы и пропорции экономического развития региона: горнорудная промышленность; ТЭК; рыбная промышленность; транспорт (порты и смежные предприятия) и коммуникации; АПК. Такое деление не утратило своей актуальности при разработке новой стратегии – до 2025 г.

В XXI в. основная доля (57,1%) [3] валового регионального продукта (ВРП) Мурманской области создается предприятиями промышленности, экспортирующими 42% произведенного продукта морским путем. В связи с этим, экономическую ситуацию в области во многом определяет портовый комплекс, входящий в транспортный комплекс региона, доля которого в структуре ВРП составляет примерно 14%. [2] Он представлен тремя морскими портами, Мурманск, Кандалакша и Витино, формирующими морской портовый комплекс.

Изучив функционирование портового комплекса мы приходим к заключению, что его влияние на экономику Мурманской области состоит в следующем: он платит налоги (увеличивая налоговую базу, возрастают платежи в бюджеты всех уровней и внебюджетные фонды), которые, главным образом, формируют региональный бюджет; увеличивает занятость населения; он определяет уровень благосостояния местного населения; активизирует деловую активность и пр.

Однако, портовый комплекс не смог бы достигнуть таких успехов без тесного сотрудничества с предприятиями железнодорожного, морского, автомобильного и воздушного транспорта. У них же имеются собственные проблемы, снижающие эффективность функционирования данного комплекса, которыми нельзя пренебречь.

Объект исследования – функционирование, связанных с портовым, транспортными комплексами, помогающих ему выполнять основную цель: переработку грузов в изменяющихся внешних условиях.

Предмет исследования - деятельность железнодорожного, морского, автомобильного, воздушного транспорта в Мурманской области с целью наилучшей работы портового комплекса.

В Мурманской области железнодорожный транспорт является основным

поставщиком грузов в порты комплекса, но и сдерживает их развитие. Он представлен Мурманским отделением Октябрьской железной дороги (ОЖД) - филиалом ОАО «РЖД». ОЖД и порты – давние и надежные партнеры [4, с. 43], в частности 2 – 3 ноября 2005 г. в Москве прошла III Международная конференция «ОАО РЖД» на рынке транспортных услуг: взаимодействие и партнерство», организованная обществом и ОАО «Мурманский морской торговый порт», которому была вручена награда «Партнер ОАО «РЖД». Лучшая компания в смежном виде транспорта». Компания «РЖД» выделяет значительный объем инвестиций (15 млрд руб. – на начальном этапе) на развитие транспортной инфраструктуры Мурманской области. Однако эта связь неэффективна, что иллюстрируется снижением объемов перерабатываемых дорогой грузов. В 2008 г. железнодорожным транспортом было переработано 25336,8 тыс. т, что на 8,8% меньше, чем в 2007 г. (27786 тыс.т). В ноябре 2008 г. произошло снижение грузоперевозок, что связано с мировым финансовым кризисом, следовательно, и порты не достигли запланированных показателей работы.

У железной дороги следующие проблемы: низкая скорость движения составов; изношен и не обновляется парк подвижного состава; отсутствие локомотивных бригад.

Все эти факторы являются актуальными и не позволяют быстрыми темпами повысить скорость движения грузов через проектируемый Мурманский транспортный узел, но совместными усилиями и слаженными действиями порты и железная дорога находят варианты решения возникающих проблем. Скоординировать движение морских и железнодорожных грузовых потоков пока невозможно, т. к. нет бесперебойного информационного взаимодействия между участниками перевозок.

Пропускную способность железной дороги – для достижений целей портового комплекса региона - надо повышать. В рамках ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 гг.)», «Развитие транспортной системы России (2010-2015 гг.)» реализуется комплекс мероприятий по увеличению пропускной способности железной дороги на подходах к Мурманскому транспортному узлу (МТУ). В 2008 г. ОЖД освоила 55 млрд руб. инвестиций. Однако в 2009 г. ОЖД планировало сократить инвестиционную программу на 57% - до 35 млрд руб. [1, с. 2], что также связано с влиянием мирового финансового кризиса.

Станции интенсивно ремонтируют. Их проектные мощности были 900 вагонов в сутки. На сегодня - 1600. ОЖД изменило схему подачи вагонов, что позволило вдвое сократить и облегчить маневровые работы портов. Порты взаимодействуют с отделением Октябрьской железной дороги для решения проблем, связанных с выгрузкой железнодорожных составов. В течении ближайших пяти лет железная дорога увеличит объемы выгрузки до 2500 вагонов для дальнейшего развития экономики Мурманской области.

Значительное внимание при развитии портового комплекса, при усилении его конкурентных преимуществ, в сравнении с портами стран Балтии и Украины уделено рациональной тарифной политике в сфере железнодорожных перевозок. Нахождение оптимального как для ОАО «РЖД», так и для основных грузоотправителей уровня тарифов на перевозки в направлении региональных портов является одной из важнейших задач.

Морской транспорт представлен в Мурманской области тремя основными компаниями ОАО «Мурманское морское пароходство», ЗАО «МАСКО» и ФГУП «Атомфлот».

ОАО «Мурманское морское пароходство (ММП)» - это предприятие, осуществляющее перевозку грузов и пассажиров. Под управлением пароходства находится 47 судов (собственных и зафрахтованных). В пароходстве трудятся около 4000 чел. На акватории порта Мурманск работают около 50 судов портового флота, большая часть

которых принадлежат или арендуются ЗАО «МАСКО» - это буксирные теплоходы, масловозы и бункеровщики, рефрижераторы-снабженцы, водолеи, пассажирские, рейдовые, рабочие и лоцманский катера, нефтемусоросборщик, грунтоотвозная шаланда и другие суда.

В 2008 г. морским транспортом было перевезено 7411,2 тыс. т грузов, что на 3,4 % ниже, чем в 2007 году (7677,4 тыс. т). [1, с. 4] Основной проблемой морского транспортного флота является вывод из эксплуатации выработавших ресурс судов и пополнение его новыми современными судами. В своей деятельности пароходство вывозит из портов комплекса следующие категории внешнеторговых грузов: металлолом, уголь, пиллосес, металлопрокат, топливо и др.

В планах стратегического развития ОАО «Мурманское морское пароходство» предусматривается при увеличении грузовой базы и с целью оптимизации коммерческих перевозок строительство крупнотоннажного сухогрузного флота. Серию из четырех балкеров дедвейтом 75 тыс. т планируется построить до 2011 г. Компании ММП и ЗАО «МАСКО» осуществляют перевозки пассажиров на территории Мурманской области на социально значимых морских линиях «Мурманск-Островной-Мурманск», «Кислая-Североморск-Кислая» и по маршруту «Мурманск-Абрам-мыс». В 2008 г. морским транспортом было перевезено 145, 412 тыс. чел., что на 54% ниже, чем в 2007 г. (317,3 тыс. чел.) [1, с. 4]

ФГУП «Атомфлот» (Госкорпорация «Росатом») – это предприятие, которое располагает развитой инфраструктурой, включая в себя производственные цеха, причальную линию протяженностью 1050 м, обеспечивающую стоянку атомных ледоколов, лихтеровоза с ядерной энергетической установкой и судов атомно-технологического обслуживания, крановое оборудование, грузоподъемность которого позволяет осуществлять транспортно-технологические операции (в т. ч. с ядерным топливом) в контейнерах массой до 100 т; железнодорожные подъездные пути, плавучий док грузоподъемностью 20 тыс. т, на котором обеспечиваются доковые ремонтные работы атомных ледоколов и судов атомно-технологического обслуживания. Предприятие также выполняет ремонт реакторного оборудования, участвует в перезарядках ядерных реакторов, осуществляет прием и переработку всех видов радиоактивных отходов и их временное хранение, ремонт и хранение специальной оснастки.

Эксплуатируемый атомный ледокольный флот имеет в своем составе шесть ледоколов, из которых четыре ледокола («Россия», «Советский Союз», «Ямал» и «50 лет Победы») мощностью по 75 тыс. л.с., а их силовые установки имеют по два реактора; два ледокола («Таймыр», «Вайгач») мощностью по 40 тыс. л.с. - по одному реактору. На ледоколе «Ленин» в порту Мурманск ведется работа по его переоборудованию в музей. Лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть» (не используется по причине выработки ресурса атомной паропроизводящей установки) мощностью 40 тыс. л.с., с одним реактором. В состав флота также входят суда атомного технологического обслуживания. Численность работающих 2441 чел. [1, с. 5]

По состоянию на 1 января 2009 г. автотранспорт Мурманской области имел следующие характеристики: протяженность автодорог общего пользования 2568 км, из них федеральных – 537 км, территориальных - 2031 км. [1, с. 5] Автомобильный транспорт обеспечивает потребности портов в транспортном обслуживании. Однако со стороны портов нередко не соблюдаются правила перевозки и погрузки опасных грузов; администрации морских портов не принимают мер к своевременному освобождению береговых линий от затонувших судов, в частности в Кольском заливе. Тем не менее, правительство Мурманской области выделяет бюджетные ассигнования транспортными предприятиями на организацию обслуживания морского и железнодорожного транспорта. С целью наилучшего оказания

транспортный услуг автотранспортные предприятия обновляют подвижной состав. Однако состояние автодорог тоже влияет на развитие экономики портов и региона. Только 23% дорог находится в удовлетворительном состоянии, более 44% требует ремонта и капитального ремонта, более 33% – реконструкции. [5] По автодорогам в порты, в основном, поступают контейнеры, где формируются в крупные партии для отправки далее морским путем.

В Мурманской области услуги авиационного транспорта предоставляют аэропорты Мурманск (ОАО «Аэропорт Мурманск») и Хибин (ОАО «Аэропорт»). Воздушный транспорт региона, в основном, осуществляет перевозку пассажиров. Грузовые перевозки, осуществляемые им незначительны: в 2008 г. перевезено 423 т грузов, что на 5,4% выше, чем в 2007 г. (400 т). В связи с незначительным объемом авиационных работ, проводимых на территории Мурманской области, затраты на содержание аэродромных комплексов не покрываются их доходами. Однако ценность перевозок отдельных грузов делают их экономически эффективными. Например, активно функционируют вертолеты – ими доставляются крупногабаритные грузы, прибывшие морским путем для строительства мощностей нефтегазового комплекса, в т. ч. в труднодоступные районы Мурманской области.

Актуальным остается и то обстоятельство, что даже в условиях мирового финансового кризиса в Мурманской области уже собрана необходимая для работы своего морского портового комплекса база топографических и инженерно-геологических материалов. Уже получены основные исходные данные по состоянию региональной портовой инфраструктуры и грузопотоков региона на конец 2010 г. и перспективу до 2025 г. Помимо того, специалистами были своевременно выявлены и представлены проблемные вопросы связанных с портом транспортных предприятий, а также отдельные положения по разработке обоснования инвестиций, требующие корректировки.

### Список литературы

1. Информационная справка о текущей ситуации по основным направлениям работы министерства промышленности, транспорта и энергетики Мурманской области. – Мурманск, 2009. – 5.
2. Мурманская область: Презентационный диск. Экономика. Транспортно-коммуникационный комплекс. [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.2004.murman.ru/economy/transport](http://www.2004.murman.ru/economy/transport)
3. Мурманская область: экономические и социальные процессы в период рыночных преобразований // Север промышленный. 2008. - №№ 1-2. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.helion-ltd.ru/marketchanges>
4. Ситало П. Мы давние и надежные партнеры // Морские порты России. 2004. №4. - С. 43
5. Состояние дорог в нашей области можно считать весьма плачевным Транспорт Новости Мурман.ru от 30 мая 2008 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.murman.ru/themes/transport-30052008.shtml>



---

# БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ



## ТИПЫ ДВИЖИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

**Барахта А.В., Юдин Ю.И.** (г. Мурманск, МА МГТУ, кафедра «Судовождения» e-mail: [alexandr.bar@mail.ru](mailto:alexandr.bar@mail.ru))

The Dynamic Positioning System is the safe way of working performance working operations which are carried by different types of vessels at offshore areas. Only properly chosen thrusters of Dynamic Positioning System can provide the normal, effective and safe navigation of vessels which are involved in heavy and complex offshore operations.

Интенсивное развертывание работ по добыче нефти в море потребовало постройки большого количества технических средств, принципиально отличающихся от традиционных. В связи с постоянным расширением площади освоенных районов континентального шельфа, где ведется бурение и добыча нефти и газа, совершенствуется и видоизменяется оборудование, технические средства, используемые при разработке нефтяных и газовых месторождений улучшаются их технико-эксплуатационные характеристики. Рост объемов добычи нефти и газа в море, а следовательно, и буровых работ приводит в первую очередь к увеличению числа буровых платформ и специализированных судов. Сегодня общей тенденцией можно считать создание буровых платформ и специализированных судов, приспособленных для работы в глубоководных районах и сложных гидрометеорологических условиях. Технические средства, с которых выполняется бурение в море, имеют ряд конструктивных особенностей, важнейшей из которых является способность с высокой степенью точности стабилизировать буровую платформу или судно над устьем скважины при воздействии волнения, ветра и течения.

Для глубоководной добычи нефти наиболее перспективными являются суда, стабилизируемые с помощью средств активного управления, работающих в автоматическом режиме. Синтез соответствующей автоматической системы, получившей название системы динамического позиционирования, а также выбор состава и эффективности главных двигателей и подруливающих устройств производится на основе уравнений движения, описывающих поведение судна в реальных морских условиях.

В системе динамического позиционирования с целью повышения точности стабилизации положения обрабатывается информация о внешних силах - скорости и направлении ветра и течения, вычисляются воздействующие на судно силы в продольном и поперечном направлениях, а также разворачивающий момент. Указанные силы и моменты используются для расчета необходимых для их компенсации упоров средств управления. Таким образом, используется, как правило, комбинированный способ управления — «по отклонению» и «по возмущению».

Управление судном в режиме динамического позиционирования подразделяется на: автоматический, полуавтоматический и ручной режим управления. В режиме автоматического управления обеспечивается возможность подачи отдельных команд вручную, например выбор двигателей, которые должны работать в данный момент. Кроме автоматического режима работы в системе предусмотрены дополнительно полуавтоматический и ручной режимы. В режиме полуавтоматического управления оператор с помощью специальной ручки управления, установленной на центральном пульте, может изменять величину и направление действия компенсирующих сил двигателей путем воздействия на логическую схему стабилизирующих устройств. В режиме ручного управления тяга трех групп двигателей - носовых, кормовых подруливающих устройств и главных винтов - регулируется непосредственно оператором динамического позиционирования.

Стабилизация положения судов относительно заданной точки осуществляется с помощью движительных устройств различного типа. С целью реализации требуемых тяговых усилий различных направлений применяются движители следующих типов: винты с фиксированными лопастями для создания продольной тяги; винты с регулируемым шагом, позволяющие регулировать тягу путем изменения шага винта; крыльчатые движители Фойт-Шнейдера с циклоидальными винтами (регулирование тяги и ее направления осуществляется путем управления кинематикой лопастей); выдвижные винто-рулевые колонки, регулирование тяги которых производится путем изменения частоты вращения, а управление направлением тяги осуществляется путем поворота агрегата вокруг вертикальной оси.

Наибольшее распространение на судах с системой динамического позиционирования получили комплексы средств удержания, состоящие из главных движителей с винтами регулируемого шага и подруливающих устройств с винтами регулируемого шага в трубе. Крыльчатые движители в свою очередь, несмотря на их широкие технические возможности, имеют ряд недостатков, которые на данном этапе сдерживают их применение на буровых судах, наиболее важные из причин, ограничивающие их использование являются недостаточная мощность и низкий коэффициент полезного действия. Необходимо отметить, что крыльчатые движители обладают лучшими, чем винты регулируемого шага, динамическими характеристиками. Бесступенчатое изменение упора от нулевого значения до максимального может быть достигнуто всего за 6 с, а изменение полного упора с одного борта на другой — за 8 с.

Выбор исполнительных устройств для судов основывается на результатах модельных испытаний различных типов стабилизирующих комплексов. При этом определяющим в оценке пригодности для целей стабилизации положения судов того или иного типа подруливающих устройств является требование управляемости судна и способность его удержания на месте при воздействии на него сил ветра, течения и волнения моря. Рассмотрим качества подруливающих устройств четырех типов: прямоугольных в направляющей посадке, туннельного типа с гребными винтами, эжекторного типа.

Прямоугольные подруливающие устройства не нашли широкого применения.

Испытания гребных винтов в направляющих насадках в различных условиях позволили разработать, стандартную направляющую насадку. Важный фактор в выборе подруливающих устройств - отношение упора к мощности при нулевом переднем ходе. Коэффициент полезного действия гребных винтов в направляющей насадке гораздо более высокий, чем у обычных гребных винтов. Наилучшее шаговое отношение гребных винтов в направляющей насадке равно 1,0, а для гребных винтов открытого типа рекомендуемое шаговое отношение около 0,6.

Поперечные подруливающие устройства развивают упор в обоих направлениях. Поэтому обе стороны насадки действуют как вход и как выход, и зависимости от направления, в котором нужна боковая сила в связи с этим был определен радиус закругленности концевой угла направляющей насадки равный 0,1 диаметра направляющей насадки.

Поперечное подруливающее устройство эжекторного типа является решением проблемы сочетания грузового насоса высокого давления с эффективным водометным движителем с небольшой скоростью струи. Положительной стороной этой системы является то, что при этом получается более выгодное отношение упора к мощности при простоте основной конструкции и отсутствии движущих частей у простого сопла. Выбор типа движителей, их количества, а также конструктивная компоновка на судне зависит от назначения судна, условия эксплуатации и мощности применяемых движителей.

Выбору типа двигателей для судна также предшествуют всесторонние модельные испытания и сравнительные расчеты. Для компенсации внешних сил требуются упоры в продольной и поперечной плоскостях. Для создания упоров необходимой величины в продольной плоскости на судне типично устанавливают гребные винты (винты регулируемого шага), а поперечные усилия компенсации создают подруливающими устройствами с винтами регулируемого шага, установленными в туннелях. При этом подруливающие устройства могут быть расположены как в носу так и в кормовой части судна.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Петров Ю.П., Червяков В.В. Системы буровых судов. -Л.: Судостроение, 1985. – 216с. – (Техника освоения океана).
2. Средства активного управления судами / Э.П. Лебедев [и др.] : под ред. А.А. Русецкого. – Л. : Судостроение, 1969. – 264 с.
3. Справочник по теории корабля. В 3 т. Т. 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые двигатели / под ред. Я.И. Войткунского. – Л. : Судостроение, 1985. – 768 с.

## О НЕКОТОРЫХ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В МГТУ

**Вульфович Б.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения Морской академии*)

The Article is dedicated to some actual Problems of the educational Process at MSTU. They are: Quality Control of the Lectures and Laboratories; poor Class Attendance; Lack of academic Practice; Absence of the mutual Instructors' Attendance at their Classes; and Absence of the permanent educational Seminar for young Instructors. Besides, the Author shares his experience in teaching Celestial Navigation in English, and in independent Quality Control of his own lectures on six selected Aspects.

2010 год – юбилейный год для нашего вуза, который за 60 лет прошёл славный путь от скромной Высшей мореходки до крупнейшего за Полярным кругом государственного технического университета. В 1961 году, когда я был приглашен на работу, т. е. через 11 лет после основания Мореходки, было всего два факультета плюс заочный, 10 кафедр, среди преподавателей всего 13 кандидатов наук-доцентов, а докторов-профессоров не было вообще. Юбилейный год мы встречаем в составе Морской академии, двух институтов, 12 факультетов, двух филиалов и четырех Центров. Сейчас профессорско-преподавательский состав 45 кафедр университета насчитывает около 800 человек, из которых 85 – доктора наук, профессора и более 230 – кандидаты наук, доценты. Общее число студентов и курсантов перевалило за 9 000 человек, а аспирантов – за 400.

Являясь крупнейшим научным центром, который выполняет значительный объём госбюджетных и хоздоговорных работ, наш университет, тем не менее, остаётся учреждением высшего специального *образования*, а потому его учебно-воспитательные функции являются, на наш взгляд, определяющими и важнейшими. В этом плане видится необходимость повысить качество всех аспектов как учебно-методического процесса, так и связанного с ним процесса воспитательного.

С точки зрения преподавателя, сейчас упор делается лишь на жёсткий контроль наличия на кафедре всякого рода документации – рабочих программ, методических указаний, учебных пособий и прочих бумаг. Указанный контроль осуществляется чисто формально, по принципу "есть – нет", ибо эффективный контроль потребовал бы знания сути учебно-воспитательского процесса, а этого по определению нельзя требовать от существующего контролирующего подразделения.

Безусловно, определённый комплекс документов по дисциплине на кафедре должен быть, но он может лишь в малой степени отразить качество самого учебного процесса, который совершается в основном в аудиториях и лабораториях, в живом общении преподавателя со студентами. Причём как в учебное, так и во внеучебное время. И вот здесь, как нам кажется, открывается возможность для совершенствования многих аспектов учебно-воспитательского процесса. В конце статьи они обозначены в самой общей, местами "телеграфной" форме, имеется в виду, что если они вызовут общественный интерес, то можно будет подготовить развёрнутый доклад на эту тему.

Но сначала несколько общих соображений, наверняка не бесспорных для многих читателей. Если для подготовки преподавателей средней школы существуют педвузы, где излагаются основы так называемой "Педагогики", то вузовских преподавателей, по существу, не готовит никто. В самом деле, нельзя же автоматически считать квалифицированным вузовским преподавателем специалиста, имеющего учёную степень, ибо она может свидетельствовать лишь о научной подготовке специалиста и не более того. А вот учёные звания (от ас-

систента до профессора) должны характеризовать его как вузовского преподавателя. При этом требований или критериев оценки мастерства преподавания в нашей высшей школе не существует. Ведь речь идёт не о написании учебников и пособий или подготовке молодых кандидатов наук, а об умении обучать и воспитывать студенческую молодёжь. Это первое общее соображение.

Соображение второе ещё более спорное и, на первый взгляд, чуть ли не противоречит первому. Страшно признать, но такой науки, как педагогика (выше этот термин был взят даже в кавычки!), особенно вузовская педагогика, полагаю, не существует вообще. Хотя кандидатов и докторов педнаук пруд пруди, их диссертации в основном "на одно лицо" – высокопарные словеса и малый практический выход.

Каким образом можно примирить и согласовать друг с другом на практике эти два сами по себе спорные соображения? Полагаю, очень простым способом: вузовский преподаватель обязан придерживаться следующих *необходимых* правил:

1. Знать по своему предмету намного больше того, что преподаёт студентам. Любить своё дело и быть преданным ему и вузу.

2. Открыто признавать, что в его области знаний есть ещё много нерешённого, не стесняться говорить "не знаю", по мере сил и способностей работать над решением проблем, привлекая к участию в НИР своих студентов.

3. Быть предельно честным, откровенным и доброжелательным со своими студентами, держать слово; никогда ни на минуту не опаздывать на занятия, быть на них в хорошем настроении; не допускать высокомерия и чванства, не упоминать своих степеней и званий; если приходится "отчитать" студента, то делать это так, чтобы он не чувствовал себя униженным.

4. И хотя существует клише "*читать лекции*", никогда не следует пользоваться на лекциях своими записями и конспектами, которые справедливо воспринимаются как шпаргалки (а тогда нам, студентам, тоже можно?). Кстати, по-английски говорят "*to deliver lectures*" – "доставлять, излагать" лекции, а не "читать" их!

Вот, по-моему, и вся вузовская педагогика. И что в ней такого особенного? Да ничего, всё изложенное – не более чем правила поведения нормального знающего человека, который уважает тех, с кем общается. А вот строгое выполнение этих правил, а также (по своему усмотрению) использование личных приёмов, о чём говорится далее, позволит реализовать и воспитательскую функцию, которая органически дополняет функцию образовательную.

Правила, которые выше названы *обязательными*, на практике сопровождаются комплексом приёмов, которые можно условно назвать *желательными* или *дополнительными*. Ничего от "педагогики" в них тоже нет; они являются сугубо индивидуальными, и каждый преподаватель волен их изобретать и применять по своему усмотрению. Именно этот комплекс может и должен стать предметом товарищеского обсуждения и обмена опытом между преподавателями.

К примеру, в течение многих лет я использую следующие приёмы:

1. На первой лекции первые 15–20 минут отвожу для краткого сообщения о себе (возраст, где учился, где работал, жена, дети, внуки), а в основном, для заключения "общественного договора", или "правил игры" на наших лекциях и лабораторных занятиях, которые должны строго соблюдаться мной и студентами (не пропускать занятий, не опаздывать, вести подробный конспект, ни на минуту не задерживать студентов после звонка, отпускать их на 5-минутный перерыв или разрешать в любое время молча и тихо выходить из аудитории, без моего разрешения, чтобы не нарушать хода лекции) и пр., и пр. Всё, о чём говорится в пп. 2–6, также сообщается в эти 15–20 минут.

2. Все лекции и занятия могут посещать преподаватели и сотрудники любых кафедр и отделов МГТУ без какого-либо моего разрешения или предварительного уведомления (только не опаздывать к началу!).

3. При выполнении контрольных работ, а также на экзамене, курсантам разрешается пользоваться своими конспектами, записями, выполненными домашними работами, а также любыми учебниками и пособиями. Тесное общение со студентами в семестре и живая беседа "глаза в глаза" на экзамене почти исключают вероятность ошибки в оценках. Изредка спрашиваю, как курсант сам оценивает свои знания; в сомнительных случаях – оценка в пользу курсанта ("отлично" вместо "хорошо").

4. Лекции по мореходной астрономии читаю на английском языке, что чрезвычайно полезно для судоводителей; этот язык признан профессиональным в мировой практике по этой специальности (впрочем, в экономике и в компьютерных науках тоже! В ряде московских экономических вузов более половины дисциплин читаются на английском). Используется специальная методика чтения этих лекций. Каждое произносимое слово записывается на доске. Таким образом, вся лекция одновременно воспринимается на "ухо" и на "глаз". При этом достигаются три цели: 1) курсант слышит связную английскую речь и произношение профессиональных терминов; 2) темп лекции автоматически соответствует возможности её конспектировать (см. тест); 3) курсант всё чаще и чаще воспринимает лекцию на слух, и всё реже и реже смотрит на доску.

5. Лекции и занятия методически полностью обеспечены (учебники и пособия по мореходной астрономии и судовождению на русском и английском языках, методические указания к самоподготовке и выполнению контрольных и расчётно-графических работ, пособие по расчётам на калькуляторе, англо-русский и русско-английский словарь по судовождению и математике).

6. Курсанты имеют право сдавать экзамен на любом языке, а также перейти с английского на русский в любой момент сдачи экзамена. В течение 1995–2010 гг. количество курсантов-судоводителей, сдававших экзамен на английском языке, относительно стабильно и составляет от 57 % до 70 %. Причём все они получали "4" и "5", что говорит о существенной положительной корреляции знаний английского языка и астрономии.

**Результаты анонимного контроля (теста) качества лекций Б. А. Вульфовича по мореходной астрономии в VII семестре 2008/09 учебного года**

Аспект	Оценка				Количество курсантов	Средний балл	Процент успеваемости
	"5"	"4"	"3"	"2"			
Доступность	17	16	8	0	41	4.21	100 %
Эмоциональность	26	8	6	1	41	4.43	97.6 %
Новизна материала	30	8	2	1	41	4.63	97.6 %
Темп	21	15	4	1	41	4.36	97.6 %
Интересность	13	20	6	2	41	4.07	95.1 %
Польза чтения на английском языке	21	13	5	2	41	4.24	95.1 %
Количество оценок	128	80	31	7			
<b>Общий балл и %</b>					<b>41 × 6 = 246</b>	<b>4.32</b>	<b>97.2 %</b>

Обработка теста: старшина 4 СВФ Чумак Б.А.,  
курсант 4 СВФ Савельев В.В.

26 декабря 2008 г.

7. Ежегодно в конце семестра провожу анонимное тестирование студентов по системе ДЭНТИП (по первым буквам аспектов), которое, на мой взгляд, отражает основные аспекты качества читаемых лекций. Приведённый ниже тест за 2008/09 уч. год является средним по показателям – бывали лучше, бывали и хуже, но никогда общий средний балл не опускался ниже 4.00 (здесь он равен 4.32). Листочки с оценками, которые анонимно выставляют мне курсанты, обрабатывают они же сами, без моего участия, а итоговая таблица вывешивается на доске объявлений на неделю, а потом хранится в делах кафедры.

Естественно, что выбранные аспекты теста и их количество можно менять по усмотрению преподавателя. В первые годы я применял систему ДЭНТ (в этом слове есть нечто от зубной боли – не очень-то приятно получать от курсантов двойки-тройки, не снижая при этом требовательности и имея не очень лестную репутацию принципиального и строгого преподавателя). Затем добавил ещё два, на мой взгляд, очень важные. Желающие ознакомиться с деталями организации и проведения теста могут обращаться ко мне в любое время.

Хочется надеяться, что всё вышесказанное имеет не только учебно-методический характер, но обладает и определенным воспитательным зарядом, образуя учебно-воспитательное единство.

В заключение перечислю в "телеграфном" стиле проблемы, которые, на мой взгляд, желательно обсудить на самом широком, представительном и ответственном уровне и постараться решать в приоритетном порядке.

1. Желательно создать единый учебно-методический совет из опытных и перспективных молодых преподавателей с широким кругом полномочий (обмен опытом, выработка неформальных рекомендаций, объективных методов контроля и самоконтроля качества занятий преподавателей, инициатива выноса проблем на Учёный совет и т. д.). По нашему мнению, соответствующие структуры МГТУ, призванные заниматься проблемами учебно-воспитательского комплекса, ими пока озабочены явно недостаточно.

2. Министерство образования и науки РФ, да и областное тоже, многое делают для того, чтобы "доломать" систему народного образования, некогда одну из лучших в мире. Упомянем лишь о полутора десятках филиалов различных вузов, открытых в Мурманске, в которых необходимым условием получения диплома являются платежи (а достаточные-то условия есть?). Или напомним о куче контор, где за деньги выполняют любое задание, РГЗ, курсовую или дипломную работу. Неужели областное "министерство" об этом не знает? Или это соответствует законам (лучше сказать, "понятиям") так же, как и пресловутое ЕГЭ? А теперь ещё и доплаты за высокие баллы на этих ЕГЭ в виде репетиторства учителей за мзду и скрытого взяточничества.

Одной из контрмер в этом плане могло бы стать расширение очных письменных форм контроля, а также возврат к системе самоподготовки с участием преподавателей. Полагаю, что в Академии она должна быть восстановлена обязательно, причём с 1-го по 4-й курс включительно. Кстати, в морских Академиях США (военных и гражданских) и наших военных училищах и институтах так и делается.

3. Следует ввести определённую специализацию преподавателей общеобразовательных кафедр (математики, физики и др.) по факультетам и будущим специальностям. При разумном подходе в стандартах программы, например, для курсантов-судоводителей, всегда можно уделить особое внимание тригонометрии, кривым II порядка и векторным операциям, указывая на области их применения в навигации. И не беда, а благо, если для этого будет опущено дифференцирование сверхгромоздких функций на 5–7 звеньев суперпозиции.

И вообще, работа этих кафедр, полагаю, в основном должна быть учебно-воспитательной, ибо их труд – это фундамент успешной работы почти всех остальных кафедр университета. И конечно, крайне важно учитывать (и в моральном, и в материальном

плане), что эти преподаватели – "негры на плантации"; на их плечи, в основном, женские, ложится вся тяжесть учебной нагрузки, почти целиком аудиторной. Знаю это не понаслышке.

4. Принять самые серьёзные меры по пресечению многочисленных пропусков лекций и практических занятий студентами и курсантами (попросту говоря, прогулов). Кстати, единый жёсткий контроль посещаемости всеми преподавателями также реализован недостаточно; при этом требовательные преподаватели оказываются в проигрыше. Пробовать шире применять исключение систематических прогульщиков, сидящих на шее госбюджета, и восстановление их на платной основе. И пусть учатся хоть 10 лет, таковы порядки во всём мире.

5. Производственная практика – один из самых важных этапов подготовки профессиональных кадров. Думаю, что не только в Морской академии, но и на других факультетах с этим не всё благополучно. Вопрос этот так сложен, что требует отдельного обсуждения и, видимо, особого финансирования.

В заключение хотелось бы ещё раз подчеркнуть, что всё сказанное сугубо субъективно, оно отражает только личное мнение автора и является предметом критики и товарищеских обсуждений. А вот в чём нет никаких сомнений, так это в том, что коллектив университета способен достичь ещё более значимых успехов в науке и в подготовке кадров для нашей Родины.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ – ОСНОВА СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ АВАРИЙНОСТИ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Гладышевский М.А., Шутов В.В., Рябченко Р.Б., Сиротюк А.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения*);

Как известно, процесс оценки безопасности мореплавания в организационно-технической структуре, функционирующей в рамках концепции формальной оценки безопасности (ФОБ), начинается с определения ответственности за принятие решений, сущности проблемы и ее граничных условий. При этом описание характеристик опасностей и рисков, как правило, должно иметь математические формулировки и включать данные, необходимые для всестороннего ранжирования путей снижения рисков и выполняться качественно и количественно по стандартному алгоритму. Стандартный алгоритм, используемый в концепции ФОБ, включает пять циклически взаимосвязанных действий:

- первое действие (идентификация опасности) выполняется с целью установления всевозможных опасностей, выполнения сравнительного анализа и определения приоритетов по степени тяжести последствий.

- второе действие (оценка риска) производится с целью распределения возможных опасностей по их степени риска с выделением областей высокого риска и определения факторов, которые влияют на его уровень.

- третье действие (выбор управления риском) производится с целью выбора способа управления риском на основе сравнительного анализа: областей риска, подлежащих управлению, мер или методов снижения потенциальных рисков, подходов к выбору способов управления рисками, чтобы не допустить возникновения и интенсификации аварийных ситуаций.

- четвертое действие (оценка затрат и пользы) выполняется с целью определения полезности и затрат, связанных с применением каждого способа управления риском, выбранного при выполнении третьей ступени. Эта оценка может включать следующие этапы:

- а) анализ полученных во второй ступени результатов оценки рисков по значениям частот и последствиям;
- б) предварительное ранжирование полученных в третьей ступени способов управления рисками;
- в) оценка стоимости затрат и полезности по всем выбранным способам управления рисками;
- г) сравнительный анализ экономической эффективности способов управления рисками.

- пятое действие (рекомендации по принятию решений) выполняется с целью выработки рекомендаций по принятию решений основанных на сравнительном анализе и ранжировании: опасностей и их причин, способов управления рисками.

Как следует из трех первых этапов алгоритма ФОБ реализация этого алгоритма связана с разработкой технологий прогнозирования рисков, которые необходимо относить к классу изыскательских работ. Эти работы заключаются в составлении сценария в соответствие, с которым структура перестает обладать свойством субстандартности. При этом суть и преимущества изыскательского прогнозирования в любом случае сказываются на разработке технологий управления состоянием безопасности мореплавания судов.

Для реализации технологий прогнозирования рисков и, следовательно, реализации алгоритма ФОБ можно рекомендовать к использованию так называемый «метод сценариев». С теоретических позиций «сценарий перехода из субстандартного состояния в стандартное состояние» для СУБ или ее Элемента следует рассматривать, как лингвистическое описание, предполагаемых целенаправленных, упорядоченных во времени, а так же пространству,

действий, которые происходят на судах компании и обеспечивают состояние безопасности мореплавания. Такой сценарий должен основываться на имеемых нормативных документах и практическом опыте, дополненных соображениями безопасности.

Составленный сценарий прогнозирования рисков позволяет, во-первых, учитывать особенности производственного процесса, в рамках которого будет реализовываться технологии предсказания рисков с фиксацией их значимости и частоты. Во-вторых, изучать тенденции развития самой системы планирования (штаба при назначенном лице компании), анализировать и корректировать зависимость этих тенденций от предполагаемых внешних условий. В-третьих, обеспечивать надежный переход к следующему этапу - реализации технологии управления приводящей к решению диагностической проблемы и за счет компенсации рисков.

В соответствии с концепцией ФОб процесс управления рисками ориентирован на решение задач сохранения жизни и здоровья людей, обеспечения бизнеса и защиты окружающей среды. Поэтому при прогнозировании случаи с недопустимым уровнем риска должны рассматриваться в первую очередь. Кроме того, риски с наибольшей вероятностью имеют приоритет независимо от серьезности исходов, а риски с серьезными последствиями подлежат рассмотрению независимо от степени вероятности. Следовательно, может возникнуть необходимость возврата в алгоритме ФОб от пятого действия ко второму действию для более эффективной и не смещенной оценки пути снижения риска. Результатом последнего действия алгоритма ФОб является выбор способа управления, который и обеспечивает минимально реализуемый уровень прогнозируемому риску. Поэтому использование концепции ФОб в рамках обязательной к применению девятой главы Международной Конвенции «Солас – 74» и Кодекса к ней позволяет перейти от планов управления состоянием безопасности мореплавания к технологиям управления состоянием безопасности, в том числе и к технологии самоорганизации (восстановления состояния) состояния судов в структуре эксплуатации компаний.

Таким образом, практическое использование технологий прогнозирования рисков в принципе позволяет уменьшить время эксплуатации судов компаний в состоянии субстандартности и тем самым снизить существующий уровень аварийности на морском транспорте.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ШВАРТОВКИ К ОБЪЕКТУ ЛЕЖАЩЕМУ В ДРЕЙФЕ

Юдин Ю.И., Глущенко Н.А. (г. Мурманск, МА МГТУ, кафедра судовождения)

The paper considers some variants of ship's mooring operation for building mathematical models. The models have been used for forecasting of ship maneuvering when the ship adrift for save mooring operation.

При плавании в открытом море, где возможность постановки судна на якорь маловероятна, возникает необходимость проведения швартовых операций к дрейфующему судну (объекту). Подход к судну (объекту) лежащему в дрейфе может быть обусловлен необходимостью передачи с судна на судно различных грузов или проведения аварийно-спасательных операций. В зависимости от обстановки в районе выполнения швартовой операции, она может осуществляться любыми типами судов, к любым типам объектов.

Основной задачей при выборе безопасного способа маневрирования швартуемого судна является определение особенностей движения дрейфующего объекта швартовки. Прежде чем начинать маневрирование, судоводитель швартуемого судна должен получить полную информацию о поведении дрейфующего судна как объекта швартовки.

Положение судна, лежащего в дрейфе, относительно ветра зависит в основном от формы его надводной и подводной частей.

Первое время после остановки главного двигателя и прекращения поступательного движения судно начнёт разворачиваться ветром и приобретать дрейф с постепенно увеличивающейся скоростью. Когда ветровая нагрузка и сопротивление воды движению судна уравниваются, скорость (в м/с) дрейфа станет постоянной.

При достижении равенства аэро- и гидродинамического моментов прекратится разворот судна, и оно займет вполне определенное относительно ветра положение. Это положение, характеризуемое углом между диаметральной плоскостью (ДП) судна и направлением  $q_a$  ветра, зависит от взаиморасположения точек приложения аэро- и гидродинамической сил, или от положения центра парусности (ЦП) относительно точки условно называемой центром бокового сопротивления (ЦБС).

Суда, у которых ЦП смещён к носу, будут лежать в дрейфе, имея ветер позади траверза. Такое положение характерно для судов с надстройками, расположенными впереди средней части судна (миделя), а также для судов, имеющих дифферент на корму. Суда с кормовым расположением надстроек лежат в дрейфе, имея ветер впереди траверза. В обоих случаях аэродинамическая сила имеет как поперечную  $Y_a$ , так и продольную  $X_a$  составляющие. Это приводит к тому, что в общем случае направление дрейфа не совпадает с направлением ветра (рис. 1). Следовательно, судно в процессе дрейфа не только смещается лагом, но и двигается одновременно в продольном направлении вперёд или назад.

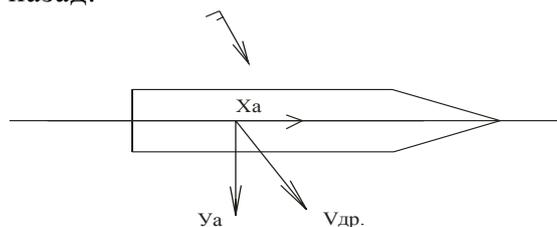


Рис. 1. Положение судна в дрейфе

В частности, когда ЦП находится впереди ЦБС, под влиянием пары сил судно будет разворачиваться кормой к ветру. По мере разворота будет изменяться угол, под которым на него будет действовать сила давления ветра, точка приложения которой будет перемещаться по направлению к корме дрейфующего судна.

В какой-то момент ЦП и ЦБС окажутся на одной вертикали, после чего судно, обладая относительной устойчивостью, будет дрейфовать по ветру. Под влиянием усиления или ослабления ветра или волнения, дрейфующее судно будет рыскать, увеличивая или уменьшая угол, под которым его ДП располагается к линии ветра. Однако при выходе его из указанного условного состояния равновесия изменится взаиморасположение ЦП и ЦБС. Следствием этого будет образование пары сил давления ветра и противодействующего ему давления воды, которая будет разворачивать дрейфующее судно в ту или иную сторону в зависимости от того, в какую сторону оно изменило курс. Образовавшаяся пара сил будут стремиться привести судно вновь в прежнее положение, сохранив тот же угол его ДП относительно ветра, при котором оба центра были расположены на одной вертикали.

С учётом характера поведения дрейфующего судна, рекомендуются различные способы швартовки к нему.

Так, например, при подходе швартуемого судна к наветренному борту его исходная позиция устанавливается относительно миделя дрейфующего судна под углом  $15^\circ - 20^\circ$  в его корму.

При  $v_{др.ш} = v_{др.д}$  ( $v_{др.ш}$  – скорость дрейфа швартуемого судна;  $v_{др.д}$  – скорость дрейфа дрейфующего судна) швартуемое судно с исходной позиции выводится в направлении носовой оконечности корпуса дрейфующего. С выходом в район швартовки гасится инерция движения с расчётом поставить судно в положение, параллельное борту дрейфующего судна.

При  $v_{др.ш} > v_{др.д}$  швартуемое судно с исходной позиции выводится курсом, параллельным курсу дрейфующего судна. Направление выхода корректируется курсом швартуемого судна в пределах  $5 - 10^\circ$  по мере изменения траверзного расстояния в расчёте обеспечить швартовку к борту при условии нахождения оконечностей швартуемых судов на одной линии.

При  $v_{др.ш} < v_{др.д}$  маневрирующий выводится в направлении кормовой оконечности. Скорость движения поддерживается до минимального расстояния между швартуемыми судами; инерция хода гасится эффективной отработкой заднего хода.

На швартовку равных судов с наветра, к объекту выходят под углами  $15^\circ - 20^\circ$  - при умеренном ветре и  $20^\circ - 40^\circ$  - при сильном ветре. И в обоих случаях направление подхода ориентируется на мидель дрейфующего судна (объекта). Движение от исходной точки при слабом ветре осуществляется по инерции переднего хода.

Подход к наветренному борту объекта при значительной скорости дрейфа проводится на повышенной инерции движения и всецело зависит от времени исполнения маневра.

При подходе швартуемого судна к подветренному борту его исходная позиция устанавливается относительно миделя дрейфующего судна под углом  $40^\circ - 80^\circ$  в его корму.

При подходе к судну (объекту) под значительными углами недооценка встречной дрейфовой скорости его и просчёт в гашении собственной инерции движения могут привести к тяжелым последствиям.

В практике нередки случаи, когда обстановка вынуждает швартовать большие суда к малым дрейфующим судам (объектам).

При  $v_{др.д} \geq v_{др.ш}$  целесообразно осуществлять подход с подветра, принимая судно (объект) к своему наветренному борту при застопоренной машине.

Подход к судну (объекту) на сильном волнении осуществляется под углами  $60^\circ - 70^\circ$  к судну (объекту) швартовки. Последующее уваливание в дрейф не производится; судно на время необходимых работ удерживается машиной и рулем в положении, которое было в момент швартовки ( $20^\circ - 30^\circ$ ), или несколько больше уваливается под ветер.

Для уменьшения силы удара волн и предотвращения обрыва швартовной связи судно после швартовки объекта выгоднее удерживать на линии ветра, а если представляется возможным, целесообразно двигаться по направлению бега волн с постоянной минимальной скоростью хода.

Рассмотренные выше способы маневрирования при выполнении швартовных операций к борту дрейфующего судна (объекта) не являются бесспорными с точки зрения безопасности их применения, так как в реальных условиях обстановка, складывающаяся в период выполнения швартовной операции, может иметь ряд характерных особенностей, не предусмотренных в описанных способах. В частности, ветроволновые нагрузки, характер течения в районе выполнения швартовной операции могут меняться и быть непредсказуемыми и, как следствие, поведение дрейфующего судна также будет меняться. Оценить степень безопасности того или иного из рекомендуемых способов швартовки невозможно без выполнения соответствующего эксперимента. В данном случае не следует рассчитывать на достаточное количество натуральных экспериментов. Более простым и продуктивным является модельный эксперимент, проведение которого должно базироваться на использовании адаптированных математических моделей судов, принимающих участие в швартовной операции с учётом воздействия на них внешних факторов. В этой связи, представляется необходимым создание указанных математических моделей и проведение на их основе модельных экспериментов, результаты которых позволят оценить безопасность не только рекомендуемых способов швартовки, но также разработать другие безопасные способы маневрирования швартовующегося судна к борту дрейфующего судна (объекта).

#### **Список литературы:**

**Цурбан А.И. Оганов А.М.** Швартовые операции морских судов: учеб. пособие. М.: Транспорт, 176 с., 1987.

**Погосов С.Г.** Швартовка крупнотонажных судов: справочник. Учеб. пособие М.: Транспорт, 176 с., 1975.

## **ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЫБОЛОВСТВА В ЧАСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ УЛОВОВ, ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ, ВЫГРУЗОК В ПОРТЫ ТРЕТЬИХ СТРАН В ЗОНЕ НЕАФК**

**Жук В.А.** (г. Мурманск, Баренцево-Беломорское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству, e-mail: zhuk-v@mail.ru)

Major factor of an obstacle on effective cooperation in the field of the analysis of the information about superallowed is the various understanding of participants of Working group of application of some points of the Technique. It speaks that such Technique has been developed for the first time and as any important document during its application can be as agreed modified and changes can be brought in it.

**Актуальность исследования.** Характер и география ведения океанического рыбного промысла в России за последние десятилетия претерпели значительные изменения, обусловленные сменой формы собственности на основные средства производства, ужесточением международных соглашений по регулированию рыболовства, возросшей себестоимостью добычи рыбы и жесткой конкуренцией на рынке сбыта продукции. Положение усугублено потерей в последние годы бассейнового принципа управления предприятиями флота.

В качестве **объекта исследования** в работе рассматривается деятельность рыбопромысловых судов, претерпевшая значительные изменения, обусловленные сменой формы собственности на основные средства производства и жесткой конкуренцией на рынке.

**Предметом исследования** являются процессы анализа информационных потоков и правовых основ в сфере морского рыболовства в условиях удаленности судов от центра управления. В ходе исследований были использованы методы системного и статистического анализа, имитационного моделирования, математической статистики и линейного программирования.

**Научная новизна работы** определяется следующими результатами теоретического и прикладного характера:

- разработаны критерии оценки и направления повышения эффективности работы рыбопромысловых судов океанического лова;
- на обширном ретроспективном материале для различных типов судов определены зависимости произведенных затрат от вылова и выработки рыбопродукции в нескольких районах промысла на конкретных объектах лова;
- предложена общая структура блока оперативного экономического анализа деятельности судов, расширяющего функциональные возможности действующей в отрасли системы мониторинга рыболовства.

Эксплуатация водных биоресурсов подпадает под действие федеральных законов, постановлений и распоряжений Правительства Российской Федерации основными из которых являются: Федеральный закон от 20.12.2004 г. №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», Федеральный закон от 17.12.1998г. №191-ФЗ «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации», от 24.04.1995г. «О животном мире» и приказ Федерального агентства по рыболовству от 16.01.2009г. №13 «Об утверждении правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна». Действие данных законодательных актов регламентирует в основном отношения в сфере использования и сохранения водных биологических ресурсов в территориальном море,

исключительной экономической зоне и континентальном шельфе Российской Федерации, а также внутренних водоемах Российской Федерации.

Существующие законы либо территориально не распространяются на воды за пределами ИЭЗ РФ Баренцева моря (ФЗ «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации», КоАП РФ в части ответственности за нарушения правил рыболовства и др.), либо вопросы контроля в них практически не отражены (ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»). До конца не определен статус вод в районе архипелага Шпицберген и «Смежного участка» Баренцева моря (границы которого согласованы 11 января 1978 г. путем обмена письмами между Министром рыбного хозяйства СССР и Министром Норвегии по вопросам морского права и рыболовных границ).

На 37-й сессии СРНК сопредседатели Российской и Норвежской Сторон дали поручение Рабочей группе по анализу состоящей из представителей Директората рыболовства и Береговой охраны с Норвежской Стороны, Баренцево – Беломорского территориального управления Росрыболовства и ПУ ФСБ России по МО с Российской Стороны, разработать и представить на 38-й сессии СРНК проект «Методики комплексного анализа данных спутникового слежения и информации о транспортировке и выгрузке рыбопродукции в портах» (далее Методика). Методика предназначена для оценки общего российского, норвежского и третьих стран объема изъятия трески и пикши в Баренцевом и Норвежском морях на основе комплексного анализа данных спутникового слежения и информации о транспортировке и выгрузках рыбопродукции норвежскими и российскими судами и судами третьих стран.

На 38-й сессии СРНК сопредседателями Российской и Норвежской Сторон вышеуказанная Методика была утверждена. Сопредседателями СРНК Рабочей группе по анализу были даны поручения:

1. Сотрудничать по сопоставлению информации на уровне отдельного судна применительно к норвежским и российским судам для выявления возможных нарушений правил рыболовства.

2. Осуществить совместную оценку общего объема изъятия трески и пикши Россией, Норвегией и третьих стран в Баренцевом и Норвежском морях, используя для этого утвержденную Методику.

Основным фактором препятствия по эффективному сотрудничеству в области анализа информации о переловах является различное понимание участников Рабочей группы применения некоторых пунктов Методики. Это объясняется тем, что такая Методика была разработана впервые и как любой важный документ в процессе его применения по согласованию Сторон может быть доработан и в него могут быть внесены изменения.

Тем не менее, несмотря на разногласия участников Сторон, Рабочая группа по анализу выполнила в полном объеме поручения сопредседателей СРНК.

Результаты работы Рабочей группы по анализу по оценке данных 2009 года показывают, что:

Установленный ОДУ всего	На треску	На пикшу
Квота (ОДУ в т.ч. прибрежная)	546 000 000	194 000 000
Зарегистрированное изъятие	533 850 148	200 916 473
Зарегистрированный перелов квот	0	6 916 473
Неосвоенный объем	12 149 852	0

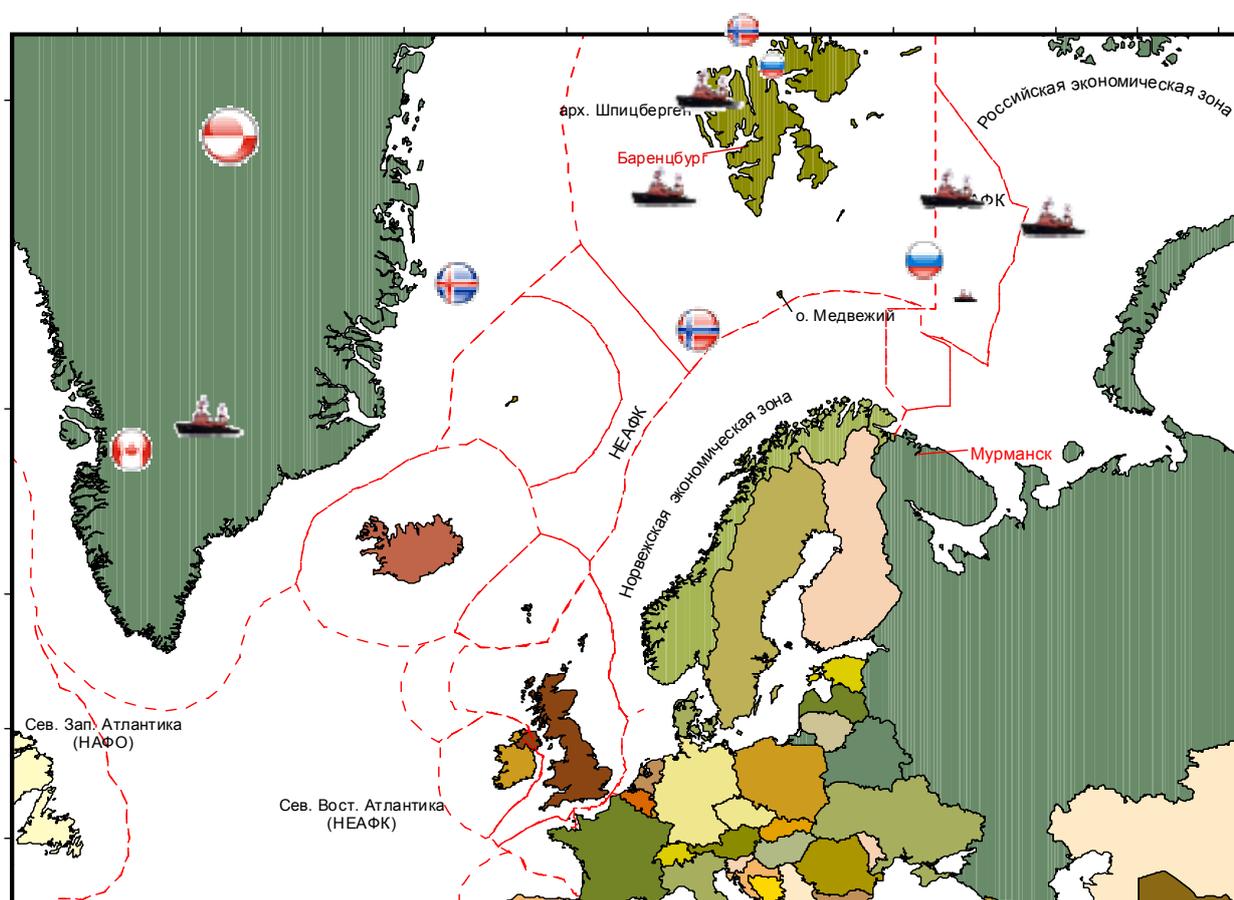
Рабочая группа по анализу сопоставила информацию на уровне отдельного судна применительно к российским и норвежским судам для выявления возможных нарушений правил рыболовства. Количество судов, данные по которым были сопоставлены, представлено в таблице:

Принадлежность	Категория	Количество судов
Российские	Промысловые суда прибрежного лова	64
Российские	Промысловые суда промышленного лова	193
Российские	Транспортные суда	42
Норвежские	Суда тралового лова	47
Норвежские	Суда, ведущие лов ярусом	39

Дополнительно, по запросу Норвежской Стороны, была подготовлена и представлена Российской Стороной информация спутникового мониторинга и данные о перегрузках рыбопродукции российских судов по 32 эпизодам.

Начиная с 2008 года Росрыболовство организует и проводит рыбоохранные мероприятия в конвенционных районах рыболовства в Северной Атлантике (НЕАФК и НАФО) а так же в ИЭЗ РФ, территориальных и внутренних морских водах Баренцева моря.

### Карта – схема проведения основных рыбоохранных мероприятий.



**Общая площадь подконтрольных морских районов составляет 1 493 284 км<sup>2</sup>.**

На сегодняшний момент одной из эффективных мер по предотвращению ННН - промысла являются меры Государственного портового контроля, разработанные и принятые на международных рыболовных комиссиях в Северной Атлантике (НЕАФК и НАФО). Так

же вступил в силу Регламент совета ЕС №1005/2008 от 29 сентября 2008 года, устанавливающий систему Сообщества для предотвращения, сдерживания и ликвидации ННН – промысла. С российской стороны уполномоченным органом является Росрыболовство и его четыре территориальных управления.

В целях усиления борьбы с ННН – промыслом необходимо усилить взаимодействие с Норвежской стороной по вопросу проведения совместного физического контроля в районе открытых вод архипелага Шпицберген в отношении судов третьих стран осуществляющих вылов за счет квот России и Норвегии.

В целях усиления противодействия незаконному, несообщаемому и нерегулируемому промыслу в зоне действия Конвенции НЕАФК с 1 мая 2007 года в государствах-членах Конвенции введен порядок осуществления государственного портового контроля иностранных судов. С 1 января 2009 года аналогичные меры введены для государств-членов Конвенции НАФО.

Данным порядком определено, что иностранным рыболовным судам, имеющим на борту улов из водных биологических ресурсов, выловленных в конвенционном районе НЕАФК и районе регулирования НАФО, разрешается осуществлять операции по выгрузке и перегрузке лишь в назначенных портах.

В заключение необходимо отметить, что использование ресурсов Мирового океана является обязательным и необходимым условием сохранения экономической независимости и продовольственной безопасности Российской Федерации. Мы являемся одним из ведущих рыбопромышленных государств мира. Рыбное хозяйство играет значительную роль в продовольственном комплексе страны и является одним из основных источников занятости населения в большинстве приморских регионов.

#### **Список литературы:**

1. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 г., утверждена Президентом РФ 27.07.2001 г.
2. Айбулатов Н.А., Вартанов Р.В., Михайличенко Ю.Г. Проблема комплексного управления прибрежными зонами морей России // Известия РАН, сер. Географическая. 1996. № 6. С. 94-104.
3. ГНТП «Комплексные исследования океанов и морей, Арктики и Антарктики». Отчет о результатах работ за 1991-1995 гг. Т. IX. Экономические, политические и правовые проблемы научных исследований и использования пространств и ресурсов Мирового океана, Арктики, Антарктики, а также обеспечения их экологической безопасности. М.: Миннауки России, Океанографическое общество. 1996. С 129.
4. Денисов В.В. Эколого-географические основы устойчивого природопользования в шельфовых морях. Апатиты: КНЦ РАН. 2002. С. 502.
5. Колумб Ф. Морская война //Изд-во АСТ. Сер.: Классическая военная мысль. М. 2003. 668 с.
6. Мэхэн А.Т. Влияние морской силы на историю // Изд-во АСТ. Сер.: Классическая военная мысль. М. 2002. 634 с.
7. Мэхэн А.Т. Влияние морской силы на Французскую революцию и Империю. В 2 т. (Т.1 573 с.; Т.2 603 с). Изд-во АСТ. Сер.: Классическая военная мысль. М. 2002.

## **ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИОНА**

**Жук В.А.** (*г. Мурманск, Баренцево-Беломорское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству, e-mail: zhuk-v@mail.ru*)

In fishing branch absence of the similar centralized information - analytical system conducts to that the enterprises fishing complex operate in an information field is separated, receive incomplete, unsystematic, and frequently a unreliable information about activity of potential partners, the general process of movement fish products and services at various stages.

В качестве **объекта исследования** в работе рассматривается функционирование рыбохозяйственного комплекса региона применительно к новым условиям деятельности и жесткой конкуренцией на рынке.

**Предметом исследования** являются процессы анализа информационных потоков в сфере морского рыболовства в условиях удаленности судов от центра управления.

**Научная новизна работы** определяется предложенной общей структурой блока оперативного экономического анализа деятельности судов, расширяющего функциональные возможности действующей в отрасли системы мониторинга рыболовства.

В настоящее время происходит активное внедрение информационных технологий в производственные и управленческие процессы, поддержку бизнеса и коммерческих организаций. Многие производственные отрасли идут по пути создания централизованных информационных систем для обеспечения информационных потребностей организаций различных форм собственности, действующих в информационном поле отрасли. Это является альтернативой создания различными фирмами и предприятиями собственных дорогостоящих центров и даёт возможность получать достоверную, всеобъемлющую и систематизированную информацию о деятельности отрасли, позволяющую оперативно и адекватно реагировать на изменяющиеся условия и принимать своевременные и эффективные решения. В рыбопромышленной отрасли отсутствие подобной централизованной информационно-аналитической системы ведёт к тому, что предприятия рыбохозяйственного комплекса действуют в информационном поле разобщено, получают неполную, бессистемную, а зачастую недостоверную информацию о деятельности потенциальных партнёров, общем процессе движения рыбопродукции и услуг на различных этапах (2).

В рыбной отрасли созданы и функционируют ряд региональных информационных центров, которые уже доказывают экономическую эффективность, однако необходимо преодолеть их замкнутость в рамках одного региона, а также отсутствие ориентации на удовлетворение информационных потребностей предприятий рыбохозяйственного комплекса в целом (1).

Назрела реальная потребность в создании отраслевого информационно-аналитического Центра на Северном бассейне, который, взаимодействуя с другими региональными центрами, а также на базе организации информационного взаимодействия северных рыбных предприятий, позволил бы предоставлять информацию о деятельности всех сегментов хозяйственной деятельности, а также производить адресные информационные продукты, адаптированные для использования каждого участника этого процесса.

Являясь участником подобной корпорации, любое рыбообрабатывающее предприятие может получать достоверную систематизированную информацию о

функционировании рыбной отрасли, деятельности рыбодобывающих предприятий по бассейнам и районами промысла, тарифной политике предприятий береговой обслуживающей инфраструктуры, состоянии и тенденциях развития региональных рынков рыбных продуктов, законодательной базе, регулирующей отношения в рыбной отрасли. Помимо этого, возможно размещение необходимой информации на Web-сайтах, получение технической и информационной поддержки при создании и функционировании информационных систем на предприятии.

Помимо рыбодобывающих предприятий в состав участников предполагается включить производителей, продавцов, переработчиков и покупателей рыбопродукции, а также снабженческие структуры, транспортные организации, агентирующие фирмы, а также инвестиционные институты (банки, финансово-промышленные группы, инвестиционно-финансовые дома и т.д.), страховые компании (с обязательным присутствием лизинговых инструментов).

Информационно-аналитический Центр будет получать, обрабатывать и предоставлять информацию по различным направлениям:

- ежедневная промысловая обстановка, анализ и, по запросам, прогноз ее изменчивости различной заблаговременности;
- оперативные данные о режиме работы и дислокации приёмо-транспортного и танкерного флота, прогнозы на месяц;
- обзоры рынка рыбопродукции, ГСМ, услуг береговой инфраструктуры, импортных рыбопродуктов;
- анализ изменения ситуации на рынке;
- информационные справочники участников рынка;
- законодательная база, регламентирующая деятельность в рыбной промышленности.

В дальнейшем возможна реализация в рамках информационно-аналитической системы программных продуктов для целей обеспечения долговременного планирования развития предприятий отрасли.

Участники системы - клиенты информационно-аналитического Центра -смогут реализовать свои межпроизводственные деловые отношения электронным путём.

Создание информационно-аналитического Центра будет способствовать оптимизации взаимодействия участников рынка рыбопродукции на основе внедрения современных информационных технологий.

#### *Информационно-аналитическая система (Центр)*

##### *Северо-Западного региона рыбной отрасли*

#### I. Основные цели создания Центра:

- повышение качества управления производственными процессами в отрасли на различных уровнях путем создания и использования единого информационного ресурса;
- обеспечение информационного взаимодействия с органами исполнительной власти.

#### II. Основные функциональные задачи Центра:

- 1) сбор, обработка, верификация и хранение оперативной и ретроспективной информации о промыслово-хозяйственной деятельности предприятий и судов, о состоянии сырьевой базы и условиях внешней среды в районах промысла Мирового океана.
- 2) ежедневное обеспечение судовладельцев, контролирующих органов, научных организаций и органов местной администрации оперативной информацией о промысловой деятельности флота.

- 3) подготовка материалов периодической (15 дней, месяц, квартал, год) отчетности о деятельности судов и предприятий для органов контроля и управления рыбной отраслью.
- 4) комплексный анализ текущей и ретроспективной информации о промыслово-хозяйственной деятельности судов и предприятий, о состоянии сырьевой базы и природных процессов.
- 5) информационное обслуживание флота в условиях реального промысла (температурные карты, прогнозы изменчивости промысловых ситуаций, рекомендации по тактике лова и т.д.).
- 6) подготовка аналитических материалов для принятия управленческих решений в отрасли на региональном и федеральном уровнях, в том числе для защиты национальных интересов в международных организациях.
- 7) проведение аналитических расчетов и подготовка информационных материалов по запросам для региональных, федеральных органов и предприятий отрасли.
- 8) информационное взаимодействие с международными организациями, регулирующими международное рыболовство и иностранными государствами.
- 9) обеспечение функционирования отраслевой электронной торговой площадки B2B, B2G.

### III. Состав информационной базы Центра:

- 1) ежедневные результаты работы флота (дислокация, вылов, выработка рыбопродукции, наличие рыбопродукции на борту, перегрузка рыбопродукции в море, выгрузка рыбопродукции в российских и иностранных портах и др.).
- 2) квоты на вылов и их реализация (распределение и перераспределение квот по котируемым объектам, ход их реализации).
- 3) результаты работы береговых перерабатывающих предприятий (выпуск рыбопродукции в ассортименте).
- 4) результаты работы обслуживающих предприятий (топливо, снабжение, тара, судоремонт, портовые услуги и т.д.).
- 5) состояние рыбных рынков (цены, спрос, предложения и др.) в России и за рубежом.
- 6) состояние холодильников-хранилищ (свободные емкости, расположение, арендная плата).
- 7) транспорт (наличие рефрижераторных вагонов и авторефрижераторов, цена на перевозку, наличие транспортных судов на промысле и переходе, свободной емкости трюмов).
- 8) научные данные (состояние сырьевой базы, гидрометеорологических и океанографических параметров в районах промысла, прогнозы, рекомендации и др.).
- 9) данные спутникового мониторинга (контроль дислокации флота, обеспечение безопасности).
- 10) экономические показатели (оценка фактических результатов работы предприятий и судов, расчеты на перспективу).
- 11) информация о работе российского флота в зонах иностранных государств и конвенционных районах промысла.
- 12) информация о работе иностранных рыбопромысловых судов в российской экономической зоне.
- 13) законодательная база (международные соглашения, федеральные законы, указы, постановления, ведомственные руководящие документы, региональные законодательные акты).

IV. Взаимодействие Центра с федеральными органами исполнительной власти:

- 1) ежедневный обмен данными (дислокация, вылов, реализация квот).
- 2) доступ к базе данных регионального Центра с целью уточнения и детализации обстановки.
- 3) подготовка аналитических материалов по запросам (оценки, прогнозы, выборки, комплексирование информации различных потоков данных).

В современном, динамично развивающемся мире, рыбопромышленный комплекс страны должен занимать достойное место. Для достижения этой цели простого декларирования явно мало. Отрасль обязана стать полигоном для разработки и внедрения самых последних достижений мировой и отечественной науки.

Рыбохозяйственный комплекс нашего государства переживает далеко не лучшие времена. Но, вместе с тем, он максимально интегрирован (во всяком случае, в части промышленного рыболовства) в мировую экономику.

Следующие шаги развития отраслевой системы биоэкономического мониторинга очевидны:

1. Разработка и внедрение систем менеджмента качества (СМК) на основе международных стандартов ISO - на предприятиях - участниках отраслевой информационной системы.

2. Внедрение системы управления основными фондами (EAM -Enterprise Asset Management), с использованием комплекса программных средств TRIM .

3. Создание и развитие электронных торговых площадок B2B, B2G (применительно к рыбопромышленному комплексу региона). Торговая площадка B2G предоставляет возможность контролировать процесс государственных закупок – закупку и поставку продукции (товаров, работ, услуг) государственным заказчикам и уполномоченным ими юридическим лицам.

С тем, что перевод закупок для госнужд на конкурсную основу – лучший способ добиться прозрачности финансовых потоков, экономии и контроля эффективности расходования бюджетных средств, согласно большинство чиновников и бизнесменов. Однако, из-за недофинансирования программы «Электронная Россия», пока можно говорить только о создании «ретроспективного макета» электронной системы, обслуживающей федеральные госзакупки (2).

Таким образом, создание бассейнового информационно-аналитического Центра может оказаться первым шагом на пути к развитию региональной торговой площадки по осуществлению закупок для нужд субъекта РФ – Мурманской области.

**Список литературы:**

1. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 г., утверждена Президентом РФ 27.07.2001 г.
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БУКСИРНОЙ ОПЕРАЦИИ

Юдин Ю.И., Каян В.В. (г. Мурманск, МА МГТУ, кафедра судовождения)

The paper considers some variants of identified ship mathematical models as basis for creation safe tags operations. We carried out methods of navigation tug system for security moving regimes.

В работе представлена математическая модель буксирной системы, состоящей из буксирующего, буксируемого судов и буксирной связи между ними.

Данная модель позволяет посредством компьютерного моделирования оценивать возможность и безопасность выполнения буксирной операции различных типов судов, в различных условиях плавания.

Для оценки возможности выполнения буксирной операции требуется детальная проработка математических моделей конкретных судов, принимающих участие в выполнении буксирной операции. В этой связи авторами разработана методика расчёта параметров математической модели с учётом основных конструктивных характеристик судна. Данная методика предполагает использование судовой технической документации, в частности, теоретического чертежа корпуса судна. На первой стадии исследований модель буксирной связи принята в виде жёсткого стержня.

Математическая модель буксирной системы включает в себя систему дифференциальных уравнений, описывающих динамику движения буксирующего и буксируемого судов, а также уравнения связи, позволяющие определять характер взаимодействия судов, участвующих в буксировке.

Общая схема буксирной системы представлена на рис. 1,

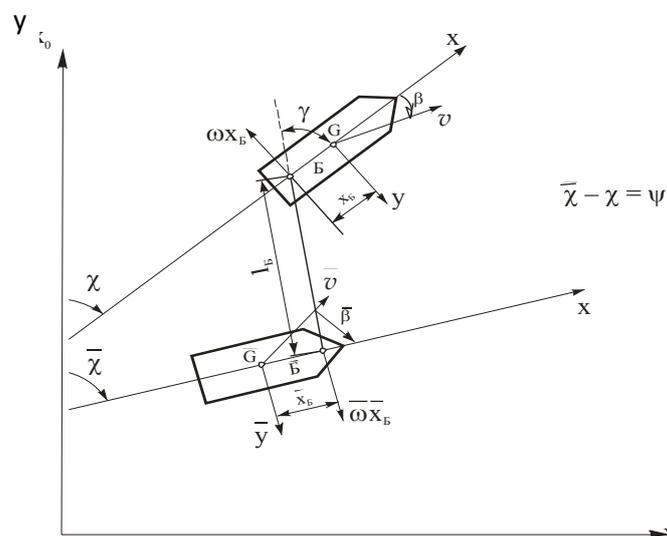


Рис. 1.

на котором параметры, относящиеся к буксируемому судну, обозначены дополнительным знаком « $\bar{\quad}$ ». Кроме того введены следующие параметры, определяющие взаимное положение судов в буксирном составе:

$l_{\bar{B}}$  – длина буксирного троса;

$x_B, \bar{x}_B$  – отстояние точки крепления буксирного троса от ЦТ судна на буксирующем и буксируемом судне соответственно;

$\gamma$  – угол между направлением подвижной оси  $X$  и буксирной линией;

$\Psi$  – разность курсов буксируемого и буксирующего судов;

Несложно представить, что условие связи между буксируемым и буксирующим судном состоит в том, что проекции скоростей точек  $B$  и  $\bar{B}$  на линию буксирного троса должны быть одинаковы, или, как следует из рис.1:

$$v \cos(\beta + \gamma) + \omega \cdot x_A \sin \gamma = \bar{v} \cos(\bar{\beta} + \gamma + \psi) - \bar{\omega} \cdot \bar{x}_A \sin(\gamma + \psi). \quad (1)$$

Силы и моменты, приложенные к буксирующему судну со стороны буксирного троса равны:

$$x_A = -N_A \cos \gamma, y_A = N_A \sin \gamma, M_B = -N_B x_B \sin \gamma. \quad (2)$$

Аналогично, для буксируемого судна

$$x_{\bar{A}} = N_{\bar{A}} \cos(\psi + \gamma), y_{\bar{A}} = -N_{\bar{A}} \sin(\psi + \gamma), M_{\bar{A}} = -N_{\bar{A}} \bar{x}_A \sin(\psi + \gamma), \quad (3)$$

где  $N_B$  – продольное усилие в буксирном тросе;

$M_B$  – момент, создаваемый буксирным тросом.

Полная система уравнений, описывающих динамику движения буксирной системы будет выглядеть следующим образом:

- уравнения движения буксирующего судна:

$$\begin{aligned} (m + \dot{r}_{11}) \frac{dv_x}{dt} + k_{x1A} v^2 - (m + \dot{r}_{22}) v_y \omega &= (A_n - B_n v_x) \left[ 1 + C_{Im} \frac{\sqrt{v_x^2 + (v_y - \omega \cdot l_B)^2} - v_x}{\sqrt{v_x^2 + (v_y - \omega \cdot l_B)^2}} \right] - \\ - k_R \left( \arctg \frac{v_y - \omega \cdot l_R}{v_x} + \dot{r}_R \right) [v_x^2 + (v_y - \omega \cdot l_R)^2] & \text{tg } \dot{r}_R - C_{AX} A_{VB} \frac{\rho_A}{2} v_R^2 - N_A \cos \gamma, \\ (m + \dot{r}_{22}) \frac{dv_y}{dt} + (k_1 v + k_2 v_y) v_y + (m + \dot{r}_{11}) v_x \omega &= -C_n (v_y - \dot{r}_R l_B) - k_R \left( \arctg \frac{v_y - \omega \cdot l_R}{v_x} + \delta_R \right) [v_x^2 + (v_y - \omega \cdot l_R)^2] - \\ - C_{AY} A_{VL} \frac{\rho_A}{2} v_R^2 + N_A \sin \gamma, \\ (I_z + \dot{r}_{\theta\theta}) \frac{d\omega}{dt} + k_3 v_y v + k_{m\omega} \omega \cdot v &= C_n l_B (v_y - \omega \cdot l_B) + k_R l_R \left( \arctg \frac{v_y - \omega \cdot l_R}{v_x} + \dot{r}_R \right) [v_x^2 + (v_y - \omega \cdot l_R)^2] - \\ - C_{AM} A_{VL} L \frac{\rho_A}{2} v_R^2 - N_A x_A \sin \gamma, \end{aligned}$$

$$\frac{d\chi}{dt} = \omega,$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2;$$

- уравнения движения буксируемого судна

$$\begin{aligned} (\bar{m} + \dot{\bar{r}}_{11}) \frac{d\bar{v}_x}{dt} + \bar{k}_{x1A} \bar{v}^2 - (\bar{m} + \dot{\bar{r}}_{22}) \bar{v}_y \bar{\omega} &= -\bar{k}_R \left( \arctg \frac{\bar{v}_y - \bar{\omega} \cdot \bar{l}_R}{\bar{v}_x} + \dot{\bar{r}}_R \right) [\bar{v}_x^2 + (\bar{v}_y - \bar{\omega} \cdot \bar{l}_R)^2] \text{tg } \dot{\bar{r}}_R - \\ - \bar{C}_{AX} \bar{A}_{VB} \frac{\rho_A}{2} \bar{v}_R^2 + \bar{N}_A \cos(\omega + \gamma), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (\bar{m} + \bar{r}_{22}^{\lambda}) \frac{d\bar{v}_y}{dt} + (k_1 \bar{v} + k_2 \bar{v}_y) \bar{v}_y + (\bar{m} + \bar{r}_{11}^{\lambda}) \bar{v}_x \bar{\omega} = -\bar{k}_R \left( \arctg \frac{\bar{v}_y - \bar{\omega} \cdot \bar{l}_R}{\bar{v}_x} + \bar{r}_R^{\beta} \right) \left[ \bar{v}_x^2 + (\bar{v}_y - \bar{\omega} \cdot \bar{l}_R)^2 \right] - \\
& - \bar{C}_{AY} \bar{A}_{\sigma L} \frac{\rho_A}{2} \bar{v}_R^2 - N_A \sin(\omega + \varphi), \\
& (\bar{I}_z + \bar{r}_{66}^{\lambda}) \frac{d\bar{\omega}}{dt} + k_3 \bar{v}_y \bar{v} + k_{m\omega} \bar{\omega} \bar{v} = \bar{k}_R \bar{l}_R \left( \arctg \frac{\bar{v}_y - \bar{\omega} \cdot \bar{l}_R}{\bar{v}_x} + \bar{r}_R^{\beta} \right) \left[ \bar{v}_x^2 + (\bar{v}_y - \bar{\omega} \cdot \bar{l}_R)^2 \right] - \\
& - \bar{C}_{AM} \bar{A}_{\sigma L} \bar{L} \frac{\rho_A}{2} \bar{v}_R^2 - N_A \bar{\chi}_A \sin(\omega + \gamma), \\
& \frac{d\bar{\chi}}{dt} = \bar{\omega}, \\
& \bar{v}^2 = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2.
\end{aligned}$$

где  $m$  – масса судна,  $L$  – длина судна;  $\lambda_{11}, \lambda_{22}$  – коэффициенты присоединенных масс;  $v_x, v_y$  – продольные и поперечные составляющие линейной скорости судна;  $\omega$  – угловая скорость судна;  $k_{x\beta}, B_n, C_{1m}, A_n, B_n, k_R, k_1, k_2, C_n, k_3, k_m$  – гидродинамические коэффициенты;  $C_{AX}, C_{AY}, C_{AM}$  – аэродинамические коэффициенты;  $\rho_A$  – массовая плотность воздуха;  $l_B$  – отстояние плоскости диска винта от плоскости мидель-шпангоута;  $N_B$  – натяжение в буксирном тросе;  $v$  – скорость судна;  $\omega$  – угловая скорость судна;  $A_{\sigma L}$  – приведённая площадь диаметрального батокса;  $A_{VB}$  – площадь парусности в проекции на плоскость мидель шпангоута;  $A_{VL}$  – площадь парусности в проекции на диаметральную плоскость судна;  $\delta_R$  – угол перекладки руля,  $I_z$  – момент инерции массы судна относительно вертикальной оси;  $\lambda_{66}$  – присоединенные моменты инерции;  $l_R$  – отстояние оси пера руля от плоскости мидель-шпангоута.

Учитывая, что количество неизвестных в представленных выше уравнениях превышает общее количество уравнений, введены дополнительно следующие уравнения связи:

$$\bar{x} = x + \psi, \beta = \arctg \frac{v_y}{v_x}, \bar{\beta} = \arctg (\bar{v}_y / \bar{v}_x) \quad (4)$$

включая уравнение (1).

Кинематические уравнения, связывающие основные параметры движения в неподвижной системе координат выглядят так:

$$x_0 = \bar{x}_0 + \bar{x}_A \cos \bar{\chi} + l_A \cos(x - \gamma) + x_A \cos x, \quad (5)$$

$$v_{x_0} = \bar{v}_{x_0} - \bar{x}_B \sin \bar{\chi} \cdot \bar{\omega} - l_B \sin(\chi - \gamma) \left( \omega - \frac{d\gamma}{dt} \right) - x_B \sin \chi \cdot \omega, \quad (6)$$

где  $x_0$  – координата центра тяжести судна в неподвижной координатной системе

$$\bar{\omega} = \omega - \frac{d\gamma}{dt} + \frac{d(\gamma + \psi)}{dt},$$

т.е.

$$\bar{\omega} = \omega + \frac{d\psi}{dt}. \quad (7)$$

Проекция скорости  $\bar{v}$  на направление перпендикулярное направлению линии буксирного троса, есть скорость вращательного движения

$$v_B^\perp = v_B^\perp + l_B \frac{d\gamma}{dt} \quad (8)$$

С учётом (8) уравнение (1) переписывается таким образом:

$$v \sin(\beta + \gamma) - \omega \cdot x_A \cos \gamma = \bar{v} \sin(\bar{\beta} + \psi + \gamma) + \bar{\omega} \cdot \bar{x}_A \cos(\psi + \gamma) + l_A \frac{d\gamma}{dt} \quad (9)$$

и в окончательном виде уравнения связи запишутся так:

$$\bar{x} = x + \psi, \quad (10)$$

$$v \cos(\beta + \gamma) + \omega \cdot x_A \sin \gamma = \bar{v} \cos(\bar{\beta} + \psi + \gamma) - \bar{\omega} \cdot \bar{x}_A \cos(\psi + \gamma),$$

$$v \sin(\beta + \gamma) - \omega \cdot x_A \cos \gamma = \bar{v} \sin(\bar{\beta} + \psi + \gamma) + \bar{\omega} \cdot \bar{x}_A \cos(\psi + \gamma) + l_A \frac{d\gamma}{dt}, \quad (11)$$

$$\beta = \arctg \frac{v_y}{v_x} \quad (12)$$

$$\bar{\beta} = \arctg \left( \bar{v}_y / \bar{v}_x \right). \quad (13)$$

#### Список литературы:

- Гофман А.Д.** Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна: справочник. Л.: Судостроение, 360 с., 1988.
- Мастушкин Ю.М.** Управляемость промысловых судов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 232 с., 1981.
- Ольшамовский С.Б., Кондратьев С.И.** Практическое применение краевых задач дифференциальных уравнений движения судна при выполнении маневров. Мор. транспорт. Сер. Судовождение, связь и безопасность мореплавания: экспресс-информ. Мортехинформреклама, вып. 8(303), с.1-15, 1994.
- Поршиц Р.Я.** Управляемость и управление судном. Л.: Судостроение, 272с., 1983.
- Соболев Г.В.** Управляемость корабля и автоматизация судовождения. Л.: Судостроение, 473 с., 1976.
- Юдин Е.Б.** К расчёту управляемости океанских буксиров. Л.: Судостроение, № 7, с. 9-10, 1984.
- Юдин Е.Б., Маковский А.Г.** Анализ самопроизвольного рыскания буксирных судов. Л.: Судостроение, № 4, с.15-17, 1975.

## НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКОГО РЫБОЛОВСТВА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Клочков Д.Н. (г. Мурманск, Научно-производственная компания «Морская информатика», [morinfo@nw-region.ru](mailto:morinfo@nw-region.ru))

The major making successful activity of fleet at ocean - his supply with special information is. It is necessary to recreate a successful operational experience of scouting fleet, but on a new information-technological basis. Such experience on Northern basin is present.

Современное состояние рыбной отрасли характеризуется тем, что поставленные руководством страны и отраженные в принятой Морской доктрине РФ задачи значительного увеличения объемов добычи в ближайшее время могут быть решены (с учетом острой нехватки и старения крупнотоннажного флота!), во-первых, за счет повышения доли вылова в дальних районах промысла, во-вторых, за счет расширения сырьевых исследований и увеличения присутствия отечественного флота в экономических зонах иностранных государств и, в-третьих, за счет более эффективного использования сырьевой базы в российской экономической зоне. Эти цели, в свою очередь, могут быть достигнуты только путем повышения информатизации всех основных отраслевых направлений деятельности и процессов управления: разведка и исследование сырьевой базы; своевременный анализ результатов производства флота; повышение эффективности управления флотом на промысле.

Ежегодные потери промысловых флотов в Баренцевом, Норвежском, Гренландском морях и ряде районов Северной Атлантики ввиду отсутствия оперативного обеспечения флота Северного и Западного бассейнов сырьевой базой оцениваются в 150-200 тыс.т ежегодно. Так, только в первом квартале 2009 г. на промысле мойвы промысловый флот потерял 20-25 тыс.т из-за отсутствия соответствующей информации о сроках и направлениях миграций скоплений рыбы.

Необходимо отметить, что в советское время промысловая деятельность флота в ближних и дальних районах поддерживалась и обеспечивалась такими структурами, как **промысловые разведки и штабы промысловых районов, опыт работы которых в 90-х годах был полностью утерян.** В современных условиях эти функции могут быть восполнены на качественно новой информационно-технологической основе (компьютерные, мониторинговые, спутниковые технологии, судовые информационно-аналитические компьютерные комплексы). Разработками и внедрением этих технологий последние 5-7 лет занимаются научно-производственная компания «Морская информатика» (г. Мурманск) и мурманское отделение ФГУП «Нацрыбресурс». Эксплуатация этих технологий и новых методов краткосрочного (внутримесячного) рыбопромыслового прогнозирования на промыслах пелагических и донных рыб в Северо-Восточной Атлантике, Баренцевом море, а также в Центрально-Восточной Атлантике и на Дальнем Востоке показала, что применение их повышает эффективность работы добывающего флота в 1.3-1.6 раза за счет сокращения непроизводительных затрат промыслового времени.

Отрадно отметить, что часть вопросов, не решенных в ходе мойвенной путины 2009 г., в этом году решены. Например, создана группа по оперативному информационному обеспечению судов в море, организован Штаб промысла, находящийся на ЛСС «Стахановец». Кроме того, в Баренцево-Беломорском территориальном управлении (ББТУ) создана специальная Координационная группа по управлению промыслом мойвы, которая проводит регулярные встречи.

В этом году эффективный промысел мойвы начался на две недели раньше, чем в 2009 г. (рис.1), когда благодаря прогнозам и рекомендациям научно-производственной компании «Морская информатика», калининградские суда (группа компаний ФОР) начали лов крупной рыбы уже 23 января с производительностью более 100 т в сутки. При этом, благодаря более слаженным действиям на берегу и в море, на промысле сейчас находится на 5-6 крупнотоннажных судов больше, чем в прошлом году, а отечественный вылов на конец февраля составил 41.8 тыс.т при квоте в 110 тыс. т (в прошлом году на этот период было выловлено только 20.4 тыс.т). Это является возобновлением опыта промысловой разведки по обеспечению промысла, но на новой информационно-технологической основе. А из этого вытекает объективная необходимость создания в Мурманске Центра краткосрочного рыбопромыслового прогнозирования и обеспечения промыслового флота Северного бассейна сырьевой базой. Этот Центр мог бы входить в территориальное Баренцево-Беломорское управление в системе Росрыболовства. Другой вариант организационного решения этой проблемы – создание ОАО – государственно-частного партнерства с участием Росрыболовства, частных компаний, отдельных физических, юридических лиц и региональных властей.

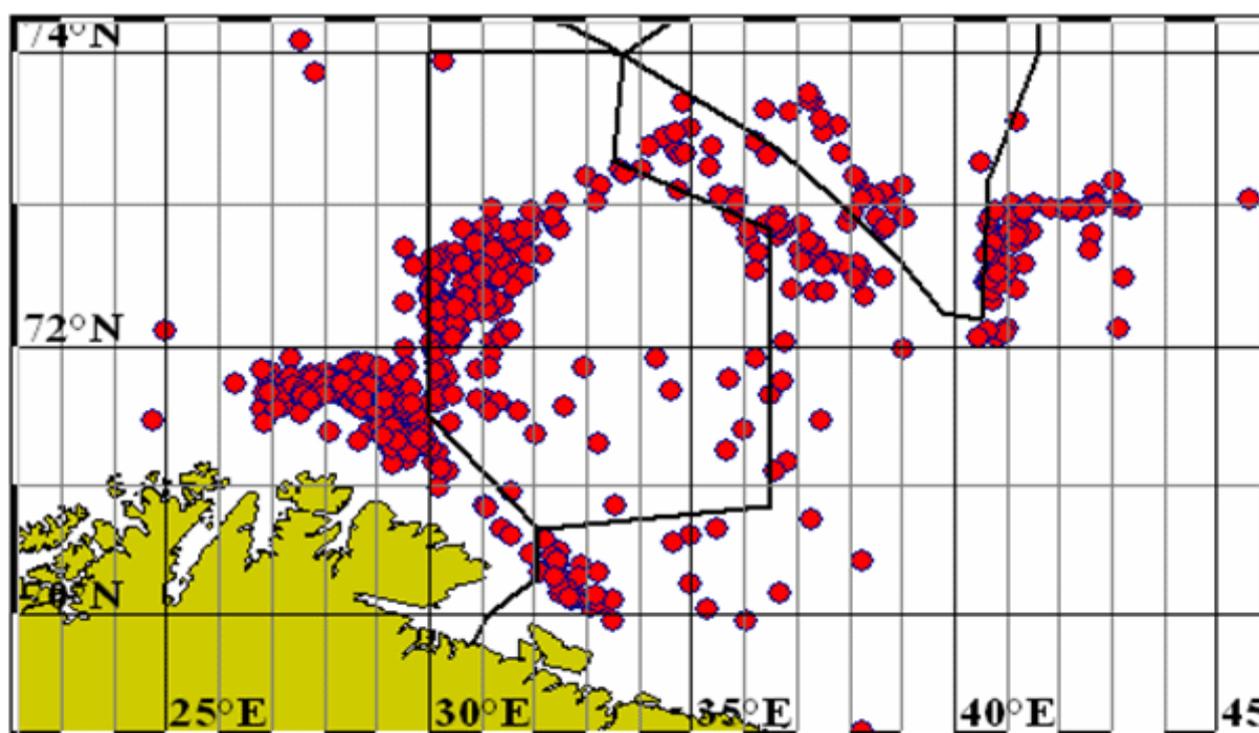


Рис.1. Дислокация судов на промысле мойвы в январе-феврале 2010 г., Баренцево море

## **К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ БУКСИРОВОК**

**Меньшиков В.И., Бражный А.И.** (*г. Мурманск, ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», Морская Академия, Кафедра судовождения*)

Looking around the collision between financial interest, safety rules, procedures and requirements of towing operations. To find rational compromise as a result of the business side and good seamanship practice cooperation. ISM-code as instrument of the pressure, trials to escape off ISM-requirements.

В условиях современного мира, когда уровень запасов углеводородного сырья в легкодоступных источниках стремительно снижается, возникает необходимость переноса деятельности по разведке, добыче, транспортировке и переработке углеводородов на континентальные шельфы, активно развивается строительство и эксплуатация морских сооружений, с особенной остротой встаёт вопрос об обеспечении доставки к месту назначения, монтажа, использования буровых установок, элементов конструкций стационарных платформ, грузовых терминалов, ветровых электрогенераторов, которые, в ряде случаев, при крупных размерениях не могут соответствовать привычным представлениям о мореходности.

Буксировка на сегодняшний день является одним из основных, а в ряде случаев – единственно возможным или технически осуществимым способом доставки крупногабаритных или маломореходных объектов к месту назначения. Значительная часть коммерческих буксировок представляют собой осуществление разовых проектов, логистическая разработка которых происходит длительное время, с привлечением большого количества консультантов и экспертов, что вызвано уникальностью каждой из таких разработок. В качестве примера можно привести буксировку понтона UR-141с СПБУ «Амазон» в качестве груза из порта Мурманск в Обскую губу или буксировку понтона «Viking Barge II» с грузом модулей буровой платформы из порта Гетеборг (Швеция) в порт Альхесирас (Испания).

Статистика аварий и инцидентов на море показывает, что примерно 70 % начатых буксировок маломореходных объектов, согласно исследованиям страховых компаний, заканчивается или потерей, или серьезным повреждением буксируемого объекта, как правило, с созданием угрозы безопасности судоходства и загрязнением окружающей среды.

В связи с переносом большой доли мирового тяжелого машиностроения в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, резко возрастает протяженность маршрутов буксировок таких объектов от мест их строительства (Юго-Восточная Азия) к местам установки и эксплуатации (побережье Европы, Западной Африки, Северной и Южной Америки). Кроме простого линейного увеличения дистанции морских буксировок имеет место временная составляющая процесса, что вызывает при значительном возрастании времени операции необходимость учета случайных факторов, количество которых также должно возрастать пропорционально увеличению времени операции. Кроме того, следует обратить внимание на усложнение буксировки навигационными факторами (проход узкостей, каналов, проливов, систем разделения, плавание в условиях интенсивного судоходства), как правило, с серьезными ограничениями в возможности маневрирования.

Существующая в настоящее время практика проведения и планирования таких операций показывает, что в ряде случаев присутствует конфликт интересов между финансовой составляющей проекта и мерами по обеспечению безопасности. В некоторых

случаях вопросами безопасности занимаются только представители страховых компаний, иногда не имеющие ни опыта, ни образования в проведении такого рода работ. Хотя необходимо отметить, что стремление страховых компаний снизить риски по выплатам в случае инцидентов заставляет их оказывать давление на страхователей, и в большинстве случаев это приводит к пересмотру позиции в отношении безопасности, в сторону её безусловного улучшения. Также необходимо отметить в данном вопросе позицию портовых Администраций, которая почти во всех случаях вынуждает судовладельцев, операторов, заказчиков и координаторов проектов принимать меры защиты против выявленных рисков и минимизации их последствий. Характерными примерами могут служить буксировка плавдока «FLD-II» из порта Тиват (Черногория) в порт Бремен (Германия) и буксировка mbv «Taviland» из порта Альхесирас (Испания) в порт Стамбул (Турция). В обоих случаях по требованию страховых компаний и представителей морских Администраций сроки буксировок были серьезно перенесены, и разрешения на начало операций не выдавались до тех пор, пока владельцами объектов не были выполнены дополнительные требования безопасности по подготовке к буксировочной операции, потребовавшие дополнительных затрат, но значительно способствовавшие успешному завершению обоих проектов.

Невзирая на то, что применяемый в настоящее время Международный Кодекс Управления Безопасностью (МКУБ) возлагает на судовладельцев и операторов судов обязанность соблюдать стандарты безопасности, финансовые интересы толкают их на формальное выполнение предписанных процедур с минимизацией затрат, игнорированием рисков, особенно связанных с погодными факторами, как воздействующими на сроки выполнения операций и, соответственно, сроками получения прибыли. Кроме того, компании, владеющие буксирами, имеющих статус государственных некоммерческих судов имеют юридическую возможность избегать даже формального выполнения процедур МКУБ, зачастую выполняя очень сложные буксировочные операции.

Таким образом, возникает необходимость проведения исследования процесса разработки, создания и осуществления проекта буксировочной операции маломореходного объекта, отвечающего требованиям, как безопасной эксплуатации, так и экономической целесообразности.

#### **Литература:**

1. [www.seasearcher.com](http://www.seasearcher.com).
2. [www.oilpubs.com](http://www.oilpubs.com).
3. The Norwegian Petroleum Sector, Facts 2005.
4. Международный Кодекс Управления Безопасностью. – С-Пб. : ЦНИИМФ, 2008 г.
5. Арсеньев, А.В. «Арктика и углеводороды» / А. В. Арсеньев. – М.:«ЭксТО», 2007 г.

## УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СУДОВ

Пасечников М.А., Кузьминых И.С., Помахо С.В., Душин В.Л. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения)

Процесс управления состоянием эксплуатации судов компании определяется деятельностью отдельного индивидуума, деятельностью одного подразделения, деятельностью связанных между собой подразделений в рамках реализации общей задачи и деятельностью всей структуры в целом. По назначению процессы, идущие внутри системы управления безопасностью (СУБ) можно классифицировать следующим образом: основные процессы, предназначенные для удовлетворения требований Международных морских конвенций и национальных требований по безопасности; организационно-управленческие процессы, цель которых - поддержание эффективной деятельности СУБ; вспомогательные процессы, предназначенные для обеспечения ресурсами других процессов. Следовательно, общий процесс управления состоянием эксплуатации в СУБ, как на уровне компании, так и уровне отдельного судна следует рассматривать с позиции многофакторности, которая способна генерировать проблему «размерности» и вносить в деятельность СУБ элементы внутренней неопределенности. Такие элементы, как правило, выражаются в появлении не системной деятельности персонала и устранение этой деятельности обеспечивается за счет применения процесса улучшения, который и увеличивает показатели эффективности функционирования СУБ.

Поэтому исследование возможности оценки процесса улучшения в СУБ компании и даже отдельного судна за счет привлечения такого показателя, как «идеальная функция», описывающего преобразование внутренней системной энтропии в информацию можно считать актуальной задачей.

Для оценки внутренней неопределенности в СУБ необходимо подобрать меру. Так, если исходить из того, что внутреннюю неопределенность системы можно измерять с помощью энтропии, определенной по Шеннону, то процесс улучшения в организационно-технических системах типа СУБ следует рассматривать как преобразование энтропии  $H$  в информацию  $I$ . При этом полученная информация является основой для запуска цикла Денинга, обеспечивающего реализацию процесса улучшения состояния СУБ и повышения эффективности системы. В тоже время, если в качестве меры внутренней неопределенности СУБ выбрать количество несоответствий за единицу времени, то процесс улучшения состояния СУБ целесообразно определять как оптимизационный, в рамках которого осуществляется минимизация количества несоответствий, которые могут возникать при контроле состояния безопасности судна в отечественных и зарубежных портах. Однако как в первом случае, так и во втором эффективность использования процесса улучшения состояния в СУБ можно оценить с единой позиции, привлекая для этой цели «идеальную функцию», основанную на преобразовании энтропии в информацию.

Для оценки улучшения функционирования СУБ необходимо выбирать простейшее представление об идеальной функции. Поэтому при использовании в качестве меры количество несоответствий полученных судами компании за единицу времени их эксплуатации была принята в качестве «идеальной функции» индекс улучшения состояния системы  $Y$ , записанный так

$$Y = at + b.$$

где  $a$ ,  $b$  – постоянные величины,  $t$  – время эксплуатации СУБ компании.

Внедрение рекомендаций Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС) по самооценке эффективности СУБ судоходных компаний в конце 2006 года унифицировало систему критериев, предложило форму сводного отчета и определило план мероприятий по улучшению деятельности СУБ. Поэтому для определения идеальной функции, показывающей динамику изменения внутренней энтропии СУБ, а так же превращения этой энтропии в упорядоченную полезную деятельность системы был проведен пассивный эксперимент. Так по некоторым компаниям Северного бассейна осуществлялся анализ улучшения функционирования СУБ по предлагаемой методике самооценки за период с 2003 по 2007 г.г. При формировании оценки по критериям учитывались результаты периодических освидетельствований СУБ судов по перечню факторов соответствующих разделам МКУБ. Расчет оценки уровня улучшения функционирования СУБ в виде показателя  $Y$  по десятибалльной шкале осуществлялся по программе «Экспертная система: Оценка уровня совершенства СУБ Компании». Из полученных результатов расчета следует, что эмпирически полученные числовые индексы уровня улучшения характеризуют состояние СУБ компании как следует относить к классу «начальных». В тоже время эти же эмпирические данные позволяют говорить о небольшой, но положительной динамике индекса уровня улучшения в СУБ компаний Северного бассейна.

## **ИНТЕГРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ В ЕДИНУЮ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ**

**Пеньковская К.В., Тропин Б.Л., Пенчук А.Г., Захаров А.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения)

Интегрированная система менеджмента безопасности (ИСМБ) - часть системы общего менеджмента компании, отвечающая требованиям двух или более международных стандартов на системы менеджмента и функционирующая как единое неразрывное целое. Введение ИСМБ необходимо для обеспечения единой политики организации, оптимального использования ресурсов, общей системы подготовки и развития персонала. Кроме того, внедрение ИСМБ направлено на повышение эффективности общего менеджмента в компании и более высокую степень вовлеченности берегового и судового персонала в улучшение деятельности этой компании.

Принципиально можно отметить следующие существенные преимущества использования интегрированных систем менеджмента (ИСМБ):

- административные (уменьшение уровня бюрократизации и возможных нестыковок в ходе выполнения требований различных стандартов, минимизация нормативной документации и записей, гармонизация процедур внутреннего и внешнего аудитов);
- рыночные (удовлетворение потребностей заинтересованных сторон, повышение имиджа, рост конкурентоспособности, выход на другие рынки);
- юридические (выполнение законодательных и нормативных требований, улучшение взаимодействия с контролирующими органами);
- финансовые (сокращение материальных и временных ресурсов на разработку и поддержание систем менеджмента).

Возможность интеграции элементов организационно-технической систем, обеспечивающих безопасную эксплуатацию судов в основном обуславливается тем, что действующие стандарты имеют общую структуру, основанную на применении универсального цикла Шухарта—Деминга. Этот метод применим не только к управлению процессами и их совершенствованию, но и к определению интегрированных подходов при построении систем. Уровень интегрированности один из важнейших показателей зрелости организационно-технической системы. В частности, он характеризует гибкость управления, способность к изменениям, что крайне существенно в условиях современного рынка. Повышая уровень интегрированности, организационно-техническая система переходит и на новые ступени своего развития и совершенствования деловой активности. При этом под интегрированностью организационно-технической системы следует понимать не только ее способность удовлетворять требованиям различных стандартов менеджмента, но и наличие механизмов, позволяющих наиболее эффективным образом использовать общие элементы построения систем, указанные в этих стандартах. Организационно-техническая система должна быть способна объективно продемонстрировать значимость характеристик интегрированности перед персоналом компании, который заинтересован в ее экономическом успехе.

Принятые в декабре 2002 г. ИМО новая глава XI-2 СОЛАС-74 и Международный кодекс ОСПС установили унифицированные стандарты безопасности, обязательные для всех участников международных морских перевозок грузов и пассажиров. Главой XI-2 МК СОЛАС-74 вводятся новые требования, регламентирующие охрану судов и портовых средств ISPS кодекс с целью противодействия незаконным актам, направленным против безопасности мореплавания и перевозки морем защищенных грузов. Документ предполагает

принципиально новый, функциональный подход к построению системы безопасности объектов морского бизнеса. Однако совершенно очевидно, что средние и малые судоходные компании обладают значительно меньшими возможностями и нуждаются как в эффективном надзоре и контроле, так и в постоянной помощи и поддержке (в том числе – информационной) со стороны администрации.

Таким образом, уровень интегрированности СУБ и превращение ее в ИСМБ один из важнейших показателей зрелости судоходной компании. В частности он характеризует гибкость управления, способность к изменениям, что крайне существенно в условиях современного рынка. Повышая уровень интегрированности СУБ, судоходная компания переходит на новые ступени развития, совершенствуя производственную деятельность.

## К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОЙ СКОРОСТИ В КАНАЛЕ

Юдин Ю.И., Анисимов А.Н., Анисимов А.А., Рамков И.А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения)

Авторами статьи поднимается вопрос о взаимодействии стенки канала с корпусом судна при движении последнего со скоростью, установленной Портовыми правилами, которая является обязательной для исполнения. Общеизвестно, что те или иные скорости на акватории портов устанавливаются по результатам расчетов нормативных документов, таких например, как Нормы технологического проектирования морских портов.

Принцип расчета безопасной скорости базируется на расчете основных характеристик движения судна на мелководье, каковыми являются относительная глубина фарватера  $H/d$  и относительная скорость движения  $Fr = v/\sqrt{gH}$ , которую называют числом мелководья, или числом Фруда по глубине, где  $H$  – глубина фарватера,  $d$  – осадка судна. В определении безопасной скорости лежит величина критической скорости  $v_{кр} = \sqrt{gH}$  при которой  $Fr = 1$ . Ее значение также зависит от отношения площади мидель-шпангоута и площади живого сечения канала.

В частности, авторами проведен анализ одного из выводов Теории корабля применительно к практике лоцманской проводки - если судно движется вблизи одной из стенок канала, сопротивление воды возрастает, появляется поперечная сила, притягивающая судно к ближайшей стенке при  $v < \sqrt{gH}$  или отталкивающая его при  $v > \sqrt{gH}$ . Многолетний практический опыт проводки танкеров по каналу показывает, что это не всегда подтверждается. При выдерживании безопасной скорости, установленной Портовыми правилами, влияние стенки на корпус судна проявляется в совершенно неожиданных случаях, или наоборот, ожидание момента взаимодействия судна со стенкой канала не подтверждается и напряжение готовности предпринять своевременные меры по управлению судном, не подтверждаются.

Из наблюдений установлено, что существенное влияние на взаимодействие корпуса судна со стенкой канала оказывает приливо-отливное течение, направление которого совпадает с линией створных знаков, в направлении которых осуществляется движение танкера. Авторы констатируют неоспоримый факт, что, при встречном течении, величина которого иногда достигает значительных величин и при выдерживании безопасной скорости, скорость судна относительно воды будет больше установленной Портовыми правилами, а при плавании на попутном течении - наоборот. Или, при плавании с установленной скоростью у стенки канала в момент полной или малой воды, в грузу или в балласте взаимодействие корпуса судна со стенкой канала не всегда отвечает теоретическим выкладкам.

Из Теории корабля известно, что в каналах и реках при неизменном уклоне рассматривается движение жидкости как режим установившегося движения, при котором обтекание тел и судов осуществляется с постоянной скоростью. Исходя из этого, и в данном случае для исследования движения тела в жидкости вполне приемлем принцип обращения движения, т.е. тело считается неподвижным, а поток – натекающим на него со скоростью, равной скорости тела в неподвижной жидкости. Используя данный принцип применительно к практике лоцманской проводки, некоторые моменты во взаимодействии корпуса судна со стенкой становятся объяснимы.

Так, при движении с установленной скоростью при встречном течении относительно стенки канала, судно будет иметь большую скорость относительно воды (скорость судна плюс скорость течения), чем скорость стенки канала (скорость течения), используя принцип

обращения движения. Отсюда следует, что скорость потока между корпусом судна и стенкой канала не однородна и уменьшается от корпуса, где видимо  $v > \sqrt{gH}$ , до  $v < \sqrt{gH}$  у стенки канала. При этом явного волнообразования в районе форштевня не наблюдается.

При плавании судна с установленной скоростью по течению относительно стенки канала, судно будет иметь скорость относительно воды меньше абсолютной (меньше на величину скорости течения), но большую (как правило) чем скорость стенки канала (скорость течения), используя принцип обращения движения. В данной ситуации можно допустить, что скорость потока у корпуса будет или  $v > \sqrt{gH}$  или  $v < \sqrt{gH}$ , а скорость потока у стенки -  $v < \sqrt{gH}$ . Однако, используя для такой ситуации принцип обращения движения, мы имеем два противоположно направленных друг против друга потока жидкости с разными скоростями.

Если в первом случае взаимодействие корпуса судна со стенкой канала и соответственно потоков жидкости обтекающих их, можно объяснить преобладанием ламинарного потока, то во второй ситуации взаимодействие потоков жидкости будет проявляться турбулентным взаимодействием.

Ввиду сложности и невозможности проведения каких-либо натуральных экспериментов по выявлению физических явлений, возникающих при движении судна по стесненной по глубине и по ширине акватории, вышепредставленное описание представляется схематизированным, и попыткой объяснить физическую сущность наблюдаемых явлений. Авторами поднимается вопрос о необходимости дальнейшего проведения исследований во взаимодействии стенки канала с корпусом судна при влиянии течения.

#### **Список литературы:**

Теория и устройство судов: учебник / Ф.М.Кацман, Д.В. Дорогостайский и др. - Л.: Судостроение, 1991.- 416 с., ил.

## **БАРЕНЦЕВО МОРЕ – СПЕЦИАЛЬНОЕ РЕЖИМНОЕ МОРЕ РОССИИ И НОРВЕГИИ В НОВЫХ СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ ЛОВЛИ МОРЕПРОДУКТОВ И ОХОТЫ НА МОРСКИХ ЖИВОТНЫХ, ЗВЕРЕЙ И ПТИЦ**

**Санаев А.И.** (*Каф. судовождения, МГТУ*). **Санаев Я.М.** (*Студент 4 курса СПГУТД СЗИП, г. С-Петербург*).

Внешняя 200-мильная зона от Норвегии, её островов и России полностью перекрывает Баренцево море, имеется только небольшая морская территория в центре, где можно считать, что это район открытого моря. В этом районе обычно не производят лов морепродуктов. Если ООН узаконит Баренцево море специальным режимным морем России и Норвегии, то будет наведён строгий порядок в вылове морепродуктов, охоты на морских животных зверей и птиц. Это благоприятно скажется для сохранения всех видов морепродуктов, животных, зверей, птиц, так как будут только два хозяина под контролем такой организации как ООН. Всё это послужит для рационального использования продукции и научного увеличения добычи всех продуктов арктического района Земли. Введение статуса специального режимного моря России и Норвегии не должно повлиять на морское судоходство, занимающегося перевозом грузов и людей.

**Содержание.** Мною аналитически рассчитаны внешние границы 200-мильных экономических зон на сфере с применением геодезических систем данных двух стран. Эти страны дали координаты береговых пунктов и их исходные направления в своих геодезических системах. Эти данные помещены в Извещениях Мореплавателей и в законодательных актах стран. От береговых пунктов и исходных линий морских стран, островов, с использованных морских законов, например, законов Женевской конференции 1958 года и других, были рассчитаны аналитически внешние границы 200-мильных зон. Мною были использованы координаты внешней 200-мильной острова Шпицберген, острова Медвежий, Норвегии, острова Надежда и России. Всё это нанесено на рыбопромысловый планшет №10-6, где выявлен небольшой морской район открытого моря, где практически не производят лов морепродуктов, и не охотятся на морских животных. Часть координат внешней 200-мильной зоны опубликована в приказе Всесоюзного рыбопромыслового объединения Северного бассейна. Приказ №350 от 08 декабря 1980 г. Появилась идея сделать Баренцево море специальным режимным морем России и Норвегии только для лова морепродуктов и охоты на морских животных и зверей в данном районе. Обычное судоходство с введением специального режимного моря России и Норвегии не должно пострадать.

Я, начал заниматься проблемой внешних морских границ с 1979 года, когда появились 200-мильные исключительные экономические зоны морских государств. Аналитически рассчитывал внешние границы на сфере, с помощью формул сферической тригонометрии для морских карт, учитывая геодезическую систему данного морского государства и морские международные правовые нормы. Были рассчитаны внешние границы этих режимных зон многих морских стран Атлантического океана. Часть была выполнена под моим руководством курсантами судоводительского факультета МГТУ в своих дипломных работах. Координаты внешних режимных границ островов Шпицберген, острова Медвежий, Норвегии, острова Надежда и внешние координаты 200-мильной зоны России для Баренцева моря были мною рассчитаны и нанесены на промысловый планшет №10-6, масштаба 1:4000 000. Часть этих границ были опубликованы в приказе ВРПО «СЕВРЫБА» Министерства рыбного хозяйства СССР №350 от 08.декабря 1980 года г. Мурманск. «О

введение в действие оптимальных координат границ 200-мильных режимных зон иностранных государств». И.о. начальника Всесоюзного объединения «Севрыба» С.В. Киреев.

Мною были аналитически рассчитаны и помещены в приказе №350 следующие точки:

1. Гренландия- стр.15, точки, №50-234 2.Норвегия – стр.25, точки, №14-180.

3.Фарерские острова- стр.31, точки, №1-25. 4.Шпицберген –стр.35, точки, №20-95

В этом же приказе на стр. 104 имеется приложение 2, где дана МЕТОДИКА аналитического расчёта координат экономических зон на меркаторской карте, разработанная сотрудниками МВИМУ (тов. Санаев А.И.- ст. преподаватель кафедры промыслового судовождения, тов. Вульфович- д.т.н., зав., кафедрой высшей математики). Кроме того, вышла статья «Нанесение границ районов на морские карты на судне» - Записки по гидрографии, 1982г. №206, с.33-36. Автор Санаев А.И. После данного приказа №350 северный флот рыбной промышленности быстро перестроился к новым условиям промысла. Данную методику использовал и рыбопромысловый флот объединения «Запрыба».

В 2005 году на НТК МГТУ сделал доклад «Определение оптимальных координат 200-мильной экономической границы Баренцева моря России». В апреле 2005 года отправил письмо о координатах внешней 200-мильной экономической границы в Баренцевом море России в администрацию Президента Российской Федерации В.В. Путина. Копию губернатору Мурманской области. Ответа от администрации Президента не получил, администрация губернатора ответила, что этим она не занимается. В мае 2009 отправил письмо с подробными расчётами координат внешней 200-мильной экономической границы России в Гидрографическую службу Северного флота. Это письмо зарегистрировано 1 июня 2009 г. №53/2/1359. К сожалению, начальник Гидрографической службы СФ А. Богданов ответил, что это не входит в компетенцию Гидрографической службы. А вообще, имеется постановление правительства Российской Федерации 1369. «О формировании банка данных о внешней исключительной экономической зоны Российской Федерации». Москва 16 марта 2000г. №230. Подписанное, Председателем Правительства Российской Федерации. В.В. Путиным.

После того, как я нанёс на промысловый планшет №10-6, масштаба 1:4 000000 и частично на морскую карту № 10100 масштаба 1:2 000000, издания 1985 года, внешнюю границу 200-мильной зоны всего Баренцева моря. От островов Шпицберген, острова Медвежий, Норвегии, острова Надежды, от Кольского полуострова и от острова Новая Земля, появилась идея сделать Баренцево море специальным режимным морем. Проанализировать эту внешнюю 200-мильную границу Баренцева моря, где выявился небольшой район открытого моря между внешними границами 200-мильных зон Норвегии, острова Надежды и острова Новая Земля и реализовать эту идею. Сделать Баренцево море специальным режимным морем России и Норвегии. Примерно об этом, было в мае, 2009 года было направлено в администрацию нашего Правительства. Они получили обоснование этой идеи, но не проявили заинтересованности. Поэтому появилось желание сделать доклад на Международной научной конференции МГТУ с предложением, о специальном режимном Баренцевом море России и Норвегии и послать, по возможности, это предложение в ООН, от имени Российской Федерации, от нашего Правительства. Это специальное режимное море будет только для вылова морепродуктов охоты на морских животных, зверей и птиц. Морское судоходство от этого не должно пострадать. Это бы навело порядок в этом районе и послужило бы для рационального, научного использования всех продуктов в данном конкретном море Арктики под контролем ООН. Безусловно, с данным вопросом надо обращаться в ООН от имени России и Норвегии, в соответствующие морские отделы. Как в своё время поступила Норвегия, доказав, что её береговая линия имеет большую

изрезанностью побережья. По решению Международного суда ООН от 18 декабря 1951 года Норвегия получила право устанавливать длину исходных линий до 44 миль, а по Международному морскому правовому закону, эта длина для других морских государств, принимается равной в 24 мили.

К внутренним морским водам тем же решением Международного суда в 1951 году отнесён «исторический» морской путь Индерлей, проходящий вдоль норвежского побережья между материком и полосой шхер. (Сборник региональных соглашений и законодательных актов зарубежных государств по вопросам мореплавания. Том 1. (Министерство обороны Союза ССР Главное управление навигации и океанографии. 1981 г. стр. 229.)

Я считаю, что поднятый вопрос о специальном режимном Баренцевом море, заслуживает внимания нашего МГТУ и нашего Правительства Российской Федерации при данных современных условиях. Тем более, по вопросам использования морепродуктов были так называемые в прошлом «Тресковые» войны между морскими государствами.

Желательно, внешнюю 200-мильную границу от острова Медвежий, острова Надежды, принадлежавших Норвегии и эту границу от России проверить во вторую руку, как делается при серьёзных геодезических расчётах координат триангуляционных пунктов 1-4 классов.



Режимная зона России и Норвегии

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНТЕРФЕЙСА «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ - БАЗА ДАННЫХ»

Сарлаев В.Я., Холодов Г.Г., Макеев И.В., Ершов В.А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения)

Проблеме целостности интерфейса «человеческий элемент - база данных» в настоящее время уделяется большое внимание, что делает эту характеристику сопоставимой по своему значению с точностными характеристиками технических средств судовождения. Именно поэтому в современной е-навигации (электронной навигации) целостность такого интерфейса становится одной из основных характеристик. Понятие целостности заимствовано из зарубежной литературы и применительно к отечественной терминологии ближе всего к понятию “достоверность функционирования”.

В отечественных нормативных документах чёткого и узаконенного определения целостности в настоящий момент не существует. Хотя в качестве количественной характеристики целостности можно использовать вероятность и среднее время обнаружения соответствующего ухудшения точностных качеств данных, идущих по интерфейсу. Тогда в качестве оценки целостности интерфейса  $P_{ц}$  можно использовать, например, выражение, записанное так:

$$P_{ц} = 1 - P_{ло} - P_{но},$$

где  $P_{ло}$  – вероятность ложного сбоя данных в интерфейсе,  $P_{но}$  – вероятность необнаруженного сбоя данных в интерфейсе.

Однако, предложенный вариант вероятностной оценки целостности интерфейса будет все же характеристикой достоверности его функционирования.

Для практического судовождения при оценке состояния целостности интерфейса наиболее важными его характеристиками являются состояния полной исправности, ложного и необнаруженного сбоя данных. При этом подходе в качестве оценки целостности интерфейса «человеческий элемент - база данных» более «правильно» использовать условные вероятности событий, характеризующих состояния интерфейса: полной исправности ( $P_{ц}$ ), ложного сбоя данных ( $P_{ло}$ ), необнаруженного сбоя данных ( $P_{но}$ ) и обнаруженного сбоя ( $P_{оо}$ ). Данные события необходимо рассматривать лишь при условии, что интерфейс находится только в одном из трех состояний, поскольку состояние обнаруженного сбоя данных ( $P_{оо}$ ) в настоящее время может быть выявлено на этапе самодиагностики базы данных. Тогда справедливо равенство:

$$P_{ц} + P_{оо} + P_{ло} + P_{но} = 1.$$

Вероятность ложного и необнаруженного отказов можно обозначить коэффициентами  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно, например, так же как при выполнении расчётов по критерию Неймана-Пирсона. Тогда вероятностную оценку целостности интерфейса «человеческий элемент - база данных» выраженную через условную величину  $P_{цу}$  можно найти так:

$$P_{цу} = P_{ц} / (P_{ц} + P_{ло} + P_{но}),$$

где  $\alpha(t) = P_{ло} / (P_{ц} + P_{ло} + P_{но})$  и  $\beta(t) = P_{но} / (P_{ц} + P_{ло} + P_{но})$ .

Учитывая далее условие нормирования окончательно для оценки целостности интерфейса «человеческий элемент - база данных» можно рекомендовать выражение:

$$P_{цу} = 1 - \alpha(t) - \beta(t),$$

которое будет более полно характеризовать состояние целостности интерфейса, чем характеристика достоверности функционирования.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СУДОВЫХ КУРСОГРАММ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ

Тёлушкин Д.П. (г. Мурманск, МГТУ, политехнический факультет, кафедра технической механики, e-mail: reddish\_cat@mail.ru)

This work is devoted to the statistic course recording data analysis for detection different regimes in dynamics of a ship-sea system, and plans directions of further researches. The main focus is headed for application of statistic analysis to course recording data processing and detection in them unsafe regimes. Deductions are corroborated with a large amount of course recording data analyzed.

За последние 20 лет, по данным МАИВ (Marine Accident Investigation Branch) произошло увеличение общемирового тоннажа судов, более чем на 300% (4), что усложнило решение задач обеспечения безопасности мореплавания. Динамика системы «судно - окружающая среда» сложна, но факторами, которые влияют на неё наиболее значительно, являются: ветровое воздействие и волнение (1,2,3). Основываясь на очевидном воздействии этих факторов на динамику показаний судового самописца-курсографа (угол рыскания), нами был проведен анализ судовых курсограмм. Целью эксперимента было установление возможности получения из них информации, которая может быть использована для анализа маневренности судна и предсказания опасных ситуаций, в том числе потери управляемости.

Данные для анализа были получены из отчета цифровой навигационной системы NAVSTAR с использованием гирокомпаса «Гюйс-М», сопряженного по цифровому интерфейсу RS-232 с курсографом 23Ц-М и непосредственно с самой навигационной системой рыбопромыслового судна. Последнее имело следующие характеристики: водоизмещение порожние 410т, длина корпуса 38.9м, ширина по мидель-шпангоуту 8.5м. Для исследования были доступны данные за период 5 недель, в течение которых судно перемещалось в 20 мильной прибрежной зоне Норвежского и Баренцева морей.

Курсограмма движения судна в непосредственном виде представления на рис.1 и 2.

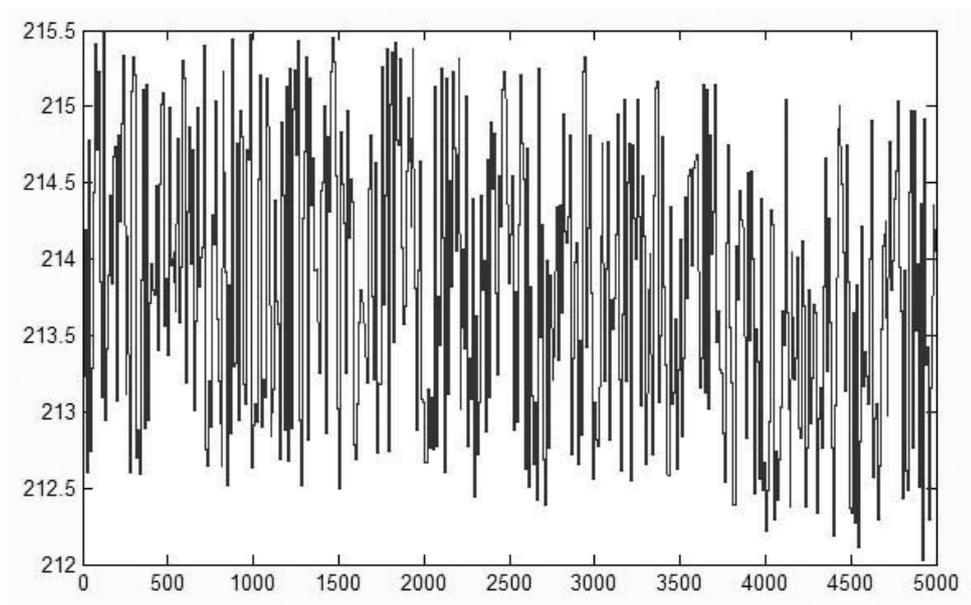


Рис.1

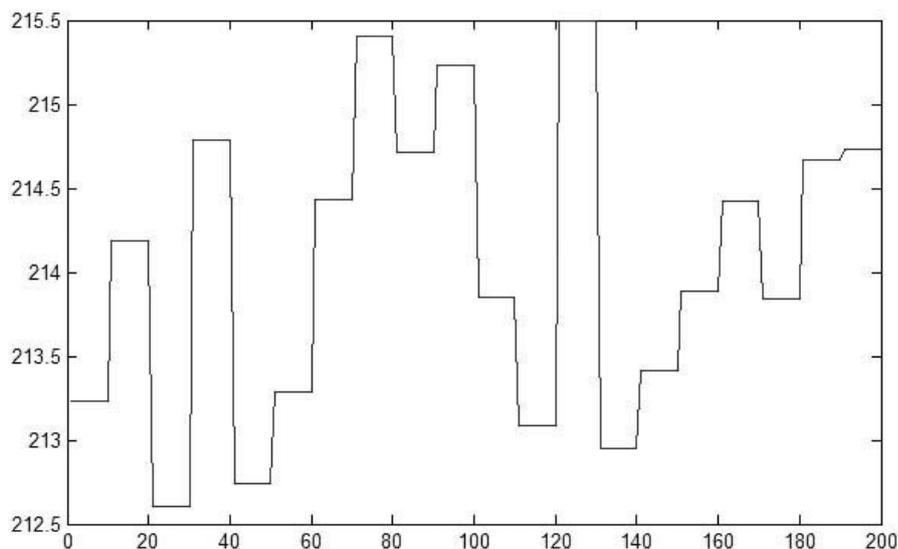


Рис.2

На рис. 1 представлен цифровой отчет курсографа за промежуток 5000с с шагом в одну секунду, рис. 2 показаны первые 200с того же отчёта. Поскольку при рассмотрении отчётов мы часто наблюдали незначительные отклонения курса по типу сноса, была применена интерполяция квадратичным сплайном, и в дальнейшем мы анализировали статистику отклонения от квадратичного сплайна, рассматривая его как динамическую часть сигнала.

Статистический параметр	Скорость ветра (3-5 м/с)	Скорость ветра (9-14 м/с)	Скорость ветра (18-20 м/с)
Коэффициент асимметрии	-0,025	-0,0169	0,0606
Стандартное отклонение, град.	0,587	0,874	0,563
Коэффициент эксцесса	1,802	1,803	1,838
Размах рыскания, град.	2,271	3,133	2,138
Пик-фактор	1,93	1,79	1,9

Таблица 1. Статистические параметры при разной силе ветра (ветер в борт)

Статистический параметр	Направление ветра (скорость 11-14 м/с)		
	корма	нос	борт
Коэффициент асимметрии	0,0575	0,0251	-0,0169
Стандартное отклонение, град.	0,863	0,594	0,874
Коэффициент эксцесса	1,784	1,927	1,803
Размах рыскания, град.	3,089	2,487	3,133
Пик-фактор	1,79	2,093	1,79

Таблица 2. Статистические параметры при разном направлении ветра относительно судна.

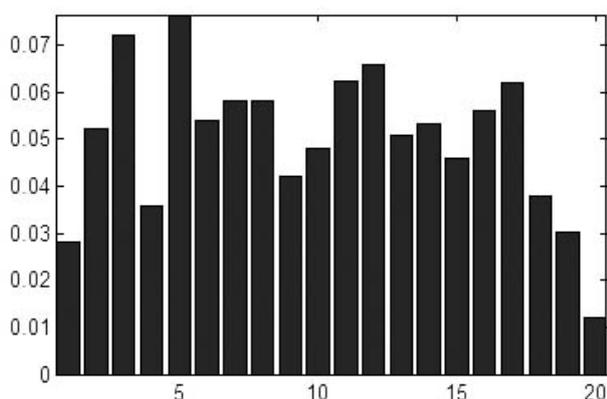


Рис.3

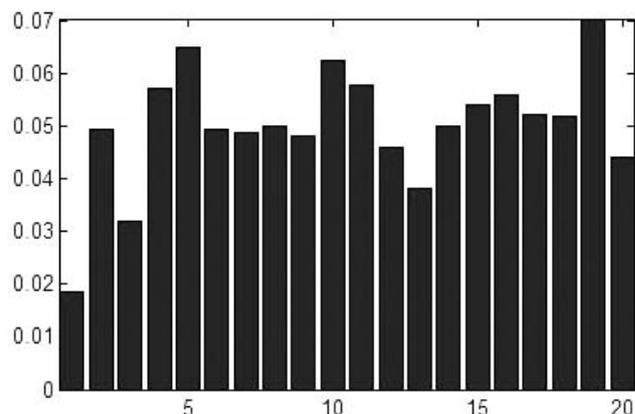


Рис.4

Для анализа, результаты которого представлены в табл. 1, были взяты данные сигнала курсографа при разной силе ветра, но при одинаковом его направлении: в борт судна. В табл. 2 представлены результаты статистического анализа данных, полученных при сходной скорости ветра, но с различным его направлением относительно корпуса судна (борт, корма, нос).

Как видно из таблиц 1 и 2, большинство из параметров системы не имеет явной зависимости от силы или направления ветра. Но все они в той либо иной степени способны характеризовать состояние системы «судно-окружающая среда».

Коэффициент асимметрии определяется влиянием присоединенных масс воды - инерционного влияния жидкости определяющего параметры движения судна. Результаты анализа показывают, что асимметрия возрастает при попутной волне и при значительной силе ветра, а в остальных случаях ослабевают. Отличная от нуля величина коэффициента асимметрии является также доказательством наличия неоднородности по типу медленного дрейфа нуля в исходном сигнале курсографа. В частности, сравнение диаграмм плотности вероятности распределения амплитуд сигнала, представленных на рис. 3 (сигнал соответствует столбцу 4, табл.1) и рис. 4 (сигнал соответствует столбцу 3, табл.1) дает возможность наблюдать различный масштаб проявления асимметрии в сигнале курсографа. Достижение максимальных значений асимметрии при кормовой волне и значительной силе ветра может быть связано с проявлением эффектов брочинга.

Стандартное отклонение, являясь индикатором изменчивости сигнала, характеризует его энергетическую оценку. Данная величина возрастает при среднем ветре, а также при попутной и бортовой волне. Данный эффект обусловлен разным характером волнения возникающем при различающихся направлениях и силе ветра. В частности рассматриваемое явление может быть объяснено теорией волнения как эффект слемминга в результате ударов корпуса о крутую короткую волну.

Экссесс является мерой полимодальности закона распределения, обусловленной проявлением гармоник в процессе. Наибольшее значение рассматриваемый параметр имеет при направлении ветра навстречу судну, это обусловлено проявлением гармонической (регулярной) качки в сигнале рыскания при таком направлении ветра.

Размах рыскания, улавливая крайние отклонения, характеризует абсолютную величину рыскания в исследуемом сигнале курсографа. Достижение этим параметром максимальных значений в случае направления ветра в корму и борт, то есть на попутной и бортовой волне, также позволяет надеяться на использование его для поиска проявлений эффектов брочинга.

Пик-фактор в нашем случае характеризует импульсную динамику взаимодействия судна с окружающей средой. Учитывая, что для гармонических сигналов значение пик-фактора должно быть близко к значению 1,414, данный статистический параметр указывает на импульсные неоднородности в исходном сигнале.

Таким образом, показано, что при обработке данных судовых курсограмм статистические методы применимы и позволяют, при наличии достаточного объема исходных данных, судить о проявлении режимов волнения в управляемости судна. В частности, по ним можно частично охарактеризовать процессы, происходящие в системе управления судном, включая потенциально опасные особенно для малотоннажных судов проявления бродяжничества. В дальнейших работах планируется использовать динамический подход к анализу судовых курсограмм, позволяющий выявить закономерности изменения текущей курсовой динамики во времени. Использование методов динамического анализа, может позволить более оперативно выявлять потенциально опасные режимы потери управляемости судном, что, в свою очередь, даст еще один инструмент повышения безопасности на море.

#### **Список литературы:**

1. Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов: сб. науч. тр. //Институт морской геологии и геофизики Сахалинского научного центра ДВО РАН; под ред. Г.В. Шевченко. Южно-Сахалинск: 2001. 214с.
2. Мартюк Г.И., Юдин Ю.И., Юдин А.Ю. Учет ветра в математической модели судна с целью оценки его влияния на маневренные характеристики, // Вестник МГТУ.2004. Вып.3. Т.7. С.375-380.
3. Belenky V., Falzarano J. "Rating-Based Maneuverability Standarts", //USA, Florida. SNAME Annual Meeting Conference.2006. PP.227-246.
4. Marine Accident Investigation Branch (MAIB) [Электронный ресурс] / Marine Accident Investigation Branch. URL: <http://www.maib.gov.uk> , (дата обращения: 10.01.2010).

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ ОБСЕРВАЦИЙ

**Фогилев В.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовождения, fogilband@mail.ru*)

This article concerning using analytical modes of working up while the astronomical ship's fixing and their advantages in comparison with traditional "line of position" (LOP) method.

В статье рассмотрены вопросы об использовании аналитических методов обработки астронавигационных обсерваций и их преимуществах по сравнению с графоаналитической методикой.

Известно, что основная задача судовождения – это обеспечение безопасности мореплавания при сокращении времени перехода между портами, что требует надежного определения места судна в море.

К сожалению, уровень навигационной аварийности остается еще довольно высоким. Так, только аварии от посадки на мель по отечественным транспортному и промысловому флотам составляют более трети общего числа аварий, а число судов, гибнущих по этой причине, составляет по мировому флоту (учитываются суда водоизмещением более 500 т) 30-35 % всех погибающих судов, причем эти аварии часто сопровождаются человеческими жертвами. Разлив нефтепродуктов при посадке на мель примерно в 2 раза больше, чем при всех других видах аварий вместе взятых и зачастую наносит непоправимый урон окружающей среде. К тому же в связи с увеличением водоизмещения и скоростей судов средние убытки от каждой аварии возрастают, что является особенно актуальным в условиях мирового финансового кризиса. Помня, что целью снижения навигационной аварийности является охрана человеческой жизни на море и природной среды от загрязнения, следует учитывать и то, что все мероприятия по снижению навигационной аварийности имеют большое экономическое значение.

В морском плавании основным является штурманский метод судовождения, который состоит в непрерывном ведении счисления и в регулярных определениях места судна. Методы, которые целесообразно применять для определения местоположения судна в современных условиях навигации – один из наиболее острых и актуальных вопросов в области судовождения на сегодняшний день. Результаты обсерваций показывают положение судна относительно опасностей, служат для контроля и коррекции счисления. Если определения места выполняются достаточно часто или непрерывно, что возможно при их автоматизации, то счисление принимает резервное значение. Во всех случаях навигационная безопасность зависит, прежде всего, от частоты и точности определений места, вследствие чего определение места судна относят к основным оперативным задачам навигации.

Теория определения места судна создавалась и развивалась усилиями многих поколений ученых и моряков разных стран. Однако долгое время разные способы навигационных и астрономических определений разрабатывались изолированно, вне их взаимной связи. Это положение существенным образом изменилось благодаря разработанному профессором В.В. Каврайским в 50-х годах XX века обобщенному методу линий положения. Достоинства метода состоят в его математической строгости и универсальности. Универсальность метода заключается в том, что метод охватывает не только известные на сегодняшний день способы определений, но и все возможные способы. Введенное понятие градиента навигационного параметра оказалось исключительно важным не только для расчетов элементов линий положения, но и для оценки точности как самих линий, так и обсервованного места судна.

Вместе с тем, развитие навигационной и вычислительной техники, разработка автоматизированных комплексов и изучение свойств навигационной информации выявили ряд вопросов, касающихся определения места с оценкой его точности, которые, как оказалось, не охватываются имеющейся теорией.

Для астронавигационных определений места на практике используется метод линий положения в его графоаналитическом варианте. Толкование понятия линии положения только как касательной к изолинии сохранилось и после В.В. Каврайского, который преимущественно рассматривал касательную лишь как один из примеров линий положения. Разрабатывая метод линий положения, В.В. Каврайский специально приспособлял его для работы вручную с использованием таблиц и графических построений. Для этого, например, разности долгот заменяются отшествиями, а уравнения линий положения приводятся к нормальному виду делением на модули градиентов, что позволяет единообразно строить линии положения при любом их направлении. При решении задач с помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ) названные преобразования лишь усложняют алгоритмы и оказываются излишними и ненужными.

Например, экспериментальные исследования погрешностей астронавигационных измерений выявили весьма заметную корреляцию между ними. В таких условиях уравнивание по классической схеме метода наименьших квадратов уже не дает оптимальных по точности результатов. Более того, даже при определении по двум линиям положения оценка точности места и выбор наиболее выгодных условий должны выполняться с учетом приемлемых коэффициентов корреляций (не ниже 0,3). При частых измерениях возникает необходимость их фильтрации с учетом автокорреляции погрешностей, что приводит к задаче оптимального комплексирования. Выполненные в этом направлении исследования позволяют существенно повысить эффективность использования навигационной информации. Кроме того, в судовождении все шире применяются достижения смежных областей науки и техники. Не менее важны и традиционные связи навигации с теорией ошибок (погрешностей) и математической обработкой измерений.

Говоря о практике решения основных задач навигации, надо отметить, что и здесь произошли многие изменения, которые нуждаются в обобщении. Во-первых, появились практические рекомендации, вытекающие из новых теоретических разработок. Во-вторых, развитие глобальных спутниковых навигационных систем требует обобщения особенностей практического использования этих систем. В-третьих, все большее распространение на судах получают интегрированные навигационные комплексы и информационные системы. Наконец, анализ ряда навигационных аварий и разработка прикладного программного обеспечения для ЭВМ автоматизированных комплексов убеждают, что вопрос выбора безопасного пути судна с учетом точности определений его места и вопросы оценки надежности навигации также нуждаются в обобщении.

Метод определения географических координат места судна по двум и более высотам небесных светил, измеренным в произвольных азимутах, обладает наибольшей универсальностью. При наблюдении двух светил точность определения места судна ( $\varphi$  и  $\lambda$ ) не зависит от величины самих азимутов, а лишь от их разности, которая по возможности должна быть близкой к  $81^\circ$  (при коэффициенте взаимной корреляции  $\rho=0,3$ ). Определение места судна по астрономическим наблюдениям светил в ночное время суток осуществляется сравнительно легко, поскольку при отсутствии облачности всегда можно подобрать и почти одновременно измерить высоты двух и более ярких звезды. В светлое время суток астронавигационные наблюдения могут быть выполнены по Солнцу и Луне. Наличие серий наблюдений, состоящих из трех и более значений, позволяет существенно ослабить влияние случайных погрешностей и исключить погрешность систематическую. При этом точность ночных астрономиче-

ских обсерваций практически не зависит от погрешностей в пройденном расстоянии и истинном курсе судна, то есть от погрешностей навигационного счисления.

К недостаткам, которые допускают их ослабление относятся, в основном, традиционная графоаналитическая обработка измеренных высот, связанная с методом линий положения.

С учетом этого недостатка и ряда менее существенных, снижение интереса к мореходной астрономии не снимает утверждения о ее актуальности, отмеченной выше. Согласно главе II разделов А-II/1, А-II/2 международной конвенции ПДМНВ-78 (Правила дипломирования моряков и несения вахты), разработанной и утвержденной Международной морской организацией (ИМО), в состав обязательных минимальных требований для дипломирования капитанов, старпомов и вахтенных помощников капитана судов валовой вместимостью 500 регистровых тонн и более, включено умение использовать небесные тела для определения местоположения судна. Критерием для оценки качества этого умения является местоположение, полученное с помощью астрономических методов в пределах вероятностной обеспеченности в 95%.

В ряде морских держав (США, Великобритании, Франции) усовершенствованию методов измерения высот и обработки астрономически обсервации по-прежнему уделяется большое внимание. Например, в США на курс мореходной астрономии в морских академиях Калифорнии отводится 133 часа (модельный курс ИМО предусматривает 128 часов). В морской академии Мурманского государственного технического университета (МГТУ) такой курс удалось увеличить с 73 до 112 часов.

Видимо, высокотехнологичные страны осознают, что в условиях возрастающих угроз со стороны международного терроризма (и в открытом море тоже), при выходе из строя навигационного оборудования и/или систем энергообеспечения, единственными средствами обсервации окажутся классические методы мореходной астрономии.

### Список литературы:

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДМНВ-78). – СПб, ЦНИИМФ, 1993.
2. *B. Vulfovich. The elements of celestial navigation // B. Vulfovich. – San Francisco, 1998. – 304 p.*
3. *Вульфович Б.А. Основы судовождения.. – Мурманск, МГТУ, 2007. – 147 с.*
4. *Вульфович Б.А., Фогилев В.А. К вопросу о применении современных информационных технологий при астронавигационном определении места судна // Вестник МГТУ. – 2008. – № 3. – С. 446 – 450.*
5. *Фогилев В.А. Астрономические обсервации по двум звездам: реальная точность выполняемых вычислений // Эксплуатация морского транспорта. – 2008. – № 2 (52). – С. 29 – 34.*
6. *Фогилев В.А. Возможности альтернативных методов обработки астрономических обсерваций по звездам в море // Эксплуатация морского транспорта. – 2008. – № 3 (53). – С. 41 – 43.*
7. *Фогилев В.А. К вопросу о применении мореходной астрономии в современной практике мореплавания // Естественные и технические науки. – 2009. – № 1 (39). – С. 347 – 349.*
8. *Фогилев В.А. Практическая реализация астронавигационных способов определения координат судна на основе новых принципов // Естественные и технические науки. – 2009. – № 3 (41). – С. 421 – 422.*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ СНС ГЛОНАСС, КАК СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ, ПРИ РАБОТЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДОВ В РЕЖИМЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ**

**Холодов Г.Г.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра РТКС e-mail: [hgg54@mail.ru](mailto:hgg54@mail.ru))

### **1. Введение**

При анализе аварий и аварийных случаев, возникших при удержании судов с помощью систем динамического позиционирования (СДП) связанные с нарушением работы систем ориентации в частности СНС ГЛОНАСС, и эффективности реакции операторов СДП на разрушительные воздействия реализующихся опасностей возникает необходимость в разработке моделей контроля целостности СНС, мерой которой является вероятность выявления отказа в течение времени, равного заданному или меньшего, которые могут быть представлены в виде последовательных временных диаграмм (графов).

В последнее время вопросам целостности навигационных систем и навигационного контура (бортового оборудования) уделяется большое внимание, что делает эту характеристику навигационных систем сопоставимой по своему значению с точностными характеристиками систем и комплексов. Тем самым целостность становится одной из основных характеристик, что отмечается в соответствующих нормативных документах. Так, в [1] содержится требование обеспечения автономного контроля целостности (АКЦ) в навигационной аппаратуре потребителей (НАП) СРНС, т.е. в перспективе СРНС будет применяться как основное навигационное средство.

В отечественных нормативных документах чёткое определение целостности в настоящий момент отсутствует. В отечественной литературе данный термин широко используется [1,2,3,4], но без приведения определения. Так В.С. Шебшаевич определяет целостность следующим образом [5]: под целостностью понимают способность СРНС предоставлять потребителю полноценное навигационное навигационно-временное обеспечение. В более поздних источниках можно найти следующее определение [6]: целостность характеризует способность системы информировать потребителя о выходе текущих погрешностей измерения за заданные пределы. При этом в качестве количественной характеристики целостности обычно используют вероятность и среднее время обнаружения соответствующего ухудшения качества измерений.

Аналогичное определение можно найти в [1]: под целостностью при использовании СРНС в качестве вспомогательного навигационного средства понимают способность системы обеспечить своевременное предупреждение о том, что её не следует применять для целей навигации. Целостность при использовании СРНС в качестве единственного (основного) навигационного средства означает способность системы исключить неверную спутниковую информацию из последующей обработки до того, как ошибка в выходных параметра превысит допустимый порог, т.е. изолировать отказавший спутник.

Понятие целостности пришло из зарубежной технической литературы и применительно к отечественной терминологии ближе всего к понятию “достоверность функционирования” аппаратуры [7]. Специфика задачи в режиме Динамического позиционирования судна добавляет ещё одно требование, не присутствующее явно в определении достоверности функционирования - своевременность выдачи информации системами навигации и встроенного контроля. Учёт данной составляющей является необходимым и для оценки непрерывности работы системы.

Обзор стандартов по данной теме и зарубежной литературы дал следующие варианты определения целостности:

Целостность – это мера доверия, которая может быть отнесена к правильности информации, выдаваемой системой в целом. Целостность включает способность системы обеспечить пользователя своевременными и достоверными предупреждениями (срабатываниями сигнализации) в тех случаях, когда система не должна использоваться для намечаемой операции (удержания судна в режиме Динамического позиционирования) [8]

Для оценки целостности может быть использована обратная величина – риск потери целостности [9,10]. Риск потери целостности есть вероятность превышения ошибки вычисления плановых координат, превышающих ошибки вычисления плановых координат, превышающих уровень срабатывания предупреждения, без сообщения об ошибке.

Уровень срабатывания предупреждения для плановых координат может быть представлен как область вокруг истинного положения судна в режиме Динамического позиционирования, выход, за границы которого может произойти с достаточной малой вероятностью.

В рамках этих определений и будем проводить исследование по построению математической модели.

В качестве критерия целостности используется вероятность получения достоверной информации на заданном интервале времени.

На основе проведенного анализа в качестве оценки целостности  $P_{ц}$  навигационной системы может быть принято следующее выражение:

$$P_{ц} = 1 - P_{ло} - P_{но}, \quad (1.1)$$

где  $P_{ло}$  – вероятность ложного отказа,  $P_{но}$  – вероятность необнаруженного отказа.

В данном случае в целостность системы включаются и события обнаруженных отказов. В таком случае параметр  $P_{ц}$  является характеристикой достоверности функционирования аппаратуры [11]. Неудобством использования достоверности функционирования является то, что состояния обнаруженных отказов смежных подсистем влияют на целостность системы в смысле увеличения её значения, но не представляют интереса, т.к. наиболее важными являются состояния полной исправности, ложного и необнаруженного отказа. В системах СНС, её встроенной системы контроля, необходимо максимизировать вероятность полной исправности и минимизировать вероятность ложного и необнаруженного отказа за счёт использования резервирования и алгоритма контроля, а вероятности отказа подсистем рассматриваются как исходные данные.

В качестве критерия оценки целостности удобно рассматривать условные вероятности событий: полной исправности системы ( $P_{ц}$ ), состояния ложного отказа ( $P_{лоу}$ ) и состояния необнаруженного отказа ( $P_{ноу}$ ). Данные события рассматриваются при условии, что система находится в одном из трёх состояний, т.е. не находится в состоянии обнаруженного отказа.

Пусть  $P_{испр}$  – вероятность исправности всех подсистем,  $P_{оо}$  – вероятность обнаруженного отказа одной из из подсистем, тогда справедливо следующее выражение:

$$P_{испр} + P_{оо} + P_{ло} + P_{но} = 1 \quad (1.2)$$

Для введенных параметров оценки целостности можно записать следующие выражения:

$$P_{цу} = P_{испр} / (P_{испр} + P_{ло} + P_{но}) \quad (1.3)$$

$$P_{лоу} = P_{ло} / (P_{испр} + P_{ло} + P_{но}) \quad (1.4)$$

$$P_{ноу} = P_{но} / (P_{испр} + P_{ло} + P_{но}) \quad (1.5)$$

Выражение (1.3) внешне похоже на выражение для достоверности правильного функционирования ( $D_{п.ф.} = P_{испр} / (P_{испр} + P_{но})$ ), однако в (1.3) присутствует также

вероятность ложного отказа. Таким образом, предложенную характеристику целостности Рцз назвать достоверностью правильного функционирования нельзя.

Вероятность ложного и необнаруженного отказов традиционно обозначают коэффициентами  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно (например, при выполнении расчётов по критерию Неймана-Пирсона).

В дальнейшем условную вероятность целостности Рцз, в общем случае зависящую от времени, будем обозначать  $\zeta(t)$ , условную вероятность ложного отказа Рлоу -  $\alpha(t)$ , условную вероятность необнаруженного отказа Рноу -  $\beta(t)$ .

В соответствии с выражениями (1.3)-(1.5):

$$\zeta(t) = R_{испр} / (R_{испр} + R_{ло} + R_{но}) \quad (1.6)$$

$$\alpha(t) = R_{ло} / (R_{испр} + R_{ло} + R_{но}) \quad (1.7)$$

$$\beta(t) = R_{но} / (R_{испр} + R_{ло} + R_{но}) \quad (1.8)$$

Из (1.6)-(1.8) следует выполнение условия нормировки:

$$\zeta(t) + \alpha(t) + \beta(t) = 1,$$

и таким образом справедливо следующее выражение для условной вероятности целостности системы:

$$\zeta(t) = 1 - \alpha(t) - \beta(t) \quad (1.9)$$

На основе введённого определения целостности и критериев оценки этого параметра в дальнейшем будем исследовать целостность GPS и построение её математической модели в рамках использования её оператором в системе ДП.

Исходными данными, определяющими особенность построения математической модели целостности СНС будет являться следующее:

**А.** постоянно варьирующийся действующий опасный фактор – человеческий (оператор СДП), технический отказ (спутник-бортовая аппаратура потребителя), отказ средств автономной диагностики аппаратуры, сбой канала передачи данных - на который влияют ионосферные и тропосферные помехи, т.е. выявления их аномальных зон с решением проблемы точной компенсации погрешностей распространения навигационных сигналов, что повышает точность определения местоположения потребителя.

**Б.** нормальное состояние – эксплуатационное состояние системы ориентации СНС ГЛОНАСС в СДП, которое устойчиво к воздействию опасных факторов, уравновешиваемых адекватными реакциями организационно-технической системы в целом.

**В.** нарушение целостности СНС ГЛОНАСС, т.е. выход из нормального эксплуатационного состояния может быть обусловлен либо ошибкой оператора СДП, отказ технической и организационной подсистемы, помеха в канале передачи данных (в среде распространения радиоволн).

Используя исходные данные и привлекая элементы теории математической логики, последовательно в рамках ассоциативно-структурного подхода составим математическую модель целостности СНС ГЛОНАСС.

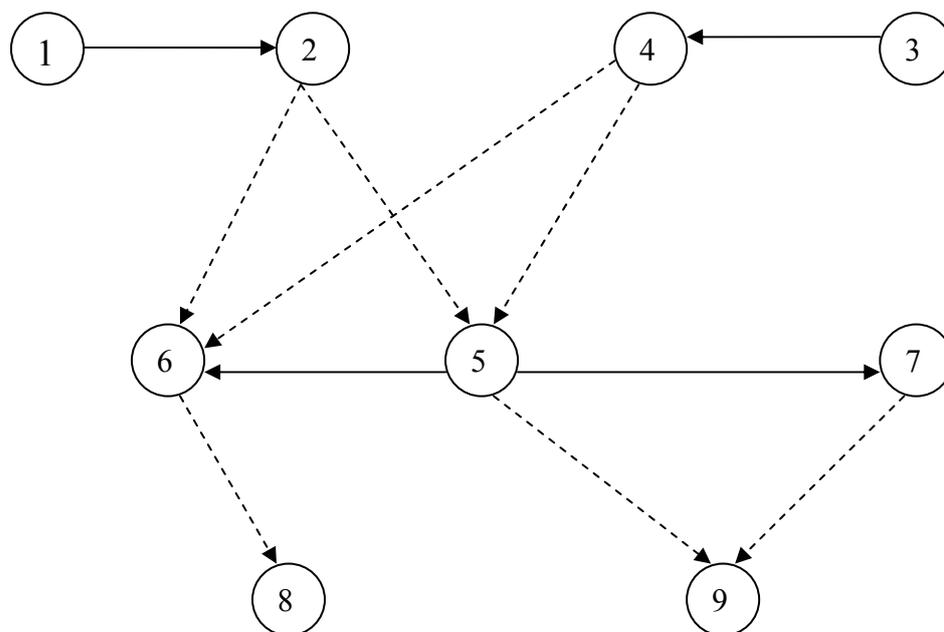
## **2. Математическая модель критического состояния целостности СНС ГЛОНАСС в системе ДП.**

Модель критического состояния целостности, складывающаяся в процессе функционирования системы ориентации СНС ГЛОНАСС в системе СДП судна будет формироваться в виде последовательной диаграммы, представленным графом переходов со структурой дерева вида  $G_1(Q,U)$ , где  $Q$  – вершины, а  $U$  – рёбра графа. При составлении математической модели в качестве исходных гипотез, определяющих особенности построения модели критического состояния целостности СНС ГЛОНАСС, используем исходные данные, сформулированные во введении.

Поэтому, учитывая исходные данные, за начальные вершины диаграммы (дерева)  $G_1(Q,U)$  будем принимать состояния нормального (эксплуатационного) функционирования подсистем (Б), образующих организационно-техническую систему в целом.

Вершина  $Q_1$  – нормальное функционирование подсистемы Человеческий фактор (оператор СДП)

Вершина  $Q_3$  – нормальное функционирование системы ориентации СНС ГЛОНАСС в СДП



**Рис.1**

Вершина  $Q_2$  – управленческая ошибка оператора СДП

Вершина  $Q_4$  – отказ технических средств СНС ГЛОНАСС

Вершины направленного графа  $Q_5, Q_6, Q_7$  – последовательность мероприятий в критическом состоянии целостности для компенсации опасных факторов

$Q_5$  – профилактическая форма преодоления критичности

$Q_6$  – чрезвычайные меры по борьбе с критичностью

$Q_7$  – предупредительные мероприятия во время несения вахты оператором СДП

Вершины  $Q_8, Q_9$ , которые определяют такое состояние критичности, которое способно перейти или в эксплуатационное состояние рабочее состояние СНС, или в аварийное состояние (нарушение целостности)

Пусть в случайные моменты времени в технических средствах (СНС) происходят отказы, а оператор СДП совершает ошибки в позиционировании судна то тогда критическое состояние фиксируемое вершиной  $Q_8$  и характеризуемое возможностью перехода в эксплуатационное состояние, будет складываться лишь в случае привлечения чрезвычайных организационных мер, то эволюционная модель такого состояния можно представить в виде:

$$Q_8 = Q_8^0 \vee Q_8^1 \quad (2.1)$$

Где каждая компонента (2.1) является монотонной цепочкой переходов

$$Q_8^0 = Q_3 \& Q_4 \& Q_6; \quad (2.2)$$

$$Q_8^1 = Q_1 \& Q_2 \& Q_6.$$

Критическое состояние целостности СНС, стремящееся к аварийному состоянию (вершина направленного графа  $Q_9$ ) определяется наличием ошибок управления, отказами

технических средств и неадекватностью привлечения профилактических или предупредительных мер. Модель подобного критического состояния целостности СНС будет складываться так:

$$Q_9 = Q^0_9 \vee Q^1_9 \vee Q^2_9, \quad (2.3)$$

Где компоненты являются монотонными цепочками переходов

$$Q^0_9 = Q_3 \& Q_4 \& Q_5; \quad (2.4)$$

$$Q^1_9 = Q_1 \& Q_2 \& Q_5;$$

$$Q^2_9 = Q_7.$$

Таким образом, составленная модель критических состояний целостности СНС(2.1-2.2) показывает, что такая модель не обладает устойчивыми конечными состояниями.

Для определения вероятностей перехода модели в крайние устойчивые состояния упростим граф (Рис.1).

Пусть:

Вершина  $Q_1$  – нормальное функционирование подсистемы Человеческий фактор (оператор СДП), и нормальное функционирование системы ориентации СНС ГЛОНАСС в СДП

Вершина  $Q_2$  – управленческая ошибка оператора СДП, и отказ технических средств СНС ГЛОНАСС

Вершина  $Q_3$  – последовательность мероприятий в критическом состоянии целостности для компенсации опасных факторов

Вершина  $Q_4$  – которая определяет такое состояние критичности, которое способно перейти или в эксплуатационное состояние (рабочее состояние) СНС, или в аварийное состояние (нарушение целостности).

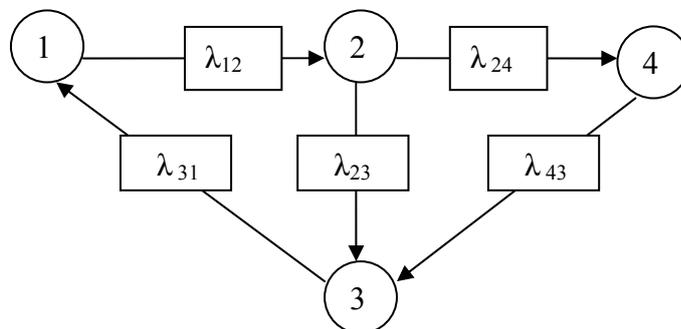


Рис.2

Переход системы из состояния  $Q_i$  в состояние  $Q_j$  осуществляется под воздействием пуассоновского потока событий с интенсивностью  $\lambda_{ij} = \text{const}$ . Случайные процессы с дискретными состояниями удобно иллюстрировать с помощью, так называемого графа состояний Рис.2. Переход системы из состояния  $Q_1$  в  $Q_2$  происходит в момент, когда наступает первое событие потока.

Вероятность события, состоящего в том, что в момент времени  $t$  система  $S$  будет находиться в состоянии  $s_1$ , обозначим  $p_i(t)$ :

$$p_i(t) = P\{S(t) = s_i\}, \text{ причём } \sum_{i=1}^n p_i(t) = 1.$$

Для нахождения этих вероятностей, т.е.  $p_i(t)$  – вероятностей состояний системы  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , нужно решить систему дифференциальных уравнений – уравнений Колмогорова, имеющих вид

$$\frac{d p_i(t)}{d t} = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \cdot p_j(t) - p_i(t) \cdot \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}, \quad (i=1,2,3,\dots,n)$$

с начальными условиями  $p_1(0), p_2(0), \dots, p_n(0)$ ;  $p_i(0) \geq 0$ ,  $\sum_{i=1}^n p_i(0) = 1$   
и условием нормировки  $\sum_{i=1}^n p_i(t) = 1$ .

При составлении системы уравнений Колмогорова удобно пользоваться размеченным графом состояний системы Рис.2.

$$p_1'(t) = \lambda_{31} p_3(t) - \lambda_{12} p_2(t)$$

$$p_2'(t) = \lambda_{12} p_1(t) - \lambda_{24} p_4(t) - \lambda_{23} p_2(t)$$

$$p_3'(t) = \lambda_{23} p_2(t) - \lambda_{43} p_4(t) - \lambda_{31} p_1(t)$$

$$p_4'(t) = \lambda_{24} p_2(t) - \lambda_{43} p_3(t)$$

Нормировочное условие  $p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) + p_4(t) = 1$ .

Тогда система алгебраических уравнений, описывающих стационарный режим системы, принимает вид:

$$\lambda_{31} p_3(t) - \lambda_{12} p_2(t) = 0,$$

$$\lambda_{12} p_1(t) - \lambda_{24} p_4(t) - \lambda_{23} p_2(t) = 0,$$

$$\lambda_{23} p_2(t) - \lambda_{43} p_4(t) - \lambda_{31} p_1(t) = 0,$$

$$\lambda_{24} p_2(t) - \lambda_{43} p_3(t) = 0,$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1.$$

Если известна интенсивность потоков  $\lambda_{ij} = \text{const}$ , подставляем их в уравнение, решаем его и получаем с какой вероятностью система находится в заданном состоянии.

### 3. Заключение

Математическая модель критического состояния целостности СНС ГЛОНАСС как основной системы ориентации в системе СДП судов способна обеспечить как оценку надёжности эксплуатации судна в режиме динамического позиционирования, так и прогнозирование эффективности вложения средств на поддержание системы управления безопасной эксплуатацией этого судна. Кроме того, использование предложенной диаграммы может дать толчок к выработке более эффективных мер по профилактике аварийности и минимизации последствий от аварий и экологических катастроф.

#### Список литературы:

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования/Под. Ред. А.И.Петрова, В.Н. Харисова. Изд.3-е, перераб. - М.:Радиотехника,2005, С688 с.
2. Дмитриев С.П., Осипов А.В. Фильтрационный подход к задаче контроля целостности спутниковой радионавигационной системы/С.П. Дмитриев, А.В. Осипов – Радиотехника, 2002,№1, с.39-47.
3. Соловьёв Ю.А. Спутниковая навигация и её приложения.- М.: Эко-Тренз, 2003.- 326 с.
4. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС, интерфейсный контрольный документ, редакция 5-я,-М.: Координационный научно-информационный центр,2002, с.60.
5. Сетевые спутниковые радионавигационные системы/П.П. Дмитриев; отв. Ред. В.С. Шебшаевич.-2-е изд. – М.: Радио и связь, 1993.-408 с.
6. Миронов М.А., Башаев А.В., Полосин С.А. Контроль целостности в бортовых системах функционального дополнения глобальных навигационных спутниковых систем.- Радиотехника, 2004,№7, с.37-42.
7. Щербаков Н.С. Достоверность работы цифровых устройств. М.:Машиностроение, 1989. – 224 с.

8. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь. Приложение 10 к Конвенции о Международной Гражданской Авиации. ICAO.1999.

9. Ober P.B. Towards High Integrity Positioning (Electronic resource)//The proceedings of ION GPS-99, 12th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, September 14-17,1999, Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee – Режим доступа: *HTTP://WWW.INTEGRICOM.NL/PUBLICATIONS.HTM*

10. Braff R. LAAS Performance for Terminal Area Navigation – (TEXT)//ION 57th Annual Meeting/CIGTF 20th Biennial Guidance Test Symposium, 11- 13 June, 2001, Albuquerque, NM, pp. 252-262

11. Щербаков Н.С. Достоверность работы цифровых устройств. М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ СРНС В АРКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ**

**Холодов Г.Г.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра РТКС e-mail: hgg54@mail.ru*)

### **1. Введение**

Для обеспечения безаварийной работы и точности позиционирования судов, оснащенных системами динамического позиционирования (СДП) в районе Арктических широт, применяется спутниковая система ориентации, как приоритетная. Благодаря своим уникальным свойствам (глобальность, независимость от погодных условий и времени суток, высокая точность) (спутниковые радионавигационные системы) СРНС стали основными системами координатно-временного обеспечения судов. Среднеорбитальные СРНС в стандартном режиме не обеспечивают достаточную точность позиционирования. Для обеспечения возрастающих требований к точности позиционирования, а также для обеспечения надежности целостности СРНС приобретает значение в дальнейшем развитии и усовершенствовании средств передачи дифференциальных поправок и навигационной аппаратуры потребителей. В качестве средств передачи дифференциальных поправок наиболее широкое применение находят локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС).

### **2. Локальные дифференциальные подсистемы**

Техническое решение проблемы целостности СНС ГЛОНАСС в северных широтах может быть решена применением локальной дифференциальных подсистем (ЛДПС) на базе морских маяков. Такие дифференциальные подсистемы с передатчиков, устанавливаемых на морских SMK маяках, обеспечивают передачу поправок в бортовую аппаратуру систем позиционирования в формате RTCM SC-104 на частотах 283-325 КГц. Радиус зоны покрытия дифференциальными подсистемами морской акватории в среднем составляет 500 км при распространении над морской поверхностью. Для морских потребителей в ближайшей перспективе наиболее целесообразным и технически реализуемым является развёртывание ЛДПС в прибрежных морских водах, на базе существующих радиомаяков работающих в диапазоне средних волн. Их функционирование поддерживается государственными структурами и координируется в международном масштабе. Использование имеющейся материальной базы радиомаячной службы (передатчики, антенные системы, системы электроснабжения) позволит снизить стоимость развертывания дифференциальной подсистемы в целом.

Морская дифференциальная подсистема (МДПС) представляет собой самостоятельную подсистему, способную автономно решать задачи по обеспечению морских потребителей точной навигационной информацией. Создание и использование МДПС находится в ведении Минобороны (ВМФ) и Минтранса России, которые организуют взаимодействие непосредственно через Управление навигации и океанографии МО РФ и подразделения Минтранса. Предполагается, что в будущем МДПС войдёт составной частью в Единую дифференциальную систему (ЕДС) России.

Развитие отечественных дифференциальных подсистем СРНС ГЛОНАСС определяется “Межведомственной комплексной программой по созданию в Российской Федерации морской дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS” и Федеральной целевой программы “Глобальная навигационная система”. В соответствии с ними на базе морских радиомаяков, расположенных на побережье России, к 2011 году должны быть развернуты 33 дифференциальных станции[1].

Таблица 1- Перспективный план-график создания МДП

№ п/п	Район расположения	Название радиомаяка	Служба МДПС	Широта	Долгота	Дальность действия, км	Скорость передачи, бод	Срок ввода
1.	г. Архангельск	Мудьюгский	РЦ СФ	64°55N	40°14E	320	100	2004
2.	м. Цып Наволок	м.Цып - наволок	РЦ СФ	69°44N	33°06E	200	100	2006
3.	м. Канин Нос	Канинский	РЦ СФ	68°39N	43°17E	240	100	2009
4.	м. Тонкий	Тонкий	ЦУ МДПС Севморпути	69°51N	61°07E	250	100	2009
5.	о. Олений	Олений	-	72°36N	77°39E	250	100	2002
6.	г. Дудинка	Енисей	-	68°26N	86°22E	200	100	2002
7.	м. Стерлигова	Стерлигов	-	75°24N	88°46E	200	100	2011
8.	о. Визе	Визе	-	79°30N	76°59E	200	100	2011
9.	м. Бегичев	Бегичев	-	47°31N	112°15E	200	100	2011
10.	м. Андрея	Андрея	-	76°44N	110°27E	200	100	2011
11.	о. Столбовой	Столбовой	-	74°10N	135°27E	200	100	2011
12.	о. Котельный	Котельный	-	74°10N	137°53E	200	100	2011
13.	п. Индигирка	Индигирка	-	74°16N	150°17E	200	100	2011
14.	о. Каменка	Каменка	-	69°28N	161°14E	200	100	2011
15.	г. Певек	Яйрангай	-	69°54N	170°32E	200	100	2011
16.	о. Врангеля	Врангеля	-	70°59N	178°29E	200	100	2011
17.	м. Дежнева	Дежнева	-	66°01N	169°43W	200	100	2011

Для обеспечения развертывания и оперативного управления функционирования морской дифференциальной подсистемы СНС с заданными характеристиками в настоящее время создается Служба МДПС, формируемая на базе подразделений и частей Гидрографической службы (ГС) Военно-Морского флота.

Перспективный план-график ввода станций МДПС в эксплуатацию и места дислокации объектов управления МДПС (только Северные территории) отражены в табл.1.

В России, в отличие от западных стран, на сегодняшний день не существует развернутых региональных и широкозонных дифференциальных подсистем.

Как показывают исследования, проводимые в России и европейских странах, наиболее эффективное направление развития региональных дифференциальных систем – интегрирование длинноволновых импульсно-фазовых наземных радионавигационных систем “Чайка” и Лоран-С с РНС ГЛОНАСС и GPS. Можно отметить ряд преимуществ

такой системы перед региональными подсистемами, использующими для передачи данных геостационарные КА:

- реализация на основе уже существующей структуры;
- охват большой площади при сравнительно невысоких затратах;
- обеспечение улучшенной работоспособности и доступности канала передачи, данных в городских и горных районах.

Это нашло отражение в Федеральной целевой программе по использованию глобальной навигационной спутниковой системе ГЛОНАСС, которая определяет направления разработки на конкурсной основе, внедрения и использования средств функциональных дополнений СНС.

### **3. Практическое использование локальных дифференциальных подсистем и расширение их зоны действия.**

Для проверки точности позиционирования с применением локальных дифференциальных подсистем летом 2006 года был осуществлён сквозной переход по Северному морскому пути из Мурманска в Петропавловск-Камчатский на двух пограничных сторожевых кораблях (ПСКР) береговой охраны северо-восточного управления пограничных войск ФСБ России с привлечением специалистов Центра управления полётами г. Королева Московской области. Результаты эксперимента были опубликованы в печати [2].

Некоторые из целей поставленного эксперимента являлись:

- Оценка реальной точности позиционирования в Северных широтах.
- Проведение мониторинга навигационного поля в Северных широтах.
- Сравнение реальной навигационной обстановки и прогнозируемой.

Применялась навигационная аппаратура:

- Двухчастотный 20-ти каналный ГЛОНАСС/GPS геодезический приёмник Legacy производства фирмы Javad.
- Двухчастотный 20-ти каналный ГЛОНАСС/GPS геодезический приёмник Махор производства фирмы Javad.
- Одночастотный 16-ти каналный ГЛОНАСС/GPS геодезический приёмник Геодезия производства РИРВ.
- Одночастотный 16-ти каналный ГЛОНАСС/GPS приёмник-антенна СПА производства РИРВ.
- Одночастотный 16-ти каналный ГЛОНАСС/GPS приёмник МТ-102 производства РИРВ.
- Одночастотный 12-ти каналный бытовой GPS приёмник Garmin Etrex производства фирмы Garmin.

Для оценки точности дифференциального режима использовалась информация судового приемника МТ-102, который штатно являлся дублирующим приемником корабля. Дифференциальные поправки последовательно принимались от контрольно-корректирующей станции №2 на острове Мудьюг (Белое море) и №24 на острове Олений.

Контрольно-корректирующая станция на мысе Олений была включена и передавала дифференциальные поправки, начиная с 15.08.06 в течение пяти суток. Факт приема дифференциальных поправок был установлен, с 15.08.06 начиная с 12 часов МВ. Прием дифференциальных поправок 17.08.06. начиная с 15 часов МВ, когда удаление от ККС составило, примерно, ещё до 600 км. После этого дифференциальные поправки периодически появлялись и пропадали, примерно, ещё до 680 км. После этого их приём прекратился. Таким образом, на границе рабочей зоны системы дифференциальные поправки принимались с большими перерывами по времени, и достоверность их ставилась под сомнение. Чтобы расширить границы рабочей зоны дифференциальной подсистемы, можно

пойти следующими путями, это увеличить мощность передатчика, а так же, за счет увеличения размеров передающей антенной системы, или увеличения продолжительности импульсов, что не целесообразно и экономически не выгодно. Применяя интегрированные длинноволновые импульсно-фазовые наземные радионавигационные системы “Чайка” и Лоран-С с РНС ГЛОНАСС и GPS, целесообразно применить разработанную на кафедре РТКС МГТУ и запатентованную приемную антенну для этих систем. Патент на полезную модель №81383, заявка №2008139072. Трёхплечная вибраторно-кольцевая антенна круговой поляризации позволит увеличить зону уверенного приема на 15% и повысить достоверность принимаемой информации в два раза.

На основании анализа полученных данных, на протяжении всего перехода по трассе Северного морского пути 11.08.-30.08.2006 сделаны следующие выводы, что практически на всем участке перехода условия для навигации на основе комбинированной аппаратуры, использующей сигналы двух систем ГЛОНАСС/GPS, с избытком обеспечивали надежное определение местоположения объектов с хорошей точностью. На протяжении всего перехода обеспечивалось видимое созвездие спутников GPS, достаточное для гарантированного позиционирования корабля с высокой точностью. По системе ГЛОНАСС наблюдались постоянные перерывы в навигации, величина которых достигала, примерно, десяти часов за сутки. В наиболее благоприятные сутки суммарное количество перерывов в навигации по ГЛОНАСС сокращалось до 2,5 час. В среднем перерывы в навигации с использованием системы ГЛОНАСС составляли от трёх до десяти часов в сутки. Суммарное время отсутствия навигации по системе ГЛОНАСС за период перехода с 12.08.06 по 30.08.06 составило, примерно, 79 часов, что составляет 17 % от общего времени перехода.

Выводы:

1. Приоритетным направлением развития функциональных дополнений СНС в РФ на ближайшую перспективу является создание дифференциальной подсистемы для локальных прибрежных районов на базе морской радиомаячной службы. В этом случае большинство из существующих радиомаяков может быть перестроено для работы в дифференциальной подсистеме ГЛОНАСС с минимальными изменениями.
2. Развитие функциональных дополнений СНС в ближайшей перспективе в РФ будет связано с созданием региональных дифференциальных подсистем на базе радионавигационных систем дальней навигации, то есть применять интегрированные длинноволновые импульсно-фазовые наземные радионавигационные системы “Чайка” и Лоран-С с РНС ГЛОНАСС и GPS.
3. При эксперименте получены характеристики качества спутниковой навигации в процессе перехода – количество видимых навигационных спутников систем ГЛОНАСС/GPS и геометрические факторы. Установлено, что качественная навигация в процессе перехода обеспечивалась при использовании совместно систем ГЛОНАСС/GPS и GPS.

#### Список литературы:

1. Токарев Ю.В. Тенденции развития отечественных дифференциальных подсистем космических навигационных систем. Материалы 6 Российской научно-технической конференции “Современное состояние и проблемы навигации и океанографии” НО-2007, Санкт-Петербург 23-25 мая 2007г. с. 670
2. Бермишев А.А., Вороновский И.В. и др. “Результаты эксперимента по исследованию навигационной обстановки при переходе по Северному Морскому пути” Материалы 6 Российской научно-технической конференции “Современное состояние и проблемы навигации и океанографии” НО-2007, Санкт-Петербург 23-25 мая 2007г. с. 670



---

**УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ И  
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО**



## УЧАСТИЕ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ МУРМАНА В ВОВ

**Зива И.И.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства, [germina-85@mail.ru](mailto:germina-85@mail.ru)*)

This article is a short survey, of military time on Murman Land and the role of fishing fleet and fishing ships in the approaching of the Victory.

Кольский полуостров изначально занимал важное место в агрессивных планах гитлеровского командования. Основными стратегическими задачами противника на этом участке были захват в кратчайшие сроки города Мурманска с его незамерзающим портом, пунктов базирования Северного флота, а также выход на линию Кировской железной дороги, соединяющей Мурманский порт с основной частью страны. Кроме того, захватчиков привлекали природные богатства Кольской земли, особенно месторождения никеля – необходимого для военной промышленности Германии. Для достижения этой цели на арктическом театре военных действий была сосредоточена армия "Норвегия" в составе двух германских и одного финского корпусов, которую поддерживали часть сил 5-го воздушного флота и ВМС Германии. Им противостояла советская 14-я армия, занимавшая оборону на Мурманском и Кандакшском направлениях. С моря 14-ю армию прикрывали корабли Северного флота и уже теперь военные - бывшие рыбопромысловые суда.

Великая Отечественная война в Заполярье началась с массированных бомбардировок городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, пограничных застав, военно-морских баз. Первые налеты фашистская авиация провела уже в ночь на 22 июня 1941 года.

С начала войны 49 рыболовных траулеров (РТ) Мурманска (табл. 1) и 10 судов Архангельска вместе с экипажами вошли в состав Северного военно-морского флота. В составе тралового флота остались лишь непригодные к плаванию суда, находящиеся на ремонте.

В таблице приведены суда, вошедшие в состав Северного военно-морского флота. В Мурманском порту началось переоборудование и вооружение траулеров. Бывшие РТ становились сторожевыми кораблями и военными тральщиками. На них устанавливали пушки, зенитные пулеметы, учреждались боевые посты, они вооружались глубинными бомбами.

К осени 1941 года перед Северным флотом были поставлены новые задачи, связанные с началом проводки союзных конвоев, военными перевозками, участием в десантных операциях и дозорной службы. Это потребовало мобилизации дополнительных сил, но из-за перегруженности производственной базы некоторые суда (например - РТ-12, РТ-42) переоборудовать так и не удалось. Они использовались, как отопители, при малейшей возможности выходили на лов рыбы, а затем были окончательно возвращены траловому флоту.

Активное участие в боевых операциях принимал и мелкий флот – большой отряд невооруженных ботов подвергался частой бомбежке и обстрелам, но несмотря на это выполнял важнейшие задачи по поставке продовольствия и снаряжения для бойцов.

Рыбные тральщики старательно совмещали в себе как ловлю рыбы, так и свою собственную оборону, а иногда привлекались к защите и проводке союзных конвоев (РТ-76 "Астрахань"- отстал от конвоя ИК- 8 и потоплен немецкой подводной лодкой; РТ-308 "Красный Онежанин"- шел в конвое ВА-18, затоплен подводной лодкой U 960; РТ-102 "В.Чкалов"- шел из Мурманска в Иокангу в составе отряда ЭПРОН, потоплен артиллерийским огнем эсминцев и др.)

Таблица 1

Тип судна	Название судна	Тип судна	Название судна
РТ-6	«Кит»	РТ-54	«Судак»
РТ-5	«Краб»	РТ-57	«Смена»
РТ-9	«Ролик»	РТ-58	«Спартак»
РТ-10	«Лебедка»	РТ-59	«Колхозник»
РТ-11	«Ваер»	РТ-60	«Рабочий»
РТ-12	«Трал»	РТ-63	«Полярный»
РТ-13	«Микоян»	РТ-64	«Северный по-
РТ-15	«Засольщик»	РТ-65	«Революция»
РТ-16	«Ленин»	РТ-66	«Урал»
РТ-18	«Профинтерн»	РТ-70	«Капитан Воро-
РТ-21	«Тралмейстер»	РТ-71	«Москва»
РТ-22	«Мурманск»	РТ-73	«Куйбышев»
РТ-29	«Киров»	РТ-72	«Ленинград»
РТ-30	«Уссуриец»	РТ-74	«Ногин»
РТ-36	«Большевик»	РТ-75	«Саратов»
РТ-38	«Стрелок»	РТ-76	«Астрахань»
РТ-41	«М. Горький»	РТ-77	«Челюскинец
РТ-42	«Аскольд»	РТ-78	«Грозный»
РТ-43	«Рыбец»	РТ-79	«Тбилиси»
РТ-44	«Нева»	РТ-80	«Батуми»
РТ-45	«Двина»	РТ-81	«Коломна»
РТ-46	«Лосось»	РТ-82	«Димитров»
РТ-48	«Севгосрыбтрест»	РТ-101	«Иван Панин»
РТ-51	«Лещ»	РТ-102	«В.Чкалов»

Дозорная служба рыболовных траулеров, а теперь уже военных заключала также одну из главных ролей в военной жизни Мурмана. Многие суда погибли, выполняя эту важную миссию (РТ-38 "Стрелок"- погиб в линии дозора Цып-Наволоок-Кильдин; РТ-411 "Ненец"- погиб в линии дозора м. Черный – м. Святой Нос; РТ-10 "Лебедка"- в линии дозора Цып Наволок - о. Кильдин и др.).

Северный флот в связи с появлением новых направлений не мог организовать охрану промысловых судов, вследствие чего многие из них были потоплены.

За годы войны Траловый флот безвозвратно потерял шесть траулеров, уничтоженных немецкой авиацией, кораблями и подводными лодками противника (здесь не учтены суда, поднятые и восстановлены после выхода из строя). В марте 1942 г. из вспомогательных судов тралового флота, мотоботов и парусников рыбного порта был создан военно-транспортный дивизион Мурманской базы военизированного тралового флота.

С середины 1942 г. года на судах тралового флота стали устанавливать 45-и миллиметровые полуавтоматические пушки (по одной на баке и на корме каждого судна) и пулеметы (РТ-14, РТ-17, РТ-23, и РТ-103).

Мурманский порт, несмотря на исключительно тяжелые условия работы, ни на один день не прекращал своей деятельности, систематически из года в год перевыполнял производственные программы. Обеспечивая досрочную обработку судов, порт на 70 % восстановил разрушенные производственные объекты.

За время войны вражеской авиацией были разрушены Мурманский рыбокомбинат, рыбный порт, судовой верфь, тралово-такелажная мастерская, дом культуры им. С.М. Кирова, дом междурейсового отдыха.

Несмотря на военное время рыбопромысловые суда Мурмана за 4 военных года дали стране 634,4 тонны рыбы и 2641,1 тыс. условных банок консервов.

Отдельно хочется отметить участие Мурманских промысловиков в поддержке жителей блокадного Ленинграда: 29 января 1942 г. в блокадный город был отправлен первый эшелон с рыбой и рыбной продукцией: 9 т. – медицинского жира, 40 т.- семги, 50 т.- соленой сельди, 100 т.- соленой рыбы.

19 июля 1942 г. - в осажденный фашистами Ленинград последовал второй эшелон с рыбным продовольствием от берегов Мурмана.

За 4 года войны мурманскими рыбаками было добыто и отправлено рыбы на фронта Великой Отечественной Войны (таблица 2).

Таблица 2. Объемы рыбы, отгруженной мурманскими рыбопромышленниками фронтам Великой Отечественной Войны.

Отгружено рыбы (ц.)					
1		1941	1942	1943	1944
2	Ленинграду	Нет сведений	16071	-	13396
3	Ленинградскому фронту	-	-	43219	15883
4	Карельскому фронту	-	40020	63967	45244
5	Северному флоту	-	24172	17074	5352
	Итого	95264	80263	124260	112427

Вклад Мурманских рыбаков в Победу неоценим. Северные рыболовецкие траулеры достойны встать в один ряд с героическими кораблями Военно – Морского флота.

Каждый человек сражался в то тяжелое время с врагом – кто на боевом посту, кто на промысле, как и подобает патриотам. Они сражались за то, чтобы вечно стоял на берегу залива рыбный город Мурманск, чтобы по широкой глади моря ходили советские корабли, чтобы никто и никогда не мог отнять у советских людей великого права жить и работать на благо любимой отчизны. Они воевали за родное море, ставшее их вторым домом, за море, закалившее их. Они воевали за Родину и победили.

#### Список литературы:

1. Галактионова Н.Н., Задворная К.С. Развитие рыбной промышленности Мурманской области 1920-1985. Мурманск: Мурманское книжное издательство, 1986.
2. Геманов В.С. История Российского флота. Калининград, 2001.
3. Двинин Е.А. Край, в котором мы живем. Мурманск, Мурманское книжное издательство, 1959.
4. Елизаров А.А., Семенов А.И. Рыбаки в годы Великой Отечественной войны- М.:ВНИРО, 1995.
5. Скорянков Н.Е. На траулерах в Баренцевом море. М.: Главсевморпуть, 1946.

## **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ СУДОВ РЕЧНОГО И МОРСКОГО ФЛОТА РФ**

**Ковальчук Т.А., Ковальчук В.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра информационных систем и прикладной математики, vl-kovalchuk@yandex.ru)

We present the goals and objectives of the study and evaluation of vessels in distress river and sea fleet of the Russian Federation

Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года предполагает повышение уровня безопасности транспортной системы и снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду. В связи с этим перед исполнителями ставятся следующие задачи по снижению и предупреждению аварийности судов морского и речного флота РФ: обеспечение безопасности судоходства; обеспечение деятельности специализированных аварийно-спасательных служб во взаимодействии с МЧС на уровне, соответствующем международным и национальным требованиям; обеспечение безопасности перевозок грузов, требующих особых условий; развитие средств и систем надзора за деятельностью судов морского и речного флота РФ; обеспечение потребности морского и речного флота в специалистах с уровнем профессиональной подготовки, отвечающим требованиям безопасности и устойчивости этой транспортной системы.

Реализация государственной транспортной политики и повышение ее эффективности в области обеспечения транспортной безопасности до 2030 г., в том числе и на морском и речном транспорте, будет осуществляться на основе Федерального закона от 9.11.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности».

Обеспечение повышения уровня безопасности мореплавания и устойчивости этой транспортной подсистемы предлагается достичь путем решения следующих задач: ввод в эксплуатацию требуемого количества судов обеспечивающего флота (аварийно-спасательных, гидрографических и др.), создание и поддержание на должном уровне береговых средств обеспечения безопасности мореплавания, поиска и спасения, связи; создание и поддержание на должном уровне систем мониторинга за судами, участия в международном сотрудничестве в сфере глобального мониторинга за судами; развитие целевых подходов к стандартам в обеспечении безопасной постройки и эксплуатации морских и речных судов; повышение технической оснащенности Государственного морского и речного надзора; мониторинг состава и уровня угроз безопасности объектов морского транспорта; обеспечение защиты объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств морского и речного транспорта от актов незаконного вмешательства, путём установки специализированного оборудования; развитие материальной базы для подготовки квалифицированных специалистов в соответствии с международными стандартами; создание системы управления движением судов на внутренних водных путях на основе инновационных технологий; мониторинг состава и уровня угроз безопасности объектов внутренних водных путей и внутреннего водного транспорта; обновления обслуживающего флота и т.д.

Для внесения полезного вклада в решение задач о мониторинге состава и уровня угроз безопасности объектов морского транспорта, мониторинге состава и уровня угроз безопасности объектов внутреннего водного транспорта, развития целевых подходов к стандартам в обеспечении безопасной постройки и эксплуатации морских и речных судов, с целью повышения уровня безопасности мореплавания, целесообразно исследовать методологические, теоретические и прикладные аспекты оценки аварийности судов морского и речного флота

РФ. Это исследование обладает высокой актуальностью и может иметь большое практическое значение.

Очевидно, что самые тяжелые нарушения безопасности – это морские и речные катастрофы, приводящие к гибели судов. Независимо от первичных причин: столкновение судов, посадка на мель, нарушение герметичности корпуса, удары о лед или плавающий предмет, пожар, причиной их гибели является нарушение мореходных качеств, определяемых теорией корабля. К причинам гибели судов относятся потеря плавучести, остойчивости и непотопляемости. Морские и речные катастрофы, а также серьезные аварии приводят к человеческим жертвам, ухудшению экологии, большим материальным потерям, а также наносят вред имиджу судовладельца. Исследование методологических, теоретических и прикладных аспектов оценки аварийности судов морского и речного флота РФ позволит установить или уточнить ее причины, а также обеспечить научный и практический подходы для решения проблем и задач по снижению и исключению аварий и гибели судов.

Основным видом информации об аварийности морского и речного флота РФ являются статистические данные по авариям и гибели судов. Анализ эксплуатации судов, в том числе и статистики аварий и катастроф, показывает, что для снижения и предотвращения гибели и серьезных аварий судов необходимо совершенствовать их конструкцию, оборудование, приборную базу, развивать науку о судовождении и технической эксплуатации. Именно поэтому в судостроении и судовождении внедряются самые передовые достижения науки и техники, используются новейшие технологии. Особенно это заметно в области морской и речной навигации. Несмотря на это, катастрофы и аварии на море и реках не прекращаются. Так в морском флоте РФ за 2008 и 2009 г. произошло 29 аварийных ситуаций, а в речном флоте – 59. Исходя из этого, дальнейшее развитие судовождения, программ подготовки морских кадров, судостроения должно опираться на опыт эксплуатации. Поэтому исследование методологических, теоретических и прикладных аспектов оценки аварийности судов, морских и речных катастроф, должно стать научной основой, обосновывающей этот опыт.

Предварительная оценка аварийности судов показывает, что на первом месте стоит затопление судов из-за нарушения водонепроницаемости корпуса и чаще всего в условиях шторма. На втором месте – посадка на мель, на третьем – пожары и взрывы на судах, и на четвертом – столкновения. Более того, несмотря на относительное снижение общего количества числа погибших судов, пропорции между основными причинами аварийности, приводящими к потерям судов, остаются устойчивыми. На первом месте по аварийности находятся суда, перевозящие генеральные грузы, на втором месте – рыбопромысловые суда, за ними следуют танкеры и суда других типов. Обращает на себя высокая аварийность на судах старше 25-30 лет, причем от потери герметичности гибнут суда старше 25 лет.

Очень важным фактором повышения уровня безопасности мореплавания является разработка рекомендаций, обеспечивающих, при соблюдении их требований, этот уровень. Об этом свидетельствует, например, опыт эксплуатации танкеров, перевозящих сжиженный природный газ. Исходя из изложенного содержание исследования методологических, теоретических и прикладных аспектов оценки аварийности судов морского и речного флота РФ, с целью максимального снижения ее неблагоприятных последствий, должно включать в себя:

1. Анализ и оценку состава и состояния морского и речного флота РФ;
2. Сбор статистической информации по авариям и гибели судов морского и речного флота РФ;
3. Выбор обоснованных статистических методов оценки аварийности судов морского и речного флота РФ;
4. Разработку методики анализа и оценки аварийности судов морского и речного флота РФ;

5. Анализ, оценку и причины аварийности по статистической информации по авариям и гибели судов морского и речного флота РФ;

6. Разработку рекомендаций по обеспечению минимизации неблагоприятных последствий аварийности судов морского и речного флота РФ.

Несомненно, что каждый пункт предложенного содержания исследования методологических, теоретических и прикладных аспектов оценки аварийности судов морского и речного флота РФ должен быть максимально детализирован. Только тогда будет решена задача, имеющая существенное значение для предупреждения аварийности судов морского и речного флота РФ.

## ЭМПИРИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ДЛЯ ПОЛНОЙ ДУГИ КОНТАКТА СЕТЕМАТЕРИАЛОВ С ФРИКЦИОННЫМ БАРАБАНОМ ПРОМЫСЛОВОГО МЕХАНИЗМА

Недоступ А.А., Орлов Е.К. (Калининград, ФГОУ ВПО «КГТУ», кафедра промышленного рыболовства, e-mail: nedostup@klgtu.ru, evgeny.orlov@klgtu.ru)

**Abstract.** Experimental researches of frictional interaction of fishing threads, cords and ropes (TCR) and a drum of the mechanism of frictional type (MFT) in the conditions of preliminary displacement on an arch of contact to corners from 40 to 720 degrees are spent. In all experiments identical pressure from party TCR on a surface of drum MFT was reproduced. Formulas of static factor of a friction and factor of an arch of rest for any values of the corner characterising an arch of contact are received.

**Введение.** В настоящее время разработана методика определения статического коэффициента трения  $\mu_{cm}$ , угла дуги покоя  $\alpha_{п}$  и коэффициента дуги покоя  $c$  для сетематериалов на стальном барабане при дуге контакта, характеризуемой углом  $\alpha=180^\circ$  (Орлов 2000, 2009; Зеброва, 2007; Суконнов, 2009).

В период с 2005 по 2009 год на кафедре промышленного рыболовства КГТУ под руководством д.т.н. Розенштейна М.М. и д.т.н. Федорова С.В. были проведены экспериментальные работы по исследованию процесса трения скольжения жгута дели во фрикционных рабочих органах рыбопромысловых механизмов и определению зависимостей коэффициентов трения скольжения от характеристик фрикционных органов рыбопромысловых машин и орудий рыболовства. В рамках экспериментальных работ, выполненных по этой методике, был исследован широкий спектр сетематериалов. На основании полученных экспериментальных данных установлено, что коэффициент дуги покоя  $c$  имеет среднее значение 0,66 при дуге контакта, характеризуемой углом  $\alpha=180^\circ$  (Федоров и др., 2006; Розенштейн и др., 2009).

**Постановка задачи.** Выборка орудий рыболовства механизмами фрикционного типа осуществляется в интервале угла обхвата  $40^\circ \leq \alpha \leq 1080^\circ$ . В связи с этим нами была поставлена задача расширения исследований статического коэффициента трения  $\mu_{cm}$  и коэффициента дуги покоя  $c$  в пределах указанного интервала.

**Цель экспериментальных исследований.** Целью проведённых экспериментальных исследований являлось изучение статического коэффициента трения  $\mu_{cm}$  канатно-веревочных изделий (КВИ) на тяговом барабане МФТ при влиянии факторов

$$\mu = f(N, d, S_1, S_2, D, l, \alpha, m, P, \rho, \rho_m, W_f, n, SZ), \quad (1)$$

где  $N$  - нормальная нагрузка;  $d$  - диаметр образцов КВИ;  $S_1$  - натяжение набегающей ветви КВИ;  $S_2$  - натяжение сбегавшей ветви КВИ;  $D$  - диаметр втулки барабана МФТ;  $l$  - длина дуги контакта КВИ с барабаном МФТ;  $m$  - масса КВИ при  $W_f=1,72\%$ ;  $P$  - вес сухих КВИ;  $\rho$  - плотность материала рабочей поверхности барабана МФТ;  $\rho_m$  - плотность материала КВИ;  $W_f$  - фактическая влажность КВИ;  $n$  - коэффициент укрута КВИ (количество круток на 1мм);  $SZ$  - направление крутки для крученых КВИ.

**Материал и экспериментальная установка.** Экспериментальные работы проводились с КВИ, характеристики которых приведены в таблице 1.

Для изучения коэффициента трения при влиянии на него факторов (1) создана экспериментальная установка (рис. 1).

Таблица 1. Образцы ниток, веревок, шнуров и канатов при  $W_f=1,72\%$ 

Материал	Вид	№ п/п	Диаметр, $d$ , мм	Разрывная нагрузка, $T_p$ , Н	Длина, $L$ , м	Масса, $m$ , г	SZ
Полиамид (капрон) ПА	Нитка кручёная	1	1	212,1	10,06	4,1	Z
		2	2,5	1257	4,6	11,8	Z
	Верёвка кручёная	3	3,1	2258,6	4,3	24	S
		4	5	4222,6	5,44	67	S
		5	2,7	1649,8	3,23	10,9	-
	Шнур плетёный	6	4	2553,2	2,65	14,1	-
		7	5	5155,5	4,1	49,4	-
		8	10	15712	4,08	230,3	Z
	Канат кручёный	9	18	54010-66776	1,9	292,5	Z
Полиэтилен ПЭ		10	1,2	166,9	2,38	1,7	Z
		11	6	4026,2	1,31	20	Z
	12	10	9329	1,23	56,9	Z	
Полистил ПС	Верёвка кручёная	13	6,3	5224,2	1,89	37,8	Z
	Шнур плетёный	14	3	1473	2,07	6,7	-
Полипропилен ПП	Шнур плетёный	15	6,5	5008,2	1,96	34,8	-



1 – мотор-редуктор; 2 – съёмный барабан; 3 – электронные весы; 4 – тензостанция MIC – 200; 5 – тензодатчик; 6 - разновесы

Рис. 1. Экспериментальная установка

**Методика проведения экспериментов.** Экспериментальные работы проводились с образцами КВИ (табл. 1). Угол обхвата барабана МФТ составлял  $40^{\circ} \leq \alpha \leq 720^{\circ}$ . Угловая скорость барабана составляла  $\omega=0,43\text{с}^{-1}$ .

Условия проведения опытов: барабан МФТ абсолютно жесткий; поверхность барабана МФТ - обработанная сталь; пренебрегаем деформациями капроновых КВИ, вызванными их весом; пренебрегаем влиянием эксцентриситета сил трения  $F_n$  между барабаном МФТ и КВИ по отношению к оси КВИ; форма сечения КВИ в пределах дуги контакта с барабаном МФТ не изменяется.

Во всех экспериментах выполнялось условие равенства давления, т.е.  $p=\text{const}$ . При этом давление рассматривается как

$$p = N / A_n = q / d, \quad (2)$$

где  $q=N/l$  - нормальная нагрузка, приходящаяся на единицу длины КВИ в пределах дуги контакта;  $A_n=ld$  - номинальная площадь контакта. Для экспериментов с образцами КВИ был выбран диапазон значений  $3468\text{Н/м}^2 \leq p \leq 25500\text{Н/м}^2$ , полученный в результате экспериментов с образцом №1.

При помощи тензодатчика измерялось натяжение в набегающей ветви  $S_1$ . Результаты измерений записывались тензостанцией в течение времени проведения эксперимента  $t$ . Затем изменялась масса загрузки на сбегающей ветви и эксперимент повторялся. По результатам экспериментов с КВИ строились зависимости вида  $S_1=f(t)$ . С графика снималось значение  $S_{1\text{max}}$ . Это предельное значение  $S_1$ , при котором барабан МФТ и КВИ работают без проскальзывания.

На рис. 2 представлена зависимость  $S_1=f(t)$  для образца № 8 ( $D=152$  мм,  $\alpha=180^\circ$ ,  $p=1590,8$  Н/м<sup>2</sup>), максимальное значение  $S_{1\text{max}} = 21,925$  Н.

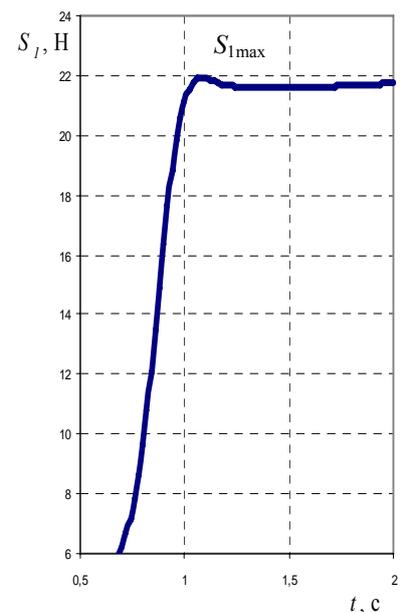


Рис. 2. Зависимость  $S_1=f(t)$

По полученным данным выполнялся расчет статического коэффициента трения  $\mu_{ст}$

$$\mu_{ст} = (S_{1\text{max}} - S_2) / (S_{1\text{max}} + S_2). \quad (3)$$

**Аналитические выкладки.** Рассмотрим равновесие элемента КВИ на барабане МФТ (рис. 3). Нормальное давление  $p$  на барабан МФТ со стороны КВИ определим по выражению (2).

Введем силовые характеристики КВИ

$$\left. \begin{aligned} \zeta_1 &= S_1 / \Phi \\ \zeta_2 &= S_2 / \Phi \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $\zeta_1$  - напряжение в набегающей ветви;  $\zeta_2$  - напряжение в сбегающей ветви;  $\Phi$  - площадь поперечного сечения КВИ.

Проанализировав данные (Дверник и др., 1973) по значению крутки КВИ  $n$ , аппроксимируем их зависимостью вида

$$n = 0,73 / d. \quad (5)$$

Рассмотрим безразмерное отношение нормального давления  $p$  к напряжению  $\zeta_2$

$$\chi_2 = \frac{p}{\zeta_2} = \frac{\pi d}{2D\alpha} (\xi_1 + 1), \quad (6)$$

где  $\xi_1 = S_{1\text{max}} / S_2$ .

Зависимость  $\mu_{ст}=f(\chi_2)$  аппроксимирована выражением (рис. 4)

$$\mu_{ст} = kn\chi_2, \quad (7)$$

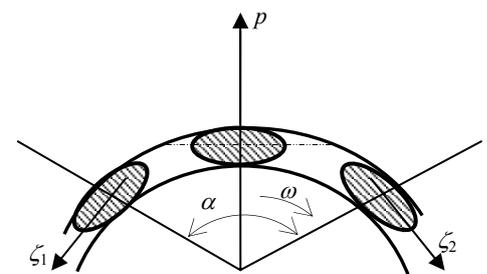


Рис. 3. Схема обхвата КВИ барабана МФТ

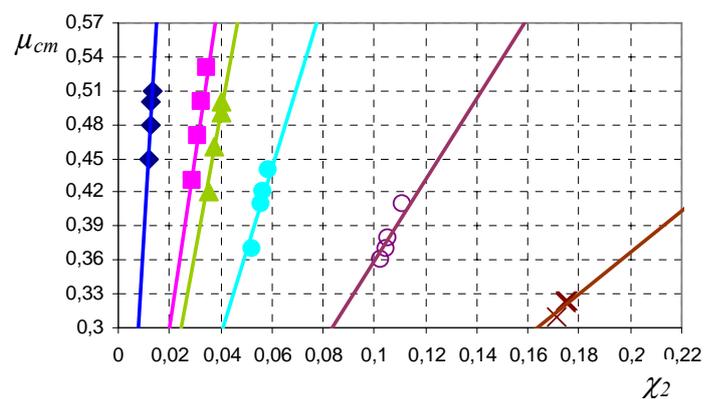


Рис. 4. Зависимость  $\mu_{ст}=f(\chi_2)$

◆ - нитка  $d=1$ мм (№ 1); ■ - нитка  $d=2,5$ мм (№ 2); ▲ - веревка  $d=3,1$ мм (№ 3); ● - веревка  $d=5$ мм (№ 4); ○ - канат  $d=10$ мм (№ 8); × - канат  $d=18$ мм (№ 9)

где  $k$  - размерный коэффициент, причем  $k=f(D)$ , для  $D=152\text{мм} \rightarrow k=52\text{мм}$ , для  $D=104\text{мм} \rightarrow k=29\text{мм}$  и для  $D=27\text{мм} \rightarrow k=9\text{мм}$ .

По результатам экспериментов, статический коэффициент трения  $\mu_{ст}$  определялся по выражению (3) с учетом  $\xi_1 = S_{1\text{max}} / S_2$  или

$$\mu_{\dot{\alpha}} = (\xi_1 - 1) / (\xi_1 + 1). \quad (8)$$

С учетом (5) и (6) приравняем (7) и (8)

$$(\xi_1 - 1) / (\xi_1 + 1) = 0,365k \frac{\pi}{D\alpha} (\xi_1 + 1). \quad (9)$$

Или

$$\mu_{ст} = \sqrt{0,365\pi k \frac{(\xi_1 - 1)}{D\alpha}}. \quad (10)$$

Зависимость  $k=f(D)$  для диапазона  $27\text{мм} \leq D \leq 152\text{мм}$  представим в виде

$$k = 0,315D. \quad (11)$$

Подставив (11) в выражение (10) получим формулу для определения статического коэффициента трения

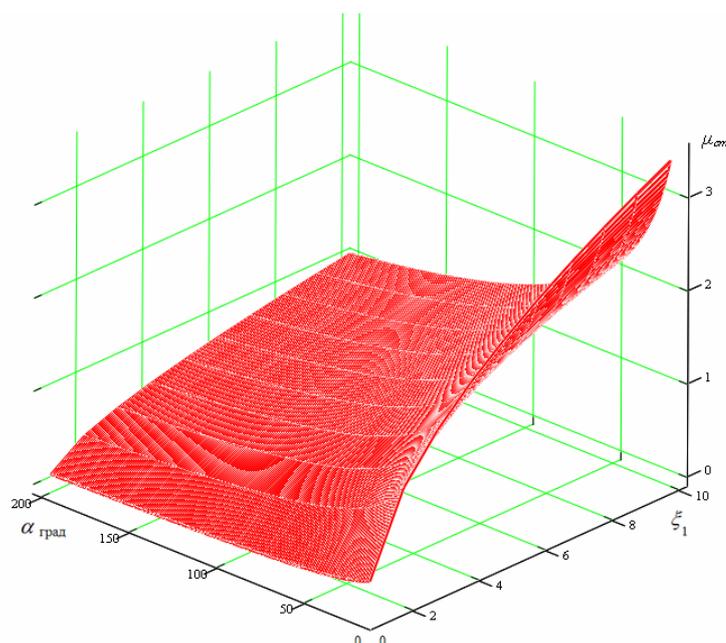
$$\mu_{ст} = 0,6 \sqrt{\frac{(\xi_1 - 1)}{\alpha}}. \quad (12)$$

Аппроксимирующее выражение (12) для расчета статического коэффициента трения  $\mu_{ст}$  не зависит от значения коэффициента дуги покоя  $c$  (Недоступ и др., 2009).

На рис. 5 представлен график зависимости  $\mu_{ст}=f(\xi_1, \alpha)$  при  $\omega=0,43$  с-1.

**Новизна результатов.** Эмпирическая формула (12) позволяет выполнить расчет статического коэффициента трения  $\mu_{ст}$  для полной дуги контакта сетематериалов с фрикционным барабаном промышленного механизма при любом значении угла  $\alpha$ .

Рис. 5. График зависимости  $\mu_{ст}=f(\xi_1, \alpha)$  при  $\omega=0,43$  с-1. ( $\alpha$  - угол обхвата барабана МФТ)



## Список литературы

Дверник А.В., Забелин А.П. Влияние материала траловой сети на ее гидродинамическое сопротивление. Рыбное хозяйство. - 1973. - №1. - С. 55-57.

Зброва Е.М. Исследование процесса трения скольжения жгута дели во фрикционных рабочих органах рыбопромысловых механизмов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.18.17 – «Промышленное рыболовство». Калининград. 2007. - 17 с.

Недоступ А.А., Орлов Е.К. Зависимость статического коэффициента трения сетематериалов от угла обхвата тягового барабана механизма фрикционного типа. Известия КГТУ. №17. - 2009. – С. 45-49.

Орлов Е.К. Исследование возможности выборки трала механизмами фрикционного типа // Сб. тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию Калининградского государственного технического университета. - Калининград, 2000 г. – Часть I "Промрыболовство", - с.314.

Орлов Е.К. Определение коэффициента трения и дуги контакта на лабораторной установке трения с контактом по образующей Материалы международной научно-технической конференции «Наука и образование - 2009»/ МГТУ. Мурманск. 2009. - С. 960 - 964.

Розенштейн М.М., Суконнов А.В. Влияние дуги обхвата и дуги трения на коэффициенты трения в трибопарах (элементы орудия рыболовства - фрикционные органы промышленных машин) // Рыбное хозяйство.- 2009. №2, - с. 77-78.

Суконнов А. В. Экспериментальное определение зависимостей коэффициентов трения скольжения от характеристик фрикционных органов рыбопромысловых машин и орудий рыболовства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.18.17 – «Промышленное рыболовство». Калининград. 2009. - 24 с.

Фёдоров С.В., Зеброва Е.М. Влияние реальной дуги скольжения на величину коэффициента статического трения во фрикционных устройствах рыбопромысловых судов // Труды Междунар. научно-техн. конф. «Наука и образование-2006», Мурманск, 04-12 апреля 2006г./ МГТУ. – Мурманск, 2006 - с. 1140 – 1142.

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК СЕТНЫХ КОНУСОВ

Недоступ А.А., Павленко А.А. (г. Калининград, ФГОУ ВПО «КГТУ», кафедра промышленного рыболовства, e-mail: [nedostup@klgtu.ru](mailto:nedostup@klgtu.ru), г. Мурманск, ГУП «ПИНРО», лаборатория промышленного рыболовства, e-mail: [pavlenko@pinro.ru](mailto:pavlenko@pinro.ru)).

**Abstract.** In article the substantiation of a method of calculation of force and geometrical characteristics netting cones is resulted. The calculation method netting cones is based on the empirical approach.

Сетные конуса являются отцеживающими орудиями рыболовства (конусные подхваты и др.) и их элементами (траловые мешки, аккумулярующие мешки закидных и донных неводов, мотни тралов, вентеля и др.). По конструкции сетные конуса делятся на следующие: усеченные и полные, имеющие основание в виде геометрической фигуры (окружность, эллипс, квадрат, прямоугольник, многоугольник и др.), однопластные и многопластные.

К характеристикам сетных конусов относятся: действующие силы (гидродинамическая сила сопротивления  $R_x$ , действующая в плоскости  $OXY$ , гидродинамическая сила  $R_y$ , действующая в плоскости  $OXY$  (распорная сила и заглубляющая сила), гидродинамическая сила  $R_z$ , действующая в плоскости  $OXZ$  (боковая сила) они же действуют в плоскости  $OYZ$ , вес сети в воде  $q$ , стягивающее усилие  $T_o$ ; геометрические параметры (вертикальное  $H$  и горизонтальное  $L$  раскрытия оснований конуса или  $D$  - диаметр основания конуса, длина образующей конуса  $S$ , высота конуса  $l$ ). Форму устья сетного конуса можно представить в виде, изображенным на рис. 2. Представим сетной конус, состоящий из множества сетных пластин  $n$  (сетные пластины могут быть представлены в виде трапеций - усеченные и полные конуса и в виде прямоугольников - сетные цилиндры), на которые действуют силы:  $R_x^n, R_y^n, R_z^n, T_o^n$  и  $q^n$  (см. рис. 2 и 3). Причем, за параметр раскрытия устья конуса примем величину  $h^n$ .

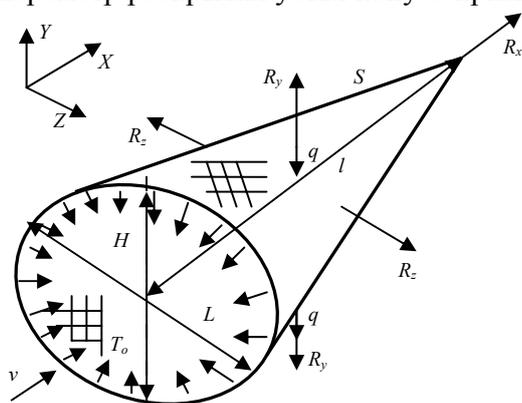


Рис. 1. Схема сетного полного конуса

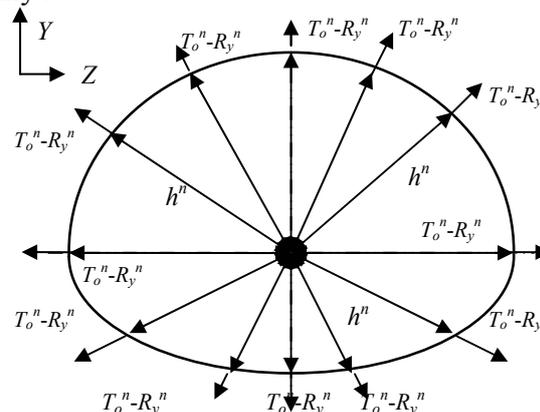


Рис. 2. Схема устья (основания) сетного конуса

В большей степени влияние на параметры раскрытия  $H$  и  $L$  или  $h^n$  конуса оказывает его гидродинамическое сопротивление  $R_x$ . Сопротивлению сетных конусов посвящены исследования многих ученых (Ревин, 1959; Зын Ван Ве, 1966; Дверник, 1971; Фонарев, 1996; Обвинцев и др., 2005; Дудко, 1989; Zhou, 1988; Kubo, 2004 и др.).

Гидродинамические силы, действующие в сетном конусе, определяются как:

$$\left. \begin{aligned} R_x &= c_x \rho v^2 F_n / 2 \\ R_y &= c_y \rho v^2 F_n / 2 \\ R_z &= c_z \rho v^2 F_n / 2 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $c_x$  - гидродинамический коэффициент сопротивления конусной сети, ось которого расположена параллельно (вдоль) вектора скорости потока жидкости;  $c_y$  - гидродинамический коэффициент распорной (заглубляющей) силы;  $c_z$  - гидродинамический коэффициент боковой силы;  $\rho$  - плотность воды;  $v$  - скорость потока жидкости или скорость движения конусной сети;  $F_n$  - площадь ниток конусной сети.

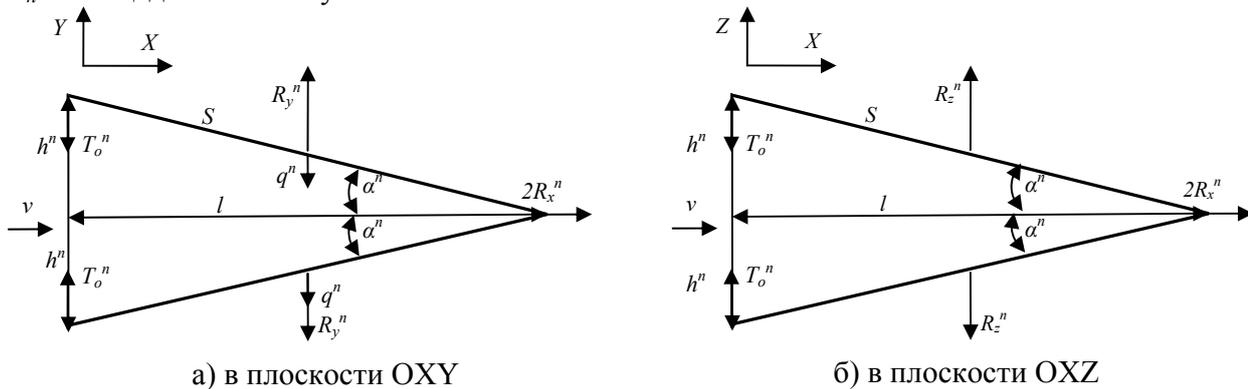


Рис. 3. Схема действующих сил на сетные пластины конуса в плоскостях OXY и OXZ

Коэффициенты  $c_x$ ,  $c_y$  и  $c_z$  зависят от следующих параметров (Розенштейн, 2000):

$$\left. \begin{aligned} c_x &= f(\text{Re}, F_o, \alpha_{OXY}) \\ c_y &= f(\text{Re}, F_o, \alpha_{OXY}) \\ c_z &= f(\text{Re}, F_o, \alpha_{OXZ}) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $\text{Re}$  - число Рейнольдса для ниток, из которых изготовлена конусная сеть,  $\text{Re} = dv/\nu$  ( $d$  - диаметр нитки;  $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости воды);  $F_o$  - сплошность конусной сети;  $\alpha_{OXY}$  и  $\alpha_{OXZ}$  - углы атаки конусной сети в плоскостях OXY и OXZ, характеристикой которых может быть отношение  $D/S$  (Ревин, 1959; Зын Ван Ве, 1966).

Отметим, что углы атаки  $\alpha_{OXY}$  и  $\alpha_{OXZ}$  могут отличаться, скажем, когда форма основания представляет собой эллипс или любую другую геометрическую фигуру.

Для обоснования метода расчета характеристик сетных конусов введем следующее допущение, которое в дальнейшем потребует проведению дополнительных экспериментов: характер изменения геометрических параметров  $h^n$  и  $l$  сетных конусов соответствует экспонентной зависимости (Недоступ, 2008). Весом в воде  $q$  сетного конуса пренебрегаем. Суммарные силы, действующие в конусной сети, представим как

$$\left. \begin{aligned} R_x &= \sum_{i=1}^n R_x^n \\ R_y &= \sum_{i=1}^n R_y^n \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

причем, при повороте осей  $OXY \rightarrow OXZ$ , можно рассматривать  $R_z = R_y$ . Таким образом (Недоступ, 2008), можно представить для любого сетного конуса связь безразмерных сил и безразмерных геометрических параметров

$$\left. \begin{aligned} h^n / S &= 1 - e^{-\chi^n} \\ l / S &= e^{-\chi^n} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где  $\chi^n$  - безразмерная сила, действующая в  $n$ -сетной пластине конуса.

Без учета веса в воде  $q$  представим  $\chi^n$  в виде

$$\chi^n = (T_o^n - R_y^n) / R_x^n = \psi^n - \xi^n, \quad (5)$$

где  $\psi^n$  - безразмерное стягивающее усилие,  $\psi^n = T_o^n / R_x^n$ ;  $\xi^n$  - безразмерная распорная (заглубляющая) сила,  $\xi^n = R_y^n / R_x^n$ .

Угол атаки  $n$ -сетной пластины конуса определяется по выражению (Недоступ, 2008)

$$\alpha^n = \arctg(e^{\chi^n} - 1). \quad (6)$$

Для расчета, действующих сил в сетном конусе приведем формулы для расчета гидродинамических коэффициентов (Недоступ, 2008)

$$\left. \begin{aligned} c_x^n &= c_{x90} + (c_{x90} - c_{x0}) \sin \alpha^n \\ c_y^n &= 0,75 c_{x90} (6\alpha^n - 3,85(\alpha^n)^2) F_o \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где  $c_{x90}$  - коэффициент сопротивления сети, расположенной перпендикулярно вектору скорости потока жидкости,  $c_{x90} = 16(2F_o / Re)^{0,28}$ ;  $c_{x0}$  - коэффициент сопротивления сети, расположенной параллельно вектору скорости потока жидкости,  $c_{x0} = F_o Re^{-b2}$ .

Приведем результаты расчета полного четырехпластного капронового конуса  $b_2 = 0,165$ , посаженного на обруч диаметром  $D = 1,5\text{м}$ , ( $D = H = L$ ), имеющего следующие характеристики:  $d = 1,0\text{мм}$  - диаметр нитки;  $a = 30\text{мм}$  - шаг ячеей;  $u_x = 0,5$  - посадочный коэффициент по основанию конуса, причем  $u_x = \text{const}$ ;  $n_{1\text{яч}} = 39\text{яч}$  - количество ячеей первого основания сетной трапеции;  $n_{2\text{яч}} = 1\text{яч}$  - количество ячеей второго основания сетной трапеции;  $m_{\text{яч}} = 15\text{яч}$  ( $D/S = 1,92$ ),  $30\text{яч}$  ( $D/S = 0,96$ ),  $100\text{яч}$  ( $D/S = 0,29$ ),  $200\text{яч}$  ( $D/S = 0,14$ ),  $500\text{яч}$  ( $D/S = 0,06$ ) - количество ячеей по высоте сетной трапеции;  $F_o = 0,077$ ;  $0,05\text{м/с} \leq v \leq 2,0\text{м/с}$  - скорость буксировки конуса;  $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6}\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\rho = 1030\text{кг/м}^3$ . Вес сети в воде  $q = 0$ . Сопротивлением и весом в воде обруча конуса пренебрегаем.

На рис. 4 приведена зависимость  $R_x = f(v, D/S)$ , а на рис. 5 приведена зависимость  $(T_o - R_y) = f(v, D/S)$  для вышеуказанного сетного конуса ( $F_o = 0,077$ ).

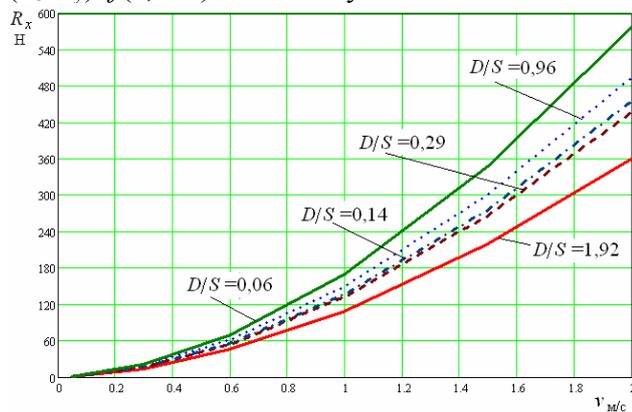


Рис. 4. График зависимости  $R_x = f(v, D/S)$

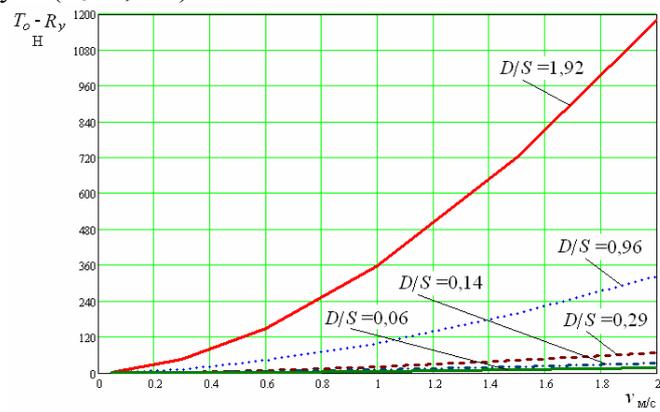


Рис. 5. График зависимости  $(T_o - R_y) = f(v, D/S)$

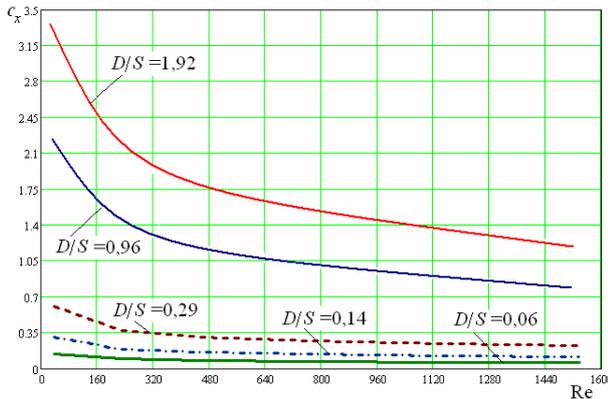


Рис. 6. График зависимости  $c_x=f(Re,D/S)$

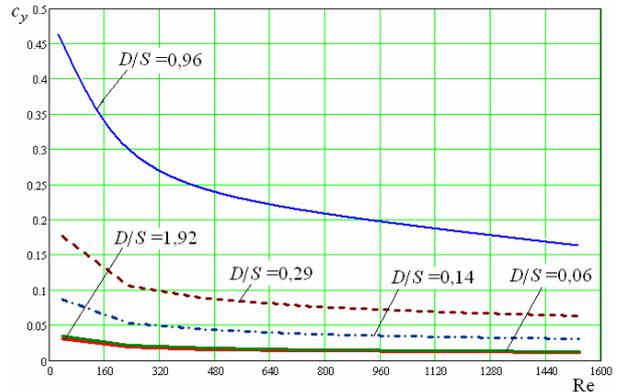


Рис. 7. График зависимости  $c_y=f(Re,D/S)$

На рис. 6 и 7 приведены зависимости  $c_x=f(Re,D/S)$  и  $c_y=f(Re,D/S)$  для вышеуказанного сетного конуса ( $F_o=0,077$ ).

Приведенный метод позволяет:

1. Определить силовые и геометрические характеристики сетных конусов в широком диапазоне чисел  $Re$ ,  $\alpha$  или  $D/S$  и  $F_o$ .
2. Рассчитать стягивающие усилия, действующие в сетных конусах.

### Список использованной литературы

- 1.Зын-Ван-Ве. Исследование сопротивления конусных сетей при движении в воде. Дис. на соискание уч. степ. кан. тех. наук. - Калининград. - 1966. - 213 с.
- 2.Дверник А.В. Совершенствование методики расчета сопротивления рыболовного трала. Дис. на соискание уч. степ. кан. тех. наук. - Калининград. - 1971. - 255 с.
- 3.Дудко С. Оценка влияния характеристик сетного полотна на сопротивление тралов на основе результатов исследования сетных конструкций// 7-ая научно-техническая конференция по развитию флота рыбной промышленности и промышленного рыболовства соц. стран: Доклад. - Щецин. - 1989. - 10 с.
- 4.Недоступ А.А. Метод расчета силовых и геометрических характеристик ставных сетей. Физическое и математическое моделирование ставных сетей// Известия ТИНРО. Владивосток. - Т.154. - 2008. - С. 295-323.
- 5.Обвинцев А.Л., Люторевич В.М., Батров В.Г. Исследование гидродинамических характеристик конусообразных сетей. Сборник научных трудов. Промышленное рыболовство. - Калининград. - Издательство КГТУ. 2005. - С. 66-73.
- 6.Ревин А.С. Исследование влияния структуры и формы траловой сети на ее сопротивление в воде// Сб. науч. трудов ВНИРО. - 1959. - Т. 41. - С. 66-82.
7. Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства. - Калининград: Издательство КГТУ, 2000. - 364 с.
8. Фонарев А.Л. Гидромеханика. - М.: Колос, 1996. - 192 с.
9. Kubo S. Modeling of netting motion in water. Nippon Suisan Gakkaishi. - 2004. - №70(3) - p. 384-353.
10. Zhou Y. Study on conical nets with reference to drag coefficients, geometry and modeling rules// World symposium on fishing gear and fishing vessel design. Newfoundland. Canada. - 1988. - p. 440- 445.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНАЛИТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ДЛЯ ПОЛНОЙ ДУГИ КОНТАКТА СЕТЕМАТЕРИАЛОВ С ФРИКЦИОННЫМ БАРАБАНОМ ПРОМЫСЛОВОГО МЕХАНИЗМА

**Орлов Е.К.** (Калининград, ФГОУ ВПО «КГТУ», кафедра промышленного рыболовства, e-mail: evgeny.orlov@kltu.ru)

**Abstract.** Comparisons of settlement and experimental values of static factor of a friction for setting are spent. Possibility of application of the new settlement formula for static factor of a friction proves to be true.

**Введение.** На кафедре промышленного рыболовства ФГОУ ВПО «КГТУ» в 2009 году выполнены экспериментальные исследования трения скольжения сухих канатно-веревочных изделий (КВИ) по стальному барабану механизма фрикционного типа (МФТ). На основании экспериментальных данных получена эмпирическая формула статического коэффициента трения для полной дуги контакта КВИ с фрикционным барабаном промышленного механизма (см. в данном сборнике статью Недоступа А.А., Орлова Е.К.)

$$\mu_{cn} = 0,6 \sqrt{\frac{(\xi_1 - 1)}{\alpha}} \quad (1)$$

где  $\xi_1 = S_{1max}/S_2$ ;  $S_{1max}$  - предельное значение  $S_1$ , при котором барабан МФТ и КВИ работают без проскальзывания, Н;  $S_1$  - натяжение набегающей ветви КВИ, Н;  $S_2$  - натяжение сбегающей ветви КВИ, Н;  $\alpha$  - угол, характеризующий полную дугу контакта КВИ с барабаном МФТ, рад.

Актуальным является экспериментальная проверка применимости данной формулы для широкого спектра сетематериалов.

**Постановка задачи.** Формула (1) была использована для проведения численного эксперимента (Недоступ и др, 2009), в результате которого были получены зависимости  $\mu_{cn} = f(\xi_1)$  при различных значениях угла  $\alpha$  (рис.1).

Задачей данной работы являлось получение экспериментальными путем значений статического коэффициента трения для дель, мокрых КВИ и жгута из КВИ и сравнение их с данными численного эксперимента.

**Материал и экспериментальная установка.** Экспериментальные работы проводились с сетематериалами, характеристики которых приведены в таблице 1.

Для экспериментальных работ была создана установка, состоящая из мотор-редуктора с преобразователем частоты, сменных барабанов, тензостанции МС-200 с тензодатчиками и электронных

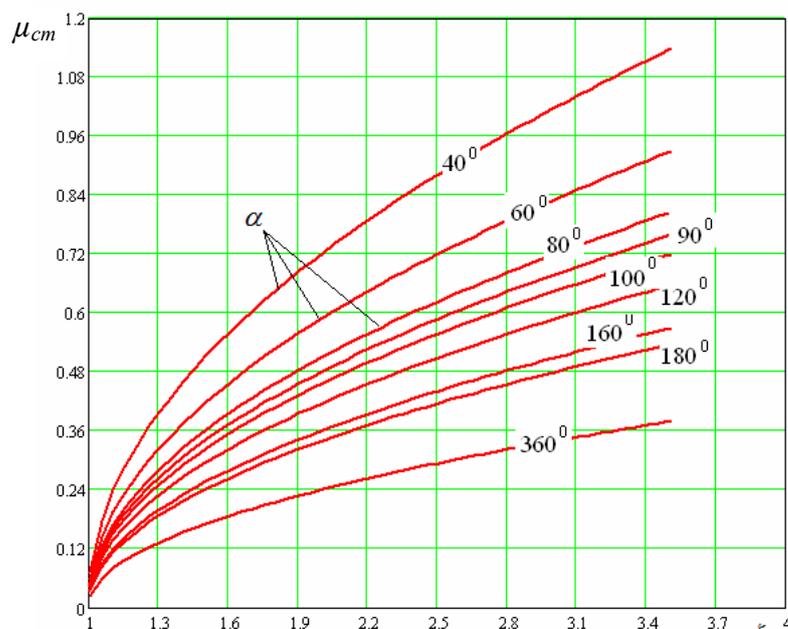


Рис. 1. График зависимости  $\mu_{cn} = f(\xi_1, \alpha)$  при  $n = 0,43 \text{ об/с}$

весов (см. в данном сборнике статью Недоступа А.А., Орлова Е.К.).

Таблица 1. Образцы сетематериалов

Материал	Вид	№ п/п	Диаметр, $d$ , мм	Состояние	Фактическая влажность, $W_{\phi}$ , %
Полиамид (капрон) ПА	Дель	1	Длина окружности жгута $C=80$ мм	сухая	1,72
	Нитка кручёная	2	1,5	мокрая	53
	Жгут КВИ:				
	- нитка кручёная	3	1,5	сухая	1,72
	- веревка кручёная	4	5,0	сухая	1,72
	- канат кручёный	5	10,0	сухой	1,72

### Методика проведения экспериментов.

**Экспериментальные исследования статического коэффициента трения для рыболовной дуги (эксперименты № 1 и 2).** Дель (образец №1) в сухом состоянии укладывалась на барабан МФТ так, что угол  $\alpha=180^\circ$ . Ширина образца на барабане составляла 50 мм (рис. 2) и 82 мм (рис.3). Набегающая ветвь крепилась к тензодатчику. К сбегающей ветви подвешивался груз массой 500 грамм. Включался мотор-редуктор и барабан приводился во вращение с угловой скоростью  $\omega = 0,43\text{с}^{-1}$ . Показания тензодатчика записывались тензостанцией.

**Экспериментальные исследования статического коэффициента трения для мокрых КВИ (эксперименты № 3, 4 и 5).** Нитка (образец №2) взвешивалась на электронных весах в сухом и мокром состояниях (рис. 4). Фактическая влажность нитки определялась как:

$$W_{\phi} = \frac{P_w - P}{P} \cdot 100\% . \quad (2)$$

где  $P$  - вес сухой нитки, Н;  $P_w$  - вес мокрой нитки, Н.

Нитка (образец №2) в мокром состоянии укладывалась на барабан МФТ так, что угол  $\alpha=180^\circ$ . Набегающая ветвь крепилась к тензодатчику. К сбегающей ветви последовательно подвешивался груз массой 20, 150 и 500 грамм (рис 5). Включался мотор-редуктор и барабан приводился во вращение с угловой скоростью  $\omega = 0,43\text{с}^{-1}$ . Показания тензодатчика записывались тензостанцией.

**Экспериментальные исследования статического коэффициента трения для жгута КВИ (эксперименты № 6, 7, 8 и 9).** Жгут КВИ в сухом состоянии, состоящий из образцов № 3, 4 и 5, укладывался на барабан МФТ так, что угол  $\alpha=180^\circ$ . Набегающая ветвь крепилась к тензодатчику. Жгут находился в расправленном виде. На сбегающей ветви создавались 3 варианта загрузки. Вариант 1: все образцы связаны вместе, к ним подвешивался груз массой 500 грамм (рис. 6). Вариант 2: к каждому образцу подвешивается свой груз, создавая равное натяжение сбегающей ветви (рис. 7). Вариант 3: к каждому образцу подвешивается свой груз, создавая разное натяжение сбегающей ветви (рис. 8). Затем жгут скручивался, на сбегающей ветви все образцы связывались вместе, к ним подвешивался груз массой 500 грамм (рис. 9).

**Сравнительная оценка аналитических и экспериментальных данных.** Значения статического коэффициента трения по экспериментальным данным рассчитывались по формуле

$$\mu_{\text{ст}} = (S_{1\text{max}} - S_2) / (S_{1\text{max}} + S_2) . \quad (3)$$

В таблице 2 приведены результаты сравнения аналитических и экспериментальных значений статического коэффициента трения сетематериалов. Расчет относительной погрешности  $\delta$  выполнялся по формуле

$$\delta = \frac{\mu_{\bar{n}\delta} - \mu_{\bar{n}\delta y}}{\mu_{\bar{n}\delta}} \cdot 100\% . \quad (4)$$



Рис.2. Образец № 1.  
Ширина 50 мм



Рис.3. Образец № 1.  
Ширина 82 мм



Рис.4. Образец № 2.  
Взвешивание на электронных весах



Рис.5. Образец № 2  
на барабанае



Рис.6. Жгут КВИ в  
расправленном виде



Рис. 7. Жгут КВИ.  
Общая загрузка  
сбегающей ветви



Рис.8. Жгут КВИ. Равное натяжение в сбегающей ветви



Рис.8. Жгут КВИ. Разное натяжение в сбегающей ветви



Рис.8. Жгут КВИ перекрученный

Таблица 2. Результаты сравнения аналитических и экспериментальных значений статического коэффициента трения сетематериалов

№ эксперимента	Образец	$S_1, Н$	$S_2, Н$	$\mu_{ст}$	$\mu_{стз}$	$\delta, \%$
1	№1 дель (50 мм)	11,58	5,91	0,33	0,32	2,25
2	№1 дель (82 мм)	14,92	5,91	0,42	0,43	- 3,46
3	№2 нитка (20 г)	0,65	0,21	0,49	0,51	- 4,39
4	№2 нитка (150 г)	4,23	1,48	0,46	0,48	- 4,35
5	№2 нитка (500 г)	12,46	4,92	0,42	0,43	- 3,5
6	№3 жгут (общий)	13,11	5,21	0,42	0,43	- 3,42
7	№3 жгут (равный)	16,35	6,57	0,41	0,43	- 3,28
8	№3 жгут (разный)	8,69	3,74	0,39	0,40	- 2,25
9	№3 жгут (скруч.)	10,74	5,21	0,39	0,4	- 2,25

**Новизна результатов.** Выполненная сравнительная оценка экспериментальных и расчетных значений статического коэффициента трения показывает, что относительная погрешность не превышает 5%. Это позволяет сделать вывод о возможности применения формулы (1) для исследованных сетематериалов.

### Список литературы

Недоступ А.А., Орлов Е.К. Влияние угла обхвата КВИ барабана МФТ на коэффициент трения// Труды VII Международной научной конференции «Инновации в науке и образовании - 2009»/ КГТУ. 2009. С. 168-171.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СУДОВЫХ И ПОРТОВЫХ КРАНОВ**

**Подобед В.А., Куряченко Е.А.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства, v.a.podobed@mail.ru*)

We give new energy-saving technologies on the basis of frequency regulation of the electric ship and port cranes.

Возрастающие технологические требования к качеству производственных процессов, необходимость использования высоких технологий обуславливают устойчивую тенденцию внедрения в различные отрасли промышленного производства современных регулируемых электроприводов. В настоящее время самым распространённым электродвигателем промышленных электроприводов является трёхфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором. Данный электродвигатель является самым простым, надёжным и дешёвым двигателем в широком диапазоне частоты вращения и мощности.

Способы пуска асинхронного электродвигателя: прямой пуск, реактивный пуск, автотрансформаторный пуск, пуск переключением со звезды на треугольник.

Основным видом регулирования асинхронным двигателем является частотный. Частотное регулирование, пуск и торможение - это наиболее экономичные методы управления АД. Этот способ осуществляется благодаря тиристорным преобразователям частоты (ТПЧ), которые при этом виде регулирования должны преобразовывать напряжение сети промышленной частоты в напряжение другой частоты, причем его амплитуда, частота и фаза должны изменяться в широком диапазоне. Частота - это временной параметр переменного напряжения, определяющий, по существу, интервалы времени, через которые изменяется знак этого напряжения. В тиристорном преобразователе частоты это достигается включением и отключением тиристоров в функции времени по такому закону, который обеспечивал бы подключение источника энергии к нагрузке (двигатель) с задаваемой частотой смены знака среднего значения напряжения на этом выходе. Выделяют два основных класса ТПЧ: с промежуточным звеном постоянного тока и с непосредственной связью питающей сети и цепей нагрузки.

По характеру протекающих в схеме электромагнитных процессов автономные инверторы подразделяют на инверторы тока и инверторы напряжения.

Наибольшее распространение получили ТПЧ с широтно-импульсным регулированием, при этом на входе инвертора используется неуправляемый выпрямитель. Переменная выходная электродвижущая сила формируется из ряда прямоугольных напряжений, которые образуются при высокочастотной коммутации пары тиристоров каждой фазы.

Достоинством ТПЧ со звеном постоянного тока является возможность регулирования частоты в направлении как вверх, так и вниз от частоты питающей сети переменного тока. Верхний предел изменения частоты ограничивается максимально допустимой скоростью АД и максимально допустимой частотой коммутации вентилялей. Нижний предел частоты ограничивается дискретностью вращения векторов напряжения и тока инвертора, приводящей к неравномерности вращения АД. Однако ТПЧ с широтно-импульсным инвертором напряжения, имеющие близкий к синусоиде ток и напряжение, способны обеспечить большой диапазон снижения скорости АД. Недостатком ТПЧ является сложность, поскольку они состоят из двух устройств: выпрямителя и инвертора с искусственной коммутацией тиристоров. Два включенных последовательно устройства обуславливают КПД преобразователя.

Достоинствами НПЧ, в которых коммутация осуществляется за счет напряжения сети, являются: высокий КПД вследствие однократного преобразования энергии; широкий диапазон регулирования; возможность передачи мощности в обоих направлениях между источником и нагрузкой. Также НПЧ могут работать в режиме рекуперации энергии во всем диапазоне регулирования угловой скорости (вплоть до полной остановки ротора двигателя).

Недостатками этих преобразователей являются: низкий коэффициент мощности со стороны питающей сети, большая доля высших гармоник и ограниченность максимальной выходной частоты тока. Использовать НПЧ целесообразно в низкоскоростных реверсивных электроприводах.

Самым эффективным и самым распространённым среди регулируемых асинхронных электроприводов в настоящее время является частотно-регулируемый электропривод на основе преобразователя частоты с промежуточным звеном постоянного тока. Применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода в механизмах подъемно-транспортного оборудования является эффективным методом повышения технологичности производства. Использование таких приводов позволяет:

1. Значительно (до 40%) снизить энергопотребление крановыми механизмами, что особенно актуально при постоянно растущих тарифах на энергоносители.
2. Осуществить разгон и торможение двигателя плавно, по линейному закону от времени, при варьировании временем разгона и временем торможения от долей секунды до 50 мин.
3. Повысить комфортные показатели при движении крановых механизмов и долговечность механического оборудования благодаря плавности переходных процессов.
4. Защитить двигатель от перегрузок по току, перегрева, утечек на землю и от обрывов в цепях питания двигателей.
5. Снизить эксплуатационные расходы на капитальный ремонт оборудования за счет значительного снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи.
6. Изменять скорости и ускорения движения механизмов крана применительно к конкретным технологическим задачам.

Особое внимание следует обратить на то, что во избежание значительных потерь энергии, а, следовательно, для короткозамкнутых асинхронных двигателей во избежание перегрева его ротора, двигатель должен работать в длительном режиме с минимальными значениями скольжения.

Преимущества применения частотного преобразователя: высокая точность регулирования; экономия электроэнергии в случае переменной нагрузки, то есть работа электродвигателя с неполной нагрузкой; равный максимальному пусковой момент; возможность удалённой диагностики привода по промышленной сети (распознавание выпадения фазы для входной и выходной цепей, учёт часов работы электропривода, старение конденсаторов главной цепи, неисправность вентилятора); повышенный ресурс оборудования; плавный пуск двигателя, что значительно уменьшает его износ; частотник, как правило, содержит в себе пропорциональный интегральный дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор) и может подключаться напрямую к датчику регулируемой величины; управляемое торможение и автоматический перезапуск при пропадании сетевого напряжения; подхват вращающегося электродвигателя; стабилизация скорости вращения при изменении нагрузки; значительное снижение акустического шума электродвигателя (при использовании функции "Мягкая широтно-импульсная модуляция" (ШИМ); дополнительная экономия электроэнергии от оптимизации возбуждения электродвигателя; их применение позволяет заменить автоматические выключатели.

К основным недостаткам частотных преобразователей можно отнести то, что они являются источником электромагнитных помех, а также их сравнительно высокую стоимость, которая, как следует заметить, окупается за 1-2 года эксплуатации. Таким образом, широкое внедрение ТПЧ в управлении электроприводом судовых, доковых и портовых кранов – это технологический прорыв, приводящий к значительному сокращению потребления электроэнергии, примерно до 40%, а вместе с этим и значительной экономии расхода дизельного топлива на судах.

## ПРИЛОЖЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОРТОВЫХ КРАНОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК

**Подобед Н.Е.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра управления судном и промышленного  
рыболовства, [podobedne@mstu.edu.ru](mailto:podobedne@mstu.edu.ru))

Considered special case study the operational method dynamics of port cranes under the influence of wind loads.

Портовые порталные краны – это перегружатели, у которых опорно-ходовая часть выполнена в виде портала. Портал кранов представляет собой раму, опирающуюся посредством жестких опорных стоек («ног») на рельсы кранового пути. Между стоек портала проходят подъездные пути портовых транспортных средств. Расстояние между стойками портала выбирают таким образом, чтобы обеспечить свободное прохождение под краном железнодорожных составов (обычно двух). Стойки портала опираются на ходовые тележки, число колес которых зависит от массы крана, нагрузок на кран и допустимого давления колеса на рельс.

Система стрелового порталного крана обеспечивает перемещение груза работой крановых механизмов: подъёма груза, изменения вылета стрелы, поворота и передвижения крана. Для материальной системы с пространственными колебаниями груза (как материальной точки), которые могут считаться малыми, уравнения движения можно получить на основе совмещения прямоугольных и цилиндрических координат. Любое деформируемое тело является системой с множеством степеней свободы. Если массами одних элементов пренебречь (масса каната и др.), а другие рассматривать как абсолютно жёсткие тела (основание подкрановых путей, платформа, каркас и некоторые другие части и детали крана), система будет иметь конечное число степеней свободы.

Процесс формирования математической модели для сложной динамической системы является трудной задачей, которую каждый раз приходится решать заново, как только исследователь сталкивается с новой конструкцией. В связи с этим создание обобщенных моделей и алгоритмов увеличивает возможность решения больших и практически важных задач, в частности обоснование допустимых ветровых нагрузок для рабочего состояния механизмов передвижения порталных кранов и разработки мероприятий по обеспечению их безопасности.

В настоящей статье рассмотрим частный случай, когда передвижение крана является установочной операцией. Запишем дифференциальные уравнения передвижения порталного крана по координате  $u$  (перемещение вдоль подкрановых рельсов):

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u} + \frac{S}{m_1} \frac{u - u_\alpha}{l} &= \frac{1}{m_1} (P_u - D_{u\dot{u}} - D_{u\dot{u}\dot{u}} - D_{\dot{u}}), \\ \ddot{u}_\alpha + \frac{S}{m} \frac{u - u_\alpha}{l} &= \frac{P_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}}{m}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где:  $u$  и  $u_\alpha$  – координаты движения крана и груза;  $S$  – натяжение каната;  $m_1 = m_{кр} + m_{мп}$ ;  $m_{кр}$  – масса крана;  $m_{мп}$  – приведённая вращающаяся масса привода механизма передвижения крана к оси вращения приводного колеса;  $m$  – масса груза;  $l$  – длина подвеса груза;  $P_u; D_{u\dot{u}}; D_{u\dot{u}\dot{u}}; D_{\dot{u}}; D_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$  – соответственно развиваемое электродвигателем усилие механизма передвижения; сила трения в механизме; усилие сопротивления от уклона подкрановых рельсов; ветровая нагрузка на кран и груз.

Рассмотрим случай, когда ветер отсутствует, движущее усилие и длина подъёмного каната – постоянные величины.

Система дифференциальных уравнений примет вид:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u} + \frac{S}{m_1} \frac{u - u_\alpha}{l} &= \frac{1}{m_1} (P_u - P_{u\delta\delta} - P_{u\delta y}) \\ \ddot{u}_\alpha - \frac{S}{m} \frac{u - u_\alpha}{l} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Обозначим  $\frac{S}{m_1 l_0} = s_1 = \text{const}; \quad \frac{S}{m l_0} = s = \text{const}.$

Движущее усилие  $U = U_0 = \text{const}$ , где  $U = \frac{1}{m_1} (P_u - P_{u\delta\delta} - P_{u\delta y})$ .

Уравнения (2) превращаются в систему линейных дифференциальных уравнений с постоянной правой частью

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u} + s_1(u - u_\alpha) &= U_0; \\ \ddot{u}_\alpha - s(u - u_\alpha) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Вычитая из первого уравнения системы (3) второе получаем

$$\ddot{u} - \ddot{u}_\alpha + (s + s_1)(u - u_\alpha) = U_0. \quad (4)$$

Уравнение (4) является обыкновенным дифференциальным уравнением общим решением, которого является выражение

$$u - u_\alpha = \tilde{c}_1 \cos t\sqrt{s+s_1} + c_2 \sin t\sqrt{s+s_1} + c_3 \quad (5)$$

где  $c_3$  – частное решение уравнения (4).

При начальных условиях  $t=0; u-u_\alpha=0; \dot{u}-\dot{u}_\alpha=0$  находим

$$\tilde{c}_1 = -\tilde{c}_3 = -\frac{U_0}{s+s_1}; c_2 = 0;$$

$$u - u_\alpha = \frac{U_0}{s+s_1} - \frac{U_0}{s+s_1} \cos t\sqrt{s+s_1}.$$

Подставив значение  $u - u_\alpha$  в (3) получаем:

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{u} &= \frac{s_1 U_0}{s+s_1} + \frac{s_1 U_0}{s+s_1} \cos t\sqrt{s+s_1}; \\ \ddot{u}_\alpha &= \frac{-s U_0}{s+s_1} \cos t\sqrt{s+s_1} + \frac{s U_0}{s+s_1}. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Дважды интегрируя и принимая начальные условия  $t=0; u=0; u_\alpha=0; \dot{u}=\dot{u}_\alpha=0$  путем достаточно громоздких преобразований, которые здесь опускаем, получаем следующую систему уравнений

$$\left\{ \begin{aligned} u &= \frac{s U_0}{2(s+s_1)} t^2 + \frac{s_1 U_0}{(s+s_1)^2} - \frac{s_1 U_0}{(s+s_1)^2} \cos t\sqrt{s+s_1}; \\ u_\alpha &= \frac{s U_0}{2(s+s_1)} t^2 + \frac{s U_0}{(s+s_1)^2} + \frac{s U_0}{(s+s_1)^2} \cos t\sqrt{s+s_1}. \end{aligned} \right. \quad (7)$$

Систему (3) можно решить более простым операционным методом с помощью преобразования Лапласа, который позволяет заменить функции из пространства оригиналов обыкновенными алгебраическими уравнениями.

Заменяя функции их изображениями, получим:

$$\begin{cases} p^2 \bar{u}(p) - pu(+0) - \dot{u}(+0) + s_1 \bar{u}(p) - s_1 \bar{u}_\alpha(p) = \frac{U}{p}, \\ p^2 \bar{u}_\alpha(p) - pu_\alpha(+0) + \dot{u}_\alpha(+0) - s \bar{u}(p) + s \bar{u}_\alpha(p) = 0. \end{cases}$$

При разгоне  $t=0$ ;  $u(+0)=0$ ;  $\dot{u}(+0)=0$ ;  $u_\alpha(+0)=0$ ;  $\dot{u}_\alpha(+0)=0$ .

Тогда

$$\begin{cases} \bar{u}(p)(p^2 + s_1) - s_1 \bar{u}_\alpha(p) = \frac{U}{p}, \\ -s \bar{u}(p) + \bar{u}_\alpha(p)(p^2 + s) = 0. \end{cases}$$

Решив полученную систему относительно  $\bar{u}(p)$  и  $\bar{u}_\alpha(p)$ , находим

$$\begin{cases} \bar{u}(p) = \frac{U_0}{p(p^2 + s + s_1)} + \frac{U_0 s}{p^3(p^2 + s + s_1)}, \\ \bar{u}_\alpha(p) = \frac{U_0 s}{p^3(p^2 + s + s_1)}. \end{cases}$$

Обозначим  $s + s_1 = a^2$  и перейдем в пространство оригиналов:

$$\begin{cases} u(t) = \frac{U_0}{a^2}(1 - \cos at) + U_0 s \cdot \left( -\frac{1}{a^4} + \frac{1}{2a^2}t^2 + \frac{1}{a^4} \cos at \right), \\ u_\alpha(t) = U_0 s \cdot \left( -\frac{1}{a^4} + \frac{1}{2a^2}t^2 + \frac{1}{a^4} \cos at \right). \end{cases}$$

Упростив, получим

$$\begin{cases} u(t) = \frac{U_0 s}{2a^2}t^2 + \frac{U_0 s_1}{a^4} \cdot (1 - \cos at), \\ u_\alpha(t) = \frac{U_0 s}{2a^2}t^2 - \frac{U_0 s}{a^4} \cdot (1 - \cos at). \end{cases} \quad (8)$$

С момента достижения скорости передвижения заданного значения движущие усилия (избыточные усилия) равны 0 и тогда

$$\begin{cases} \ddot{u} + s_1(u - u_\alpha) = 0, \\ \ddot{u}_\alpha - s(u - u_\alpha) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Решив систему относительно, получим:

$$\begin{cases} u(\tau) = u_1 \cdot \cos a\tau + \frac{\dot{u}_1}{a} \sin a\tau + \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{a^2} \cdot (1 - \cos a\tau) + \frac{s\dot{u}_1 - s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{a^2} \cdot \left( \tau - \frac{1}{a} \sin a\tau \right), \\ u_\alpha(\tau) = u_{\alpha_1} \cdot \cos a\tau - \frac{\dot{u}_{\alpha_1}}{a} \sin a\tau + \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{a^2} \cdot (1 - \cos a\tau) + \frac{s\dot{u}_1 - s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{a^2} \cdot \left( \tau - \frac{1}{a} \sin a\tau \right). \end{cases} \quad (10)$$

После упрощения получаем

$$\left. \begin{aligned} u(\tau) &= \frac{s_1}{\dot{a}^2} d \sin(\tau \dot{a} + \alpha) + \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} + \frac{s\dot{u}_1 + s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} \tau. \\ u_{\alpha}(\tau) &= -\frac{s}{\dot{a}^2} d \sin(\tau \dot{a} + \alpha) + \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} + \frac{s\dot{u}_1 + s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} \tau. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где  $d = \sqrt{(u_1 - u_{\alpha_1})^2 + \left(\frac{\dot{u}_1 - \dot{u}_{\alpha_1}}{\sqrt{s + s_1}}\right)^2}$ ;  $\alpha = \arcsin \frac{c_1}{d} = \arccos \frac{c_2}{d}$ ;

Учитывая начальные условия  $\tau = t - t_1 = 0$ ;  $u = u_1$ ;  $u_{\alpha} = u_{\alpha_1}$ ;  $\dot{u} = \dot{u}_1$ ;  $\dot{u}_{\alpha} = \dot{u}_{\alpha_1}$ , запишем систему

$$\left. \begin{aligned} u(\tau) &= \frac{s_1}{\dot{a}^2} d \sin(\tau \dot{a} + \alpha) + \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} + \frac{s\dot{u}_1 + s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} \tau. \\ u_{\alpha}(\tau) &= -\frac{s}{\dot{a}^2} d \sin(\tau \dot{a} + \alpha) + \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} + \frac{s\dot{u}_1 + s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{\dot{a}^2} \tau. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Заменив  $\tau = t - t_1$  и обозначая

$$A = \frac{s\dot{u}_1 + s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{s + s_1}; \quad B = \frac{su_1 + s_1 u_{\alpha_1}}{s + s_1} - \frac{s\dot{u}_1 + s_1 \dot{u}_{\alpha_1}}{s + s_1} t_1; \quad C = \frac{s_1 d}{s + s_1}; \quad C_{\alpha} = -\frac{s d}{s + s_1};$$

$$\gamma = \alpha - t_1 \sqrt{s - s_1}; \quad \sqrt{s + s_1} = a$$

в результате получим

$$\left. \begin{aligned} u &= At + B + C \sin(at + \gamma); \\ u_{\alpha} &= At + B + C_{\alpha} \sin(at + \gamma). \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

В период торможения уравнения (3) примут вид

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u} + s_1(u - u_{\alpha}) &= -U_0; \\ \ddot{u}_{\alpha} - s(u - u_{\alpha}) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

После решения получим следующие уравнения движения:

$$\left\{ \begin{aligned} u(\tau) &= A\tau^2 + B\tau + C \cos a\tau + D \sin a\tau + E \\ u_{\alpha}(\tau) &= A\tau^2 + B\tau + C_{\alpha} \cdot \cos a\tau + D_{\alpha} \cdot \sin a\tau + E_{\alpha}. \end{aligned} \right. \quad (14)$$

Операционным методом получены решения дифференциальных уравнений механизма передвижения крана, позволяющие определять в функции времени кинематические и геометрические показатели работы механизма передвижения. На основании аналитического решения дифференциальных уравнений, описывающих работу механизма передвижения, построены графики функций скоростей, ускорений и амплитуд колебаний крана и груза (грейфера) в функции времени при постоянных движущем усилии и длине подвеса груза без влияния ветра и при воздействии ветра.

### Список литературы:

1. Понтрягин, Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Л. С. Понтрягин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 400 с.
2. Дёч, Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и z-преобразования (Серия «Физико-математическая библиотека инженера») / Дёч, Г. ; пер. с нем. – М. : Наука, 1971. – 288 стр., илл.

## **СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫСЛОМ (ТРЕБОВАНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ)**

**Шатохин Б.М.** (*г. Мурманск, Мурманский филиал ФГУП «Наурыбресурс», morinfo@nw-region.ru*)

Courses to studying short-period features of variability of the hydrometeorological and thermodynamic processes influencing on long-term variability of a condition of biological-trade processes in marine ecosystem. It is judged that that a scientific basis of studying of these mechanisms and processes is synoptic monitoring.

Доклад посвящен интегрированному изложению основных результатов разработки и практического использования информационных технологий обеспечения выработки и принятия научно-обоснованных управленческих решений по эффективному ведению промысла с учетом современных требований и ситуационных ограничений.

Основой приводимых в докладе результатов является многолетний (более 15 лет) практический опыт разработки, использования и развития современных информационных технологий по изучению закономерностей изменчивости состояний природо-производственных систем «биообъект↔среда↔промысел» в различных районах Мирового океана.

Научной основой проводимых автором и его сотрудниками исследований является развиваемое ими новое методологическое направление промысловой океанологии – «синоптический мониторинг морских экосистем и промысловой обстановки».

Изучение закономерностей синоптической изменчивости состояний природо-производственной системы «биообъект↔среда↔промысел» проводится с учетом ситуационных ограничений, которые определяются спецификой деятельности различных рыболовных компаний:

- количество и виды квот на вылов;
- производственные возможности (типы судов, наличие собственных транспортов, холодильников, береговых обрабатывающих мощностей и т.п.);
- условия рыночных приоритетов.

Эти ситуационные ограничения порождают индивидуальную постановку управленческих задач «своим» флотом на сопряженных (т.е. идущих параллельно или друг за другом, а также использующих, в основном, один и тот же состав судов) промыслах.

Система управленческих задач для каждой рыболовной компании имеет свою пространственно-временную иерархическую структуру внутри годового производственного цикла. Оптимизация ее решения внутри года зависит также от ситуационных ограничений, которые накладывает природная среда на внутригодовую динамику изменчивости промысловой обстановки на сопряженных промыслах в различных пространственно-временных масштабах. Последнее обстоятельство (влияние природных факторов) обуславливает отличительную принципиальную сложность(!) решения управленческих задач эффективного океанического рыболовства, повышая его экономическую рисковость. Учет выше изложенного в свою очередь и определяет совокупность необходимых требований к системе информационного обеспечения управления океаническим рыболовством.

Далее в докладе приводится совокупность требований к системе информационного обеспечения задач управления сопряженными промыслами и дается концептуальная модель

решения ситуационных задач информационного обеспечения промысла и его прогнозирования (рис.1).

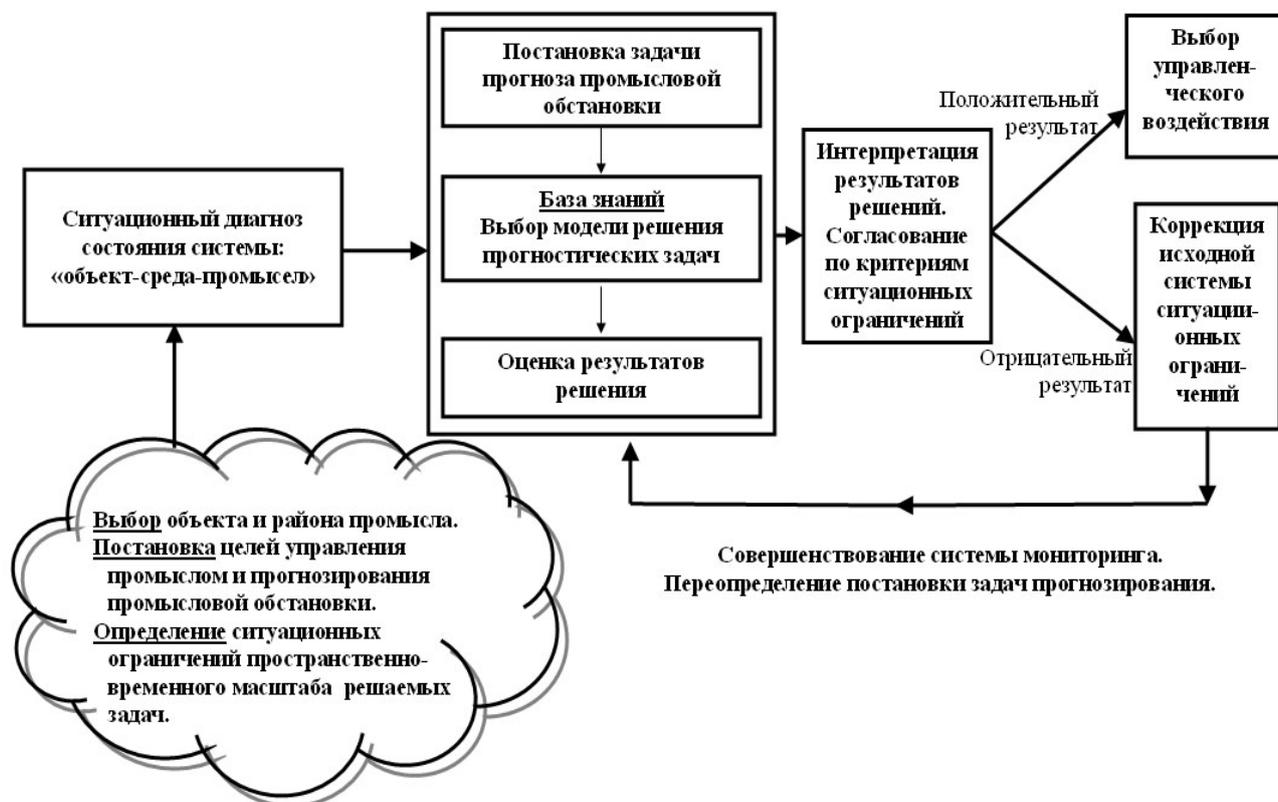


Рис.1. Концептуальная модель решения ситуационных задач информационного обеспечения промысла и его прогнозирования.

На единой методологической основе в докладе рассматриваются результаты последних исследований и их практические приложения на примере 2009-2010 гг. для сопряженных промыслов Северо-Восточной Атлантики, Норвежского и Баренцева морей по следующим направлениям:

1) исследование иерархии задач управления флотом с учетом характерных масштабов пространственно-временной изменчивости промысловой обстановки на сопряженных промыслах, проблематика планирования и принятия решений в условиях ситуационных ограничений;

2) изучение роли синоптической изменчивости термодинамических процессов в атмосфере и океане и механизмы ее влияния на формирование зон повышенной биологической и рыбопромысловой продуктивности;

3) практический опыт разработки и использования современных информационных технологий синоптического мониторинга для обеспечения принятия эффективных, научно-обоснованных решений по управлению промыслом.

По каждому из перечисленных направлений приводится изложение теоретических основ, практических результатов прогнозирования рыбопромысловой обстановки и методологии принятия решений, с учетом ситуационных природо-производственных ограничений на примере задач управления промыслами в 2009-2010 гг.

Приводятся результаты исследования физических механизмов скачкообразных изменений промысловой обстановки, нестационарные модели их описания с разрывной правой частью, а также результаты практического прогнозирования сроков и районов промысла в 2009-2010 гг. Рассматривается опыт использования бортовых компьютерных систем выработки и принятия решений по управлению промыслом непосредственно в море.

В завершении доклада приводится функционально-структурная блок-схема бассейновой инфраструктуры информационного обеспечения выработки и принятия эффективных управленческих решений на сопряженных промыслах. Обсуждаются перспективные задачи исследований синоптического мониторинга морских экосистем и промысловой обстановки.

Практической формой реализации указанной инфраструктуры должно явиться создание специализированной бассейновой организации, соединяющей функции бывших НТФ «Комплексные системы» и Управления «Севрыбпромразведка».

## ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ТИПОЛОГИИ РЫБОЛОВНЫХ СИСТЕМ

**Шеховцев Л.Н.** (г. Калининград, Калининградский государственный технический университет, кафедра промышленного рыболовства, e-mail: sheh@gazinter.net)

Evolution of approaches to research of fishing systems in industrial fishery is considered. The typology of processes in oceanic fishery and systems corresponding to them is developed. Concepts of fishing systems of a different level fish are determined in view of behavioural features of fish.

Одним из универсальных методов исследования является системный подход. В 60-е годы прошлого века широкое развитие получила теория систем, связанная с именами Р. Аккофа, С. Бира, М. Месаровича, Р. Калмана, Д. Форрестера, С. Оптнера и других.

В этот период система рассматривается преимущественно как совокупность элементов, находящихся в связях и отношениях друг с другом, которые образуют некую целостность и взаимодействуют с внешней средой. В основе этого взгляда на систему находятся элементы (объекты, подсистемы).

Эволюция теории систем, связанная с изменением систем и окружающей среды, их усложнением, привела к расширению понимания системы и рассмотрению ее как совокупности связей между элементами, например, экономическая система – это особым образом упорядоченная система связей между производителями и потребителями материальных и нематериальных благ и услуг.

Этот подход к системе можно назвать коммуникативным, поскольку в его основе лежит рассмотрение связей как внутренних, так и внешних. Он позволяет учитывать функционирование системы во времени, т.е. учитывается временная протяженность процесса.

Н. Винер предложил классифицировать системы по особенностям их поведения (бихевиористский подход). На основании бихевиористского подхода можно выделить системы с активным (целенаправленным) и пассивным поведением. Этот подход можно назвать поведенческим.

Дальнейшее развитие теории систем связано с применением процессного подхода (в экономике, управлении), учитывающего динамику существования и взаимодействия элементов системы во времени. Например, в промышленном рыболовстве технические системы, применяющиеся для изъятия гидробионтов из водной среды, представляют собой объектно-процессные системы, связанные с работой в двух средах – водной и воздушной, существовании которых возможно только в самом процессе. Например, трал с рыбой, выбранный на борт, перестает быть ловащей системой, а становится набором элементов. Таким образом, возникают системы гибридного типа, сочетающие в себе элементы, процессы, среды.

Спецификой океанических рыбопромысловых систем является то, что они используют рыбодобывающее судно не только как элемент ловащей системы, но и как производственную платформу, которая выполняет больше функций, чем плавучий цех и осуществляет не только переработку сырья в продукцию, но и его добычу, а также хранение, транспортировку продукции, грузов обеспечения жизнедеятельности судна и экипажа, коммерческие операции.

Существуют также прибрежные морские рыболовные системы (прибрежное рыболовство), которые используют помимо плавсредств и орудий лова сушу (часть берега) как производственную платформу.

В данной работе в общем плане **объектом исследования** является океанические рыбопромысловые системы. Биопромысловые системы означает то, что объектом добычи в океа-

нической среде являются водные биоресурсы (а не минеральные и другие ресурсы). Как идентичное понятие будем использовать термин «рыбопромысловые системы».

Биопромысловые системы в более широком смысле этого слова являются составными частями рыбодобывающих (бiodобывающих) систем или *экономико-биолого-технических систем*, сокращенно–экобиотехнических систем (*ЭБТС*).

Рассмотренные особенности океанического рыбодобывающего производства обуславливают функционирование этого производства в форме рейсооборота судна с экипажем, набором орудий лова, грузами снабжения в район промысла и обратно.

Для исследования технических систем в промышленном рыболовстве сделаем акцент на процесном подходе, учитывая при этом и другие подходы к рассматриваемой системе.

Производственный процес в океаническом рыболовстве можно представить системой, измеряемой временем в виде совокупности следующих процесов разного уровня, начинающихся с научно-технического обеспечения:

- 1) процес рейса (рейсооборот – это макропроцес);
- 2) процес промысла (мезопроцес);
- 3) процес лова (микропроцес).

Набор параметров и показателей эффективности процесов более высокого уровня должен учитываться в параметрах процесса лова и наоборот.

Эти системы, представленные выше, можно рассматривать как иерархию следующих процесов:

– макроуровень – это процес рейсооборота. Он соответствует рыбодобывающей системе.

– мезоуровень – это процес промысла. Он должен соответствовать промысловой системе.

– микроуровень – это процес лова. Он соответствует ловащей (рыболовной) системе. Она включает в себя следующие элементы: судно – орудие лова – объект лова (в традиционном понимании рыболовной системы), или судно – орудие лова – объект лова – источник управляющего воздействия на объект лова (в расширенной рыболовной системе);

– микроуровень – это рассмотрение отдельных элементов этого процесса или системы (судно – орудие лова; орудие лова – объект лова; судно – объект лова). Эти микропроцессы или нанопроцессы позволяют учитывать внутрисистемные взаимодействия.

Из представленного анализа можно сделать вывод, что рыболовная система существует только на микроуровне, т. е. в процессе лова.

В нашей работе акцентировано внимание на ловащих (рыболовных) системах с учетом их вхождения в системы более высокого уровня (рыбопромысловые и рыбодобывающие).

Ловащая система в общем виде состоит из трех основных элементов (судно – орудие лова – объект лова), созданных с целью отделения и извлечения рыбы из водной среды на палубу судна для дальнейшей переработки, хранения, транспортировки и реализации.

Развитие этой системы приводит к появлению нового дополнительного управляющего воздействия непосредственно на объект лова, что связано с введением в рыболовную систему дополнительного элемента – средства воздействия на объект лова, которое позволяет привлекать, концентрировать и удерживать объект лова в зоне действия орудий лова.

Таким образом, развитие рыболовных систем с целью повышения их эффективности происходит в направлении использования поведенческих особенностей объектов лова

Это может быть использовано для моделирования, классификации, реинжиниринга и проектирования рыболовных систем.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЫБОЛОВСТВЕ

**Юрген Паузе** (*г. Куксхафен, морской колледж*), **Подобед Н.Е.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра УС и ПР*)

We consider the traditional methods of catching and set targets for their improvement, proa-resentatives catch, depending on towing speed. A mathematical model for a trawl, defined technological and biological parameters, provide innovative solutions for the design of the engine.

Настоящие инновации в морском рыболовстве – это только такие решения, которые содержат как экономию производственных ресурсов, например, топливо, так и делают возможными защиту существующих рыбных ресурсах.

Ведущие экологические союзы [2] с полным основанием требуют, чтобы промышленное рыболовство не разрушало морскую экосистему. Нужно находить такие технологии, которые либо исключают разрушительные методы лова, либо экологически совершенствуют их. По-прежнему во всем мире пелагическая буксирная сеть и донный трал остаются традиционными методами лова [1,3,4].

При донном тралении неизбежно разрушается морское дно. Таким образом, могут разрушаться целые экосистемы. Траловые (распорные) доски двигаются большей частью под углом к грунту и оставляют борозды, которые могут достигать глубины до 30 см. При таком способе лова разрушаются морское дно и рыбные нерестилища [2].

Современные рыболовные приспособления очень тяжелы и из этого следует очень большое буксирное сопротивление. Чтобы преодолеть это сопротивление и достичь достаточной буксирной скорости при тралении, необходима большая приводная мощность, которая в свою очередь требует определенного количества топлива. Поэтому было бы разумно, чтобы орудия лова, или по крайней мере их часть, создавалась таким образом, чтобы они имели ту же уловистость как в настоящее время, но были бы намного легче и имели далеко не столь большое буксирное сопротивление.

Разработка новых, прочных, и в то же время более легких материалов для изготовления рыболовных сетей приведет к сокращению общего сопротивления рыболовного снаряжения, и большая часть морского дна, не будет так сильно разрушаться. При этом была бы получена не только выгода от экономии топлива, но и была бы сохранена экосистема морского дна. С этим связана реальная возможность выживания рыбных ресурсов. Однако нужно понимать, что буксирную скорость можно снижать только до определенной величины, так как иначе доход будет слишком незначителен. Это неизбежно требует, чтобы транспортное средство (рыболовное судно) двигалось с адекватной скоростью.

Таким образом, встает вопрос: имеется ли буксирная скорость, при которой достигается максимум массы вылова и одновременно минимум в расходе энергии (топлива)?

С целью получения количественной и качественной информации по изложенным проблемам, необходимо исследовалась зависимость между буксирной скоростью и выловом. Для оценки этой зависимости были предприняты несколько рейсов в Мавритании при облове скумбрии. Полученные результаты свидетельствуют, что существует целый ряд буксировочных скоростей, при которых улов незначителен или случаен. В некоторых областях уловистость возрастает до некоторого значения, а затем снова падает до определенного уровня. Полученная базовая модель может быть применена для анализа других более или менее выраженных данных.

Анализ литературы по этой теме показал, что для исследования этой проблемы нужно учитывать как рыболовные технологические, так и рыболовные биологические аспекты. С

помощью испытаний в аэродинамической трубе, которые очень затратны, можно подробно изучить рыболовную сеть, но мы не в состоянии рассмотреть вопрос о поведении рыбы. В связи с этим необходимо разработать специальную модель поведения рыбы и включить ее в процесс исследования. Очевидно, что только соответствующая модель способна описать этот достаточно сложный процесс [1].

Подводные съемки показали, что особенно чувствительными являются область устья и сетевого открытия трала [7,8]. Из этих съемок может быть получено много сведений о поведенческой модели косяка перед тралом.

$$\text{Имеет место следующее соотношение} \quad AN = f(V_s), \quad (1)$$

где AN – площадь сетевого раскрытия;  $V_s$  – буксирная скорость.

Соответствующие подходы к решению представлены в работе Пашена [6]. Исходными данными для математической модели являются форма и положение траловых канатов от кормы рыболовного судна до траловых досок. Траловые канаты смоделированы как пространственно изогнутые стержневые, нагруженные течением цепи в виде точек. Отдельные точки нагружаются гидродинамическими силами и силами тяжести. В своей модели Пашен исходит из сил тяги быстроходного люггера. Силы приняты на основании результатов испытаний в аэродинамической трубе. В этом случае рекомендуется следующее более простое преобразование

$$\vec{F} = \vec{F}_0 + \frac{d\vec{F}}{dV_s} \cdot \Delta V_s + \frac{d\vec{F}}{dB_s} \cdot \Delta B_s + \frac{d^2\vec{F}}{dV_s \cdot dB_s} \cdot \Delta V_s \Delta B_s, \quad (2)$$

где  $F$  – сила тяги, приложенная к стальному тросу трала,  $B_s$  – расстояние между траловыми досками. Такой подход всегда возможен, если для  $V_{s0}$  и  $B_{s0}$  принимают средние значения, так что изменение скорости буксировки и (или) расстояния между траловыми досками мало по сравнению с их начальными значениями [6]. В результате можно смоделировать позицию распорных досок, ширину и площадь сетевого раскрытия, как функции буксирной скорости и длины траловых канатов [1]. Если спроецировать теперь сетевые головки в плоскость  $y-z$ , то получим так называемое проецируемое сетевое раскрытие.

Для определения площади сетевого раскрытия можно записать следующее эллиптическое преобразование [1]:

$$AN = \int_{t_1}^{t_2} \dot{x}(t) \cdot \dot{y}(t) \cdot dt, \quad \text{где: } x(t) = a \cdot \cos(t) \rightarrow \dot{x}(t) = -a \cdot \sin(t) \quad y(t) = b \cdot \sin(t); \quad (3)$$

$t$  – параметр эллипса;  $a$  – большая полуось эллипса (горизонтальное сетевое открытие);  $b$  – маленькая полуось эллипса (вертикальное сетевое открытие);  $t_1, t_2$  – границы интегрирования.

Как сказано выше, рыболовный процесс описывается параметрами, которые имеют в большей степени стохастическое происхождение. При этом речь идет о поведении косяка перед тралом и в сфере влияния трала. Подробная поведенческая модель рыбного косяка представлена в [1,3]. Ряд сведений были получены путем подводных съемок [7].

Для имитационной модели необходимо описать рыбное скопление математически. Такие величины, как например: длина скопления, ширина скопления и плотность скопления; высота скопления и форма скопления были подробно описаны Тростом [9]. Исходя из анализов снимков, полученных при помощи эхолота, приведенных в [1,3] предположения о форме скоплений трудно подтвердить из-за качества снимков. В этих работах исходной формой скопления принимается эллиптическая форма. Можно сделать вывод, что эта форма выражена по-разному в зависимости от вида лова, времени суток и места лова. Так, например, форма

косяка у скумбрии (Мавритания) полностью определяется ночью. И, наоборот, у сельди эллиптическая форма очень хорошо выражена днем.

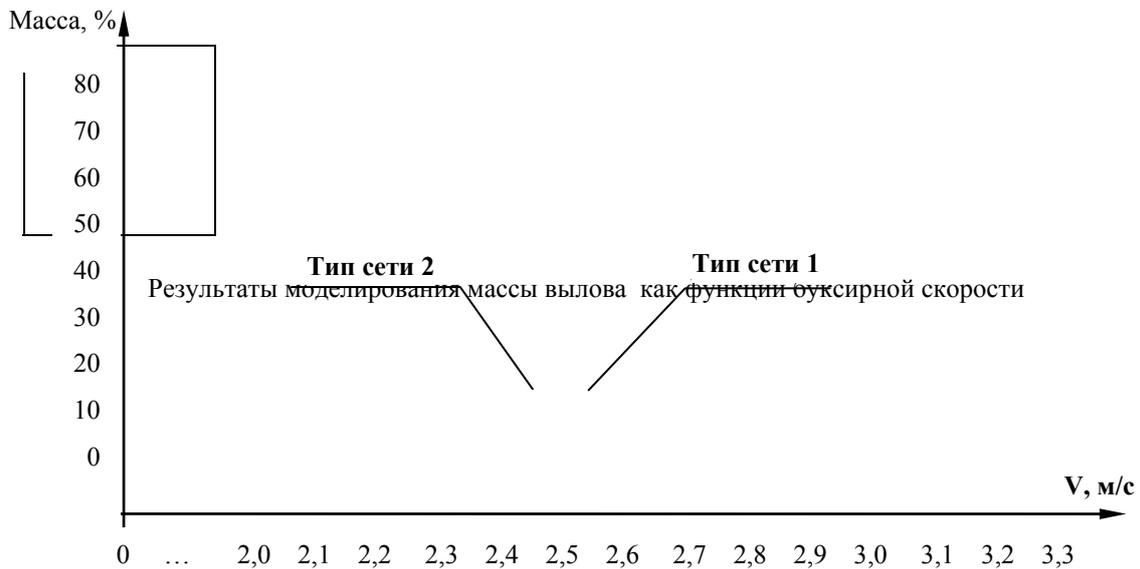
Координаты центра  $i$  – того скопления можно получить из соотношения:

$$\vec{S}_i = (\vec{z}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i) = |r_i| \cdot \begin{pmatrix} \sin(\alpha_i) \cdot \cos(\varphi_i) \\ \sin(\alpha_i) \cdot \sin(\varphi_i) \\ \cos(\alpha_i) \end{pmatrix} \quad i = 1 \dots n; n \in \mathbb{N} \quad (4)$$

$\alpha_i; \varphi_i$  – пространственные углы.

В соответствии с изменением скорости судна и любого скопления происходит обновление определения их места положения – координат точек. Это скопление может быть рассчитано с помощью случайного ряда [10] посредством генератора случайных чисел (метод Монте-Карло). По Тросту [9] для расчета параметров скопления применяется экспоненциальное распределение. Следовательно, для  $i$ -того скопления справедливо выражение:

$$z_i = F(x_i) = 1 - e^{-\lambda \cdot x_i} \quad (5)$$



Из этого следует функция, обратная функции (5):

$$z_i = F^{-1}(x_i) = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - x_i); \quad x \in (0,1) \quad (6)$$

$\lambda$  – параметр экспоненциального распределения.

В качестве формы рыбного скопления может быть принят эллипсоид вращения [1].

Следовательно, теоретически возможная масса вылова может быть рассчитана по формуле:

$$F_i = \rho_i \iiint_A da, \quad (7)$$

где  $A$  – область ограничивающая эллипсоид вращения;  $F_i$  – теоретически возможный вылов  $i$ -того скопления;  $\rho_i$  – плотность  $i$ -того скопления, const.

В качестве основы моделирования выбирались 2 пелагических буксирных трала, которые подробно описаны в [1]. У трала типа I площадь сетевого раскрытия меньше, чем у трала типа II. Соответствующий банк данных представлен в имитационной модели.

Из сказанного можно сделать следующие выводы: имеются скорости, когда происходит лишь случайный и соответственно в высшей степени незначительный вылов; этот сто-

хастический вылов встречается, если буксирная скорость меньше чем скорость ускользания скопления (Нульльфэнгикайт); при увеличении определенной буксирной скорости повышается относительная масса вылова; буксирная скорость должна превышать скорость «убегания» скопления (косяка); относительный максимум вылова достигается только, если буксирная скорость значительно выше, чем скорость ускользания скопления; область относительных максимумов вылова наблюдается только в незначительных пределах изменения буксирной скорости.

Для сравнения представленной имитационной модели с другой моделью [3], выбраны те же начальные условия, что и в [3]. Представленные здесь результаты показывают, что детерминистские параметры процесса лова можно исследовать при их взаимодействии со стохастическими параметрами поведенческой модели при эксперименте. В этом случае и в [1] представленную поведенческую модель необходимо непрерывно совершенствовать. Технологические параметры орудий рыболовства можно просто заменять путем выбора из банка данных и таким образом исследовать различные типы тралов на их уловистость в рамках эксперимента для известной в настоящее время поведенческой модели. Подробное обсуждение результатов можно найти в [1].

Инновационное решение для пелагических распорных досок. В предыдущем разделе было показано, что сетевое раскрытие является весьма существенным технологическим параметром в процессе рыболовства. Тем не менее, наряду с соответствующей сетевой конструкцией, распорные доски также необходимы для горизонтального раскрытия сети.

Образование подъемной силы. Распорные доски должны выдерживать большие нагрузки. При нормальном угле установки, составляющем примерно  $10^\circ$ , распорная доска имеет коэффициент подъемной силы равный примерно 1,2 (ср. для этого также [11]). Однако существует еще один способ определить эту подъемную силу. В аэродинамической трубе были исследованы вращающиеся цилиндры с днищем и без днища, в результате чего получены коэффициенты подъема равные 9, то есть показатели, которые гораздо выше, чем у лучших крыльев самолета. Это очень интересное аэродинамическое свойство заслуживает особого внимания, поскольку достигаются настолько большие силы, которые вообще аэродинамически возможны [11].

Применение распорной доски с таким принципом действия в буксирном рыболовстве имело бы множество преимуществ. Приводится техническое решение, при котором больше нет необходимости приводить во вращение двигатель с помощью электрической энергии.

Разработано изобретение [12], исследование которого на дееспособность запланировано совместно с институтом Бремерхафена.

### Список литературы:

1. Pause, J. Untersuchung zur Wechselwirkung zwischen der Schleppgeschwindigkeit, den Netzöffnungsparametern und dem Fangergebnis in der pelagischen Schleppnetzfisherei auf der Grundlage eines Simulationsexperimentes. Dissertation A, Hochschule für Seefahrt Warnemünde, 1991.
2. GREENPEACE., Umgepflügte Meeresböden, www.greenpeace.at, Nov. 2004.
3. Förster, J., Beitrag zur Modellbildung des Schleppprozesses in der pelagischen Schleppnetzfisherei mit Hilfe eines Simulationsexperimentes, Dissertation A, IHS Warnemünde / Wustrow, 1985.
4. Gabriel, O. lange, K., Dahm, E., Wendt, T., Fish catching Methods of the World, 4th ed. Blackwell publishing Ltd. 2005.
5. Neu, R., Im Dienste der Großen Hochseefischerei Verlag H.M. Hauschild GmbH ; Bremen

2002.

6. Paschen, M., Rechnergestützter Entwurf pelagischer Schleppnetze nach Windkanalversuchen. *Fischereiforschung*, № 3 / 87; Rostock, 1987.
7. Fischer, H.J., Beobachtungen zum Fischverhalten mit UAW – *Technik Vortrag auf dem 7. Rostocker Schiffstechnischen Symposium*, Universität Rostock, Rostock, Oktober 1989.
8. DÜRR, S., Reisebericht über die 11 – UW – Beobachtungsreise von ROS 414, VEB Fischkombinat Rostock, 1987.
9. Trost, G., Beitrag zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Schleppzeit und Fangertrag in der pelagischen, *Fischerei Dissertation A*, IHS Warnemünde/Wustrow, 1980.
10. Frank, M., Lorenz, P., *Simulation diskreter Prozesse* Fachbuchverlag Leipzig, 1979.
11. Eck, B., *Technische Strömungslehre*, 9. Auflage, Bd. 1 Springer-Verlag, 1988.
12. Pause, J., Paschen, M., Fischer, A., Patentanmeldung: DD 279 599 A1 Scherkörper zur Erzeugung hydrodynamischer Kräfte, 1990.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

Анисимов А.Н., Шадрин Ю.А., Шутов В.В. (МГТУ, кафедра УС и ПП)

In the article is being proved the need of using water in hard condition (snow) for the fire fighting in the winter season.

Статистика пожаров из средств массовой информации говорит о том, что наибольшее количество пожаров происходит в зимний период времени. Это вполне объяснимо такими обстоятельствами, как интенсивное использование печного отопления, нештатных обогревательных приборов в особо сильные морозы, нарушение правил технической эксплуатации газового отопления и котельных установок. Иногда причиной пожара является нарушение элементарных правил техники пожарной безопасности. Иногда пожары заканчиваются трагической гибелью людей из-за отсутствия источника воды в данный период года, которая является самым распространенным способом тушения пожаров.

При тушении пожаров вода используется только в двух своих состояниях - жидком и газообразном, т.е. в виде пара, но никогда не используется в твердом своем состоянии в виде снега и льда. Общеизвестно, что в зависимости от температуры окружающей среды, вода может находиться в твердом (снег, лед), жидком и газообразном состоянии (пар) и при изменении температуры переходить из одного состояния в другое.

При температуре от 0 до 100°C вода является жидкостью. При 100°C и более вода кипит и превращается в пар. Обладая хорошей текучестью вода, находясь под давлением, легко проходит по пожарным магистралям и рукавам. При выходе из ствола с меньшим диаметром, установленного на рукаве, скорость воды увеличивается, и струя может быть подана на значительное расстояние.

Огнетушащая эффективность воды главным образом проявляется как - охлаждающее вещество. Она поглощает теплоту и охлаждает горящие материалы. Наиболее эффективное поглощение теплоты водой происходит при температуре ее от 0 до 100°C. И чем ниже температура воды, тем большей поглощающей тепловой способностью обладает вода.

При температуре 100°C вода, превращаясь в пар переходит из жидкого состояния в газообразное состояние, расширяясь при этом в 1700 раз, продолжает поглощать и отводить теплоту от горящего материала. Это снижает его температуру до значения ниже температуры воспламенения, в результате чего пожар прекращается. Возникшее при этом большое облако пара локализует пожар, вытесняя воздух, в котором находится необходимый для поддержания процесса горения кислород. Из этого следует, что вода помимо охлаждающей способности обладает эффектом объемного тушения. И так, пар, как объемная огнетушащая среда, препятствует поступлению воздуха к пожару и снижает концентрацию кислорода в воздухе вокруг пожара.

Однако пар имеет ряд недостатков. Во-первых, пар обладает слабой теплопоглощающей способностью, вследствие чего его охлаждающий эффект не велик. Помимо этого, при прекращении подачи пар начинает конденсироваться и объем его значительно уменьшается. При этом горючие пары и воздух тотчас начинают поступать к очагу возгорания и вытесняют пар. И если пожар не был полностью потушен, то вполне вероятно повторное возгорание. Во-вторых, температура самого пара достаточно велика для воспламенения многих жидких горючих веществ. И, наконец, пар представляет опасность для людей, так как содержащаяся в нем теплота может вызвать тяжелые ожоги.

При тушении пожаров в период довольно низких температур окружающей среды воз-

можно кристаллизация воды, т.е. появление кристаллов «льда» во взвешенном состоянии. Это приводит к тому, что внутри пожарного шланга образуется вязкая водяная масса, а затем происходит замерзание воды. В результате чего эффективность водяной системы пожаротушения сначала снижается, а затем полностью прекращается.

Таким образом, вода, как вещество широко распространенное и используемое при тушении пожаров довольно широко используется только в двух состояниях жидком и газообразном, но никак на сегодняшний день не используется в твердом своем состоянии в виде снега и льда. Общеизвестно, что эти три состояния воды твердое, жидкое и газообразное обусловлены температурой окружающей среды и при изменении температуры переходят из одного состояния в другое.

Авторы предлагают использовать при тушении пожаров воду в виде льда и снега. В этом случае вода используется в троичном эффекте. Имея снежную массу или очень мелкобитый лед, а также теплоизоляционные технические системы и устройства их доставки и распыления, эффективность пожаротушения резко возрастет ввиду первичного используемого состояния воды. Снег (лед), обладая огромной теплопоглощающей способностью, в зависимости от температуры и размеров очага пожара, уже на первой стадии его использования может прекратить процесс горения, так как способен снизить температуру горючего вещества до значения ниже температуры его воспламенения (способ воздействия на пожар - охлаждение). На второй стадии, снег (лед), превращаясь в жидкость, проникает в горящую среду, которая при низких температурах продолжает поглощать тепло и охлаждает горящие материалы, постепенно повышая свою температуру, продолжает тушить пожар (способ воздействия на пожар - тушение). При этом происходит отделение горючего вещества от кислорода. На третьей стадии вода при повышении температуры до 100°C и более превращается в пар расширяясь по объему в тысячи раз, охватывает пожар, вытесняет воздух снижая концентрацию кислорода ниже уровня поддержания горения (способ воздействия на пожар - снижение концентрации кислорода).

При дополнительных конструктивных доработках использование снега возможно с использованием огнетушащих порошков, что даст возможность прервать цепную реакцию и быстро потушить пожар. Поскольку эти вещества воздействуют непосредственно на молекулярную структуру соединений, образующихся в ходе цепной реакции, то разрушение этих соединений отрицательно воздействует на образование пламени при пожаре (способ воздействия на пожар - прерывание цепной реакции горения). При совместном использовании огнетушащих порошков и хладона со снегом одновременно происходит прерывание химического процесса происходящего во время горения и охлаждение горячей поверхности.

Авторы предлагают оригинальную идею по созданию мобильного комплекса по тушению пожаров в особо заснеженных районах страны в зимний период, на производственных площадках, на судах в зимний период отстоя в затонах и при плавании в ледовых условиях и др.

В состав мобильного комплекса должны входить подающий датчик снега или льда, измельчитель снега (льда), снегосос, теплоизоляционные шланги.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ МОРСКОЙ АКАДЕМИИ И СТУДЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПО ВОПРОСАМ ВОЕННО-МОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ СУДОВ**

**Ивкин С.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства*)

In the given article the basic problems of teaching of the subject "Naval preparation of crews of civil ships" are revealed and recommendations about perfection of educational process are made.

Одним из признаков государства служит наличие территории, находящейся под его юрисдикцией. Защита ее целостности является важнейшей функцией государства, для осуществления которой оно должно иметь вооруженные силы. Подавляющее число экспертов сходятся на том, что в ближайшие 8-10 лет вопросы развязывания крупномасштабной агрессии против России и ее союзников, особенно с учетом наличия у нашей страны потенциала ядерного сдерживания, невысока. То есть, прямой военной угрозы для России в настоящий момент нет, но это не означает, что она не может возникнуть в перспективе. Не исключены периоды серьезного обострения международной обстановки и попытки силового воздействия на Россию. В таких случаях должно осуществляться стратегическое развертывание ВС РФ, соответствующее масштабам угрозы, мобилизация экономики и людских ресурсов. Постоянно существует вероятность возникновения локальных вооруженных конфликтов, прямо или косвенно затрагивающих наши национальные интересы, что опять-таки предполагает участие в их ликвидации российских ВС.

Военная безопасность РФ обеспечивается всей совокупностью имеющихся в ее распоряжении сил, средств и ресурсов. Для решения военных вопросов при ведении боевых действий будут привлекаться гражданские суда, т.к. в настоящее время, ни одно государство не в состоянии содержать вспомогательный флот, способный обеспечить длительные боевые действия на море. Кроме того, гражданский флот является резервом Военно-морского флота. За примерами далеко ходить не надо. Приведу лишь несколько.

Мурманский траловый флот в годы Великой Отечественной войны в течение 15 дней передал в состав Северного флота 46 траулеров. На них был поднят военно-морской флаг. Тральщики стали сторожевыми кораблями, и корабельная организация приведена в строгое соответствие с Корабельным уставом ВМФ. В начале 1942 года на базе Мурманского тралового флота, Мурзверпрома и других предприятий был организован военно-транспортный дивизион Мурманской базы военизированного тралфлота. Сюда входили мотоботы, дрейфтеры, парусные рыболовные суда. На них судовая организация изменена была незначительно: капитану был придан военный помощник, на судно прикомандировывалась военная команда. Эти решали задачи высадки десанта, перевозки войск, снабжения, разведки и т.д. Наиболее старые суда Мурманского тралового флота осуществляли промысел рыбы. На них организация не претерпела изменений.

Англо-аргентинский конфликт 1982 года. Одной из основных задач ВМС Великобритании была перевозка контингента сухопутных войск и морской пехоты на отдаленный театр военных действий (расстояние от метрополии 13 тыс. км.) и его материально-техническое обеспечение. В силу малой численности вспомогательного флота ВМС Великобритании (22 судна, из них 15 танкеров) возникла необходимость в мобилизации и фрахтовке около 80 судов, в том числе 12 быстроходных пассажирских лайнеров, 26 танкеров, 13 транспортов, 6 контейнеровозов. Большинство из них в короткие сроки (2 – 7 суток) были переоборудованы

для перевозки войск десанта и вертолетов. А три контейнеровоза были переоборудованы во вспомогательные авианосцы по проекту «Арапахо».

Очевидно, что экипажи гражданских судов должны быть подготовлены для решения вопросов мобилизационного развертывания флота.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 12/86-50 от 3.11.92 года и соответствующих приказов Федерального агентства по рыболовству в судовладельческих организациях, на рыбопромысловых судах, независимо от форм собственности, в ВУЗах, ССУЗах ведется Военно-морская подготовка экипажей судов.

Цель военно-морской подготовки экипажей гражданских судов – подготовить экипажи судов ФРП к плаванию и производственной деятельности в условиях военной угрозы судоходству, военного времени и в экстремальных условиях воздействия последствий стихийных бедствий, крупных производственных аварий, катастроф на судах и береговых объектах. Несмотря на многообразие перечисленных факторов, организация защиты судна остается единой, т.к. используются одни и те же организационные мероприятия, технические средства специальной обработки и другие средства дополнительного оборудования корабля.

В МГТУ подготовка курсантов Морской Академии и студентов Технологического факультета по вопросам Военно-морской подготовки экипажей судов организована и проводится по плану учебного отдела в объеме часов, выделяемых деканатами. Количество часов аудиторных занятий соответствует Примерной программе ВМПЭГС разработанной в 2002 году Государственным комитетом Российской Федерации по рыболовству. В целях повышения качества преподавания дисциплины разработаны электронные версии лекционных и практических занятий с использованием проекционных систем. Пробно курс был прочитан курсантам 2 курса СВФ на УПС «Седов».

Занятия проводятся с курсантами и студентами 5 курсов, что дает максимальный эффект подготовки, так как материал Курса ложится на полученные специальные знания. По специальности № 180402.65 “Судовождение” дисциплина читается на 3 курсе. Подготовка курсантов СВФ на 3 курсе не может быть эффективной т.к. они еще не начали изучения специальных дисциплин и рассматривать многие вопросы Курса с ними крайне затруднительно.

До расформирования Военно-морской кафедры и передачи дисциплины на кафедру Управления судном и промышленного рыболовства практические занятия по курсу ВМПЭГС проводились на базе полной укомплектованности техническими средствами, что давало хороший результат в освоении предмета. Сегодня материально-техническая база практически отсутствует, изучение приборов и средств защиты осуществляется по схемам и методическим рекомендациям, а не наглядно. Это значительно снижает качество подготовки специалистов.

Проблем добавляет и то, что дисциплина читается факультативно, страдает посещаемость и, соответственно, успеваемость.

В соответствии с типовым положением по организации ВМПЭГС от 8.07.09 создание учебных кабинетов возложено на территориальное управление Росрыболовства. Для качественного проведения практических занятий необходимо наладить связи с данным управлением и с его помощью укомплектовать кафедру необходимым оборудованием.

Но для того, чтобы начинать решать проблемы материально-технического обеспечения необходимо рассмотреть вопрос о выделении помещения для размещения данного оборудования.

Таким образом, для повышения качества подготовки специалистов по вопросам ВМПЭГС необходимо:

1. значительно улучшить материально-техническую базу кафедры,
2. ввести должность заведующего лабораторией,

3. перейти с факультативной на обязательную форму обучения,
4. для курсантов СВФ занятия перенести на 5 или 6 курс.

**Список литературы:**

1. Постановление Правительства Российской Федерации № 12/86-50 от 3.11.92 года.
2. Примерная программа ВМПЭГС курсантов и студентов морских (судовых) специальностей высших учебных заведений Госкомрыболовства России.
3. Типовое положение об организации военно-морской подготовки гражданского флота.....

## **ПЕРЕДАЧИ ГРУЗА В ОТКРЫТОМ МОРЕ БЕСКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ**

**Шушко В.Д.** ( *МГТУ, кафедра управление судном и промышленное рыболовство (УС и ПР)* )

Three concrete ways of transfer of cargo in the sea are considered in the contactless way. To describe methods of transfer of fuel, water, a catch of fishes in net containers and a catch of fishes in the trawling bags disconnected from a trawl are described.

### **1. Введение**

Основной способ передачи груза в открытом море, когда два судна ошвартуются бортами друг к другу и передают грузы при помощи грузовых устройств или других устройств. Такой способ называется контактным способом передачи груза, отработан до мелочей и известный морякам всего мира. Тем, кто не работал в море на судах, не может и в голову прийти, что существует еще какой-то другой способ.

Но, моряки, которые работали и работают на промысловых судах, на танкерах и плавучих базах, известный и другой способ передачи груза и снабжения в море. Этот способ называется бесконтактным и моряки рыбопромысловых флотов, особенно в северных морях, применяли и применяют этот способ повсеместно. Для широт, где погода не часто балует моряков своим спокойствием, такой способ был изобретен, как жизненно необходимый и нашел широкое применение среди моряков. Вызывает удивление то, что никто не сделал детального описания хотя бы один из способов передачи жидких или твердых грузов. Упоминание о существовании двух способов передачи жидких грузов в учебном пособии авторов Жуков Е.И. и др. под названием «Управление судном и его техническая эксплуатация», которым пользуются курсанты высших морских учебных заведений, имеется краткое описание траверзного способа передачи и передача с постановкой на бакштов. Описание общее и практической пользы не имеет. Имеются сведения, что по траверзному способу написана диссертация и возможно это имело место, потому, что военные танкера до сих пор снабжают свои суда топливом и водой таким способом. Способ очень сложный, осуществим в условиях хорошей погоды, т.к. при этом способе суда должны двигаться параллельно друг другу от 70 до 30 метров. Между их бортами натягивается система тросов, на которые подвешиваются шланги для передачи жидких грузов.

Сведений о том, что этим сложным способом когда-нибудь пользовались рыбопромысловые суда, не имеется. Способ постановки на бакштов проще и может, осуществляется в любую погоду. Этот способ используют, в основном, танкера небольшого водоизмещения, которые работают с промысловыми судами на промысле по снабжению их топливом и водой. Подачу первого конца (бросательного) подают почти всегда при помощи линеметательной установки (воздушной). Работать такой установкой на рыбопромысловых судах запрещено, поэтому они придумали способ подачи первого конца по воде. Это и безопасней и удобней. Принимающее судно, выбрасывает по корме проводник длиной 40-50 метров с привязанными на нем плавучими резиновыми буями. Сдающее судно подходит к корме, вылавливает этот проводник, поднимает его на борт и подбирая принимает на борт ваер принимающего судна, На ваер цепляют груз, выбрасывают за борт, а принимающее судно выбирая ваер, поднимает груз на борт.

Таким способом передают проводник при постановке на бакштов, а так же передачи любого снабжения в любую погоду. Такой способ передачи связи с судна на судно в открытом море оказался самым безопасным и нашел повсеместное применение на судах рыбопромысловых флотов.

Способ известный всем, но деталей его выполнения знают немногие. Те, кто его использовал в прежние времена ушли на другие работы или заслуженный отдых, а молодые поколения, во времена всеобщей распродажи судов на металлолом, сокращении больших промыслов и работы по одиночке, не успели перенять богатый опыт своих предшественников и в настоящее время испытывают недостаток знаний в этой области. Детальных описаний производства работ по бесконтактной передаче груза в открытом море, не существует. Отдельные попытки описать метод передачи уловов промысловыми судами описан в учебных пособиях для средних учебных заведений рыбной промышленности под названием «Морское дело на рыбопромысловых судах», М.: Легкая промышленность 1974 г. и «Морское дело» для массовых профессий того же издательства в 1984 г. автора Витченко А.Г. Метод передачи описан в общих чертах, и полностью пропущено производство отдельных операций, без которых ее практическое осуществление, невозможно. Автор не ставил перед собой задачу подробно описать передачу уловов с одного на другое судно от начала и до конца со всеми подробностями. Он описал только методы, которыми можно это осуществить.

Морякам, работающим на промысловых судах, хорошо известно, что при работе в отдаленных районах промысла постоянно возникает необходимость прибегать к бесконтактному способу передачи уловов, снабжения, приемки топлива и воды. Эта необходимость всегда возникает при отсутствии благоприятной погоды. Общеизвестно, что лов рыбы тралящими орудиями лова, можно производить при волнении моря до 6-7 баллов. Производить швартовку к борту другого судна для сдачи уловов, при такой погоде, неосуществимо. На малых судах, где не имеется приспособлений для сохранения уловов рыбы, приходилось приостанавливать промысловую работу. Возникла необходимость искать выход с такого положения. Совместными усилиями сдающих и принимающих судов начали искать способ, при помощи которого можно было бы осуществлять передачу уловов с судна на судно.

Сначала был придуман безопасный бесконтактный способ передачи топлива и воды. Этот способ назвали методом постановки на бакштов. Дальше стали думать, как можно передавать бесконтактным способом уловы рыбы, грузы, снабжение. Такой способ был придуман. Суда типа РТ, СРТ, РС, передавали уловы на плавбазы в сетных контейнерах, вместимостью от 100 и более кг. Выловленную рыбу, в основном донных пород, обрабатывали, размещали в сетные контейнера, и при помощи бесконтактного способа передавали на плавбазы. Такой способ передачи применялся повсеместно, постоянно совершенствовался и просуществовал до того времени пока на промысле работали суда вышеуказанного типа и плавбазы. Передача проводников, ваера, снабжения, рыбы в контейнерах по воде, оказалась самой удобной и безопасной, особенно в плохую погоду.

Когда в море появились суда типа ПСТ (посолье-свежьювой траулер), в случае плохой погоды, придумали другой способ передачи уловов бесконтактным способом. Способ заключался в том, что к ваеру с плавбазы присоединяли траловый мешок с уловом, отсоединяя его от основного трала и выпуская за борт, передавали на другое судно. Такой способ хорошо себя зарекомендовал, и его использовали при передаче уловов с иностранных судов.

Все работы по передаче грузов бесконтактным способом, придумывались на ходу и имея общую идею, каждый участник такой работы, на своем борту, придумывал что-то свое, совершенствуя способ передачи, вносил свои изменения. Возможно это явилось одной из причин, из-за которой никто не оставил конкретных записей по осуществлению этого метода на практике. Никто не догадался собрать, систематизировать и хотя бы в общих

чертах описать в деталях выполнение этого способа. Таких описаний нет, но остались еще живы ветераны рыбопромысловых флотов, которые конкретно занимались этой работой и могли бы поделиться своими воспоминаниями. Таких людей можно поискать, побеседовать с ними, выслушать их мнение и на основании этого подробно описать все известные способы передачи грузов бесконтактным способом и оставить их для изучения настоящим и будущим поколениям моряков. То, что такой способ может пригодиться тем, кто работает в море, не вызывает сомнения.

## **2. Некоторые способы передачи груза в открытом море бесконтактным способом.**

Всем, кто работал и работает в настоящее время на танкерах небольшого водоизмещения, которые занимаются снабжением промысловых судов в море топливом и водой, давно известный способ бесконтактной передачи этих грузов постановкой на бакштов. Способ заключается в том, что одно из двух судов (обычно то, которое снабжает), берет другое на буксир и, двигаясь малым ходом или лежа в дрейфе, по воде передают шланги и снабжают другое судно топливом или водой. Скорость передачи груза, возможно, немного ниже, чем при традиционной передаче, когда два судна ошвартованы друг к другу. Подключив шланги к местам выдачи-приемки, при помощи насосов, перекачивают жидкий груз. Скорость перекачки зависит от производительности насосов и в, некоторой степени, от длины шланга. При постановки судна на бакштов, он может быть в десятки раз длинней шланга, передаваемого с борта на борт.

Швартовка судов в открытом море, когда одно из них является нефтеналивным танкером, операция не безопасная, и может, осуществляется только в хорошую погоду. Из-за испарения нефтепродуктов, находящихся в танках, через воздушные трубы пары выходят в атмосферу и в любой момент может произойти взрыв этих паров, а вместе с ними и самого танкера. От трения металла корпусов судов во время швартовки, может произойти искрение, которое в свою очередь поджигает пары нефтепродуктов и если их большое скопление происходит взрыв. Крайне нежелательно касание корпусов во время производства швартовых операций, а так же использование стальных тросов при передаче их с судна на судно. Отсюда понятно, что для избежания этих факторов необходима хорошая погода, а она бывает не всегда.

Морякам известно, что большой шторм проходит, как правило, быстро, но волнение от прошедшего шторма остается довольно долго и варьирует в пределах 4-6 баллов. При таком волнении промысловый флот спокойно занимаются ловом рыбы. Но запасы топлива воды и другого вспомогательного материала имеют свойство заканчиваться, и в любое время требуется их пополнение. Швартовки судов при таком волнении, запрещены, следовательно, танкера, снабжающие промысловые суда, должны в своей работе пользоваться способом, который позволил бы работать в плохую погоду. Для таких случаев был изобретен способ постановки судна на бакштов. Это способ, который могут применять, как танкера и промысловые суда, так и промысловые суда друг с другом и с другими транспортными судами, в любую погоду, вплоть до штормовой. Промысловые суда используют этот метод постоянно.

На танкерах вспомогательного флота ВМФ до сих пор не освоили способ постановки на бакштов и для снабжения военных судов используют очень сложный траверзный метод, который требует очень большого мастерства от экипажей судов. Это еще раз указывает на то, что метод постановки на бакштов не описан ни в литературе, ни тем более в каких-либо других документах, в деталях так, чтобы его можно было по описанию применить на практике.

Но вернемся к способу постановки на бакштов. Передачу первого, бросательного конца, можно подавать с судна на судно двумя способами. На танкерах, как правило, применяют линеметательную установку, воздушного типа. Применять пиротехнический линеметатель на танкерах запрещено по вышеописанной причине. Использование открытого огня на нефтеналивных судах категорически запрещено. Воздушные линеметатели опасны при эксплуатации и запрещены для использования на судах рыбного хозяйства. В практике их применения, были случаи со смертельным исходом, от попадания в голову человека тяжелой «болванки» этого устройства. Использование их на танкерах разрешили только по той причине, что не могли придумать ничего нового. Но было поставлено условие использовать их с особой осторожностью и в крайних случаях. По этой причине, если позволяет погода, танкера стараются подойти к корме другого судна на близкое расстояние, при котором можно вручную забросить бросательный конец и по нему подать проводник бакштова. Танкера являются специализированными судами, которые занимаются постановкой на бакштов постоянно и их экипажи обладают большим опытом работы и выполняют их с большим мастерством.

На тех танкерах, которые работают в море по снабжению промысловых судов имеются все необходимые предметы, которые используются при выполнении работ по постановке на бакштов, подаче шлангов и их соединении на другом судне. В комплект таких предметов входит: буксирный трос (бакштов), являющийся синтетическим тросом 250 – 300 мм, длиной 150 -200 метров, проводником из синтетического или комбинированного троса 70-90 мм, длиной в двойную длину бакштова, топливный и водяной шланги, длиной на 15-20% длиннее бакштова. На концах шлангов должно быть международное соединение с непроницаемой заглушкой, закрепленной болтами. На заглушке может быть приварен рым, за который такелажной скобой крепится шланговый проводник (двойной длины шланга). К началу шланга может быть закреплено, для передачи, приспособление, сваренное с металлических прутков, которое устанавливается на планшине принимающего судна, для предохранения шланга от излома и перетирания во время движения судов.

При постановке на бакштов танкер подает бросательный конец при помощи линеметателя или вручную, привязав коренной конец к проводнику бакштова, подает проводник, конец которого прикреплен к гаше бакштова. Принимающее судно выбирает проводник, поднимает на полубак гашу бакштова, и крепит бакштов на кнехты. Выбирая шланговый проводник, который был прикреплен к гаше бакштова, выбирают шланг на борт судна. Выбрав шланг, крепят, подсоединяют к приемнику и по нему получают жидкий груз. Это общеизвестная схема работы танкера с любым судном и может быть выполнена, как на малом ходу обоих судов, так и в дрейфе. Порыв шланга исключается т.к. его длина всегда больше натянутого бакштова и он свободно плавает в воде.

Но в море часто возникает ситуация, когда необходимо передать топливо, воду и др. бесконтактным способом с плавбазы или транспортного судна на промысловое судно, или с промыслового судна на промысловое судно. Особенно это актуально в настоящее время, когда на северном бассейне не осталось ни одной плавбазы. Промысловые суда практически в одиночку работают на промысле. Несомненно, что бывают случаи, когда они могут помочь друг другу в передаче топлива или другого снабжения. Выше упоминалось о том, что существуют два способа постановки на бакштов. Один из них, который использую танкера, описан. Приступим к описанию второго способа.

На плавбазах, которые постоянно занимались снабжением промысловых судов, придумали более безопасный схему постановки на бакштов и снабжение судов жидким грузом. Эта схема позволяет стать к плавбазе или другому судну на бакштов без особых затруднений. Если точно выполнять все команды головного судна по радио, ее может

выполнить любой судоводитель на становящемся на бакштов судне. По такой схеме наши плавбазы всегда снабжали промысловые суда дружественных нам стран, которые работали с нами на промысле.

Суть этой схемы заключается в том, что передача первого конца и последующих за ним предметов, по воде. Плавбаза дает ход вперед, набирает инерцию и застопорив машину, выбрасывают с кормы легкий проводник, с резиновыми плавучими буйами, один из которых прикреплен к началу проводника, а второй на расстоянии 3-5 метров по длине проводника. Т.к. плавбаза имеет ход вперед по инерции, буйки остаются на месте и удаляются на безопасное от кормы расстояние (от 50 до 100 метров.) в зависимости от состояния моря. К коренному концу крепится более мощный проводник бакштова, длина которого должна соответствовать длине бакштова и его коренной конец прикреплен к гахе бакштова.

Судно, которое становится на бакштов, маневрируя на безопасном расстоянии, подходит к плавающим буйам своим подветренным бортом и при помощи «кошки» (сделанный из стального прутка 5-6 мм якорь с 5 или 6 лапами, привязанный на бросательный конец), поднимает проводник с буйами на борт судна. «Кошку» надо бросать с таким расчетом, чтобы попасть между двумя буйами, между которыми угадывается направление проводника. Подбирая бросательный, лапами цепляют проводник и вместе с буйами вытаскивают из воды и поднимают на борт. Выбирают проводник вручную пока не появится более мощный проводник, который берут на турачку брашпиля или грузовой лебедки и выбирают до появления из воды гаши бакштова. Подняв на полубак гашу бакштова, закрепляют ее на буксирные кнехты. Каждый этап выполнения, по радио, должен докладываться на головное судно и беспрекословно выполнять все команды, которые, по радио, отдает это судно. Суда могут свободно маневрировать, не опасаясь намотки проводников на винт, так как они легкие и плавают на поверхности воды, а более тяжелый бакштов подается под натяжением и не входит глубоко в воду. Плавбаза, получив доклад принимающего судна о закреплении бакштова, потравливая, выбирает безопасное расстояние от своей кормы до носа принимающего судна в зависимости от погодных условий, крепит бакштов на своем борту. Таким образом, осуществляется безопасная постановка на бакштов. После этого приступают ко второму этапу, который моряки называют «шланговка»

К гахе бакштова прикрепляется шланговый проводник при помощи такелажной скобы. Закрепив бакштов, отсоединяют проводник и при помощи брашпиля выбирают на борт. Коренной конец проводника, прикрепленный к фланцу шланга удавкой или скобой за рым, приваренный к заглушке фланца. Выбрав проводник, поднимают на борт шланг. Шланг должен быть такой длины, чтобы можно было протянуть его по палубе в корму судна, если там находится приемник топлива. Для предохранения от перетирания, шланг проводят через роульсы, обматывая его в месте перехода через планширь куском брезента или прокладывают через специальное приспособление, сваренное с металлических прутков в виде сегмента трубы. Это предохраняет шланг от заломов. Шланг по линии натяжения, закрепляют стопорным узлом, удерживая его от протравливания в воду. После того, как шланг подсоединят к месту приемки, можно принимать топливо. Фланцевые соединения на шланге должны быть международного образца.

После выдачи топлива, головное судно продувает топливный шланг воздухом, освобождая его от остатков нефтепродуктов, отсоединяют на принимающем судне, закрывают фланец специальной водонепроницаемой заглушкой и операцию проделывают в обратном порядке. Отдают шланг, шланговый проводник, бакштов, проводник бакштова и последним выбрасывают за борт проводник с буйами. Плавбаза выбирает все это на свой борт и готовит для подачи на следующее судно. Таким образом, владея знаниями выполнения

этого способа в деталях, можно осуществит передачу жидких грузов с любого большого судна и на любое другое судно, что при отсутствии в настоящее время танкеров для снабжения промысловых судов весьма актуально. Для этого необходимо приобрести на судно топливные шланги и хранить их на борту, используя в необходимых случаях. В качестве бакштовов можно использовать два или три швартовых конца, соединив их один за другим фигурными скобами, получив таким способом необходимую длину. Для изготовления проводников на любом судне всегда имеется в наличии несколько бухт синтетического троса, небольшой толщины. Остальные детали всегда найдутся в судовом хозяйстве. За время работы на плавбазах, автору пришлось снабдить таким способом сотни промысловых судов, в том числе и иностранных и хочу заверить всех, что способ надежный, относительно безопасный и заслуживает того, чтобы на него обратили внимание и использовали в необходимых случаях.

Продолжим описание работ, которые можно производить в море, используя бесконтактный способ. Одной из часто выполняемых работ, является бесконтактный способ передачи уловов с промысловых судов на плавбазы или суда накопители на промысле. Для этих целей на всех плавбазах, которые строились для нас в Германии и Польше, предусматривались кормовые слипы и расположенные на палубе, промысловые лебедки. По этому слипу поднимали, производилась приемка уловов упакованных в сетные контейнера, с судов типа СРТ, РТ, РС, приемку траловых мешков с уловом с судов типа ПСТ и иностранных промысловых судов. Такая работа проводилась долго и успешно. Благодаря этому, приходилось избегать длительных простоев промысловых судов во время неблагоприятной погоды.

Передача тралового кутка с рыбой При одноразовой передаче тралового кутка с рыбой постановка на бакштов сдающего улов судна нецелесообразна, так как время и усилие, затрачиваемые на прием проводника с вытяжным ваером принимающего судна, примерно равны затратам времени и усилию при постановке на бакштов. При этом принимающее судно может находиться на якоре или в дрейфе.

Передача рыбы в кутке без постановки на бакштов начинается с подхода сдающего судна к корме принимающего и приема проводника с вытяжным ваером. При приеме проводника и передаче улова на корме принимающего судна должно вестись надлежащее наблюдение. Принятый на борт проводник берут на турачку лебедки и начинают выбирать вытяжной ваер. Проводник крепится в 15-20 м от ходового конца ваера. Это дает возможность удерживать проводник на турачке лебедки и легко присоединить вытяжной ваер скобой к стропу, стягивающему куток. За время выборки проводника и крепления вытяжного ваера сдающее судно относит ветром и течением от кормы принимающего судна. Поэтому, когда проводник натягивается, следует травить вытяжной ваер на принимающем судне, наблюдая за тем, что бы не было большой слабину. Присоединив вытяжной ваер к кутку, отдают глаголь-гак, и куток сползает в воду по слипу сдающего судна, которое затем отходит на безопасное расстояние.

На принимающем судне с кормовым слипом с помощью лебедки выбирают вытяжной ваер, который должен быть промаркирован, что помогает определить количество метров ваера, оставшегося до кутка. Если рыба не имеет плавучести, то вытяжной ваер со слипа будет направлен вертикально вниз. В этом случае для обеспечения выборки кутка, когда до него остается 20 м, на принимающем судне дают самый малый ход вперед, постоянно наблюдая за положением ваера. Если вытяжной ваер перемещается по слипу не в диаметральной плоскости судна, то ход вперед дается на расстоянии 40-50 м до кутка. Скорость лебедки уменьшается в зависимости от массы загруженного кутка.

После выхода кутка из воды главный двигатель судна стопорится. Во время подъема кутка он должен работать непродолжительное время, чтобы судно не успело получить поступательное движение вперед и продолжало оставаться на якоре. Куток по слипу надлежит поднимать без остановок. Для лучшего его движения слип смачивается водой из шланга. Этим способом возможна передача рыбы не только в кутке, но и в специальных сетных контейнерах. Величина передаваемого улова зависит от тягового усилия лебедок и размера кормового слипа на принимающем судне. В случае, если предусматривается возврат на судно-ловец пустого кутка, ваер от лебедки ловца соединяется с кутком на приемном судне и куток поднимается на борт судна ловца.

Размеры одной статьи не позволяют в деталях описать выполнение этих работ и приходится делать только упоминание о том, что такие работы проводились успешно и приносили много пользы для судов, работающим на промысле. Нельзя забывать и о том, что бесконтактный способ может быть использованный для передачи с судна на судно различного рода снабжения, а так же отдельных грузов, упакованных в водонепроницаемые контейнера. Есть сведения и о том, что бесконтактным способом приходилось осуществлять передачу людей с судна на судно, используя для этого спасательный плот, который выпускали на длинной привязи. Другое судно подходило подветренным ботом и забирало людей с плота.

### **Выводы**

В статье сделана попытка, в общем плане, описать несколько методов передачи в море грузов бесконтактным способом. К сожалению, подробного описания, их выполнения нет, хотя по сведениям моряков, работающих в море, такой способ используется до сих пор. То, что он необходим в настоящее время и будет востребован в будущем, не вызывает сомнения. Пока еще живы те, кому в прошлом приходилось часто пользоваться таким методом, полностью не потеряны знание и опыт прошлого поколения, необходимо их разыскивать, по их воспоминаниям восстанавливать все детали, систематизировать и описать их и издать для того, чтобы будущее поколение, при необходимости, могло воспользоваться знаниями предшественников.

Всем морякам хорошо известный контактный способ передачи грузов в море. Прекрасно описаны способы швартовки, производство грузовых операций и все что связано с передачей грузов. Почему же с такими подробностями нельзя описать бесконтактный способ передачи грузов. Лишние знания еще никому не помешали, а пригодится, могут всегда. В настоящее время появилось много различных материалов, из которых можно соорудить легкие, надежные приспособления, усовершенствовать их и с успехом пользоваться бесконтактным способом передачи грузов в море. Главное понимать основную идею этого способа, а усовершенствовать его возможно в любое время и в любых условиях.

### **Литература:**

- Снопков В.И.** Управление судном. Санкт-Петербург. 620 с. 2004 г.  
**Жуков Е.И., Либензон М.Н. и др. под редакцией Щетининой А. И.** Управление судном и его техническая эксплуатация. 629 с. Москва «Транспорт» 1983.  
**Витченко А.Г.** Морское дело на рыбопромысловых судах. 208 с. Москва «Легкая промышленность» 1974 г.  
**Витченко А.Г.** Морское дело. 286 с. Москва. Легкая пищевая промышленность 1984 г.  
**Березкин В.И.** Судовые такелажные работы 87 с. Ленинград. «Судостроение».

## **КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОРЯКОВ (БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА)**

**Е.Ф. Минин** (г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, кафедра физического воспитания; e-mail: mininef@mail.ru)

In article questions of perfection of continuous physical training of the seaman as important part of its vocational training guaranteeing qualitative formation of professionally important physical qualities, psychophysiological functions, impellent skills, ways of psychological protection and rehabilitation are discussed; personal safety of navigation

Усложнение условий морского плавания повышает требования к состоянию здоровья моряков как группы профессионального риска и обуславливает более полную готовность будущего специалиста к профессиональной деятельности еще в учебном заведении. Не случайно, пожелания к состоянию здоровья мореплавателей высказываются и в конвенционных документах ИМО(1)

Одним из основных условий поддержания профессиональной готовности является регулярность занятий физическими упражнениями или непрерывность: в контексте всей профессиональной карьеры специалиста.

Программы непрерывного образования стали разрабатываться еще в 80-е годы, во времена ведения планового хозяйства страны прошлого столетия, как отзыв на быстро меняющиеся парадигмы требований той или иной профессии и рода деятельности. Концепция непрерывного образования была создана на основе стратегической установки 27 Съезда КПСС о создании в стране системы непрерывного образования. Тогда же возник и лозунг-требование «Образование через всю жизнь», призывающий к постоянному обновлению знаний, умений и навыков субъекта деятельности; дальнейшему развитию его как личности. Особое внимание в Концепции уделялось физической культуре и здоровому образу жизни человека как факторам, обеспечивающим его трудовую и социальную активность на протяжении жизненного пути, являясь неотъемлемой частью содержания и процесса непрерывного образования.(2)

Физическая культура как феномен двигательных проявлений специалиста имеет особое значение при работе в особых условиях труда. Формирование и поддержание на требуемом уровне общей и специальной физической и психофизиологической готовности к трудовым (профессиональным) действиям, адаптации к фоновым условиям труда; как средство восполнения дефицита двигательной активности и рекреации. Непрерывность же профессиональной физической культуры обеспечивает продолжительное время высокую профессиональную работоспособность, отодвигает инволюционные процессы

Около 20 лет прошло со времени первой попытки обобщения экспериментального материала, полученного на обширном контингенте моряков рыболовного флота для формирования концепции непрерывности профессиональной физической культуры специалистов, пролонгируемой от момента начального обучения до окончания профессиональной карьеры(3,4).

Основные положения Концепции непрерывной физической подготовки моряков (КНФПМ) заключаются в следующем:

- непрерывность (регулярность) занятий физическими упражнениями («физическая культура через всю жизнь»);
- минимизация используемых средств физического воспитания;
- этапность формирования психофизиологических функций, двигательных навыков, специальных физических (двигательных) качеств;
- экстремальность тренировочных воздействий (пульсовой режим 180-200 уд/мин);
- мульти выборность тренировочных воздействий;
- комплексность тренировочных воздействий;
- формирование сверхпрочных двигательных навыков прикладного характера с элементами антиципации (умения предвосхищать пространственные и временные характеристики собственных действий и перемещение движущегося объекта-плавсредства или другого предмета);
- опережающий характер формирования свойств и качеств личности моряка, адекватным условиям перспективного развития рыбного промысла и судостроения;
- использование средств физического воспитания для повышения устойчивости к знакопеременным ускорениям, связанным с изменением массы тела и создание условий неустойчивой опоры, затруднений в перемещении.

За прошедший период времени произошли значительные изменения в Российском государстве: страна стала другой. Изменился флот по состоянию материальной базы, тоннажу, численности экипажей и др. Возникли новые проблемы, неведомые прежде. Участились случаи аварийности и кораблекрушений, на море вернулись флибустьеры, а мировое сообщество не в состоянии найти адекватные действия против действий пиратов, требующих выкуп за освобождение захваченного судна. Возникли условия для гибели людей занимающихся мирным трудом. Необходимы адекватные действия в подготовке экипажей, способных дать отпор путем организованной (коллективной) деятельности и личной подготовки членов экипажей. Психологическая подготовка, поддержка и реабилитация специалистов для работы в зонах риска, таких как «Ключ», гипоксическая тренировка, йога и др.(5). Обучение методам и способам поведения будущих специалистов в условиях высокого и экстремального психоэмоционального напряжения. Эти разделы необходимо изучать в период обучения в вузе и на факультетах повышения квалификации. Подкреплять знания практической деятельностью.

Общепринятая ныне многоуровневая система подготовки кадров требует коррекции учебных программ и по дисциплине «Физическая культура» по принципу «вертикали» - от общей физической подготовленности к специальной подготовленности в соответствии с требованиями как фоновых условий труда, так и функциональных, особых для каждой профессиональной специализации и уровня осваиваемых образовательных услуг. При данной форме образовательных услуг уместным является предоставление обучающимся «избыточного» материала, как «потребного будущего» для освоения последующих учебных программ или предполагаемых изменений требований профессии в сторону их усложнения на длительную перспективу(2).

В связи с новыми обстоятельствами трудовой деятельности специалистов рыболовного флота вносятся коррективы и в КНФПМ - она развивается.

## Литература

1. Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты.-Лондон: ИМО,1978.-278с

2. Концепция непрерывного образования// Бюллетень государственного комитета СССР по народному образованию: серия Высшее и среднее профессиональное образование.- М.: Высшая школа.- С.9-20.

3. Минин Е.Ф. Физическая подготовка моряков в свете концепции непрерывного образования//Тез. Докл. Четвертой межвузовской науч.практ.конф. по физвоспитанию.- Калининград: КВИМУ,1990.-С.11.

4. Минин Е.Ф. Основные положения концепции непрерывной физической культуры моряка// Тез. докл. 11-ой науч. техн. конф. МГТУ. - Мурманск:МГТУ,2000.-С.154-155.

5. Алиев Хасай. Ключ в борьбе со стрессом.-М.: Терра, 2000.-121с.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ СУДНА ПРИ ТРАЛОВОМ ЛОВЕ

А.А. Соловьев . ( г. Мурманск, ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», кафедра Управления судном и промышленного рыболовства)

Nowadays the trawling and a purse seining are the main ways of sighting fishing. The authors offer the algorithms of drawing the trajectories of sighting fishing and purse seining which are based on the method of proportional navigation. The method is in setting the dependence between the angle of sighting the fishing gear – fish school density centre, and fishing gear speed angle.

Основными способами прицельными лова в настоящее время являются траловый и кошельковый лов. Обзор методов анализа и синтеза систем прицельного лова позволяет наметить дальнейший путь исследования. Первой задачей является изучение динамики идеального движения судна или системы судно-трал при прицельном облове подвижного рыбного скопления. Этот раздел логически развивает кинематическое изучение прицельного лова.

Изучение динамики идеального движения производится при следующих ограничениях:

- движение центра плотности рыбного скопления – равномерное и прямолинейное;
- скорость судна и трала постоянны.

В отличие от кинематического исследования, судно рассматривается как твердое тело, управляемое рулевым устройством, движущееся под действием силы тяги винта, гидродинамических и инерционных сил и их моментов. Динамический анализ идеального движения позволяет судить о возможности осуществления прицельного облова рыбного скопления при данных начальных условиях движения, а также построить траектории движения судна и орудия лова для выбранного способа облова.

Автором предложены алгоритмы построения траекторий прицельного в основе которых лежит метод пропорциональной навигации. Суть метода состоит в том, что угловая скорость вращения вектора скорости «преследователя» должна быть прямо пропорциональна угловой скорости линии визирования. В общем случае эта зависимость выражается уравнениями:

$$\frac{d^2\varphi}{d\tau^2} = K \frac{d^2\Theta}{d\tau^2}; \quad \frac{d^3\varphi}{d\tau^3} = K \frac{d^3\Theta}{d\tau^3}; \quad \frac{d^4\varphi}{d\tau^4} = K \frac{d^4\Theta}{d\tau^4}, \quad (1)$$

где :  $\varphi$  - угол скорости трала,  $K$  - коэффициент пропорциональности,  $\Theta$  - угол визирования.

Интегрируя уравнение (1) получаем:

$$\varphi = K \cdot \Theta + C; \quad C = \Theta \cdot (1 - K) + \varepsilon_0 \quad (2)$$

где:  $C$  - постоянная интегрирования, определяемая по начальным данным,  $\varepsilon_0$  - начальный угол упреждения.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы найти зависимость между углом визирования и углом скорости трала.

Принимая допущение о постоянстве курса  $K_K$  и скорости  $\vartheta_K$  косяка в процессе всего сближения, можно легко найти выражения для определения производных, входящих в уравнения (1).

$$\frac{d\Theta}{d\tau} = \frac{\{ \vartheta_K \sin(K_K - \Theta) - \vartheta_T \sin [ \Theta (K - 1) + C ] \}}{D_K} \quad (3)$$

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2} = - \left\{ \vartheta_K \cos(K_K - \Theta) + \vartheta_T (K-1) \cos[\Theta(K-1) + C] + \frac{dD_K}{d\tau} \right\} \frac{d\Theta}{d\tau} / D_K ; \quad (4)$$

$$\frac{d^3\Theta}{d\tau^3} = - \left\{ \left\{ \vartheta_K \left[ \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \cos(K_K - \Theta) + \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^2 \sin(K_K - \Theta) \right] + \vartheta_T (K-1) \left\{ \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \cos[\Theta(K-1) + C] - \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^2 (K-1) \times \right. \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \times \sin[\Theta(K-1) + C] \right\} + \frac{d^2D_K}{d\tau^2} \frac{d\Theta}{d\tau} + 2 \frac{dD_K}{d\tau} \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \right\} \right\} / D_K ; \quad (5)$$

$$\frac{d^4\Theta}{d\tau^4} = - \left\{ \left\{ \vartheta_K \left[ \frac{d^3\Theta}{d\tau^3} \cos(K_K - \Theta) + 3 \frac{d\Theta}{d\tau} \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \sin(K_K - \Theta) - \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^3 \cos(K_K - \Theta) \right] - \vartheta_T (K-1) \left\{ \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^3 (K-1)^2 \times \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \times \cos[\Theta(K-1) + C] + 3 \frac{d\Theta}{d\tau} \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} (K-1) \sin[\Theta(K-1) + C] - \frac{d^3\Theta}{d\tau^3} \cos[\Theta(K-1) + C] \right\} + 3 \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \frac{d^2D_K}{d\tau^2} + 3 \frac{d^3\Theta}{d\tau^3} \frac{dD_K}{d\tau} + \frac{d\Theta}{d\tau} \frac{d^3D_K}{d\tau^3} \right\} \right\} / D_K ; \quad (6)$$

$$\frac{dD_K}{d\tau} = \vartheta_K \cos(K_K - \Theta) - \vartheta_T \cos[\Theta(K-1) + C] ; \quad (7)$$

$$\frac{D_K^2}{d\tau^2} = \dot{\Theta} \{ \vartheta_K \sin(K_K - \Theta) + \vartheta_T (K-1) \sin[\Theta(K-1) + C] \} , \quad (8)$$

$$\frac{d^3D_K}{d\tau^3} = \vartheta_K \left[ \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \sin(K_K - \Theta) - \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^2 \cos(K_K - \Theta) \right] + \\ + \vartheta_T (K-1) \left\{ \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^2 (K-1) \cos[\Theta(K-1) + C] + \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \sin[\Theta(K-1) + C] \right\} , \quad (9)$$

где  $D_K$  - расстояние от судна или устья трала до центра плотности косяка.

Для получения автономного уравнения, связывающего угол скорости трала  $\varphi$  с углом перекладки руля, были использованы линеаризованные уравнения движения системы судно - трал, которые достаточно хорошо описывают движение системы в слабых маневрах:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\omega} = B_1 \beta + B_2 \omega + B_3 \alpha_R + B_4 \gamma; \\ \dot{\beta} = A_1 \beta + A_2 \omega + A_3 \alpha_R + A_4 \gamma; \\ \dot{\gamma} = \omega - \vartheta(\gamma - \beta) / L_T, \\ \dot{q} = \omega - \dot{\beta}, \\ \dot{\varphi} = \varphi + L_T \dot{\phi} / \vartheta_T \end{array} \right. \quad (10)$$

где  $\beta$  – угол дрейфа судна;  $\omega$  – угловая скорость судна;

$\gamma$  – угол отклонения ваеров от диаметральной плоскости судна;

$\alpha_R$  – угол перекладки руля;  $\varphi$  – угол скорости трала;  $q$  – угол скорости судна;

$L_T$  – длина горизонтальной проекции ваеров;  $\vartheta_T$  – скорость трала.

$A_1 - A_4$  и  $B_1 - B_4$  постоянные коэффициенты, зависящие от конструктивных параметров системы судно.

Система уравнений (10) содержат пять неизвестных ( $\beta, \omega, q, \gamma, \varphi$ ) каждое из которых принципиально может быть принято за управляемую координату, и один параметр управления  $\alpha_R$ . Последовательным исключением из системы этих уравнений всех неизвестных, кроме одной, можно получить независимые уравнения относительно каждой управляемой координаты. Автономное уравнение, связывающее угол скорости с углом перекладки руля имеет вид:

$$\frac{d\varphi^4}{d^4\tau} + C_1 \ddot{\varphi} + C_2 \dot{\varphi} + C_3 \varphi = C_4 \alpha_R + C_5 \dot{\alpha}_R \quad (11)$$

Уравнение (9) позволяет определить закон изменения угла руля при движении трала по любой кривой, уравнение которой может быть представлено в виде:

$$\varphi = f_1(\tau); \quad \dot{\varphi} = f_2(\tau, \varphi); \quad \ddot{\varphi} = f_3(\tau, \varphi, \dot{\varphi}); \quad \ddot{\varphi} = f_4(\tau, \varphi, \dot{\varphi}, \ddot{\varphi}). \quad (12)$$

Таким образом, задавая начальные позиции косяка и трала, курс и скорость косяка, а также способ наведения, из уравнений (3) - (9) можно получить законы изменения угла визирования и расстояния трал-косяк, из уравнения (1) – (2) закон изменения угла скорости трала, построить траектории движения трала и судна для выбранного способа наведения, из уравнения (11) получить закон перекладки руля, а из системы уравнений (10) - угла дрейфа и угловой скорости судна для определения гидродинамических сил и моментов, действующих на корпус судна с целью моделирования ситуации облова рыбного скопления на ЭВМ.

В качестве способов прицельного траления изучалось наведение трала на подвижный косяк при различных значениях коэффициента  $K$  и начального угла упреждения. Расчет результатов маневра до начала его реального выполнения позволит судоводителю прогнозировать развитие навигационно-промысловой ситуации и заблаговременно принимать решение по безопасному управлению системой судно-трал.

Сравнительный анализ кинематических и динамических параметров движения системы судно-трал позволяет сделать следующие выводы:

1. Чем больше коэффициент пропорциональности  $K$ , тем больше начальная угловая скорость, которая к концу маневра стремится к нулю.
2. При  $K=1$  угловая скорость возрастает в конце маневра, т.е. когда трал находится в непосредственной близости от косяка, что делает этот способ наведения практически непригодным.

Таким образом, выбор коэффициента пропорциональности представляет собой отдельную задачу, которую необходимо решать для конкретных начальных условий наведения.

Для решения этой задачи можно, например, провести множественный регрессионный анализ с целью получения полинома относительно  $\mathbf{K}$

$$\mathbf{K} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_1 X_2 + a_6 X_1 X_3 + \\ + a_7 X_1 X_4 + a_8 X_2 X_3 + a_9 X_2 X_4 + a_{10} X_3 X_4 + a_{11} X_1^2 + a_{12} X_2^2 + a_{13} X_3^2 + a_{14} X_4^2,$$

где  $X_1 = \vartheta_K / \vartheta$ ,  $X_2 = D_K / L_T$ ,  $X_3 = K_K - \Psi$ ,  $X_4 = K_Y$ ,  $\Psi$  - курс судна,  $K_Y$  - курсовой угол на центр плотности косяка (ЦПК).

Для определения области допустимых управлений методом пропорциональной навигации был поставлен вычислительный эксперимент, при проведении которого исходные начальные условия варьировались в следующих диапазонах:  $\vartheta_K / \vartheta = 0 \div 1$ ,  $D_K / L_T = 0 \div 5$ ,  $K_K - \Psi = 0 \div 315^\circ$ ,  $K_Y = 0 \div 90^\circ$ . По результатам вычислений проведен множественный нелинейный регрессионный анализ, в результате которого определены коэффициенты квадратичного полинома позволяющего вычислять коэффициент пропорциональности  $\mathbf{K}$  применительно к предложенной математической модели при любых начальных условиях сближения  $K = -2,35(\vartheta_K / \vartheta) - 0,00044(K_K - \Psi) + 0,0118(\vartheta_K / \vartheta)(K_K - \Psi) - 0,000172(K_Y)^2 + 4,43$

Вычисление сигнала управления при реальном автоматическом наведении трала на подвижный косяк методом пропорциональной навигации производится в следующей последовательности:

- После обнаружения косяка и определения его промысловой значимости автоматизированная система тралового лова определяет курсовой угол  $K_Y$  и дистанцию  $D_K$  центра плотности косяка, а также глубину его залегания  $Z_K$  и параметры его движения  $K_K$  и  $\vartheta_K$ . Косяк берется на автосопровождение.
- Определяется угол отклонения трала  $\gamma$  и дистанция до его устья  $L_T$ .
- Вычисляются координаты центра плотности косяка и центра устья трала относительно судна

$$X_K = D_K \cos K_Y, \quad Y_K = D_K \sin K_Y, \\ X_T = -L_T \cos \gamma, \quad Y_T = L_T \sin \gamma.$$

- Вычисляются текущие значения угла визирования трал-косяк и угла скорости трала

$$\Theta = \arctg \left( \frac{Y_K - Y_T}{X_K - X_T} \right), \\ \varphi = \Psi - \gamma.$$

- Вычисляются начальный угол упреждения и постоянная упреждения

$$\varepsilon_0 = \varphi - \Theta, \\ C = \Theta(1 - K) + \varepsilon_0.$$

- Вычисляется расчетный угол скорости трала

$$\varphi_p = K \Theta + C.$$

- Вычисляется угол рассогласования и скорость его изменения

$$\Delta\varphi = \varphi_p - \varphi, \quad \Delta\dot{\varphi} = \Delta\varphi / \Delta t.$$

- Вычисляется управляющий сигнал

$$\varepsilon_c = k_\theta \Delta\varphi - k_{\theta'} \Delta\dot{\varphi} - k_{oc} \alpha_R$$

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ СУДНА ПРИ КОШЕЛЬКОВОМ ЛОВЕ

**С.Н. Шугай** (*г. Мурманск, ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», кафедра Управления судном и промышленного рыболовства*)

Nowadays the trawling and a purse seining are the main ways of sighting fishing. The authors offer the algorithms of drawing the trajectories of sighting fishing and purse seining which are based on the method of proportional navigation. The method is in setting the dependence between the angle of sighting the fishing gear – fish school density centre, and fishing gear speed angle.

Одним из способов прицельными лова в настоящее время является кошельковый лов. Основной задачей является изучение динамики идеального движения судна при прицельном облове подвижного рыбного скопления кошельковым неводом. Изучение динамики идеального движения производится при следующих ограничениях:

- движение центра плотности рыбного скопления – равномерное и прямолинейное;
- скорость судна и постоянны.

Судно рассматривается как твердое тело, управляемое рулевым устройством, движущееся под действием силы тяги винта, гидродинамических и инерционных сил и их моментов. Динамический анализ идеального движения позволяет судить о возможности осуществления прицельного облова рыбного скопления при данных начальных условиях движения, а также построить траектории движения судна и орудия лова для выбранного способа облова.

Автором предложены алгоритмы построения траектории прицельного траления и замета кошелькового невода в основе которых лежит метод пропорциональной навигации. Суть метода состоит в том, что угловая скорость вращения вектора скорости «преследователя» должна быть прямо пропорциональна угловой скорости линии визирования. В общем случае эта зависимость выражается уравнениями:

$$\frac{d^2\varphi}{d\tau^2} = K \frac{d^2\Theta}{d\tau^2}; \quad \frac{d^3\varphi}{d\tau^3} = K \frac{d^3\Theta}{d\tau^3}; \quad \frac{d^4\varphi}{d\tau^4} = K \frac{d^4\Theta}{d\tau^4}, \quad (1)$$

где:  $\varphi$  - угол скорости судна,  $K$  - коэффициент пропорциональности,  $\Theta$  - угол визирования.

Интегрируя уравнение (1) получаем:

$$\varphi = K \cdot \Theta + C; \quad C = \Theta \cdot (1 - K) + \varepsilon_0 \quad (2)$$

где:  $C$  - постоянная интегрирования, определяемая по начальным данным,  $\varepsilon_0$  - начальный угол упреждения.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы найти зависимость между углом визирования и углом скорости судна, а также определить закон изменения угла упреждения при изучении динамики замета кошелькового невода па постоянном курсовом угле или на постоянной дистанции от центра плотности косяка (ЦПК).

При кошельковом лове предполагается, что траектория кошелькового невода совпадает с траекторией движения судна, поэтому линеаризованные уравнения, описывающие движение судна имеют вид:

$$\begin{cases} \dot{\beta} = A_1\beta + A_2\omega + A_3\alpha_R; \\ \dot{\omega} = B_1\beta + B_2\omega + B_3\alpha_R; \\ \dot{\phi} = \omega - \dot{\beta}. \end{cases} \quad (3)$$

Вследствие этого, автономное уравнение, связывающее угол скорости судна  $\phi$  с углом перекладки руля  $\alpha_R$  будет иметь вид:

$$\ddot{\phi} + D_1 \dot{\phi} + D_2 \phi = D_3 \alpha_R + D_4 \dot{\alpha}_R \quad (4)$$

Коэффициент пропорциональности при кошельковом лове может быть равен только единице, т.к. при  $K > 1$  траектория движения судна не охватывает рыбное скопление из-за большой кривизны, а при  $K < 1$  – из-за очень малой кривизны. При этих условиях, а также с учетом, что угол визирования  $\Theta$  есть направление от ЦПК на судно – уравнения для вычисления производных, входящих уравнение (1) принимают следующий вид:

$$\frac{d\Theta}{d\tau} = - \frac{[\vartheta_K \sin(K_K - \Theta) - \vartheta \sin(C)]}{D_K}; \quad (5)$$

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2} = \left\{ \vartheta_K \cos(K_K - \Theta) - \frac{dD_K}{d\tau} \right\} \frac{d\Theta}{d\tau} / D_K; \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^3\Theta}{d\tau^3} = & \left\{ \vartheta_K \left[ \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \cos(K_K - \Theta) + \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^2 \sin(K_K - \Theta) \right] - \right. \\ & \left. - \frac{d^2D_K}{d\tau^2} \frac{d\Theta}{d\tau} - 2 \frac{dD_K}{d\tau} \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \right\} / D_K; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\frac{dD_K}{d\tau} = -\vartheta_K \cos(K_K - \Theta) + \vartheta \cos(C); \quad (8)$$

$$\frac{D_K^2}{d\tau^2} = -\dot{\Theta} \vartheta_K \sin(K_K - \Theta). \quad (9)$$

В настоящее время широко используются 2 вида прицельного замата кошелькового невода: на постоянном курсовом угле на ЦПК и постоянной дистанции до ЦПК.

При этом процедуру замата можно разделить на три этапа:

1 этап. Замет невода на постоянном курсовом угле или дистанции до начала выполнения условия

$$L_H = S_1 + D_{\text{ТОН}} \quad (10)$$

где:  $L_H$  - длина кошелькового невода,  $S_1$  - путь, пройденный судном на первом этапе замата,  $D_{\text{ТОН}}$  - дистанция до точки отдачи невода (ТОН).

2 этап. Циркуляция судна с переложением на правый борт рулем до выполнения условия

$$\Psi = P_{\text{ТОН}} \quad (11)$$

где:  $\Psi$  - курс судна,  $P_{\text{ТОН}}$  - пеленг в ТОН. Путь, проходимый судном на втором этапе замата -  $S_2$ .

3 этап. Прямолинейное движение в ТОН с выполнением пассивного торможения до выполнения условия

$$L_H = S_1 + S_2 + S_3 \quad (12)$$

где  $S_3$  - путь, пройденный судном на третьем этапе замата.

В результате выполнения всех трех этапов между форштевнем судна и концевым бумом (ТОН) образуются «ворота», которые не должны превышать длину судна. Величина «ворот» может быть рассчитана по формуле  $\Delta D = D_{\text{ТОН}} = L_C$ , где  $L_C$  - длина судна.

Рассмотрим подробнее процедуру выполнения первого этапа замета кошелькового невода на постоянном курсовом угле на ЦПК.

Точка отдачи концевого буя (ТОН) определяется из данных о курсе, скорости косяка, направления и силы ветра, а также длины кошелькового невода. Обозначим координаты ТОН  $X_{C0}$  и  $Y_{C0}$ . Текущая дистанция до ТОН и пеленг в ТОН рассчитываются по формулам:

$$D_{\text{ТОН}} = \sqrt{(X_C - X_{C0})^2 + (Y_C - Y_{C0})^2}, \quad (13)$$

$$P_{\text{ТОН}} = 180^\circ + \operatorname{arctg} \left( \frac{Y_C - Y_{C0}}{X_C - X_{C0}} \right). \quad (14)$$

Где текущие координаты судна вычисляются из выражений:

$$X_C = X_K + D_K \cdot \cos \Theta, \quad (15)$$

$$Y_C = Y_K + D_K \cdot \sin \Theta. \quad (16)$$

Путь, проходимый судном определяется из дифференциального уравнения

$$\dot{S}_1 = \vartheta. \quad (17)$$

Для вычисления производных, входящих в уравнения (5)-(9) на каждом шаге интегрирования рассчитывается коэффициент

$$C = 180^\circ - \beta - K_Y, \quad (18)$$

где  $K_Y = \text{const}$ . В начальный момент времени угол дрейфа судна  $\beta$  принимается равным нулю. Затем из уравнения (1) определяем закон изменения угла скорости судна  $\varphi$ , из уравнения (4) закон перекладки руля на первом этапе замета, а из системы уравнений (3) текущий угол дрейфа и угловую скорость судна.

При замете невода на постоянной дистанции до ЦПК система уравнений (5)-(9) упрощается:

$$\frac{d\Theta}{d\tau} = - \frac{[\vartheta_K \sin(K_K - \Theta) - \vartheta \sin(C)]}{D_K}; \quad (19)$$

$$\frac{d^2\Theta}{d\tau^2} = \vartheta_K \cos(K_K - \Theta) \cdot \frac{d\Theta}{d\tau} / D_K; \quad (20)$$

$$\frac{d^3\Theta}{d\tau^3} = \vartheta_K \left[ \frac{d^2\Theta}{d\tau^2} \cos(K_K - \Theta) + \left( \frac{d\Theta}{d\tau} \right)^2 \sin(K_K - \Theta) \right] / D_K. \quad (21)$$

Текущий угол упреждения  $C$  определяется из уравнения (8) при условии, что  $\frac{D_K}{d\tau} = 0$ :

$$C = \arccos \left[ \frac{\vartheta_K}{\vartheta} \cdot \cos(K_K - \Theta) \right].$$

Далее вычисления выполняются в той же последовательности, что и при замете невода на постоянном курсовом угле, при этом за управляемую координату можно принять курсовой угол на ЦПК или курс судна, вычисляемые по формулам

$$K_Y = 180^\circ - \beta - C, \quad \Psi = \Theta + 180^\circ - K_Y.$$

После завершения первого этапа замета невода, когда выполнится условие (10), судну необходимо совершить циркуляцию для выполнения условия (11). В этот период углы дрейфа могут быть большими и для построения траектории движения судна должны быть использованы нелинейные дифференциальные уравнения:

$$\begin{cases} \dot{\beta} = A_1\beta + A_2\omega + A_3\alpha_R + A_5\beta \cdot |\beta|; \\ \dot{\omega} = B_1\beta + B_2\omega + B_3\alpha_R + B_5\beta \cdot |\beta| \cdot \omega; \\ \dot{\varphi} = \omega - \dot{\beta}; \\ \dot{X}_C = \vartheta \cdot \cos \varphi; \\ \dot{Y}_C = \vartheta \cdot \sin \varphi; \\ \dot{S}_2 = \vartheta. \end{cases} \quad (22)$$

В процессе поворота продолжают вычисляться пеленг и дистанция до ТОН по формулам (13) и (14).

После окончания второго этапа замета, при условии  $\Psi = P_{\text{ТОН}}$ , судно движется прямолинейно в ТОН, постоянно снижая скорость, с тем, чтобы третий участок невода  $S_3$  был выложен по прямой линии, а скорость судна в конце замета была бы равной нулю. На рис.1 показана траектория замета кошелькового невода на постоянном угле на ЦПК при следующих начальных значениях:  $K_K = 0^0$ ,  $\vartheta_K = 0,3$  м/с,  $K_V = 95^0$ ,  $L_H = 1200$  м.

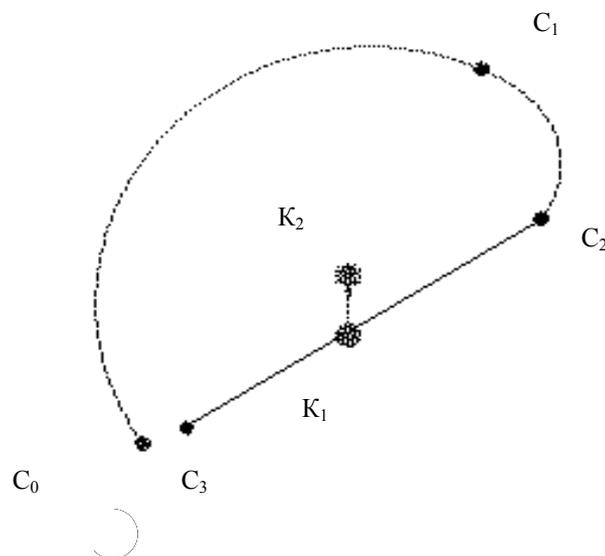


Рис.1.  $C_0-C_1$ - траектория замета невода на первом этапе,  
 $C_1-C_2$ - траектория замета невода на втором этапе,  
 $C_2-C_3$  – траектория замета невода на третьем этапе.  
 $K_1-K_2$  – траектория движения ЦПК.

На рис.2 показана траектория замета кошелькового невода на постоянной дистанции до ЦПК  $D_K = 230$  м при тех же начальных значениях.

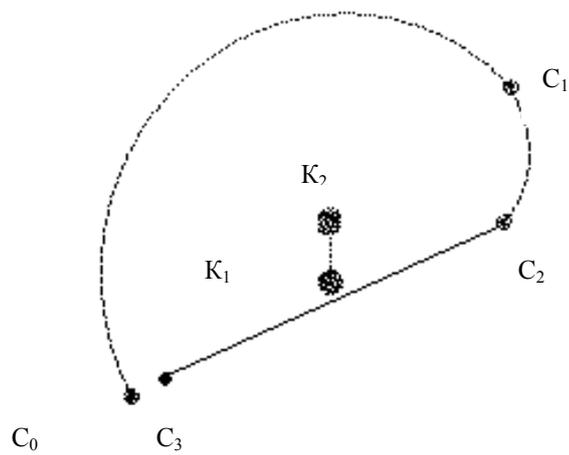


Рис.2. C<sub>0</sub>-C<sub>1</sub>- траектория замата невода на первом этапе,  
C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>- траектория замата невода на втором этапе,  
C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> – траектория замата невода на третьем этапе.  
K<sub>1</sub>-K<sub>2</sub> – траектория движения ЦПК.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРУДИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫБОЛОВСТВА

**Крылов Г.Г.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства, e-mail: [krylovgg@mstu.edu.ru](mailto:krylovgg@mstu.edu.ru))

**Abstract:** In modern commercial fishing perfection of fishing gears is important compound a part of management of a fishery. Therefore ignoring of this process inevitably negatively affects both productivity of fishing, and on financial results of the operating companies and fishery branch as a whole.

**Ключевые слова:** орудия лова промышленного рыболовства, критерии эффективности рыболовства.

Последние два десятка лет наблюдаются нововведения в процессы совершенствования орудий промышленного рыболовства.

В развитии современного промышленного рыболовства можно отметить три взаимодополняющие и взаимоохватывающие области: первое – совершенствование орудий промышленного рыболовства и методов лова; второе – совершенствование промысловых судов, промысловых механизмов, поисковых приборов и приборов контроля за орудиями лова; третье – совершенствование методов управления рыболовством, так как практически во всех традиционных районах промысла наблюдается напряженное состояние запасов объектов лова.

При создании и совершенствовании орудий лова учитывается множество факторов. Их можно определить как: а) добываемые виды рыб; б) индивидуальные особенности поведения тех или иных рыб для конкретных условий и особенностей ведения лова; в) глубины лова; г) характеристика грунта дна моря, если орудие лова работает в прямом контакте с этим грунтом; д) используемые промысловые суда.

Методика совершенствования орудий лова может быть сформулирована следующим образом.

Предварительно проводится математическое моделирование рабочих параметров формы сетной и канатных оболочек различных конструкций орудий лова (например, тралов) различной формы и с различной формой ячеи.

Затем проводятся модельные испытания орудий лова в гидроканале или на полигоне с оценкой рабочих параметров и формы сетной и канатной оболочек орудий лова различных конструкций и с различной формой ячеи.

Наконец, проводятся натурные промысловые испытания усовершенствованных орудий лова.

В общем виде задача совершенствования орудий промышленного рыболовства лова может быть представлена с использованием методов исследования эффективности операций, как

$$\mathcal{E}_O = \Theta_O \sum_{S=1}^S \sum_{j=1}^N C_{psj} \cdot C_{\tau j} \cdot C_{ej} \cdot K_{\tau} \cdot t_{sj} \cdot A_{sj} \cdot \mathcal{E}_{sj},$$

где

$\mathcal{E}_O$  — общая эффективность орудия промышленного рыболовства ;

$\Theta_O$  — эффективность промысла при применении определенного

орудия лова с использованием определенного типа промысловых судов;

$\mathcal{E}_{sj}$  — оценки эффективности, получаемые при конкретных способах лова и типов судов;

$K\tau$  — оценки качества выполнения операций лова по расходным и иным экономическим показателям;

$ts_j$  — средние величины (математические ожидания) расходов времени, топлива, иных материалов по предшествующему опыту;

$C_{psj}, C_{\tau j}, C_{ej}$  — весовые функции результатов на  $j$  операции по получению улова;

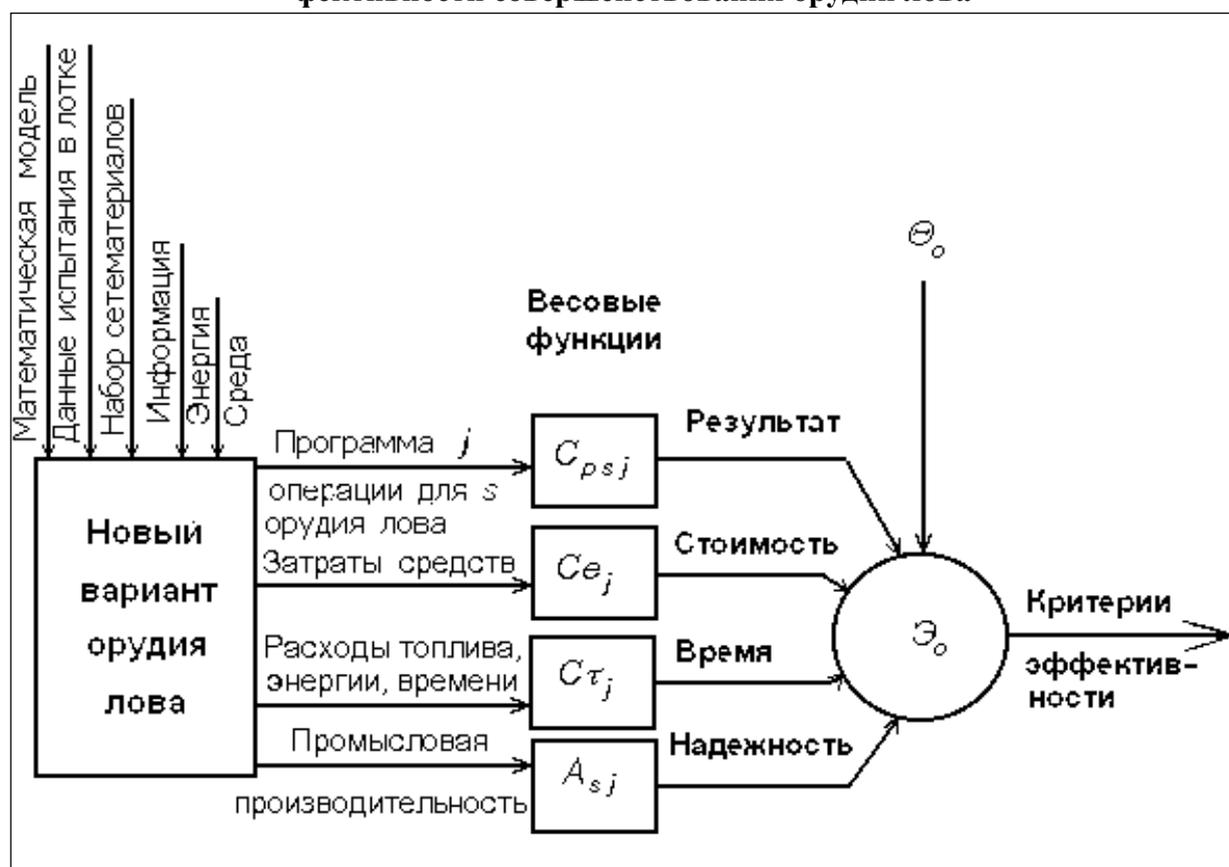
$A_{sj}$  — вероятность получения ожидаемого промыслового результата при использовании  $j$  орудия лова;

$\mathcal{E}_{sj}$  — эффективность отдельного орудия лова.

$S_j$  — один из новых вариантов орудия лова.

Это может быть представлено в виде следующей структурной схемы (рис.1)

**Рис. 1. Структурная схема логической обработки информации при исследовании эффективности совершенствования орудий лова**



## Выводы.

В современном промышленном рыболовстве совершенствование орудий лова является важной составной частью управления промыслом. За рубежом возрастают инвестиции в техническое совершенствование и оснащение промысла, в управление промысловыми опе-

рациями. Поэтому игнорирование этого процесса неизбежно отрицательно сказывается как на результативности промысла, на финансовых результатах субъектов рыболовства в виде действующих компаний, так и отрасли в целом.

#### Список литературы:

1. Жуков В.П. Оптимальные размеры пелагических тралов // Рыбное хозяйство. 1975. № 3. – С. 48-49.
2. Жуков В.П. Алгоритм расчета конструктивных характеристик траловых мешков для облова мезопелагических рыб // Известия ТИНРО. Владивосток. 2008. Т. 155. С. 287-291.
3. Крылов Г.Г. Об основных критериях промышленного рыболовства // М.: Рыбное хозяйство. – Сер. Промышленное рыболовство / Инф. пак. ВНИЭРХ. 2002. Вып. 2. С – 18-30.
4. Крылов Г.Г. Об основных составляющих промышленного рыболовства // М.: Рыбное хозяйство. – Сер. Промышленное рыболовство / Инф. пак. ВНИЭРХ. 2002. Вып. 2. С – 4 – 18.
5. Крылов Г.Г. Об исследовании структуры промысловых запасов // М.: Рыбное хозяйство. – Сб. аналитич. и реферат информации ВНИЭРХ. 2004. Вып. 1. – С. 3 -16.
6. Fishing Service: географическая экспансия в условиях экономического кризиса – Рыбные ресурсы № 1/2009. Мурманск.- С. 44-46.



---

# РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И РАДИОСВЯЗЬ

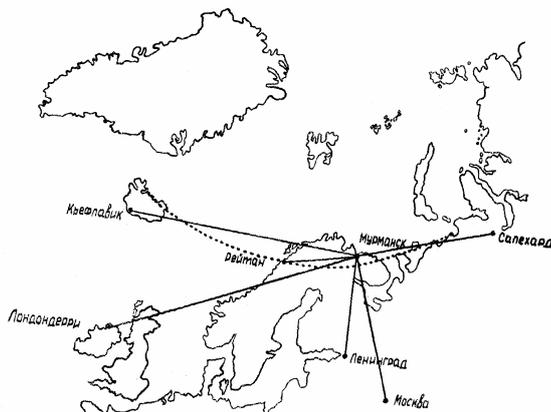


## АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ. АЗИМУТАЛЬНЫЕ УГЛЫ ПРИХОДА РАДИОВОЛН

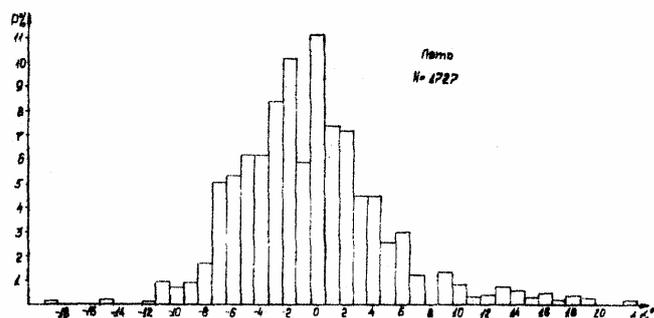
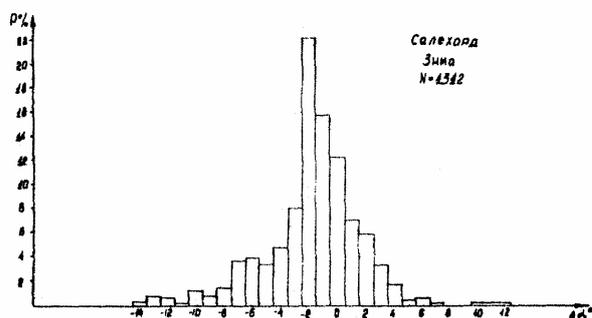
Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гурин А.В., Борисенко А.Н.  
(г. Мурманск, МГТУ, кафедра РупТКС, KalitenkovNV@mstu.edu.ru)

Наличие горизонтальных градиентов электронной концентрации вдоль радиотрассы приводит к асимметрии траектории распространения радиосигнала в плоскости дуги большого круга и отклонениям углов излучения и приема в вертикальной плоскости от значений, которые наблюдались бы в отсутствие градиента. Горизонтальные градиенты в плоскости перпендикулярной плоскости дуги большого круга приводят к отклонению траектории распространения от плоскости дуги большого круга. Как те, так и другие отклонения траектории распространения приведут к потере усиления антенны и уменьшению ее эффективности. Наиболее сильно это будет проявляться на радиотрассах, проходящих через авроральную зону и полярную шапку при работе на антенны с узкими диаграммами в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Радиотехнические устройства, позволяющие определить направление прихода радиосигналов, называются радиопеленгаторами. По индикации радиопеленга радиопеленгаторы разделяются на визуальные и слуховые. В слуховых радиопеленгаторах пеленг определяется на слух по минимальной слышимости сигналов и по показаниям минимума стрелочного прибора. К числу таких радиопеленгаторов относятся «Рыбка» и «Баркас». В визуальных радиопеленгаторах пеленг определяется с помощью визирно-шкального устройства с индикацией на электронно-лучевую трубку по максимуму сигнала. К таким пеленгаторам относится, в частности, двухканальный визуальный радиопеленгатор «Румб», и радиопеленгатор «Таіу».

В работе для анализа характерных особенности поведения углов прихода использовались данные, полученные при измерениях на следующих авроральных радиотрассах: Мурманск – Салехард; Мурманск – Москва (протяженность 1300 км, азимут  $170^{\circ}$ ); Мурманск – Санкт-Петербург (протяженность 944 км, азимут  $193^{\circ}$ ); Мурманск – Кьёфлавик (протяженность 2400 км, азимут  $284^{\circ}$ ); Мурманск – Лондондерри (протяженность 2500 км, азимут  $252^{\circ}$ ); Мурманск – Рейтон (протяженность 780 км, азимут  $265^{\circ}$ ).



Пример результата измерения пеленгов на одной из исследуемых радиотрасс приведен ниже.



В работе дано описание аппаратного комплекса на базе устройства «Гаиyo», обладающего наиболее широкими возможностями при проведении исследований. Внешний вид антенной системы и пеленгатора представлены на рисунках ниже





Ряд особенностей поведения азимутальных углов прихода на авроральных радиотрассах указывает на тесную связь отклонений пеленгов с положением авроральной зоны. Так с уменьшением угла между направлением радиотрассы и границей зоны разброс азимутальных углов прихода сигнала увеличивается; максимальные разбросы пеленгов наблюдаются в условиях, когда трасса пересекает зону. В те моменты, когда трасса не пересекает зону, наоборот, отмечается наименьший разброс пеленгов и значительное увеличение вероятности распространения по дуге большого круга; анализ распределений отклонений пеленгов в зависимости от магнитной активности показывает, что при повышенной возмущенности ( $\gamma > 80$ ) разброс пеленгов уменьшается, и увеличивается количество траекторий с распространением в направлении дуги большого круга. Этот факт связан, по-видимому, с тем, что с ростом активности, уже при значениях  $Q > 3$ , южная граница зоны опускается на более низкие широты, трасса полностью оказывается в авроральной зоне и не пересекает ее границы. Анализ распределения флуктуаций пеленгов в зависимости от частоты позволяет сделать следующие выводы: угловой спектр регистрируемых отклонений на  $f > \text{МПЧ}$  значительно уже ( $\sigma \approx 2,5^0$ ), чем на  $f < \text{МПЧ}$  ( $\sigma \approx 5,5^0$ ), при распространении на  $f < \text{МПЧ}$  симметричные траектории преобладают в летние месяцы. Для зимних периодов наблюдения характерны регулярные смещения как максимума распределения, так и среднеарифметического значения отклонений пеленга от дуги большого круга к северу, при распространении на частотах  $f > \text{МПЧ}$  регулярного смещения пеленгов как в зимние, так и в летние периоды наблюдений, не отмечается. Преобладающее число траекторий приходится на распространение вдоль дуги большого круга, с ростом частоты разброс и среднее значение отклонений пеленгов уменьшается, прохождение на частотах  $f < \text{МПЧ}$  характерно для периодов слабой магнитной возмущенности ( $Q < 2$ ), в то время как для  $f > \text{МПЧ}$  прохождение обычно сопровождается наличием значительных отрицательных бухт магнитных возмущений. При этом длительность сеанса почти всегда определяется продолжительностью суббури, распределение флуктуаций пеленгов при отражении от слоя E ( $\sigma \sim 3^0$ ) значительно меньше, чем от F ( $\sigma \sim 6,3^0$ ).

## ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ НЕОДНОРОДНОЙ ИОНОСФЕРЫ КАК СРЕДЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-НАВИГАЦИОННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гурин А.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра РnПТКС, KalitenkovNV@mstu.edu.ru)

В работе представлены результаты изучения особенностей зондирования неоднородной ионосферы как среды распространения информационно-навигационных радиосигналов с учетом замагниченности и столкновительных свойств.

Получим дисперсионное уравнение для случая вертикального зондирования замагниченной ионосферной плазмы с учетом столкновений и горизонтальных градиентов электронной концентрации. Также как и ранее предположим, что ионосфера представляет собой набор тонких слоев, в каждом из которых электронная концентрация постоянна. В целом же распределение электронной плотности подчиняется следующему закону

$$N(x_i) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 A_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + 2 \sum_{i=1}^3 B_i \cdot x_i + C \quad (3.1)$$

причем  $S_1 = S_2 = B_1^* = B_2^* = 0$

и либо

$$S_3 \neq B_3^* \neq 0 \quad (3.2)$$

либо

$$S_3 = 0; B_3^* \neq 0 \quad (3.3)$$

где  $S_i$  – является корнями следующего уравнения

$$\begin{vmatrix} A_{11} - S & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} - S & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} - S \end{vmatrix} = 0 \quad (3.4)$$

а  $B_i^*$  определяется выражением

$$B_i^* = A_{14} \cdot P_i + A_{24} \cdot Q_i + A_{34} \cdot R_i \quad (3.5)$$

$P_i, Q_i, R_i$  нормальные орты соответствующие определенным  $S_i$  из (3.2) и являющиеся решением системы

$$\left. \begin{aligned} (A_{11} - S_i) \cdot P_i + A_{12} \cdot Q_i + A_{13} \cdot R_i &= 0 \\ A_{21} \cdot P_i + (A_{22} - S_i) \cdot Q_i + A_{23} \cdot R_i &= 0 \\ A_{31} \cdot P_i + A_{32} \cdot Q_i + (A_{33} + S_i) \cdot R_i &= 0 \end{aligned} \right\} i=1,2,3 \quad (3.6)$$

далее полагаем  $\frac{\partial P_3}{\partial x_0} \ll P_3$ , то есть неоднородность такова, что выполняются условия

геометрооптического приближения

Для решения задачи о распространении радиоволны в такой среде, будем исходить из уравнения Максвелла

$$\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} e \cdot N \cdot v + \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3.7)$$

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (3.8)$$

и уравнения движения электрона

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -c\vec{E} - \frac{e}{c} [\vec{v} \cdot \vec{H}_0] - m v\vec{v} \quad (3.9)$$

Предполагая, что все величины изменяются во времени по закону  $e^{-i\omega t}$  и пользуясь приближением малого сигнала с нулевыми начальными условиями перепишем (3.7)-(3.9) в следующем виде

$$\text{rot}\vec{H} = -iu_0(\vec{E} + x'\vec{R}') \quad (3.10)$$

$$\text{rot}\vec{E} = -iu_0\vec{H} \quad (3.11)$$

$$\vec{R}' = -\vec{E} - iy'[\vec{R}'\vec{h}] \quad (3.12)$$

-уравнение движения

Здесь введены следующие обозначения:

$$X' = \frac{4\pi e^2 N(x_1 y_2 z_3)}{m\omega^2} \left(1 + i\frac{v}{\omega}\right)^{-1} \quad (3.13)$$

$$Y' = \frac{eH}{mc\omega} \left(1 + i\frac{v}{\omega}\right)^{-1} \quad (3.14)$$

$$\vec{R}' = -i\frac{m\omega}{e} \left(1 + i\frac{v}{\omega}\right) \vec{v} \quad (3.15)$$

$$K_0 = \frac{\omega}{c} \quad (3.16)$$

решение уравнений (3.7), (3.8) будем искать в виде:

$$\exp\left\{iK_0 n(P_3 Q_3 R_3) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}\right\} \quad (3.17)$$

тогда учитывая, что

$$P \Rightarrow f(\nabla N) \quad (3.18)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_1} = iK_0 n P_3 \quad ; \quad \frac{\partial}{\partial x_2} = iK_0 n Q_3 \quad ; \quad \frac{\partial}{\partial x_3} = iK_0 n R_3 \quad (3.19)$$

и решая (3.10) – (3.12) относительно  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $E_z$  получим систему трех однородных уравнений относительно трех неизвестных

$$\left. \begin{aligned} & \left\{ [n^2(Q_3^2 + R_3^2) - 1] \{ (1 - y'^2) + x'(1 - y'^2 S_0^2) \} E_x - [n^2 P_3 Q_3 (1 - y'^2) + ix'y'C_0] E_y - \right. \\ & \left. - [n^2 P_3 R_3 (1 - y'^2) + x'y'^2 C_0 S_0] E_z = 0 \right. \\ & \left. [ix'y'C_0 - n^2 P_3 Q_3 (1 - y'^2)] E_x + \{ [n^2(P_3^2 + R_3^2) - 1] (1 - y'^2) + x' \} E_y - \right. \\ & \left. - [n^2 R_3 Q_3 (1 - y'^2) + ix'y'S_0] E_z = 0 \right. \\ & \left. [-x'y'C_0 S_0 + n^2 P_3 R_3 (1 - y'^2)] E_x + [ix'y'S_0 + n^2 Q_3 R_3 (1 - y'^2)] E_y + \right. \\ & \left. + \{ (1 - y'^2 C_0^2) x' - [n^2(P_3^2 + Q_3^2) - 1] (1 - y'^2) \} E_z = 0 \right. \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

Эта система будет иметь отличные от нуля решения лишь при условии равенства нулю детерминанта, составленного из коэффициентов при неизвестных, то есть

$$\begin{vmatrix} \{[n^2(Q_3^2 + R_3^2) - 1](1 - y'^2) + x'(1 - y'^2 S_0^2)\} & -[n^2 P_3 Q_3 (1 - y'^2) + ix'y'C_0] & -[n^2 P_3 R_3 (1 - y'^2) + x'y'^2 C_0 S_0] \\ [ix'y'C_0 - n^2 P_3 R_3 (1 - y'^2)] & \{[n^2(P_3^2 + R_3^2) - 1](1 - y'^2) + x'\} & -[n^2 R_3 Q_3 (1 - y'^2) + ix'y'S_0] \\ [-x'y'^2 C_0 S_0 - n^2 P_3 R_3 (1 - y'^2)] & [ix'y'S_0 + n^2 Q_3 R_3 (1 - y'^2)] & \{(1 - y'^2 C_0^2)x' - [n^2(P_3^2 + Q_3^2) - 1](1 - y'^2)\} \end{vmatrix} = 0 \quad (3.21)$$

Выражение (3.12) есть не что иное, как дисперсионное уравнение в нераскрытом виде. В случае отсутствия горизонтальных градиентов  $P_3=Q_3=0$ ;  $R_3=1$  и мы приходим к известному уравнению Эплтона -Хартри

Применим приведенные выкладки к конкретному примеру и получим дисперсионное уравнение для заданной модели ионосферной плазмы. Пусть распределение электронной концентрации в ионосфере описывается следующим законом

$$N = N_{\max} \left( 1 - \frac{(x_3 + mx_1 - H_0)^2}{z_T^2} \right) \quad (3.22)$$

решение уравнений (1.7 а) и (1.8 а) будем искать в виде

$$\exp \left\{ iK_0 n \left( \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} x_1 + \frac{1}{\sqrt{m^2 + 1}} x_3 \right) \right\} \quad (3.23)$$

в этом случае

$$\frac{\partial}{\partial x_1} = iK_0 n \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} ; \quad \frac{\partial}{\partial x_2} = 0 ; \quad \frac{\partial}{\partial x_3} = iK_0 n \frac{1}{\sqrt{m^2 + 1}} \quad (3.24)$$

и дисперсионное уравнение (2.6) примет вид:

$$\begin{vmatrix} \left( \frac{n^2}{m^2 + 1} \right) (1 - y'^2) + x'(1 - y'^2 S_0^2) & -ix'y'C_0 & -x'y'^2 C_0 S_0 - \frac{n^2 m}{m^2 + 1} (1 - y'^2)^2 \\ ix'y'C_0 & (n^2 - 1)(1 - y'^2) + x' & -ix'y'S_0 \\ -x'y'^2 C_0 S_0 - \frac{n^2 m}{m^2 + 1} (1 - y'^2) & ix'y'S_0 & (1 - y'^2 C_0^2)x' - \left( \frac{n^2 m^2}{m^2 + 1} - 1 \right) (1 - y'^2)^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (3.25)$$

Исходя из уравнений системы (2.6) нетрудно записать в данном случае выражение для множителя поляризации оно будет иметь следующий вид

$$\rho_{12} = \frac{(1 - x')n_{12}^2 - (1 - x')^2}{(1 - x')iy'C_0(n'_{12} - 1) - \frac{m^2 iy'C_0}{m^2 + 1} (n_{12}^2 - 1) + iy'S_0 \frac{m}{m^2 + 1} n_{12}^2 (n_{12}^2 - 1)} \quad (3.26)$$

Полученные выражения для показателя преломления и множителя поляризации указывают на то, что радиоволна при вертикальном зондировании будет отклоняться от вертикали. Наличие такого отклонения радиоволны приведет к потере усиления антенны и кроме того к появлению так называемого «эффекта утаивания».

## АКТИВНАЯ ИОНОСФЕРНАЯ АНТЕННА. РАДИОСВЯЗЬ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ МОРСКОГО РАЙОНА А4

Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гурин А.В., Жаровцев А.А.  
(г. Мурманск, МГТУ, кафедра РнРТКС, KalitenkovNV@mstu.edu.ru)

Информационное обеспечение при плавании в Арктике, в частности по Северному морскому пути, отличается тем, что радиоканал для радиосигналов КВ/ПВ диапазона отличается от типового. Ориентированные вдоль направления геомагнитного поля неоднородности электронной концентрации имеют достаточно широкий спектр масштабов и распределены, как правило, по всей толще ионосферы. Во время авроральных суббурь их количество существенно возрастает на высотах  $E$ -слоя. Плотность неоднородностей электронной концентрации определяется степенью магнитной активности, а их локализация тесно связана с локализацией форм полярных сияний. Максимально резкие неоднородности с перепадом электронной концентрации, достигающей 100 %, наблюдаются в местах локализации наиболее интенсивных дискретных форм полярных сияний. Установлено, что общая схема развития суббури в дискретных сияниях тесно связана с суббурей в высыпаниях мягких ( $\leq 10$  кэВ), нередко моноэнергетичных, коллимированных вдоль направления геомагнитного поля электронных потоков. Для рассматриваемых маршрутов плавания радиоволна на нисходящем участке траектории может падать на неоднородность электронной концентрации под углом, превышающим угол полного внутреннего отражения.

Радиоволна с продольной компонентой электрического поля и фазовой скоростью, меньшей скорости света, может взаимодействовать с пучками электронов, вторгающимися в ионосферу во время авроральных суббурь.

Когда моноэнергетический и коллимированный вдоль направления геомагнитного поля (вдоль неоднородности высокоширотной ионосферы как замедляющей структуры) электронный пучок движется со скоростью  $V_0$  и попадает в поле бегущей замедленной радиоволны  $E_z$ , то в результате группировки электронов в пучке появляется переменная составляющая тока  $i_1$ , удовлетворяющая уравнению

$$\partial^2 i_1 / \partial z^2 + 2ik_e \partial i_1 / \partial z - k_e^2 i_1 = -ik_e \epsilon_0 E_z / mV_0. \quad (14)$$

Эта переменная создает свое поле, которое подчиняется уравнению

$$\partial^2 U / \partial z^2 + k_e^2 U = iX_0 \partial i_1 / \partial z, \quad (15)$$

и взаимодействует с полем радиоволны, усиливая или ослабляя его.

Таким образом, распространение радиоволн КВ диапазона в условиях авроральных суббурь, т. е. в неоднородной, неравновесной ионосфере, в первом приближении может быть описано следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \partial^2 i_1 / \partial z^2 + 2ik_e \partial i_1 / \partial z - k_e^2 i_1 = (ik_e \epsilon_0 / mV_0) (\partial U / \partial z), \\ \partial^2 U / \partial z^2 + k_e^2 U = iX_0 \partial i_1 / \partial z. \end{cases} \quad (16)$$

Если пучок авроральных электронов не модулирован ни по плотности, ни по скорости, а выход неоднородности согласован, т. е. нет отраженных волн, то условия, определяющие постоянные интегрирования уравнения (16), при  $z = 0$  имеют вид

$$U = U_{\text{вх}}, \quad i_1 = 0, \quad \partial i_1 / \partial z = 0.$$

Учитывая, что все переменные изменяются по закону  $\exp i(\omega t - \bar{k}z)$ ,

где  $\bar{k}$  – постоянная распространения радиоволны в системе "неоднородность высокоширотной ионосферы – пучок авроральных электронов", можно получить условия существования нетривиального решения уравнений (16), которое принимает вид

$$(k_z - \bar{k})^3 (k_z + \bar{k}) = 2 k_z^4 \psi^3. \quad (17)$$

В частном случае, когда начальная скорость электронов  $V_0$  равна фазовой скорости замедленной волны, т. е.  $k_z = k_e$ , безразмерная величина  $\psi = (Z_0 I_0 / 4 U_0)^{1/3}$  меньше 1.

Уравнение (17) имеет три корня  $\bar{k}_{1,2,3} \approx k_z$  и один корень  $\bar{k}_4 \approx -k_z$ . Для первых трех корней уравнения можно приближенно положить  $k_z + \bar{k} \approx 2 k_z$  и, следовательно,  $(k_z - \bar{k})^3 \approx k_z^3 \psi^3$  или  $\bar{k}_{1,2,3} \approx k_z - k_z \psi(1)^{1/3}$  или в развернутом виде

$$\begin{cases} \bar{k}_1 \approx k_z (1 + \psi/2) + i k_z \psi(3)^{1/2} / 2, \\ \bar{k}_2 \approx k_z (1 + \psi/2) - i k_z \psi(3)^{1/2} / 2, \\ \bar{k}_3 \approx k_z (1 - \psi), \\ \bar{k}_4 \approx -k_z (1 - \psi^3/4). \end{cases} \quad (18)$$

Из волн, бегущих в одном направлении с электронами, первая (с постоянной распространения  $\bar{k}_1$ ) распространяется медленнее, чем электроны, и возрастает по амплитуде в соответствии с законом  $\exp(k_z \psi(3)^{1/2} z / 2)$ . Ток будет нарастать, интенсивность излучения в указанных направлениях будет увеличиваться.

$$\dot{E} = -jq \frac{30mI_0 l}{r_0} F_1(\varphi) \frac{\sin \frac{ml}{2} \left( \frac{c}{v} - \cos \varphi \right)}{\frac{ml}{2} \left( \frac{c}{v} - \cos \varphi \right)} \exp\left(-jm(r_1 + lc/2v)\right) \quad (19)$$

Таким образом, при плавании в северной части морского района А4, в частности по Северному морскому пути, пучки вторгающихся в ионосферу электронов и ориентированные вдоль направления геомагнитного поля неоднородности электронной концентрации в ионосфере могут играть роль активной ионосферной антенны и существенно влиять на условия радиосвязи.

## **ПРОГРАММНО - АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКОЙ ФОРМ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ И ТОЧНОСТЬЮ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ GPS В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ МОРСКОГО РАЙОНА А4**

**Калитёнков А.Н., Калитёнкова М.И., Мищук В.М., Фадеев А.П.** (г. Мурманск, МА МГТУ, кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, *KalitenkovNV@mstu.edu.ru*)

It is shown that the amplitude variations of the geomagnetic field are much less representative as a diagnostic sign of GPS positioning errors at high latitudes, than the intensity and spatio-temporal variations of aurora.

Полярная ионосфера как среда распространения информационно-навигационных радиосигналов является неоднородной, нестационарной и неравновесной поскольку подвержена практически постоянному воздействию волнового и корпускулярного излучения Солнца, электрических и магнитных полей. Одним из индикаторов возмущенности ионосферы являются полярные сияния. Цель настоящей работы создать программно-аппаратурный комплекс для исследования связи между пространственно - временной динамикой форм полярных сияний и точностью позиционирования с помощью GPS. Ранее были проведены эксперименты по одновременной регистрации вариаций погрешностей позиционирования с пространственно временным положением форм полярных сияний. Для сравнения вариаций положения форм полярных сияний по наземным данным с вариациями погрешности позиционирования мы использовали данные наблюдений полярных сияний в обсерваториях Скандинавского полуострова. Найдено, что как максимальные погрешности позиционирования, а в отдельных случаях и полное нарушение работы СНС регистрировались одновременно с появлением форм сияний. Анализ этих и других, полученных в эксперименте материалов, дает основания полагать, что амплитуда вариаций геомагнитного поля гораздо менее информативна в качестве диагностического признака ошибок позиционирования GPS в высоких широтах, чем пространственно-временные вариации интенсивности форм полярных сияний. Поскольку кеограмма отражает наличие и расположение форм сияний в узкой полосе вдоль меридиана, а не по всему небосводу и кроме того инструменты измерения разнесены в пространстве эксперимент был скорректирован. Было решено для проведения дальнейших экспериментов совместно с GPS приемником использовать камеру видео наблюдения. В предложенной схеме - камера, регистрирующая полярные сияния с полем зрения 180 градусов, и приемник GPS сигналов, диаграмма направленности антенны которого имеет аналогичный раскрыт, находятся на одной платформе и одинаковым образом ориентированы. В этом случае поле зрения оптической камеры и диаграмма направленности антенны GPS приемника, должны полностью совпадать, что позволило бы установить наличие или отсутствие полярных сияний на трассе прохождения GPS сигнала, так как азимутальный угол и угол места конкретного навигационного спутника тоже известен.

### **Описание бокса с камерой всего неба. Принцип действия.**

В разработанном аппаратурном комплексе используется видеочамера, снабженная объективом типа «рыбий глаз» с углом зрения, равным  $170^{\circ}$ . Поскольку оптическая ось камеры ориентирована вертикально вверх, то возникает необходимость защиты камеры от атмосферных осадков типа дождь, снег. Эта задача решена посредством размещения камеры

в боксе, снабженным автоматически управляемой крышкой. Выбор системы автоматического управления крышкой бокса опирался на условия оптимальности управления и минимизации количества механических узлов (редукторов, электродвигателя) обладающих невысокой антикоррозионной способностью. Была выбрана схема, работающая по принципу «перекидная крышка». Суть этого принципа заключается в том, что в самой крышке жестко установлен постоянный магнит, а перемещение крышки обеспечивают два электромагнита, один из которых работает на открывание, а другой на закрывание. При этом в крайних положениях из-за взаимного притяжения пара «магнит/электромагнит» ведут себя как защелки. Электромагниты подключаются с нужной полярностью к накопительному конденсатору, имеющему емкость 4700мкФ и заряжаемому до напряжения 31В. Выбранная конструкция электромагнитов, имеющих индуктивность около 10мГн, и величина накапливаемой энергии конденсатора позволяют надежно перемещать крышку бокса в нужное положение.

### Электрическая схема

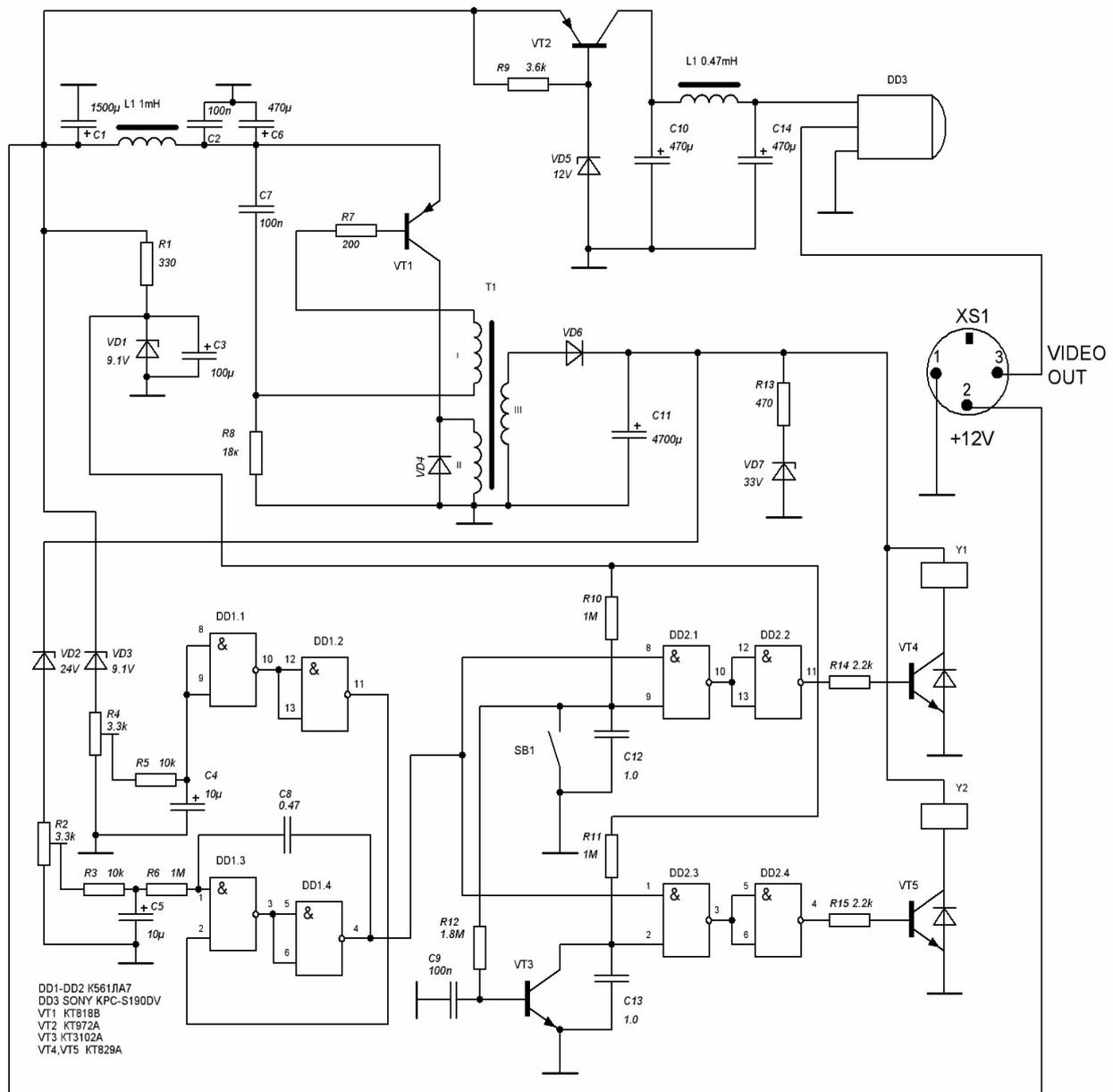
В качестве напряжения, питающего разработанное устройство, выбрано напряжение величиной 15В. Поскольку для работы накопителя необходимо напряжение, превышающее напряжение питания более чем в два раза, электрическая схема была дополнена преобразователем, выполненным на VT1, включенным по схеме блокинг-генератора. Пороговая цепь VD2R2 подключена к накопительному конденсатору C11 и через НЧ фильтр запускает одновибратор на DD1.1, DD1.2. Одновибратор формирует положительный перепад напряжения длительностью около 0,5с. Точная подгонка осуществляется подстроечным сопротивлением R3. Логика управления ключами VT4VT5 собрана на DD2. Входы 8 DD2.1 и 1 DD2.3 объединены и подключены к выходу одновибратора. Входы 9 DD2.1 и 2 DD2.3 подключены к датчику положения крышки - кнопке SB1 и инвертору на VT3 соответственно. Этим достигается правильная коммутация электромагнитов Y1Y2 при разных положениях крышки. Срабатывание ключей приводит к разряду C11. Далее процесс повторяется снова. При таком построении процесс открывания – закрывания будет осуществляться циклически с периодом около 26 с, связанный с зарядкой C11 (время заряда – 13с). Фиксация крышки в открытом или закрытом состоянии производится снижением питающего напряжения с 15В до 12В. Датчиком здесь выступают пороговая цепь VD3R4 и DD1.1DD1.2 с НЧ фильтром R5C4. Точная подгонка осуществляется подстроечным сопротивлением R4. В качестве напряжения переключения выбрано напряжение величиной 13,5В. Срабатывание порогового устройства ведет к блокировке одновибратора DD1.3DD1.4, а, следовательно, и DD2. Питание DD1DD2 осуществляется параметрическим стабилизатором VD1R1. Питание на Блокинг-генератор подается через фильтр C1L1C2C6. Для стабилизации напряжения питания камеры применен узел VT2R9VD5 с фильтром C10L2C14. В зафиксированном положении крышки, когда одновибратор заблокирован, напряжение на C11 повышается до 42В. Учитывая, что номинальное напряжение используемого конденсатора равно 35В, для исключения перенапряжения в схему включена цепь VD7R13.

### Программные средства

Для позиционирования использовался одночастотный 12 канальный приемник Garmin-172, установленный в Мурманске. Радиосигналы с приемника через COM порт поступали в компьютер. При обработке принятой с навигационных спутников информации использовалась программа VisualGPSXP. Эта программа позволяет определять как местоположение спутников, так и точность GPS позиционирования при наличии помех и

Программно-аппаратурный комплекс для исследования взаимосвязи между пространственно-временной динамикой форм полярных сияний и точностью позиционирования с помощью GPS в северной части морского района А4

возмущений среды распространения информационно-навигационных радиосигналов. Другими возможностями являются показ высоты, скорости и направления, а также способность осуществлять связь с GPS приёмником через Интернет, порт RS-232; возможно чтение NMEA текстовых файлов. Используя NMEA данные от GPS приёмника, программа VisualGPSXP позволяет получить графическую информацию о целом ряде навигационных параметров.



Лабораторная проверка разработанного комплекса показала, что комплекс работоспособен и может использоваться в научно-практических целях и образовательном процессе на кафедрах РирТКС и Судовождения Морской Академии МГТУ.

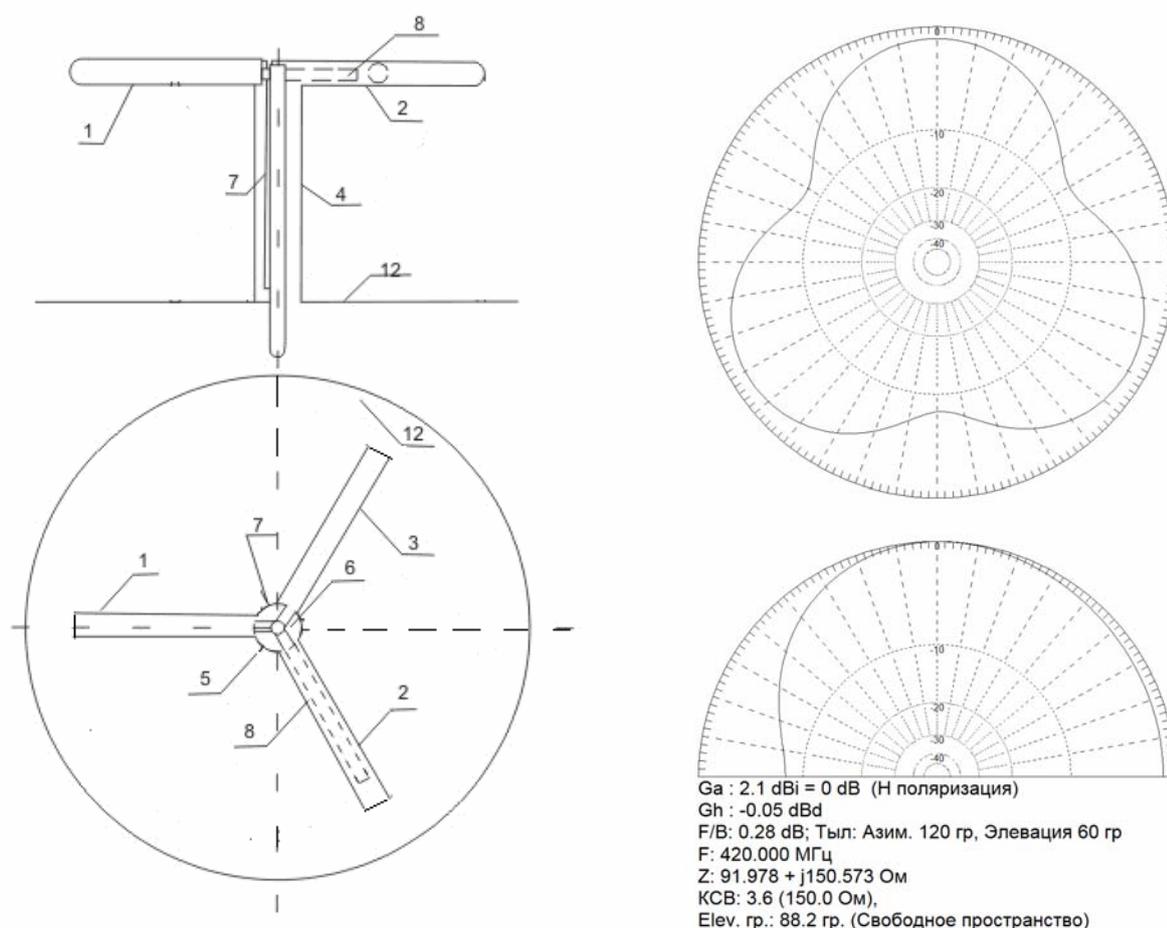
## НОВЫЕ НЕНАПРАВЛЕННЫЕ АНТЕННЫ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

**Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Кучура А., Гурин А.В.** (г. Мурманск, Морская Академия МГТУ, кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, *KalitenkovNV@mstu.edu.ru*)

В настоящее время у нас в стране и за рубежом проводятся интенсивные исследования по проблеме создания перспективного комплекса судовых антенных устройств для целей обеспечения безопасности мореплавания и эффективной эксплуатации судов. В частности, анализируются особенности морской радиосвязи, исследуется влияние специфики морских условий на характеристики судовых антенных устройств. Традиционные подходы к решению теоретических задач и традиционные методы создания антенн оказываются недостаточно эффективными применительно к судовым антеннам. Это обусловлено специфическими условиями морской радиосвязи, заключающимися в расположении антенн в непосредственной близости от различных металлических конструкций, оказывающих сильное влияние на их характеристики; в ограниченности пространства для размещения и пространственного разнесения антенн. Обобщение результатов исследований позволило сформулировать следующие основные направления развития судовой антенной техники: учет влияния судовых металлических конструкций на характеристики антенн и использование отдельных элементов этих конструкций в качестве антенн; эквивалентное удлинение судовых антенных устройств; создание малогабаритных широкополосных антенных устройств с пониженными индукционными полями; создание судовых антенных устройств для работы в системе космической радиосвязи. Успешное решение задачи приема сигналов со спутников легко можно представить, если в качестве инструмента использовать специальные антенны, преимущественно круговой поляризации. Плюс этих антенн состоит не только в возможности без особых усилий принимать данные в любой точке, но и избавиться от громоздкого оборудования коррекции наведения антенны на ИСЗ, однако используемые в настоящее время спиральные антенны громоздки и есть необходимость отклониться от классических подходов к конструированию антенн с круговой поляризацией и исследовать направление на базе отечественного изобретения z-образных элементов, предложенных К.П. Харченко.

В работе предлагается всенаправленная антенна круговой поляризации. По результатам электронного моделирования был разработан и реализован макет антенны, позволивший провести практические испытания. Результаты натурных испытаний антенны, показали, что реализованный вариант вобрал в себя все лучшее: отсутствие громоздких размеров и возможность избавления от сложного и объемного оборудования коррекции, чувствительность к погрешностям изготовления, «провалы» диаграммы направленности при работе в широкой полосе частот, необходимость увеличения массогабаритных размеров и т.п. Реализованный макет антенны представляет собой цельносварную конструкцию, придающую ей повышенную прочность в отношении климатических и механических воздействий. Три плеча антенны подключаются к трем разным кабелям, что обеспечивает сдвиг фаз на 120 градусов.

Антенна представляет собой три ромба, имеющих смежные стороны, таким образом если в самой не защищенной точке произойдет обрыв жилы, то она сможет продолжать работать в режиме приема-передачи и иметь круговую поляризацию, но с потерями в качестве около 30 процентов. Данное условие “живучести” дает большие плюсы по использованию антенны на судах и в отраслях, предъявляющих высокие требования к “живучести” оборудования.



Коаксиальный кабель питания с волновым сопротивлением 150 Ом расположен во внутренних полостях антенны, что предотвращает воздействие на него окружающей среды. Конструкция и специально разработанный узел питания позволяют обходиться без использования согласующих устройств, при питании 50-омной фидерной линией.

В целом разработанная антенна имеет простую в изготовлении конструкцию и соответственно хорошую повторяемость, может быть выполнена из недефицитных подручных материалов, что делает ее привлекательной для широкого внедрения, а так же снижает ее себестоимость.

В заключении можно сделать вывод, что предложенное техническое решение претендует на обособленное существование, дополняя ряд известных на сегодняшний день антенн, т.к. по качественным показателям превосходит их.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ КВ и УКВ СУДОВЫХ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ

**Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Гурин А.В.** (г. Мурманск, Морская Академия МГТУ, кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, [KalitenkovNV@mstu.edu.ru](mailto:KalitenkovNV@mstu.edu.ru))

На судах для целей радиосвязи и радионавигации устанавливаются и остронаправленные и всенаправленные приемо-передающие антенны. Остронаправленные судовые антенны на управляемых платформах применяются в основном для работы с космическими аппаратами. Всенаправленные антенны используются в системах, требующих мгновенной готовности и возможности работы в составе комплексов связи и оперативного обеспечения безопасности плавания. Авторами настоящей работы в качестве альтернативы существующему парку типовых судовых антенн, выполненных на основе классических антенных вибраторов, предлагается инновационный ряд антенн с повышенными техническими и эксплуатационными характеристиками. В основу построения предлагаемых антенн положен синтез антенны из  $Z$ -элементов. В 1960 году советским изобретателем К.П. Харченко было заявлено, а в 1969 году всесторонне описано оригинальное техническое решение по устройству зигзагообразных антенн. Антенна из  $Z$ -элементов уникальна тем, что по конструктивному исполнению она представляет собой моноантенну, а по существу является своеобразной синфазной антенной решеткой из восьми активных вибраторов. Данная антенная решетка в отличие от классических вибраторных решеток, у которых число пар точек питания равно числу вибраторов, входящих в такую синфазную решетку, имеет всего одну пару точек питания на восемь вибраторов. Это нестандартное, безизоляторное техническое решение обеспечило  $Z$ -антеннам, кроме прогнозируемого увеличения коэффициента усиления, еще и расширение полосы рабочих частот, неизменную осевую направленность и органическое симметрирование и согласование со стандартными коаксиальными фидерами. Следует констатировать, что обладая исключительными техническими и эксплуатационными характеристиками,  $Z$ -антенны до сих пор не нашли должного распространения и применения ни в гражданских ни в военных радио и радиотехнических системах. Причин здесь несколько. Прежде всего это обусловлено лоббированием изготовления и использования антенн типа Уда-Яги, еще одна причина - это постановка на поток и серийное изготовление антенн типа Уда-Яги к моменту появления  $Z$ -антенн и, наконец, третья - это хорошо известный консерватизм и инерционность при принятии решений о смене номенклатуры выпускаемой продукции. Авторами настоящей статьи сделан большой шаг вперед в области развития антенной техники и вместе с работами по классическим линейным и плоским антенным структурам на протяжении уже нескольких последних лет проводятся исследования по объемной реализации  $Z$ -антенн. Осуществляются разработки по синтезу геометрически и электрически объемных зигзагообразных антенн, а также таких объемных конструкций, когда вибраторы основного полотна могут использоваться для наращивания комбинаций вмещаемых в пространственную конструкцию базовой антенны вибраторов, в том числе из  $Z$ -элементов. Ведутся работы по созданию изотропных антенн и направленных антенн для транспортных средств, для базовых станций сотовой связи, телевидения, радиовещания и радиопеленгования. Результаты работ подтверждают перспективность отечественного пионерного технического решения по объемной реализации  $Z$ -антенн. К настоящему времени получены патенты на одиннадцать разработок. Некоторые из изобретений удостоены дипломов региональных и международных выставок. Два технических решения экспонировались на Международной выставке научно-технических достижений в Шеньяне, КНР.

Наиболее значимые результаты достигнуты в создании эффективных «карусельных» всенаправленных антенн, которые могут быть использованы, например, для обеспечения безопасности мореплавания, в том числе реализована разработка приемо-передающей антенны на базе  $Z$ -элементов для плавающих радиобуев. Этим положено начало работ по синтезу ненаправленных фазированных решеток с центральным питанием и использованием отражательно рассеивающих устройств, в том числе элементов самих конструкций мачт и оборудования. Разработана оригинальная пеленгаторная антенна горизонтальной поляризации для метровых и дециметровых волн и ряд других конструкций, технически вписывающихся в предстоящий процесс замены используемых образцов гражданской и военной антенной техники.

Все предлагаемые к разработкам технические решения антенных систем проходят электронное моделирование с последующим изготовлением опытных образцов и проведением натурных исследований для целей дальнейшего внедрения в практику радиосвязи, радиолокации, радионавигации.

## **Z-АНТЕННЫ И ДУАЛИЗМ ПОЛЯРИЗАЦИЙ. БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ В АРКТИКЕ**

**Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Гурин А.В., Загороднева Н.С., Амелькин Д.А.**  
(г. Мурманск, МГТУ, кафедра РnРТКС, KalitenkovNV@mstu.edu.ru)

В работе изложены подходы к теории и практике использования возможностей поляризационных характеристик антенн. Рассмотрено инновационное прикладное техническое решение нестандартного устройства по реализации комбинации структуры активных вибраторов на базе Z-элементов для приема-передающих антенн с возможностью оперативного изменения плоскости поляризации. Полученные результаты могут быть широко использованы для реализации систем связи, в том числе спутниковых и с подвижными объектами, радиоразведки и радиопротиводействия, обеспечение электромагнитной совместимости при работе радиоэлектронных средств. Техническим результатом предлагаемого исследованного устройства является обеспечение возможности изменять поляризацию принимаемого или излучаемого антенной радиосигнала от вертикальной или горизонтальной до круговой без практического изменения основных параметров антенны.

Излучаемое антенной электромагнитное поле поляризуется в плоскости расположения проводников, являющейся плоскостью электрического поля, то есть определяется направлением электрической составляющей поля. При линейной поляризации линии электрического поля прямые и определенным образом расположены по отношению к земной поверхности как опорной плоскости. В соответствии с их направлением различают горизонтальную поляризацию, когда линии электрического поля параллельны поверхности Земли и вертикальную, когда линии перпендикулярны поверхности Земли.

Частным случаем поляризации может быть круговая, полученная при использовании линейных скрещенных диполей, так как электромагнитное поле с круговой поляризацией складывается из двух линейно-поляризованных полей, которые сдвинуты по фазе на  $90^\circ$  и имеют взаимно перпендикулярные векторы электрических составляющих этих полей. В спиральных антеннах осевого излучения формируется электромагнитное поле с круговой поляризацией.

Электромагнитное поле радиоволны при распространении с прохождением сквозь ионосферу претерпевает вращение плоскости поляризации. Изменение поляризации волны приводит к ослаблению сигналов при приеме и передаче за счет рассогласования поляризаций принимаемой волны и приемной антенны. Рассогласование поляризаций возможно и из-за прохождения радиоволн через неоднородную среду и из-за нарушения ориентации структур приемной и передающей антенн относительно друг друга или используемой плоскости поляризации. Все это еще в большей степени ослабляет сигнал. А для антенн с круговой поляризацией поляризационные потери отсутствуют.

Технические решения по реализации антенн для радиотехнических систем, использующих волны с круговой поляризацией, в основном базируются на применении спиральных элементов с количеством витков спирали не менее четырех. В целях упрощения конструктивных решений и оперативного изменения направления вращения поляризации используют антенны из турникетных излучателей. Для повышения коэффициента усиления антенн с круговой поляризацией применяют комбинации структур из спиральных и турникетных элементов.

Среди классических антенн особое место занимают диапазонные зигзагообразные антенны. Само собой техническое решение антенны из Z-элементов уникально тем, что по

конструкции как моноантенна, она является своеобразием безизоляторной синфазной решетки из восьми активных вибраторов при одной паре точек питания и органическом симметрировании и согласовании с коаксиальными фидерами. Конструкция такого антенного устройства более широкополосная и обладает большим коэффициентом усиления чем используемые активные вибраторы. При дальнейшей модификации зигзагообразных антенн, с сохранением достоинств прототипа, была разработана двойная треугольная антенна. Все Z-антенны, не смотря на зигзагообразные элементы конструкций, имеют только одну линейную поляризацию с возможностью ее изменения на вертикальную или горизонтальную только механическим путем. Вопрос о круговой поляризации в таких антеннах всегда считался контрпродуктивным.

В свою очередь, смежные технические решения двойной треугольной антенны не исключают возможности реализации вписанной в квадрат двойной треугольной антенны при сохранении классического подключения питания, как это производится во всех зигзагообразных антеннах. Из анализа токов в плечах вибраторов из Z-элементов и по периметру квадрата следует, что если изменить в данной структуре подключение питания с полной развязкой центрального узла, с выделением плеч полувибраторов, и перекрестным включением коаксиальных фидерных линий, то при синфазном включении уже двух коаксиальных фидерных линий обеспечивается работа комбинации Z-структур с линейной поляризацией в плоскости перпендикулярной стороне квадрата с прилежащими синфазно возбуждаемыми полувибраторами. При противофазном включении этих же полувибраторов плоскость поляризации изменяется на  $90^\circ$ , а при подключении со сдвигом фаз на  $90^\circ$  Z-структура такой антенны сформирует круговую поляризацию. Таким образом, предлагаемое инновационное техническое решение зигзагообразной антенны и не стандартное подключение питания обеспечивают не только возможность оперативного использования этого типа антенн в отдельных режимах вертикальной и горизонтальной поляризаций, но и в режиме с круговой поляризацией, что контрастно множит перспективы ее применения. Дополнительно к этому уникальным и беспрецедентным, неповторимым в прототипах является то, что из-за работы всех составных элементов конструкции технического решения предлагаемой антенны в излучении или приеме радиосигналов ее коэффициент усиления как при круговой, так и при линейной поляризациях остается постоянным.

На базе теоретических предпосылок был изготовлен макет и проведено электронное моделирование в среде MMANA униполяризационной зигзагообразной антенны, содержащей два незамкнутых витка, расположенных в одной плоскости один над другим, повернутых друг к другу незамкнутыми концами и два незамкнутых витка, расположенных в той же плоскости, каждый из которых повернут относительно рядом расположенного на  $90^\circ$ , повернутых друг к другу незамкнутыми концами, незамкнутые витки идентичны и выполнены в форме равнобедренных треугольников, вписанных в квадрат таким образом, что их смежные стороны являются общими, образующими половины диагоналей квадрата, а их основания образуют стороны квадрата, при этом незамкнутые в центре четыре образовавшихся конца являются клеммами двух источников питания, подключаемых перекрестно в центре диагоналей для поворота плоскости поляризации с соотношениями фазового сдвига между этими источниками:  $0^\circ$  - для вертикальной поляризации;  $180^\circ$  - для горизонтальной поляризации;  $90^\circ$  - для круговой поляризации.

Предлагаемая униполяризационная зигзагообразная антенна иллюстрируется чертежами, представленными на рис. 1 – 7.

В приложении 1 на рис. 1 показаны эскизы рассматриваемых антенн, на рис. 2 – эскиз предлагаемой антенны, на рис. 3 – диаграммы направленности и основные параметры двойной треугольной антенны с горизонтальной поляризацией, на рис. 4 – диаграммы

направленности и основные параметры вписанной в квадрат двойной треугольной антенны с горизонтальной поляризацией, на рис. 5 – диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с вертикальной поляризацией, на рис. 6 – диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с горизонтальной поляризацией, на рис. 7 – диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с круговой поляризацией (а – вертикальная поляризация, б – горизонтальная).

Униполяризационная зигзагообразная антенна имеет конструкцию в виде квадрата со сторонами из оснований незамкнутых витков, выполненных в форме равнобедренных треугольников 1, 2, 3 и 4, вписанных в квадрат. Смежные стороны равнобедренных треугольников являются общими и образуют половины диагоналей квадрата 5, 6, 7 и 8. Незамкнутые в центре четыре образовавшихся конца являются клеммами а и б, в и г двух источников питания 9 и 10 подключаемых перекрестно в центры диагоналей 5-6, 7-8.

Униполяризационная зигзагообразная антенна работает следующим образом.

Наведённый источником питания 9 ток протекает, например, от точки “а” по полудиagonали 5, раздваиваясь на основания треугольников 1 и 3 и далее, через основания треугольников 4 и 2, складываясь на полудиagonали 6, течет в точку “б”. При синфазном включении источников питания, наведённый источником питания 10, ток от точки “в”, при сдвиге фаз в  $0^\circ$ , одновременно с током из точки “а”, течет по полудиagonали 7, раздваиваясь на основания треугольников 1 и 4 и далее, через основания треугольников 3 и 2, складываясь на полудиagonали 8, течет в точку “г”. Таким образом, на верхней и нижней сторонах квадрата токи будут течь в противоположных направлениях, компенсируясь, а на боковых стенках квадрата токи будут течь в одинаковых направлениях, удваиваясь и обеспечивая работу антенны в режиме вертикальной поляризации. При противофазном включении источников питания, наводимые одним из источников питания токи будут противоположны и, соответственно, на тех участках, на которых при синфазном включении токи складываются, будут вычитаться, а на тех участках, на которых компенсируются, будут складываться. Таким образом, при изменении фаз токов на  $180^\circ$  поляризация предлагаемой антенны изменяется на  $90^\circ$ , то есть антенна будет работать в режиме горизонтальной поляризации, что также отличает предлагаемую антенну от прототипа. В режиме круговой поляризации антенна будет работать со сдвигом фаз между источниками питания в  $90^\circ$  и в зависимости от опережения или отставания фаз одного из источников питания относительно другого будет реализована круговая поляризация с правой или левой стороной вращения плоскости поляризации.

Работу униполяризационной зигзагообразной антенны подтверждают результаты электронного моделирования в среде MMANA, что видно по диаграммам направленности в разных режимах работы антенны, где на рис. 3 – работа двойной треугольной антенны с горизонтальной поляризацией, на рис. 4 – работа вписанной в квадрат двойной треугольной антенны с горизонтальной поляризацией. В этих режимах нет излучений с паразитными, не основными, поляризациями. На рис. 5 диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с вертикальной поляризацией. На рис. 6 диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с горизонтальной поляризацией, а на рис. 7 видны обе а) – горизонтальная и б) – вертикальная составляющие, что соответствует режиму круговой поляризации. Кроме этого, уменьшенный отдельно по графикам на 3 dBd коэффициент усиления, при суммировании, дает одно и то же усиление антенны в разных режимах, что является еще одним подтверждением уникальности полученных в работе результатов.

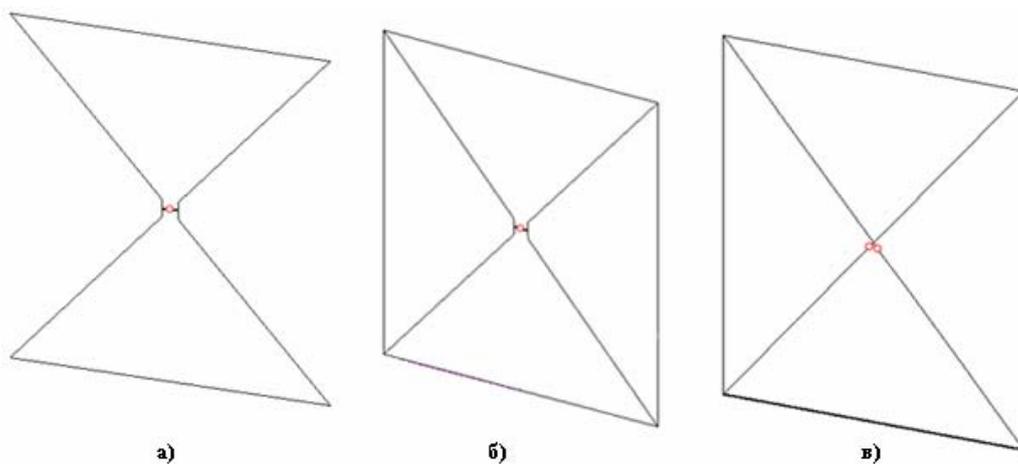


Рис. 1. Эскизы рассматриваемых антенн

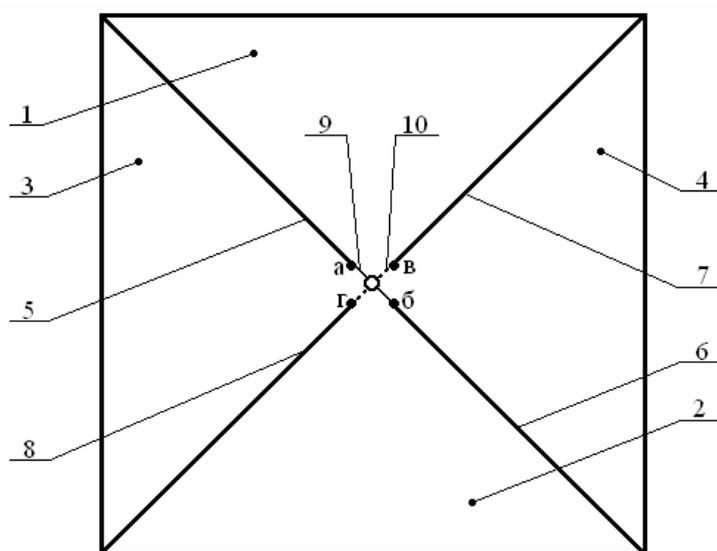


Рис. 2. Эскиз предлагаемой антенны

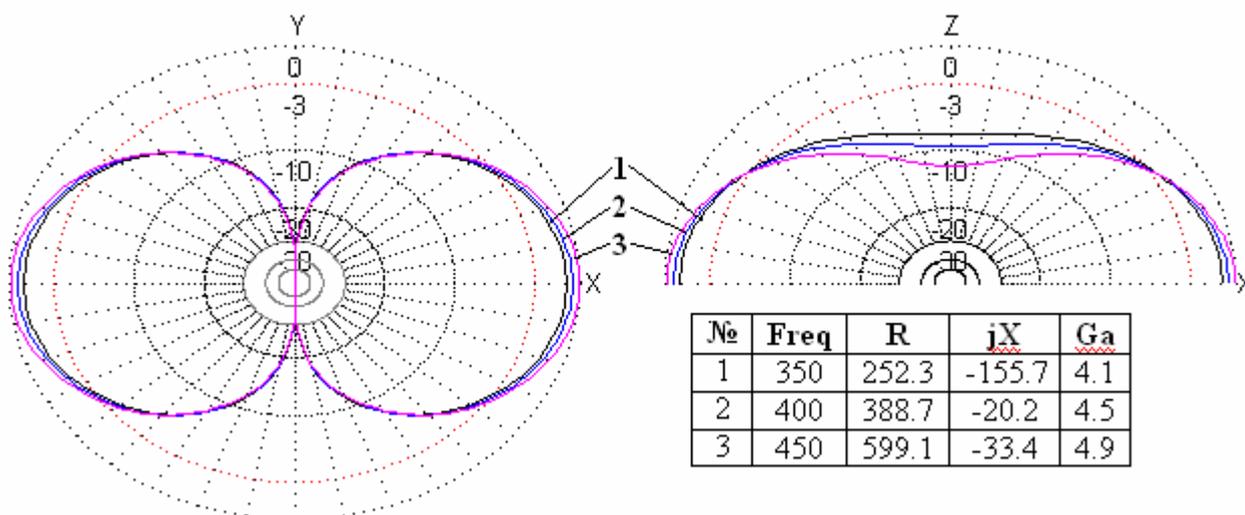


Рис. 3. Диаграммы направленности и основные параметры двойной треугольной антенны с горизонтальной поляризацией

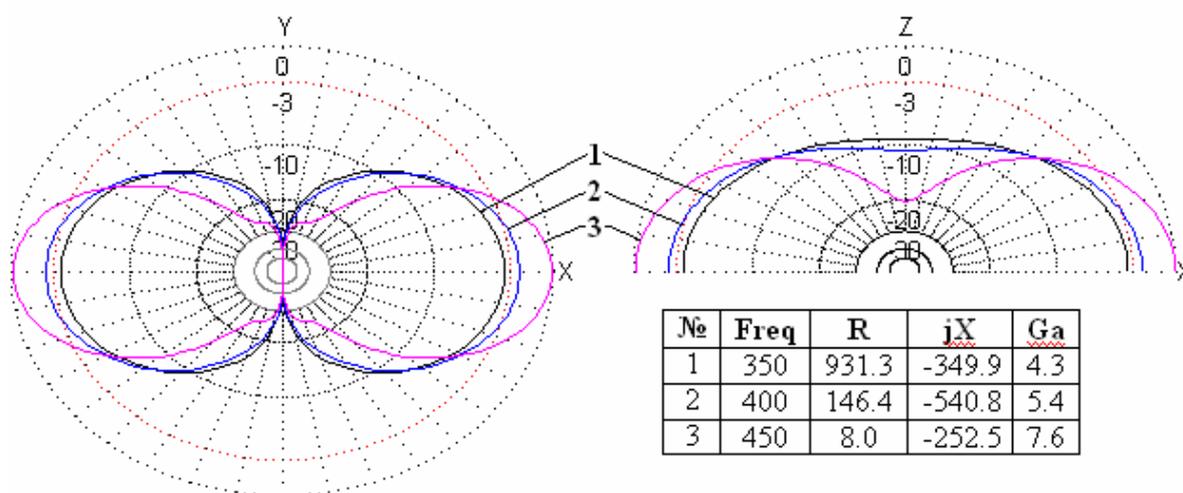


Рис. 4. Диаграммы направленности и основные параметры вписанной в квадрат двойной треугольной антенны с горизонтальной поляризацией

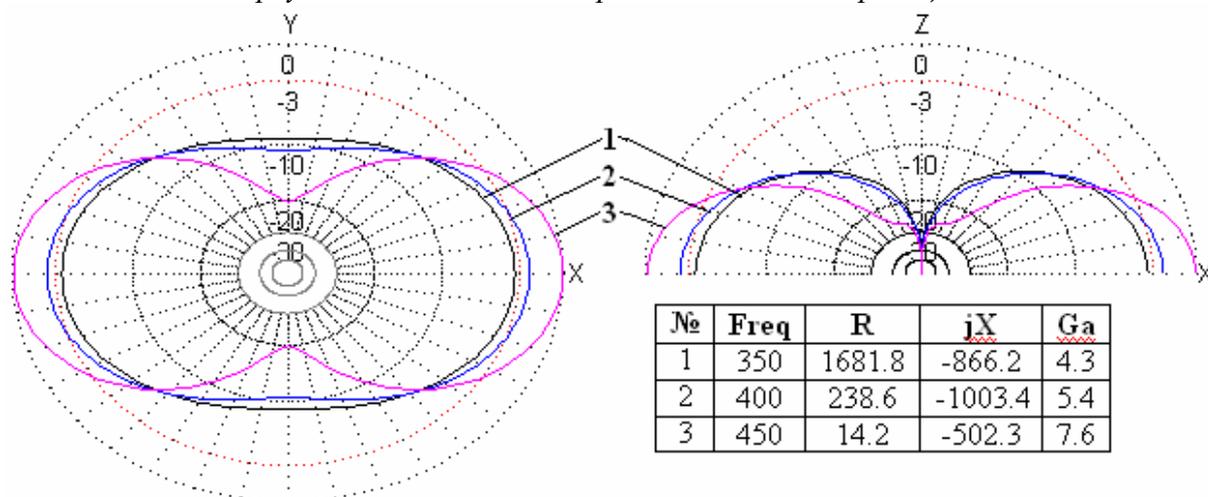


Рис. 5. Диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с вертикальной поляризацией

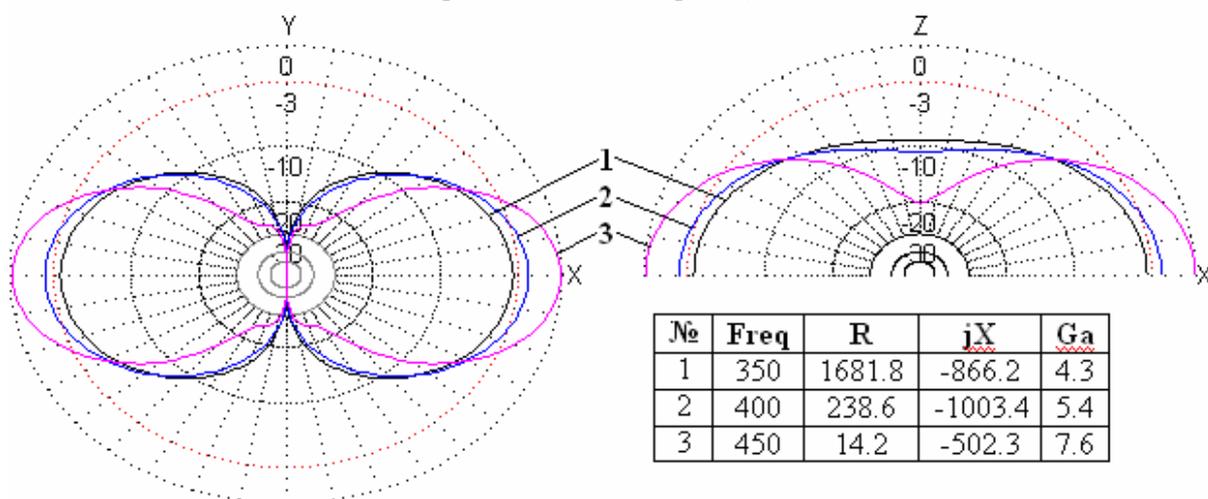
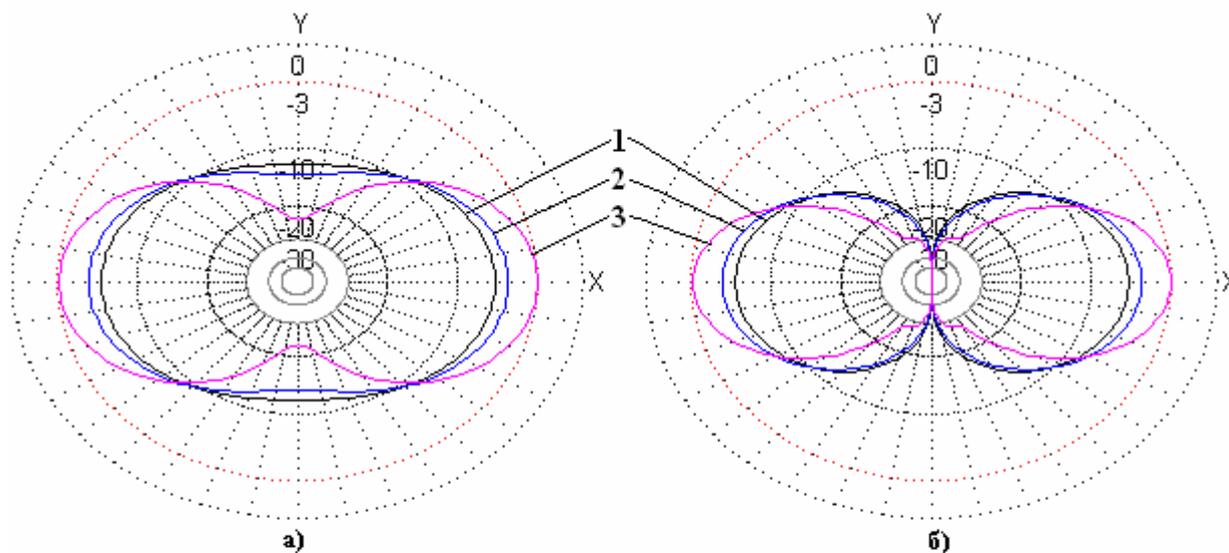


Рис. 6. Диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с горизонтальной поляризацией



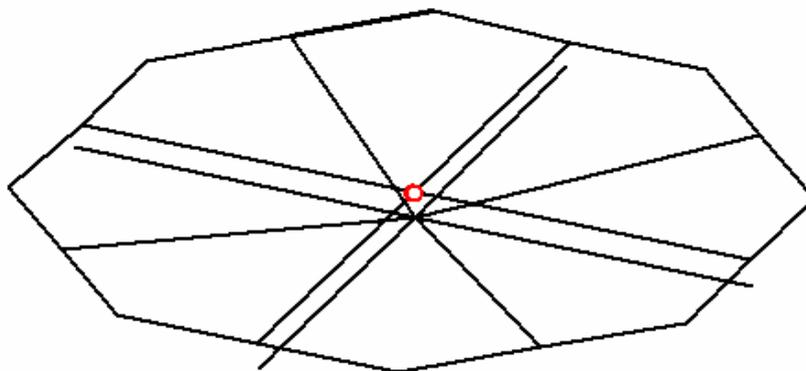
<b>Freq</b>	<b>R</b>	<b>jX</b>	<b>Ga</b>
350	1681.8	-866.2	4.3
400	238.6	-1003.4	5.4
450	14.2	-502.3	7.6

**Рис 7.** Диаграммы направленности и основные параметры предлагаемой антенны с круговой поляризацией (а – вертикальная поляризация, б – горизонтальная)

## КОСПАС-SARSAT – ИННОВАЦИОННОЕ АНТЕННОЕ УСТРОЙСТВО

**Милкин В.И., Калитёнков Н.В., Гурин А.В.** (г. Мурманск, Морская Академия МГТУ, кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, [KalitenkovNV@mstu.edu.ru](mailto:KalitenkovNV@mstu.edu.ru))

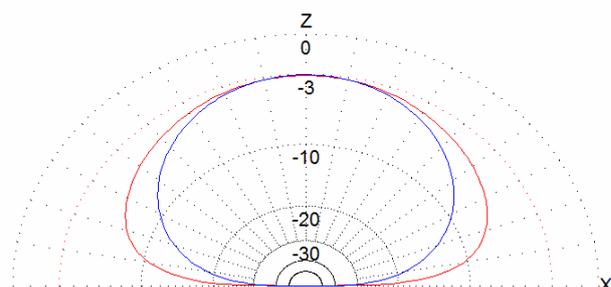
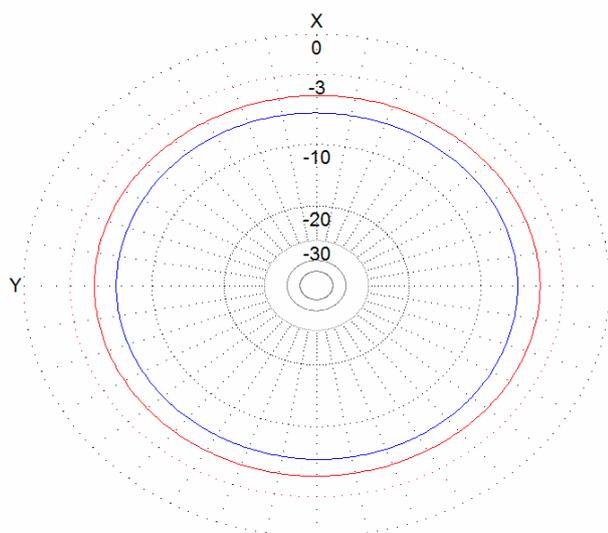
Особое место в Глобальной морской системе связи при бедствии принадлежит Международной спутниковой системе поиска и спасения КОСПАС-САРСАТ, являющейся единственным средством, предназначенным для того, чтобы в любое время суток, в любых гидрометеорологических условиях и в любой точке земного шара обнаружить терпящее бедствие судно, опознать его и определить с высокой точностью его координаты. Сигналы АРБ с частотой 406 МГц принимаются низкоорбитальными ИСЗ и ретранслируются на наземные станции для дальнейшей обработки - определения координат, опознавания и передачи сообщения о бедствии в координационный центр, в зону ответственности которого входит место бедствия. Не без учета того, что основными видами антенн на плавающих буях являются антенны с вертикальной поляризацией, которые не в полной мере решают проблемы надежной электромагнитной доступности, имеет право на существование нестандартный подход к антенному оснащению таких радиобуев. В качестве антенного устройства предлагается широкополосная антенна, выполненная на базе z-элементов и являющаяся всенаправленной антенной круговой поляризации. Вид антенны представлен на рисунке.



Диаграммы направленности данной антенны с вертикальной и горизонтальной поляризациями в горизонтальной и вертикальной плоскостях с основными параметрами показаны на следующем рисунке

Как следует из электрических характеристик и диаграмм направленности, полученных в результате электронного моделирования, предлагаемая антенна представляет интерес, как удовлетворяющая требованиям, предъявляемым к антенным устройствам системы Коспас-Сарсат. Несмотря на нестандартную конструкцию, отличающуюся от классически используемых антенн в устройствах плавающих буйев, данное техническое решение может выгодно изменить их конструкцию и обеспечит повышение визуальной и радиолокационной заметности, механической надежности и технологичности. Кроме этого плоская и симметричная конструкция предлагаемого антенного устройства одновременно обеспечивает, из за физики формирования диаграмм направленности, размещение в центре симметрии любых устройств, например антенны GPS, без ухудшения основных параметров рассматриваемой антенны.

☑ +90 da



Ga : 17.85 dBi = 0 dB (V поляризация)  
F/B: -1.24 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр  
F: 40.600 МГц  
Z: 225.672 - j1349.981 Ом  
КСВ: 166.2 (50.0 Ом),  
Elev. гр.: 89.4 гр. (Реал. земля. Высота = 0.22 м)

Предложенная антенна имеет простую в изготовлении конструкцию и, соответственно, легкую повторяемость. Это делает ее привлекательной для широкого внедрения в качестве всенаправленной антенны круговой поляризации. Дополняя ряд известных на сегодняшний день антенн, данное антенное устройство по своим техническим и эксплуатационным показателям существенно превосходит их.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОВРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ УЗКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА И СИГНАЛА С РАСШИРЕННЫМ СПЕКТРОМ КАК МЕТОД СТЕГАНОГРАФИИ**

**Жарких А.А., Гурин А.В., Пластунов В.Ю.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра РТКС, e-mail: zharkikh090107@mail.ru, zharkihaa@mstu.edu.ru, gurinav@mstu.edu.ru plvasily@yandex.ru*)

This paper presents mathematical modeling results of digital data steganography method. The proposed method is based on the direct-sequence spread spectrum. The method idea is in using narrowband signal as container while message is transmitting in the spread-spectrum signal.

Предлагаемый метод стеганографии основан на одновременной передаче узкополосного (контейнера) и широкополосного (скрываемое сообщение) сигналов. В работе представлены структурные схемы внедрения и извлечения скрываемого сообщения, а также результаты математического моделирования.

Конкретная реализация любого из методов стеганографии тесно связана с физической природой сигнала-сообщения и сигнала-контейнера. Чаще всего в качестве контейнера выбираются аудиосигналы и изображения. Для высококачественного воспроизведения аудиосигналов и изображений современная техника использует цифровую запись таких сигналов. В силу своей аналоговой природы, аудиосигналы и изображения содержат избыточную информацию которую легко заменить на внедряемое сообщение. При этом битовый состав стего отличается от битового состава контейнера, и это не должно обнаруживаться при помощи человеческих органов чувств и оказывать существенного влияния на работу телекоммуникационной системы. Исключения составляют ряд методов внедрения цифрового водяного знака (ЦВЗ), где водяной знак выступает не в роли скрываемого сообщения, а в роли метки и, поэтому, может быть легко замечен, и может накладывать определенные ограничения на редактирование стего (контейнера с внедренным ЦВЗ).

Для обнаружения наличия скрытого сообщения, определения использованного метода стеганографии и извлечения скрытого сообщения используются методы стегоанализа. Использование методов стегоанализа называется стегоатакой.

Необходимо отметить, что термины «незаметность» и «необнаруживаемость» тесно связаны с физической структурой и параметрами контейнера, сообщения и стего. Поэтому необходимо говорить об измерительном приборе (или системе), с помощью которого нельзя обнаружить конкретное сообщение в конкретном стего. Этим прибором может быть глаз, ухо человека, органы осязания, обоняния, или некоторые созданные человеком приборы, основанные на измерении звуковых или электромагнитных колебаний.

В зависимости от принципа действия и параметров приборы и системы могут обнаруживать скрываемые сообщения конкретной группы стеганографических методов либо производить общий стегоанализ, стараясь обнаружить сообщение скрытое при помощи ранее неизвестных методов (т.н. «слепой» стегоанализ).

Таким образом, для обнаружения сообщения необходим специальный приемник, а для извлечения сообщения необходима дополнительная информация о параметрах встраивания. Так, например, если для приема используется узкополосный приемник, то сообщение, встроеное в широкополосный сигнал будет незаметным для приемника.

Прямое расширения спектра сигнала довольно широко применяется в методах стеганографии. В [1] подчеркивается, что основными достоинствами методов стеганографии с расширением спектра сигналов являются: устойчивость к шуму, некоррелированному с

отсчетами сообщения, малое увеличение энергии сигналов при внедрении сообщения, возможность работы при низком отношении сигнал/шум, что уменьшает риск появления слышимых (видимых) искажений, повышает устойчивость к распространенным искажениям сигналов.

В работе [2] исследуется возможность приложения турбо кодов и псевдослучайных последовательностей к методам стеганографии изображений. Другим, более близким к теме нашей работы, примером использования прямого расширения спектра сигнала является метод [3], где в качестве сигнала контейнера выступает ТВ-сигнал с медленной разверткой (SSTV) с полосой в 3 кГц, а сам метод внедрения сообщения заключается в добавлении к несущей сигнала-контейнера масштабированного сигнала сообщения с расширенным спектром. В указанной работе также предлагается использовать турбо-кодер для борьбы с замираниями сигнала и потерями в атмосфере, блок перемежения для борьбы с пакетами ошибок, дифференциальную фазовую манипуляция ФМ-2 для борьбы с фазовыми искажениями сигнала, появляющимися при прохождении сигнала через ионосферу и фильтр, частотная характеристика которого пропорциональна корню из приподнятого косинуса (RRC), используемый для ограничения расширенного спектра сообщения до 3 кГц.

Рассмотрим стеганографический метод передачи данных, когда одновременно с основными данными (контейнером) передается скрытая информация (сообщение), при этом, передача контейнера осуществляется с использованием относительно узкополосного метода передачи данных, например ФМ, а сообщение подвергается модуляции с расширением спектра сигнала, например ФМ-ШПС [4].

На передающей стороне производится модуляция двух битовых потоков и суммирование получившихся сигналов. Пусть битовый поток 1 это контейнер, а 2 – сообщению.

Для приема стего необходим двухканальный приемник. Каждый из каналов содержит фильтр и детектор фазы. Канал, настроенный на прием контейнера содержит фильтр с более узкой полосой пропускания, а канал, настроенный на прием сообщения, содержит фильтр с на более широкой полосой пропускания. После фильтрации сигналов в каждом из его каналов происходит детектирование фаз и демодуляция.

В канале приема узкополосного сигнала до принятия решения о значении переданного бита происходит накопление энергии сигнала за время передачи одного символа. В канале приема широкополосного сигнала используется или банк корреляторов, настроенных на все возможные задержки, или фильтр, согласованный с использующейся при расширении последовательностью. На выходе формируется сигнал, пропорциональный функции взаимной корреляции (ВКФ) между огибающей входного сигнала и огибающей эталонной расширяющей последовательности. Из-за использования расширяющих последовательностей особого вида, ВКФ будет иметь сильно выраженный максимум, по которому и принимается решение о значении переданного бита.

Как мы и отмечали ранее, применение такого метода позволяет за счет расширения спектра повысить помехоустойчивость. Оценку повышения помехоустойчивости можно получить при помощи имитационного моделирования. Имитационное моделирование показало возможность безошибочного приема сигнала сообщения с расширенным спектром даже в условиях отрицательного отношения С/Ш (Дб) на входе приемника.

В качестве расширяющей последовательностей использованы последовательности максимальной длины, обладающие идеальными корреляционными свойствами.

Скорости битовых потоков контейнера и сообщения выбираются исходя из следующего. Если сформировать огибающие сигналов, сложить их и использовать одну несущую, то необходимо сформировать «кадры», длина которых будет наименьшим

кратным скоростей передачи битовых потоков контейнера и сообщения. Но если формировать модулированные ШП и УП сигналы, и затем их складывать, то отношение битовых скоростей контейнера и сообщения может быть любым.

В силу цифровой реализации соотношения между скоростями передачи должно быть целым или рациональным т.е.:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{q_1}{q_2} \quad (1)$$

Где  $T_1, T_2$  - длительности передачи бита контейнера и чипа сообщения соответственно  $q_1, q_2$  - взаимно простые натуральные числа, т.е. дробь несократима, а если дробь сократима, то ее можно сократить, таким образом  $q_2 T_1 = q_1 T_2$ , В случае  $q_1 = q_2$  скорости равны,  $q_1 > q_2$  скорость контейнера меньше скорости сообщения,  $q_1 < q_2$  скорость контейнера больше скорости сообщения.

При таком соотношении  $T = q_2 T_1 = q_1 T_2$  - минимальный интервал времени на котором укладывается целое число канальных символов. Это минимальный цикл, по которому должна устанавливаться цикловая синхронизация.

В силу того, что методы синхронизации сигналов с прямым расширением спектра разработаны очень хорошо, их реализация не должна вызвать значительных затруднений. Так, например, распространенным способом снижения требований к синхронизации методов с расширением спектра сигнала, является применение избыточного чипового кодирования – каждый чип в расширяющей последовательности повторяется несколько раз.

Для повышения помехоустойчивости метода, перед применением к скрываемому сообщению расширения спектра, можно использовать различные виды кодирования, перемежение и другие подходы.

Для оценки характеристик метода, структурная схема которого показана на рисунках 1,2, создана имитационная модель.

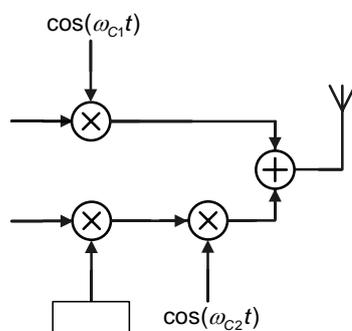


Рис. 1 Структурная схема внедрения сообщения

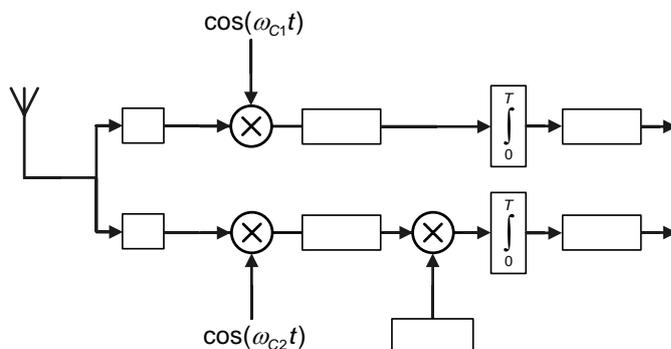


Рис. 2 Структурная схема извлечения сообщения

Узкополосный сигнал  $s_1$  имеет вид:

$$s_1(t) = \sum_{k=1}^N U_m \cos(\omega_{c1}t + \varphi_k) [\sigma(t - (k-1)T_b) - \sigma(t - kT_b)] \quad (2)$$

Здесь  $\sigma(t)$  – функция Хевисайда,  $N$  – количество бит в сообщении-контейнере,  $U_m$  – амплитуда сигнала сообщения-контейнера,  $\omega_{c1} = 2\pi f_{c1}$  – частота несущей,  $\varphi_k$  – фаза,  $\varphi_k = 0$ , если в сообщении-контейнере передается 0,  $\varphi_k = \pi$ , если передается 1,  $T_b$  – длительность передачи одного бита контейнера.

При формировании широкополосного сигнала каждому биту входной последовательности ставится в соответствие  $M$  – последовательность длиной 127 символов. В данном примере единице соответствует прямая  $M$ -последовательность, а нулю – инвертированная  $M$ -последовательность.

Широкополосный сигнал  $s_2$  имеет вид

$$s_2(t) = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} U_{m2} \cos(\omega_{c2}t + \varphi_{k,m}) \cdot [\sigma(t - ((k-1)N_2T_C + (n-1)T_C)) - \sigma(t - ((k-1)N_2T_C + nT_C))] \quad (3)$$

Где  $N_1$  – количество бит в скрытом сообщении,  $N_2$  – длина расширяющей последовательности,  $U_{m2}$  – амплитуда сигнала скрытого сообщения,  $\omega_{c2} = 2\pi f_{c2}$  – частота несущей,  $\varphi_{k,m}$  – фазовый сдвиг.  $\varphi_k = 0$ , если передается 0,  $\varphi_k = \pi$ , если передается 1. Здесь нужно помнить о том, каждый бит скрытого сообщения расширен  $M$ -последовательностью, и  $T_C$  – длительность передачи одного элементарного символа расширяющей последовательности (чипа).

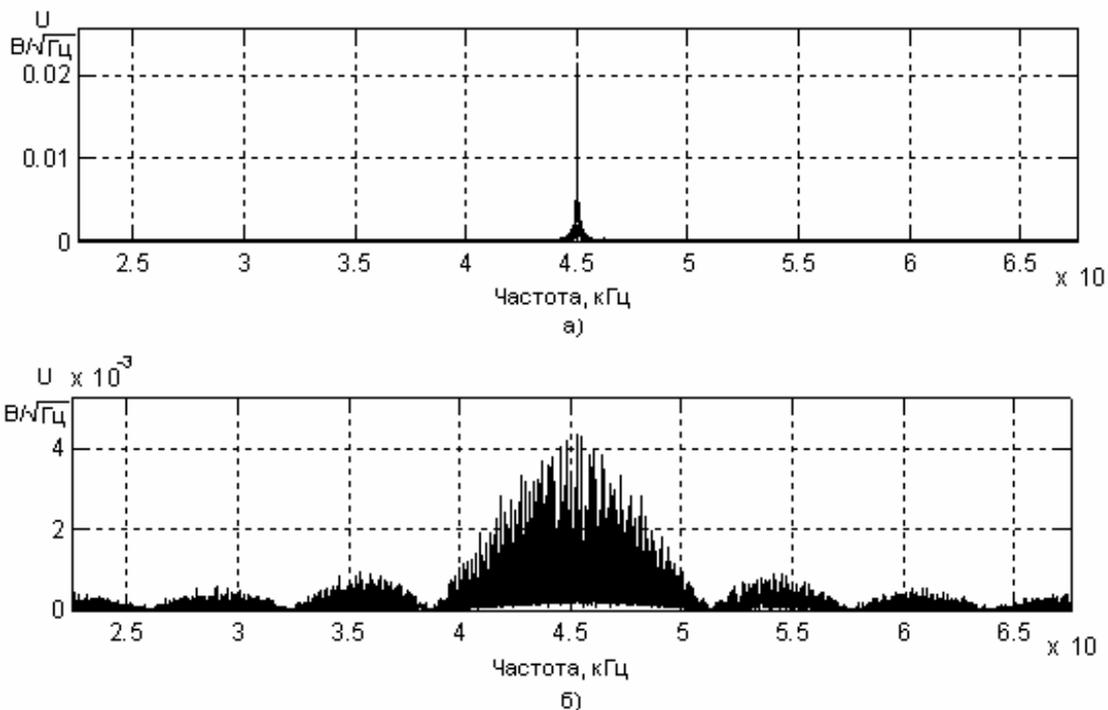


Рис. 3 Амплитудные спектры сигнала-контейнера а) и широкополосного сигнала-сообщения б).

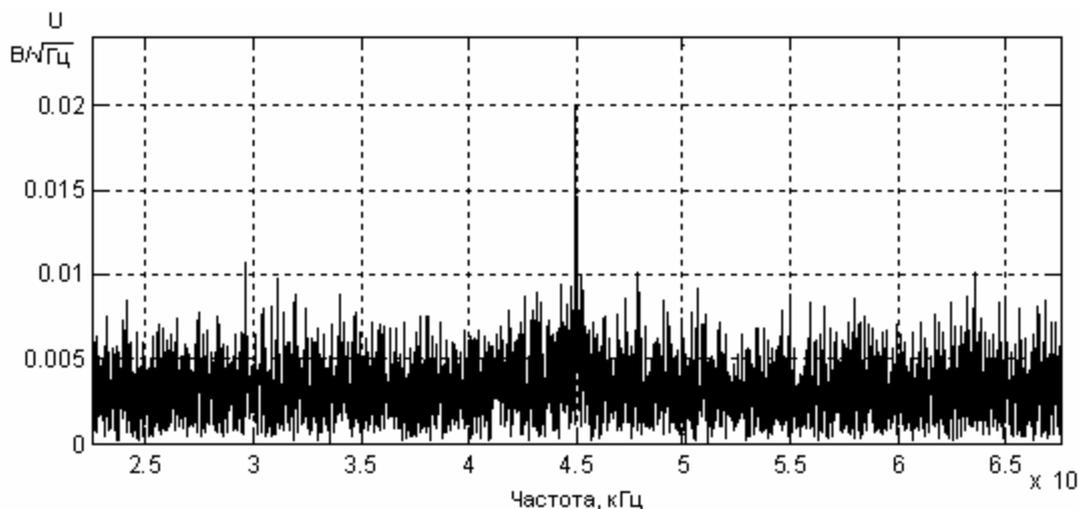


Рис. 4 Спектр суммы стего-сигнала и шума, в канале передачи.

Амплитудные спектры узкополосного и широкополосного сигналов до суммирования показаны на рисунке 3 над буквами а) и б) соответственно. В качестве модулирующего сигнала (контейнера) использовалась последовательность из чередующихся нулей и единиц. Сообщение передавалось с той же скоростью, что и контейнер. Биты сообщения расширены М-последовательностью длиной 127 чипов.

На рис. 4 приведен спектр стего в канале с белым гауссовым шумом (спектральная плотность мощности шума -  $5 \cdot 10^{-3}$ ) – на фоне шумов заметен пик узкополосного сигнала, но широкополосный сигнал скрыт под шумами. При этом, прием битов как контейнера, так и сообщения, происходит безошибочно при выбранных параметрах.

В будущем предполагается исследовать модификацию метода, когда оба канала являются широкополосными при условии существенно большего расширения спектра одного из сигналов по сравнению с другим. В этом случае отношение  $s/\sigma$  может быть меньше 1 как для сообщения, так и для контейнера, тогда два сигнала будут передаваться «под шумами».

Рассмотренный метод и его модификации являются довольно простыми и могут быть легко реализованы на современной элементной базе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cox I.J., Miller M., Bloom J., Fridrich J., Kalker T. Digital watermarking and steganography. -Morgan Kaufmann, 2007. - 593 p.
2. Anil Kumar, Navin Rajpal. Application of T-Code, Turbo Codes and Pseudo-Random Sequence for Steganography // Journal of Computer Science 2 (2), 2006. pp. 148-153.
3. Andreas Westfeld Steganography for Radio Amateurs – A DSSS Based Approach for Slow Scan Television // Lecture Notes in Computer Science - Volume 4437/2007 pp. 201–215.
4. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М.: «Радио и связь», 1985. — 384 с.

## МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА С МЕТАМАТЕРИАЛОМ В КАЧЕСТВЕ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ

**Пономарев О.П., Клишин С.М.** (г. Калининград, ФГОУ ВПО «Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота», кафедра информационной безопасности, [ponomarev7713@mail.ru](mailto:ponomarev7713@mail.ru), [klishin.sergey@mail.ru](mailto:klishin.sergey@mail.ru))

This paper discusses how metamaterial are impacting antenna miniaturization and performance improvements. Numerically and experimentally the performance of the microstrip antenna when metamaterial composed of split ring resonator (SRR) is placed above the patch element, are discussed. The measured result has a good agreement with the simulation. An enhancement in the directivity, return loss characteristics and cross polarization level, is observed.

Активные исследования материалов с отрицательными значениями диэлектрической и (или) магнитной проницаемости (метаматериалов), физические процессы в которых впервые проанализированы в работе [1], позволили определить новое направление развития технологий антенной техники. Использование лево- (LHM) и правосторонних (RHM) метаматериалов позволяет выполнить миниатюризацию антенных устройств и узлов СВЧ аппаратуры, увеличить полосу пропускания антенн и устройств СВЧ, обеспечить многофункциональность радиоэлектронной аппаратуры, улучшить частотную избирательность. Применение метаматериалов в составе фазированных антенных решеток (ФАР) ослабляет эффект их ослепления за счет уменьшения взаимной связи между излучателями по поверхностным волнам, обеспечивает широкоугольное согласование элементов ФАР при сканировании диаграммой направленности (ДН).

Часто понятие метаматериала (EBG – Electromagnetic Band-Gap – структуры) связывается с частотно-селективной поверхностью (ЧСП), структурными единицами которой являются печатные (объемные) вибраторы и (или) кольцевые щелевые резонаторы (SRR), образующие периодическую решетку или используемые в составе антенн и устройств СВЧ [2]. Метаматериалы и антенны используются в следующих комбинациях: в экране подложки микрополосковых антенн (МПА); в качестве вертикальной периодической структуры под излучающим элементом [3]; над излучающим элементом в виде МПА, полосковой или волноводной ФАР [4, 5]; в излучающем элементе МПА; перестраиваемая  $r-i-p$  - диодами ЧСП в составе ФАР и антенн вытекающих волн [6, 7]. Метаматериалы нашли применение в составе резонаторов Фабри-Перо, цилиндрических резонаторов и сверхминиатюрных антенн миллиметрового диапазона [8-10].

При реализации двойного SRR в экране МПА наблюдается разделение резонансной кривой на два участка. В зависимости от ориентации осей симметрии SRR и излучающего элемента, МПА с коаксиальным возбуждающим зондом имеет линейную или круговую поляризацию. Так, экспериментальный образец МПА с кольцевым щелевым резонатором в экране, выполненной на подложке толщиной 1 мм с диэлектрической проницаемостью 2,65, работает на частоте 4,37 ГГц при круговой поляризации поля и на частотах 4,04 и 4,82 ГГц при линейной поляризации [11]. При делении печатного элемента на сегменты и обеспечении электромагнитной связи между ними интегральными индуктивностями и емкостями, антенна демонстрирует хорошее согласование импеданса в заданной полосе частот и повышение коэффициента усиления (КУ) по сравнению с прототипом. Для МПА с излучающим элементом, разделенным на четыре сегмента размерами  $\lambda/10 \times \lambda/10$ , выполненной на подложке толщиной 0,38 мм, расположенным над экраном на высоте  $\lambda/20$  ( $\lambda$  - длина волны в свободном пространстве), на вертикальной поляризации поля полоса

пропускания составляет 53 МГц при уровне обратных потерь не более -10 дБ и коэффициенте использования поверхности 70% [12].

Применение метаматериала в качестве ЧСП над печатным элементом привлекательно с технологической точки зрения и позволяет управлять обратными потерями (коэффициентом стоячей волны по напряжению - КСВН), КУ и уровнем кросс-поляризации антенны. Для проверки влияния правостороннего метаматериала с отрицательной магнитной проницаемостью на электрические характеристики печатных антенн по аналогии с [4] проведено моделирование S-параметров прямоугольной МПА с входным сопротивлением 156 Ом, резонансной частотой 9,8 ГГц. Антенна была выполнена на материале ФАФ-4Д толщиной 1,5 мм с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r = 2,4$  и возбуждалась от 50-Омной микрополосковой линии через согласующий трансформатор и полосково-коаксиальный переход. Метаматериал выполнен на подложке ФАФ-4Д в виде 5x5 решетки квадратных SRR (длина стороны элемента 4 мм, ширина щели 1,2 мм, шаг решетки 5,5 мм) и располагался на регулируемой высоте над излучающим элементом (рис.1).

Моделирование S-параметров МПА и метаматериала, его коэффициента преломления, ДН в Е- и Н-плоскостях, КУ, проведено в программе HFSS. Экспериментальное исследование S-параметров антенны проведены на измерителе модуля коэффициента передачи и отражения P2M-18 для различной высоты метаматериала над МПА. Для измерения КУ антенны использовался эталонный прямоугольный рупор с размерами раскрытия  $84 \times 101,5 \text{ мм}^2$  на частоте облучения 10 ГГц из дальней зоны от генератора Г4-83.

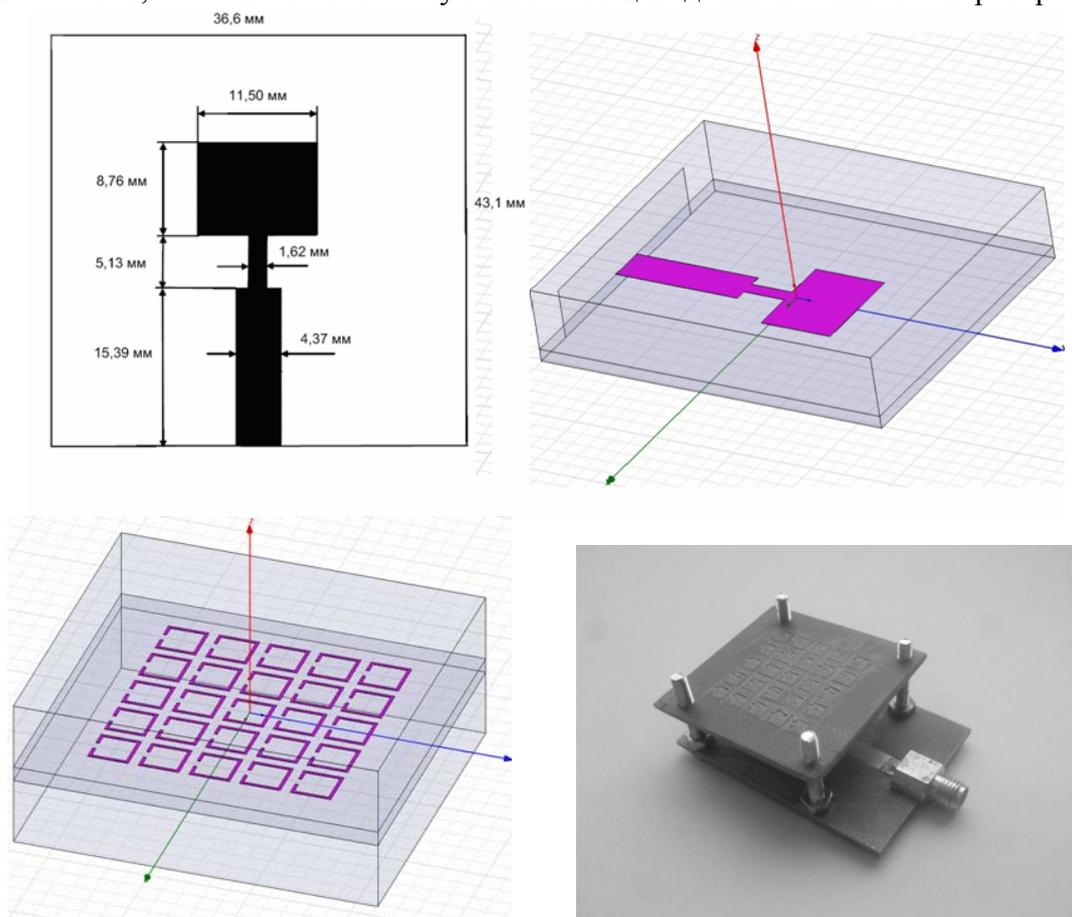


Рис.1. Геометрия МПА, метаматериала и фотография прототипа антенны

По результатам моделирования и экспериментального исследования наилучшие электрические характеристики имела антенна с метаматериалом, расположенным на высоте 18 мм от поверхности печатного элемента. Установка метаматериала на высоте 18 мм по сравнению с одиночной МПА привела к снижению КСВН на резонансной частоте, расширению полосы пропускания в 3 раза и увеличению КУ с 7,72 дБ до 9,55 дБ (данные в табл.1). Задний лепесток ДН антенны с метаматериалом значительно ниже, чем у прототипа антенны без метаматериала (рис.2).

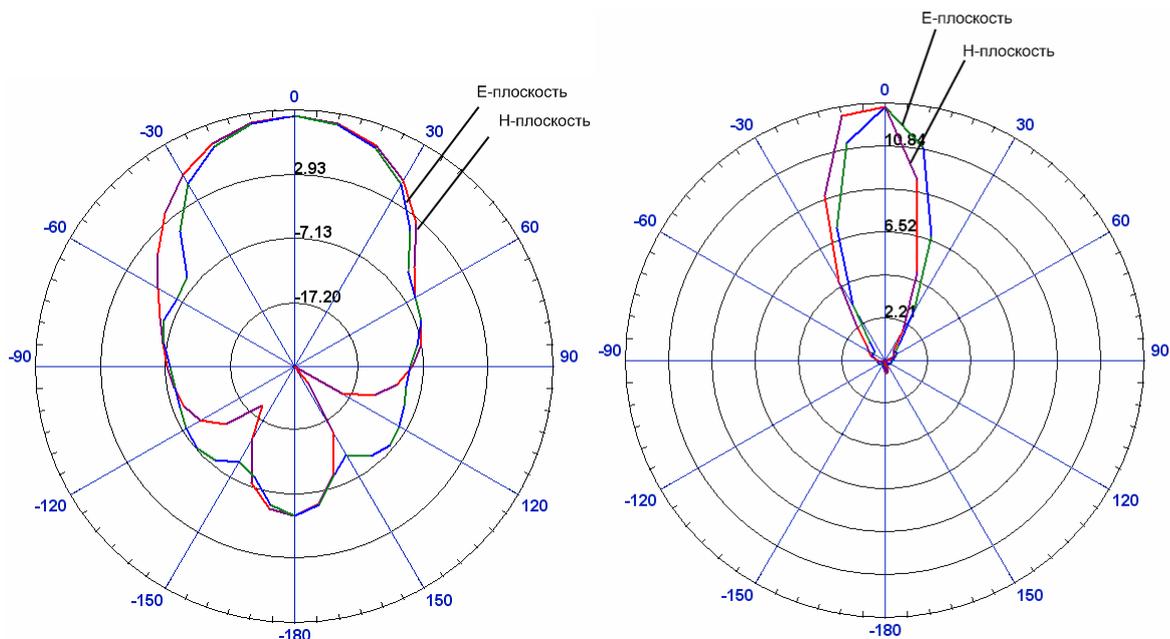


Рис.2. Диаграмма направленности одиночной МПА (а) и МПА с метаматериалом на высоте 18 мм (б) на частоте 10 ГГц

Таблица 1. Сравнение результатов моделирования и экспериментов

	Теория	Эксперимент
Одиночная МПА.	Резонансная частота - 9,8 ГГц. Полоса пропускания по уровню КСВН<2,0 – 405 МГц. КСВН=1,56. КУ=7,74 дБ.	Резонансная частота - 9,75 ГГц. Полоса пропускания по уровню КСВН<2,0 – 600 МГц. КСВН=1,48. КУ=7,72 дБ.
МПА с метаматериалом на высоте 15 мм.	Резонансная частота - 9,7 ГГц. Полоса пропускания по уровню КСВН<2,0 – 230 МГц. КСВН=1,87. КУ=12,04 дБ.	Резонансная частота - 9,7 ГГц. Полоса пропускания по уровню КСВН<2,0 – 250 МГц. КСВН=1,8. КУ=8,46 дБ.
МПА с метаматериалом на высоте 18 мм.	Резонансная частота - 10 ГГц. Полоса пропускания по уровню КСВН<2,0 – 1200 МГц. КСВН=1,29. КУ=12,82 дБ.	Резонансная частота - 9,7 ГГц. Полоса пропускания по уровню КСВН<2,0 – 1800 МГц. КСВН=1,1. КУ=9,55 дБ.

Список литературы:

1. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями  $\varepsilon$  и  $\mu$  // Успехи физических наук, т. 92, вып. 3, июль 1967, с.517-526.
2. D.R. Smith, Willie J. Padilla, D.C. Vier, S.C. Nemat-Nasser, S. Schultz. Composite Medium with Simultaneously Negative Permeability and Permittivity // The American Physical Society, Vol. 84, No. 18, 1 May 2000, p.p. 4184-4187.
3. Prathaban Mookiah, Kapil R. Dandekar. Metamaterial-Substrate Antenna Array for MIMO Communication System // IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. 57, No. 10, October 2009, p.p. 3283-3292.
4. Y.H. Liu, X.P. Zhao. Investigation of Anisotropic Negative Permeability Medium Cover for Patch Antenna // IET Microw. Antennas Propag., 2008, Vol. 2, No. 7, p.p. 737-744.
5. Juan Carlos Iriarte, Inigo Ederra, Ramon Gonzalo, Yan Brand, Aurelien Fourmault, Yves Demers, Luca Salgetti-Drioli, Peter de Maagt. EBG Superstrate Array Configuration for the WAAS Space Segment // IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. 57, No. 1, January 2009, p.p. 81-93.
6. A. Ourir, S.N. Burokur, A. de Lustrac. Electronically Reconfigurable Metamaterial for Compact Directive Cavity Antennas // Electronic Letters, 21<sup>st</sup> June 2007, Vol. 43, No. 13, p.p. 698-700.
7. Jing Liang, H.Y. David Yang. Microstrip Patch Antennas on Tunable Electromagnetic Band-Gap Substrates // IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. 57, No. 6, June 2009, p.p. 1612-1616.
8. Andrea Alu, Filiberto Bilotti, Nader Engheta, Lucio Vegni. Theory and Simulations of a Conformal Omni-Directional Subwavelength Metamaterial Leaky-Wave Antenna // IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. 55, No. 6, June 2007, p.p. 1698-1708.
9. James R. Kelly and Alexandros P. Feresidis. Array Antenna With Increased Element Separation Based on a Fabry-Perot Resonant Cavity With AMC Walls // IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. 57, No. 3, March 2009, p.p. 682-687.
10. Y. Lee, X. Lu, Y. Hao, C.G. Parini, J.R.G. Evans. Cylindrical EBG Antenna for Short Range Gigabit Wireless Communications at Millimetre-Wave Bands // Electronics Letters, 29<sup>th</sup> January 2009, Vol. 45, No. 3, p.p.136-138.
11. Hui Zhang, You-Quan Li, Xi Chen, Yun-Qi Fu, Nai-Chang Yuan. Design of Circular/Dual—Frequency Linear Polarization Antennas Based on the Anisotropic Complementary Split Ring Resonator // IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. 57, No. 10, October 2009, p.p. 3352-3355.
12. Marco A. Antoniades, George V. Eleftheriades. A Folded-Monopole Model for Electrically Small NRI-TL Metamaterial Antennas // IEEE Antennas and Wireless Propag. Vol. 7, 2008, p.p. 425-428.

## ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ ПРИ ПРЯМОМ СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Смирнов В.В. (г. Н.Новгород, НГТУ им Р.Е. Алексеева, кафедра теории цепей и телекоммуникаций, 99сск@mail.ru)

Many-dimensional (arbitrary dimensionality) probability distribution density receiving for linear continuous controlling system output is covered. In case if Volterr second-genus equations for these systems contain null parameters more effective solutions are found. All possible cases of null parameters are examined and final phrases for them are obtained.

Прямой статистический анализ линейных динамических систем автоматического управления позволяет найти наиболее общую характеристику случайного процесса на выходе линейной системы автоматического управления (САУ) – многомерную плотность распределения вероятностей (ПРВ). Основой метода последовательных приближений является описание линейной системы автоматического управления с помощью интегрального уравнения Вольтерра 2 рода:

$$k(t) \cdot x(t) + \int_{t_0}^t K(t, \tau) \cdot x(\tau) d\tau = l(t) \cdot \xi(t) + \int_{t_0}^t L(t, \tau) \cdot \xi(\tau) d\tau + f(t, t_0), \quad (1)$$

где  $x_k(t, t_0), x_{k+1}(t, t_0)$  –  $k$ -ое и  $(k+1)$ -ое приближения вектора размерности  $n$  выходных сигналов системы;  $\xi(t)$  – вектор размерности  $m$  входных (управляющих) воздействий;  $l(t), L(t, \tau), K(t, \tau), f(t, t_0)$  – члены интегрального уравнения Вольтерра 2 рода;  $t_0$  – момент начала функционирования системы (момент подачи управляющего воздействия);  $t$  – текущий момент времени ( $t_0 \leq t \leq b$ ),  $b = const$ .

Уравнение Вольтерра 2 рода на сегодняшний день не является распространенным методом описания линейных систем автоматического управления – как правило, САУ задаются в дифференциальной форме. Для преобразования дифференциального уравнения в интегральную форму можно воспользоваться методом, предложенным Брикманом [1].

Рассмотрим систему, описанную дифференциальным уравнением вида  $a_k(t) \cdot x^{(k)}(t) + a_{k-1}(t) \cdot x^{(k-1)}(t) + \dots + a_0(t) \cdot x(t) = b_l(t) \cdot \xi^{(l)}(t) + b_{l-1}(t) \cdot \xi^{(l-1)}(t) + \dots + b_0(t) \cdot \xi(t)$ , (2) где наборы переменных коэффициентов  $\{a_k(t), a_{k-1}(t), \dots, a_0(t)\}$  и  $\{b_l(t), b_{l-1}(t), \dots, b_0(t)\}$  состоят из матриц размерностей  $n \times n$  и  $n \times m$  соответственно.

При условии, что коэффициенты  $\{a_k(t), a_{k-1}(t), \dots, a_0(t)\}$ ,  $\{b_l(t), b_{l-1}(t), \dots, b_0(t)\}$  заданы, а система физически реализуема, т.е.  $l \leq k$ , уравнение (1) сводится к уравнению (X) с помощью ряда преобразований.

### Решение для детерминированных параметров

В [2] представлено решение уравнения Вольтерра 2 рода методом последовательных приближений для САУ с детерминированными параметрами. Показано, что приближение произвольного порядка  $m$  ПРВ выходного случайного процесса может быть найдено с помощью выражения

$$W_n(x_{m1}, \dots, x_{mn}; t_1, \dots, t_n) = \omega_n(f_{m1}(x_{m1}), f_{m2}(x_{m1}, x_{m2}), \dots, f_{mn}(x_{m1}, \dots, x_{mn}); t_1, t_2, \dots, t_n) \times \left[ \prod_{i=1}^n (*L_{ri} + l_{ri}) \right]^{-1} \times \left[ \prod_{i=1}^n \sum_{j=0}^{m-1} *K_{ri}^j \right]^{-1}, \quad (3)$$

где

$m$  – индекс вычисляемого приближения;  $n$  – количество временных отрезков исследуемого интервала  $(t_0, t)$ ;  $W_n(\dots)$  –  $n$ -мерная ПРВ выходного случайного процесса;  $\omega_n(\dots)$  –  $n$ -мерная ПРВ входного случайного процесса;  $t_0, t_1, \dots, t_n$  – моменты времени из интервала  $(t_0, t)$ ;

$$*L_{ri} = L(t, \tau_i) \cdot \Delta \tau_i, *K_{ri} = K(t, \tau_i) \cdot \Delta \tau_i, \Delta \tau_i = t_i - t_{i-1};$$

$$f_{mn}(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}) = \psi_{mn}(x_{m1}, \dots, x_{mn}) \cdot \frac{1}{*L_{rn} + l_{rn}} - \\ - \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \psi_{m,i}(x_{m1}, \dots, x_{m,i}) \cdot \frac{1}{*L_{rn} + l_{rn}} \frac{*L_{r,i}}{*L_{r,i} + l_{r,i}} \prod_{j=i+1}^{n-1} \frac{l_{r,j}}{*L_{r,j} + l_{r,j}} \right];$$

Функции  $\psi_{m,k}(x_{m1}, \dots, x_{m,k})$  формируются рекурсивно и учитывают все входящие в начальное интегральное уравнение параметры (рекуррентные выражения не приводятся в силу их значительного объема).

На основе формулы (3) был разработан программный продукт на языке C++, выполняющий вычисление одномерной и/или двумерной ПРВ на выходе САУ при заданных детерминированных характеристиках системы – членах уравнения Вольтерра 2 рода.

Испытания программы показали хорошие результаты: совпадение теоретически полученных значений с экспериментальными данными, быструю сходимость ряда с ростом индекса вычисляемого приближения и т.д.

Из анализа уравнения Вольтерра следует, что любой из параметров уравнения (1) может в отдельные моменты времени, или на всем протяжении исследования, принимать нулевые значения. Яркий пример систем с частично нулевыми параметрами – САУ с запаздыванием. Уравнения Вольтерра для них могут содержать интегральные ядра  $L(t, \tau)$  и  $K(t, t_0)$  с нулевыми значениями для моментов времени меньших времени задержки и ненулевыми в остальное время [1]. Необходимость рассмотрения всего спектра параметров САУ, как полностью, так и частично нулевых, обусловлена и значительным увеличением вычислительных ресурсов при повышении точности исследования: увеличение индекса вычисляемого приближения, увеличение количества рассматриваемых моментов времени  $t_n$  на интервале  $(t_0, t)$  и пр. Логично предположить, что рассмотрение меньшего числа параметров исходного уравнения приведет к более компактному решению, что позволит производить вычисления по упрощенной формуле.

### Решение для нулевых и частично нулевых параметров

Нахождение решения уравнения (1) с одним или несколькими нулевыми элементами, на первый взгляд, возможно простым занулением соответствующих коэффициентов в уравнении (3). Действительно, детерминированные постоянные или переменные параметры уравнения Вольтерра описываются с вероятностной точки зрения как произведения дельта-функций с аргументами равными значениям параметра в рассматриваемое время [2]. Так, плотность распределения вероятностей интегрального ядра  $L(t, \tau)$  примет вид

$$q_n(L_1, \dots, L_n; t_1, \dots, t_n) = \prod_{k=1}^n \delta[L_k - L_r(t, \tau_k)] = \prod_{k=1}^n \delta(L_k - L_{rk}). \quad (4)$$

В этой форме параметры участвуют в совместной плотности распределения вероятностей, описывающей исходное уравнение (1). При условии, что тот или иной параметр принимает нулевые значения, его многомерная ПРВ примет вид (например, в при нулевом интегральном ядре  $L(t, \tau)$ )

$$q_n(L_1, \dots, L_n; t_1, \dots, t_n) = \prod_{k=1}^n \delta[L_k - L_r(t, \tau_k)] = \prod_{k=1}^n \delta(L_k - 0). \quad (5)$$

Многомерная ПРВ (5) интегрального ядра  $L(t, \tau)$  может быть использована при составлении многомерной ПРВ выходного процесса и в соответствующих функциональных преобразованиях [2]. Очевидно, что решение будет отличаться от выражения (3) нулевыми значениями ряда  $L_{r1}, \dots, L_{rn}$ , т.е. (2) примет вид

$$W_n(x_{m1}, \dots, x_{mn}; t_1, \dots, t_n) = \omega_n(f_{m1}(x_{m1}), f_{m2}(x_{m1}, x_{m2}), \dots, f_{mn}(x_{m1}, \dots, x_{mn}); t_1, t_2, \dots, t_n) \times \\ \times \left[ \prod_{i=1}^n l_{ri} \right]^{-1} \times \left[ \prod_{i=1}^n \sum_{j=0}^{m-1} * K_{ri}^j \right]^{-1}, \quad (6)$$

где  $f_{mn}(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}) = \psi_{mn}(x_{m1}, \dots, x_{mn}) \cdot \frac{1}{l_{rn}}$ .

Функции  $\psi_{m,k}(x_{m1}, \dots, x_{m,k})$  в выражении (6) не изменятся при обнулении ряда  $L_{r1}, \dots, L_{rn}$ , но упрощение выражения  $f_{mk}(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{m,k})$  налицо.

Комбинационные случаи нулевых параметров могут быть разрешены при занулении соответственно тех параметров в (3), которые отсутствовали при записи исходного уравнения Вольтерра. Например, если одновременно нулевыми являются и интегральное ядро  $L(t, \tau)$  и переменная матрица  $f(t, t_0)$ , в выражении (3) следует занулить  $L_{r1}, \dots, L_{rn}, f_{r1}, \dots, f_{rn}$ .

Отдельный интерес представляют 2 частных случая нулевых параметров: одновременно нулевые переменная матрица  $l(t)$  и интегральное ядро  $L(t, \tau)$ ; нулевое интегральное ядро  $K(t, \tau)$ . В первом случае, уравнение (1) в этом случае примет вид

$$x_{n+1}(t, t_0) = f(t, t_0) + \int_{t_0}^t K(t, \tau) x_n(\tau, t_0) d\tau. \quad (7)$$

Как хорошо видно, входной сигнал не оказывает влияния на выходной. Физический смысл такой системы заключается в нахождении отклика САУ на энергию, запасенную до момента времени  $t_0$  – момента начала функционирования системы, при отсутствии внешнего воздействия. При нулевых начальных условиях задача теряет какой-либо смысл. Следует отметить, что модель утрачивает вероятностный характер при детерминированных матрице  $K(t, t_0)$  и начальных условиях  $f(t, t_0)$ .

Плотность распределения вероятностей приближения произвольного порядка  $m$  уравнения (7) имеет вид

$$W_n(x_{m1}, \dots, x_{mn}; t_1, \dots, t_n) = \prod_{k=1}^n \delta(x_{mk} - f_{rk} - g_{mk}), \quad (8)$$

где

$$g_{mn} = f_{rn} + \sum_{i=1}^n K_{rn} g_{m-1,i};$$

$g_{0,i} = f_{*ri}$  - любая детерминированная функция из пространства непрерывных на интервале  $[t_0, t]$  функций с заданной метрикой (произвольно выбранное «нулевое» приближение).

Многомерная ПРВ на выходе САУ в каждый момент времени будет определяться значением аргумента дельта-функции, т.е., с точки зрения прямого статистического анализа, принимать детерминированные значения.

Подобную систему автоматического управления целесообразнее рассматривать «в лоб», не прибегая к дополнительным методам, однако в силу универсальности, можно найти решение уравнения (7) также методом последовательных приближений.

Отдельный интерес представляет система с нулевой матрицей  $K(t, \tau)$ . Уравнение (1) в этом случае примет вид

$$x_{n+1}(t, t_0) = l(t) \cdot \xi(t) + \int_{t_0}^t L(t, \tau) \xi(\tau) d\tau + f(t, t_0). \quad (9)$$

Каждое последующее приближение системы с нулевым параметром  $K(t, t_0)$  не зависит от предыдущего. Вычисление приближений порядка выше первого бессмысленно, т.к. ядро  $K(t, t_0)$  (множитель при каждом «предыдущем» приближении) нулевое, а остальные члены правой части выражения (1) неизменны для каждого нового приближения. С точки зрения физического смысла, такая система описывает САУ без обратной связи. Первое приближение случайного процесса на выходе линейной ПРВ с нулевым интегральным ядром  $K(t, t_0)$  имеет вид

$$W_n(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) = \omega_n(f_1(x_1), f_2(x_1, x_2), \dots, f_n(x_1, \dots, x_n); t_1, t_2, \dots, t_n) \times \left[ \prod_{i=1}^n (*L_{ri} + l_{ri}) \right]^{-1}, \quad (10)$$

где

$$f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = \psi_n(x_1, \dots, x_n) \cdot \frac{1}{*L_{rn} + l_{rn}} - \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \psi_i(x_1, \dots, x_i) \cdot \frac{1}{*L_{rn} + l_{rn}} \frac{*L_{r,i}}{*L_{r,i} + l_{r,i}} \prod_{j=i+1}^{n-1} \frac{l_{r,j}}{*L_{r,j} + l_{r,j}} \right];$$

$$\psi_i(x_i) = (x_i - f_{ri}).$$

Выражение (10), фактически, является конечным результатом в вычислении многомерной плотности распределения случайной величины на выходе САУ при нулевом интегральном ядре Вольтерра  $K(t, t_0)$ . Вычисление приближений более высоких порядков даст тот же результат. Заметим, что в отличие от (3), в выражении (10) функции  $\psi_i(x_i)$  вычисляются проще, следовательно, при обработке требуют существенно меньшей вычислительной мощности.

При нахождении решения уравнения Вольтерра с частично нулевыми параметрами следует руководствоваться описанным выше решением – занулять в выражении (3) значения, соответствующие нулевым величинам параметров.

САУ, для которых в некоторые моменты времени интегральное ядро  $L(t, \tau)$  и переменная матрица  $l(t)$ , или интегральное ядро  $K(t, t_0)$ , являются нулевыми, обладают особыми свойствами. Правило формирования функций – аргументов выходной ПРВ, соответствующих моменту времени с нулевыми параметрами, соответствует аналогичным для системы с полностью нулевыми. Например, рассмотрим САУ для которой в  $i$ -ый момент времени  $K(t, t_0)$  принимает нулевые значения, т.е.  $K(i, t_0) = 0$ . Многомерная ПРВ на выходе такой системы будет описана выражением (3) за исключением функции  $\psi_{mi}(x_{mi})$ . Вместо сложной рекурсивной зависимости в  $i$ -ый момент времени, аргумент функций  $f_{mi}(x_{mi})$  примет вид

$$\psi_{mi}(x_{mi}) = (x_{mi} - f_{ri}).$$

Нетрудно заметить, что даже в единичных случаях нулевых параметров, использование оптимизированных выражений позволяет значительно сократить количество выполняемых действий при вычислении ПРВ выходного случайного процесса.

## Выводы

Показано, что метод прямого статистического анализа динамических систем может быть оптимизирован для систем автоматического управления с полностью нулевыми или частично нулевыми параметрами. Получен ряд выражений для многомерной произвольной размерности плотности распределения вероятностей случайного процесса на выходе систем автоматического управления с нулевыми параметрами в общем случае. Проанализированы и исследованы выражения многомерной ПРВ для частных случаев – нулевого ядра  $K(t, t_0)$ , одновременно нулевых  $L(t, \tau)$  и  $l(t)$ . Отмечено уменьшение требуемых вычислительных ресурсов при использовании полученных формул, в отличие от наиболее общего решения.

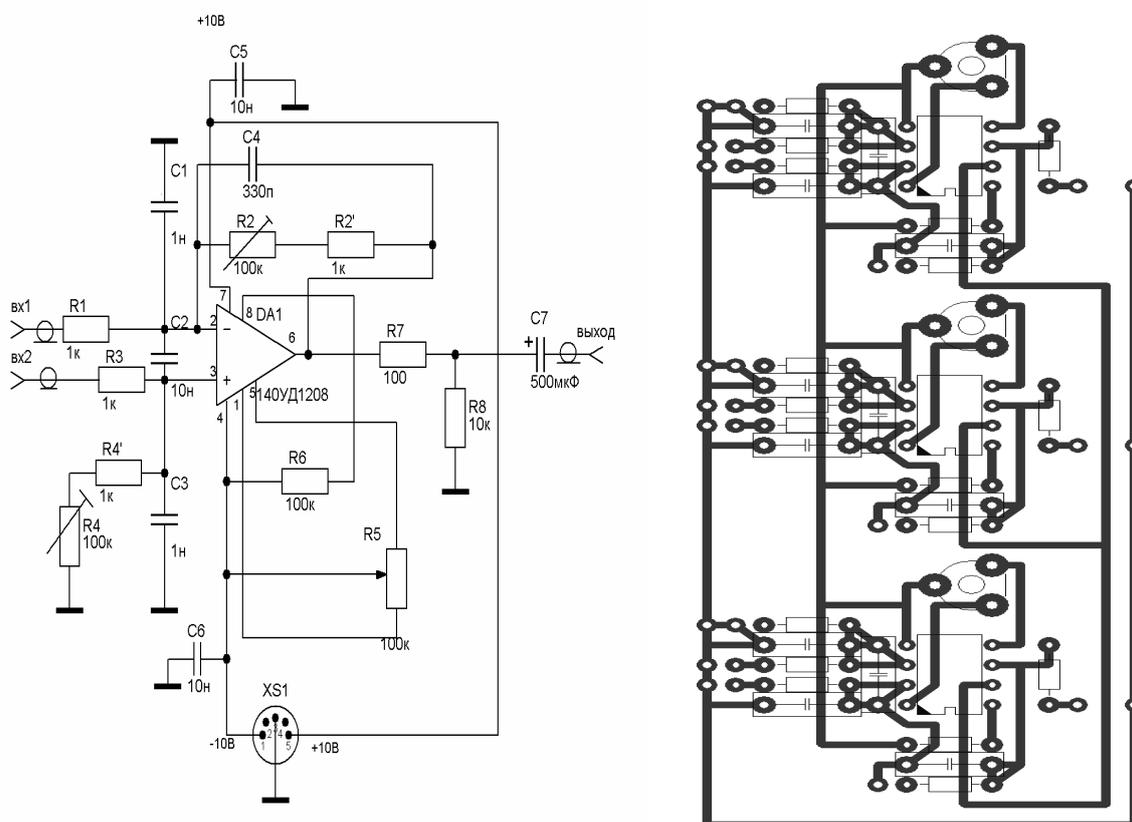
## Список литературы:

1. Брикман М.С. Интегральные модели в современной теории управления. – Рига: Зинатне, 1979. – 224 с.
2. Есипенко В.И., Смирнов В.В., Метод последовательных приближений при прямом статистическом анализе линейных непрерывных систем уравнения. – М.: Деп. в ВИНТИ №790-В 2009 от 10.12.2009 – 64 с.

## АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК РАДИОСИГНАЛА СВЕРХНИЗКИХ ЧАСТОТ

Калитёнков Н.В., Калитёнков А.Н., Милкин В.И., Гурин А.В. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра РупТКС, KalitenkovNV@mstu.edu.ru)

В работе представлен аппаратно-программный комплекс для регистрации и определения направления на источник радиосигнала сверхнизких частот. Используются три специальные антенны, трехканальный усилитель и специальное программное обеспечение. В усилителе использовался отечественный ОУ типа КР140УД1208 - ОУ с регулируемым потреблением мощности, используемый для построения активных фильтров, интеграторов и других типов решающих усилителей. Схема одного канала усилителя представлена на рисунке слева. Печатная плата трёх каналов усиления (вид со стороны печати) приведена справа



Описание принципиальной схемы.

Было принято решение отказаться от однополярной схемы включения питания ОУ, это позволило:

1 - исключить разделительный конденсатор С7 500 мкФ для устранения постоянной составляющей выхода, равной половине напряжения питания в однополярной схеме.

2 – расширить нижний предел диапазона принимаемых частот ниже заявленных 200 Гц ([http://www.vlf.it/easyloop/\\_easyloop.htm](http://www.vlf.it/easyloop/_easyloop.htm)), вплоть до единиц Герц.

Назначение выводов К140УД12, КР140УД1208:

- 1,5 - балансировка;
- 2 - вход инвертирующий;
- 3 - вход неинвертирующий;
- 4 - напряжение питания -Uп;
- 6 - выход;
- 7 - напряжение питания +Uп;
- 8 - задающий ток;

Электрические параметры

- 1 Напряжение питания 15 В
- 2 Максимальное выходное напряжение при Uп= 15 В, Rн = 75 кОм, Uвх= 0,1 В не менее 10 В
- 3 Напряжение смещения нуля при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм не более 6 мВ
- 4 Входной ток при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм, Id= 1,5 мкА при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм, Id= 15 мкА не более 30 мкА не более 190 мкА
- 5 Разность входных токов при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм не более 6 нА
- 6 Ток потребления при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм, Id= 1,5 мкА при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм, Id= 15 мкА не более 30 мкА не более 190 мкА
- 7 Коэффициент усиления напряжения при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм при Uп= 3 В, Rн= 75 кОм не менее 50000 не менее 25000
- 8 Максимальная скорость нарастания выходного напряжения при Uп= 15 В, Id= 1,5 мкА, Rн= 75 кОм при Uп= 15 В, Id= 15 мкА, Rн= 5 кОм не менее 0,01 В/мкс не менее 0,1 В/мкс
- 9 Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений при Uп= 15 В, Rн= 75 кОм не менее 70 дБ
- 10 Средний температурный дрейф напряжения смещения при Uп= 15 В, Id= 1,5 мкА при Uп= 3 В, Id= 15 мкА 7 мкВ/°С 3 мкВ/°С

Предельно допустимые режимы эксплуатации

- 1 Напряжение питания (3...16,5) В
- 2 Входное синфазное напряжение не более 10 В
- 3 Входное дифференциальное напряжение 20 В
- 4 Сопротивление нагрузки не менее 5 кОм
- 5 Емкость нагрузки не более 100 пФ
- 6 Температура окружающей среды -60...+85 °С

Напряжение выхода ОУ вычисляется по формуле:

$$V_{out} = V_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_1 \frac{R_2}{R_1}$$

При  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$   $V_{out} = V_2 - V_1$ , т.е. ОУ является повторителем по напряжению.

Условие баланса ОУ:  $R_1 / R_2 = R_3 / R_4$ . При балансе ОУ соблюдается условие:  
Если  $V_1 = V_2$ , то  $V_{out} = 0$ .

Если условие баланса не выполняется, то при  $V_2 - V_1 = 0$   $V_{out} \neq 0$ , поэтому для исключения постоянной составляющей выхода при необходимости регулировки усиления, нужно изменять  $R_2$  и  $R_4$  синхронно. В данной схеме пределы изменения коэффициента напряжения ОУ от 1 до 100.

Конденсаторы  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  предназначены для снижения коэффициента усиления на частотах выше 20 кГц,  $C_4$  - для устранения самовозбуждения на частотах выше 1МГц,  $C_5$  и  $C_6$  - для устранения импульсных помех по цепям питания -10В и +10В.

Конденсатор  $C_7$  может устанавливаться при налаживании и подборе номиналов элементов для предохранения звуковой карты компьютера от проникновения постоянной составляющей с выхода ОУ. Не обязателен при закрытом входе звуковой карты.

Резистором  $R_5$  производится выставка нуля напряжения на 6 выводе микросхемы при замкнутых выводах 2 и 3.

Резистор  $R_6$  задаёт ток потребления микросхемы, взято типовое значение 100кОм. Резистор  $R_7$  предохраняет микросхему от замыкания в нагрузке выхода,  $R_8$  стабилизирует напряжение выхода и является нагрузкой ОУ при отключенном выходе.

Лабораторные испытания предлагаемого аппаратно-программного комплекса для регистрации и определения направления на источник радиосигнала сверхнизких частот показали его работоспособность и дают основание сделать вывод о возможности использования его в полевых экспериментах.

---

# АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ



## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОПТИЛЬНО-СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

**Маслов А.А., Кайченев А.В., Аминов В.А.**

(Мурманск, МГТУ, каф. АиВТ, e-mail: [ican2005@yandex.ru](mailto:ican2005@yandex.ru))

This article describes modern automatic equipment and software and the embedding features in the automation control system of the smoking and drying processes.

В статье рассмотрены современные средства автоматизации и особенности их внедрения в автоматической системе управления процессами вяления и копчения.

### Введение

В настоящее время автоматизация технологических процессов переходит на качественно новые уровни по реализации сложных и эффективных алгоритмов управления, что позволяет повысить эффективность технологических установок, экономить ресурсы и электроэнергию [1].

Кафедры АиВТ и ТПП МГТУ уже много лет совместно занимаются автоматизацией технологических процессов пищевых производств. Одним из последних примеров совместной работы является разработка системы управления (СУ) процессом стерилизации [2]. В настоящее время сотрудники кафедр занимаются разработкой и созданием универсальной коптильно-сушильной установки инновационного типа (УКСУИТ), которая должна заменить одну из существующих установок, в учебно-экспериментальном цехе МГТУ и обеспечить выпуск качественной и недорогой рыбной продукции.

На кафедре АиВТ при проектировании СУ коптильно-сушильной установки (КСУ) предлагается ряд новых решений по сравнению с имеющимися КСУ в МГТУ:

- построение СУ на базе современного микроконтроллера ПЛК154, что обеспечит высокую гибкость системы при смене заданных технологических режимов работы КСУ при различных видах сырья;
- использование многоконтурной структуры алгоритмического обеспечения СУ по основным параметрам технологического процесса (контролируемым температурам и влажности), что обеспечит высокое эффективное управление процессом, экономию электроэнергии, высокое качество выпускаемой продукции;
- использование частотных полупроводниковых преобразователей для управления вентиляторами КСУ, что обеспечит экономию электроэнергии.

### Описание технологической установки и системы управления

Функциональная схема технологической установки и системы управления представлена на рисунке 1.

КСУ, которую необходимо автоматизировать, камерного типа, состоящая из 5 секций. Воздух в камеру будет нагнетаться рециркуляционным вентилятором (2). Воздушная смесь состоит из нескольких видов газов: свежего воздуха, воздуха после рециркуляции процесса копчения и непосредственно дымовой смеси от дымогенератора (5), которые смешиваются в камере (1). Поступающая смесь проходит через первую группу трубчатых электронагревателей (ТЭНов) (6), имеющих мощность (24,5 кВт), для основного нагрева воздушной смеси. Помимо первой группы имеются 2 группы ТЭНов мощностью 19кВт и 16,5кВт. Вторая и третья группы нагревателей предназначены для поддержания температуры во 2, 3, 4 и 5 секциях, т.к. после прохождения воздушной смесью тележек с продукцией (3),

часть энергии будет рассеяна. Измерение температуры воздушной смеси в секциях осуществляют 7 датчиков температуры (термосопротивления).

После прохождения всей коптильной камеры горячий воздух частично выбрасывается вытяжным вентилятором (4) из камеры, и частично идет на рециркуляцию, что позволяет меньше использовать дым от дымогенератора и позволяет меньше нагнетать холодный воздух из цеха в камеру. Влажность прошедшей через камеру воздушной смеси также является одним из параметров технологического процесса, будет контролироваться и регулироваться. Процесс контроля влажности будет осуществляться психрометрическим методом. Таким образом, для измерения влажности необходимо 2 термосопротивления, один из которых будет погружен в емкость с водой. Частота вращения вытяжного вентилятора будет изменяться в зависимости от текущей влажности.

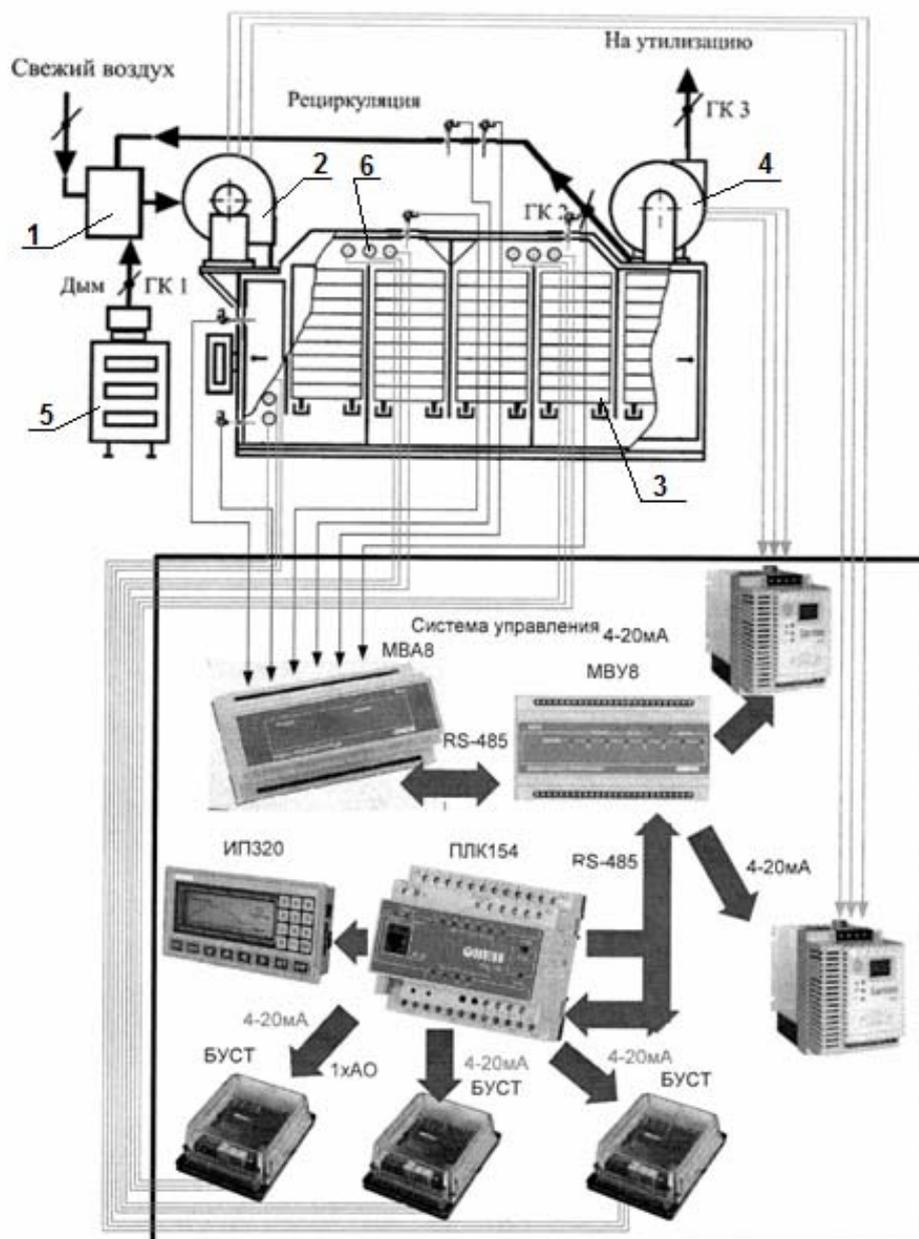


Рисунок 1 - Функциональная схема коптильно-сушильной установки и системы управления: 1 – смесительная камера; 2 – рециркуляционный вентилятор; 3 – тележка с продуктом; 4 – вытяжной вентилятор; 5 – дымогенератор; 6 – ТЭНы.

### **Описание аппаратной и программной реализации системы управления коптильно-сушильной установкой**

Ведущим устройством всей цепи управления является ПЛК 154 (Программируемый Логический Контроллер) фирмы «ОВЕН» (рисунок 2). Он управляет работой всех внешних устройств (исполнительных механизмов) посредством которых осуществляется регулирование температурой и влажностью воздушной смеси в секциях. Все параметры технологического процесса задаются и отображаются на интерфейсной панели ИП320. Информация представляется в удобном для оператора виде, т.к. позволяет отображать текст, как на русском, так и на английском языках; отображать график изменения температуры и влажности; выводить сообщения о неисправностях и нештатных ситуациях в системе. ПЛК154 дополняется устройствами ввода/вывода информации (МВА8 и МВУ8). Применение МВА8 позволяет улучшить качество принимаемого сигнала, т.к. он может фильтровать сигнал от помехи. Включение этого устройства позволяет расширить число входных аналоговых каналов до 12, что позволяет осуществлять сбор информации с 7 термосопротивлений. Применение МВУ8 позволяет расширить число выходных аналоговых и дискретных каналов. Передача сигналов от контроллера к МВУ8 и МВА8 осуществляется посредством сети RS-485. МВУ8 выдает сигнал управления (4-20 мА) на частотные преобразователи LENZE, которые в свою очередь изменяют частоту вращения циркуляционного и вытяжного вентиляторов. ПЛК154, с помощью своих каналов аналогового вывода, подает сигналы управления (4-20 мА) на блок управления тиристорами и симисторами (БУСТ), которые непосредственно подают напряжение на ТЭНы. В СУ будет использоваться 3 таких устройства, по количеству групп нагревателей. Каждое устройство будет управлять 3 симисторами (по 1 в каждой фазе А, В и С).

Помимо использования СУ на базе ПЛК154, было принято решение о реализации ручного управления для обеспечения пуско-наладочных режимов КСУ и дублирования СУ, в случае отказа. С этой целью был создан блок ручного управления, который позволяет изменять мощность каждой группы ТЭНов, а также частоту вращения приточного и вытяжного вентиляторов. Этот блок позволяет задавать и отслеживать величину задаваемого параметра (в % мощности), а также переключать режимы управления установкой (Ручное или Автоматическое).

Стоит отметить, что ПЛК154, МВУ8, МВА8 и интерфейсную панель необходимо программировать для конкретного технологического процесса. Для программирования ПЛК154 есть возможность использования несколько видов языков программирования: язык инструкций (IL), структурированный текст (ST), язык последовательных функциональных схем (SFC), язык функциональных блок-диаграмм (FBD), непрерывные функциональные схемы (CFC), язык релейных диаграмм (LD). Для процесса программирования необходима специализированная среда разработки и отладки проектов CoDeSys. CoDeSys не выставляет высоких требований к аппаратному обеспечению ПК, как и конфигураторы для МВУ8, МВА8 и интерфейсной панели и поэтому может быть установлена на портативные ПК (ноутбуки) и, следовательно, можно вести процесс отладки и настройки АСУ непосредственно на месте размещения установки.

В СУ КСУ также будет реализован ряд защит:

1. защита электрооборудования по обрыву фазы;
2. нулевая защита электрооборудования;
3. защита от перегрева при отсутствии воздушного потока, создаваемого рециркуляционным вентилятором.

Устройством, контролирующим параметры потребляемой электроэнергии является монитор напряжения сети (МНС). Он обеспечивает питание двух промежуточным реле, управляющих защитой исполнительных механизмов (БУСТ и частотными преобразователями).

**Список литературы:**

1. Сердобинцев С.П. «Автоматика и автоматизация производственных процессов в рыбной промышленности», - Москва: «Колос», 1994.
2. А.А. Маслов, А.В. Власов, А.В. Кайченев. Пути повышения эффективности процесса стерилизации в автоклавах периодического действия. Сборник трудов по материалам Международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2009» [Электронный ресурс] МГТУ.- Электрон. текст.дан.- Мурманск: МГТУ, 2009.
3. Гроховский В.А., Ершов А.М., и др. Глубокая переработка гидробионтов на северном бассейне: инновационные технологии и техника ученых МГТУ. Сборник трудов по материалам Международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2009» [Электронный ресурс] МГТУ.- Электрон. текст.дан.- Мурманск: МГТУ, 2009.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОТОКОЛОВ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИИ С УСТРОЙСТВАМИ УДАЛЕННОГО ВВОДА-ВЫВОДА

**Висков А.Ю.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра автоматики и вычислительной техники, [viskovaju@mstu.edu.ru](mailto:viskovaju@mstu.edu.ru))

In the paper some features of operation of RS network standards DCON и Modbus in computer-based data acquisition systems with remote input-output are considered. Some essential problems occurred in usage of mentioned standards in real time systems are highlighted.

Устройства (модули) удаленного ввода-вывода являются надежными, недорогими и удобными средствами построения промышленных АСУ. Основные достоинства систем удаленного ввода вывода:

- возможность оцифровать сигнал датчика «на месте», существенно снизив влияние помех на работу компьютерных систем сбора данных и управления, за счет сокращения до десятков сантиметров линий передачи аналоговых сигналов;
- легкость замены вышедших из строя модулей и простота монтажных работ по увеличению в разы количества обрабатываемых каналов ввода-вывода;
- компактность и малое энергопотребление модулей, причем возможно как централизованное, так и индивидуальное питание.

На кафедре автоматики и вычислительной техники МГТУ в течение ряда лет активно используются в учебном процессе устройства удаленного ввода-вывода серий ADAM-4000 (Advantech) и I-7000 (ICP DAS). Ведутся работы по созданию и внедрению портативного лабораторного комплекса на базе модулей серии NL (НИЛ автоматизации проектирования, г. Таганрог). За последние 3 года проанализирована работа нескольких промышленных АСУ и АСКУЭ на базе модулей удаленного ввода-вывода. Опыт практической эксплуатации подтверждает достаточную эксплуатационную надежность решений.

По результатам практической деятельности можно сделать некоторые выводы об особенностях, достоинствах и недостатках протоколов, используемых для связи с модулями. В общем случае система ввода-вывода строится в рамках структуры Master-Slave. Главный компьютер или контроллер (Host) работает в режиме Master, отправляя в сеть сбора данных широкополосный сигнал-команду, содержащую, кроме прочего, в явном виде адрес модуля, с которым планируется обмен информацией. В ответ на команду модуль, адрес которого был указан в команде, производит безадресную широкополосную посылку, содержащую запрашиваемые данные или подтверждение получения данных. Все модули равноправны и работают в режиме Slave. Отсутствие конфликтов в сети обеспечивается запретом для модулей самостоятельно инициировать обмен.

Все модули, являясь, по-видимому, клонами пилотной разработки компании Advantech, поддерживают по умолчанию обмен по протоколу DCON. Этот протокол крайне прост и удобен в реализации. Команды Host контроллера представляют собой последовательности двоичных кодов, соответствующих символам ASCII. Символ – разделитель, с которого начинается команда, также несет информацию о команде, представляя весь или часть кода команды. Затем следует 2-байтовый адрес модуля в символьном представлении шестнадцатеричного числа, например, адрес 6 (06h) кодируется символами «06», адрес 138 (8Ah) кодируется «8A». Собственно код команды может занимать от 0 до 4 байт. Код данных может занимать от 0 до 7 байт. Команда DCON должна завершаться символом (cr) - «возврат каретки» (код ASCII: 0Dh). Важно, что команды, вызывающие одинаковые действия в модулях разных производителей, выглядят и работают

одинаково, т.е. стандарт на протокол DCON исполняется. Ниже приведены примеры команд:

- **#02(cr)** – ввести данные всех каналов модуля аналогового ввода, имеющего адрес 02h;
- **#030+05.450(cr)** – вывести в модуль аналогового вывода с адресом 03h число 5.45 (миллиампер или вольт, в зависимости от настройки модуля).

Для программирования обмена достаточно иметь таблицу команд в документации на модуль и возможность отправить в (принять из) последовательный порт Host компьютера строку, обеспечиваемую выбранным средством разработки (SCADA- системой или IDE). Таким образом достигается определенная независимость конечного разработчика от производителей оборудования и программного обеспечения, так как на практике подтверждено, что модули разных компаний устойчиво работают в одной сети сбора данных.

Практика показывает, что модули не очень чувствительны к качеству сетевого кабеля и во многих случаях не требуют прокладки специального кабеля для RS-485 интерфейса (например, Teldor RS-422/485 120 Ω 2X1X22 AWG SF/UTP STR SFTP LT BK), а позволяют обойтись обычной офисной витой парой (UTP, кат.5) или использовать свободные пары из телефонного кабеля (например, марки ТППЭп). Обмен данными происходит вне зависимости от уровня помех в линии передаче цифровых данных. Применение сочетания простых накопительных и мажоритарных алгоритмов обработки позволяет обеспечить передачу информации на расстояние 300÷800 м в режиме реального времени с периодом 1÷2 секунды на скорости 9600 бит/сек, притом, что длительность обмена информацией с одним модулем не превышает 100 миллисекунд. Главное достоинство DCON состоит в том, что конечный разработчик может полностью контролировать приём-передачу информации и производить диагностику сети в режиме реального времени, чем повышается предсказуемость создаваемых систем. С другой стороны несколько увеличиваются трудозатраты, и от разработчика требуется достаточно ясное понимание принципов функционирования отдельных модулей и сети сбора данных в целом.

В 2000-х годах производители стали дополнять программное обеспечение модулей алгоритмами поддержки протокола Modbus. Этот протокол, являясь, пожалуй, самым распространенным из открытых, по структуре передаваемой информации очень напоминает DCON, с той лишь разницей, что каждая посылка дополняется 16-разрядным кодом CRC. При этом алгоритмическое обеспечение протоколов DCON и Modbus различается существенно.

Наличие протокола Modbus избавляет конечного разработчика от необходимости писать специальные драйверы, достаточно, чтобы средство разработки поддерживало обмен через OPC-серверы, а подавляющее большинство современных SCADA-систем поддерживает технологию OPC. OPC-серверы для связи с модулями поставляются производителями бесплатно. Запустив такой сервер, достаточно воспользоваться функцией автоматического поиска устройств, а затем для найденных устройств создать, или даже только поименовать, тэги, ассоциируемые с аппаратными каналами ввода-вывода. После этого в средстве разработки появится возможность обращаться к этим тэгам, являющимся выходными информационными буферами OPC-сервера.

Стандартный алгоритм обмена по Modbus осуществляет, в частности, приём посылки, вычисление в приёмнике CRC и сравнение вычисленного кода с полученным в посылке кодом CRC. Код рассматривается как элемент избыточности, повышающий надежность связи.

Однако если рассчитанный и принятый коды CRC не совпали, то обмен считается несостоявшимся, а вся полученная информация сбрасывается. OPC-серверы в случае сбоя обмена, как правило, производит несколько попыток передачи/приёма, но это не отражается на состоянии выходных информационных буферов сервера – их состояние обновляется

только после успешного цикла обмена. Таким образом, в системе получающей данные от OPC-сервера нет возможности отличить приход на каждом успешном такте обмена одного и того же числа-кода (что характерно для дискретных сигналов) от хранимого в буфере сервера числа-кода, оставшегося от последнего успешного такта обмена. Такая особенность алгоритмов ввода-вывода делает непредсказуемым поведение системы реального времени в реальном потоке событий.

Практика показывает, что протокол Modbus значительно чувствительнее к уровню электромагнитных помех, следовательно, вероятность выпадения из режима реального времени системы, построенной на основе протокола Modbus, выше, чем для системы, построенной на основе протокола DCON, при одинаковых элементной базе и условиях эксплуатации.

В качестве общего вывода можно сформулировать рекомендацию более углубленно изучать работу оборудования и стремиться лично разрабатывать и отлаживать важные элементы программного обеспечения, не перекладывая эту работу на плечи разнообразных «чёрных ящиков».

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC16F

**Власова А.Р., Власов А.В.** (Мурманск, МГТУ, кафедра АиВТ, e-mail: ican2005@yandex.ru)

The article describes laboratory stand PLK-1 meant for studying microcontrollers PIC16. All characteristics of stand's structure are being described. Also a few examples of applying this stand in control systems of technological equipment are being offered.

В статье описывается учебно-лабораторный стенд PLK-1 для изучения микроконтроллеров PIC16. Раскрываются структурные особенности стенда, приводятся примеры его применения в составе систем управления технологическим оборудованием.

Важную роль в подготовке высококвалифицированных специалистов играют практические навыки, которые обучаемые получают процессе выполнения лабораторных и практических занятий. Таким образом, для качественной постановки курса по технической дисциплине должна задействоваться обширная лабораторная база: стенды, эмуляторы, имитаторы и пр.

В рамках дисциплины «Микропроцессорные системы управления» студентами специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» изучаются достаточно распространенный как в зарубежных, так и в отечественных аппаратных средствах автоматизации микроконтроллеры семейства PIC16 (PIC16F876A) фирмы Microchip.

Микроконтроллер PIC16F876A представляет собой полнофункциональное микропроцессорное вычислительное устройство, основными характеристиками которого являются [1,2]:

- высокоскоростная RISC архитектура;
- тактовая частота работы до 20МГц;
- 8000 слов памяти программ;
- 256 байт энергонезависимой памяти данных EEPROM;
- 368 байт доступной пользователю памяти данных RAM;
- 3 порта ввода/вывода данных (22 настраиваемых канала ввода-вывода);
- модуль 5-канального 10-разрядного аналогово-цифрового преобразователя;
- 2-канальный широтно-импульсный модулятор (ШИМ);
- три таймера (два 8-разрядных и один 16-разрядный);
- модули связи SPI и I<sup>2</sup>C;
- модуль последовательного синхронно-асинхронного приемопередатчика USART.

Для повышения надёжности систем построенных на микроконтроллере в его состав также входят сторожевой таймер, система сброса при понижении питания и система запуска при включении [1].

Первоначально для изучения функций и особенностей данных микроконтроллеров в учебном процессе использовались только программные эмуляторы, такие, как модуль ISIS программного комплекса Proteus (рисунок 1). Однако в процессе эксплуатации было выяснено, что данное программное обеспечение не всегда полно и корректно отражает работу реального оборудования. Поэтому возникла необходимость в создании учебно-лабораторного стенда, который бы смог раскрыть в полном объеме весь потенциал PIC-микроконтроллеров и дал студентам возможность на практике получить навыки работы с аппаратными средствами микроконтроллерной техники.

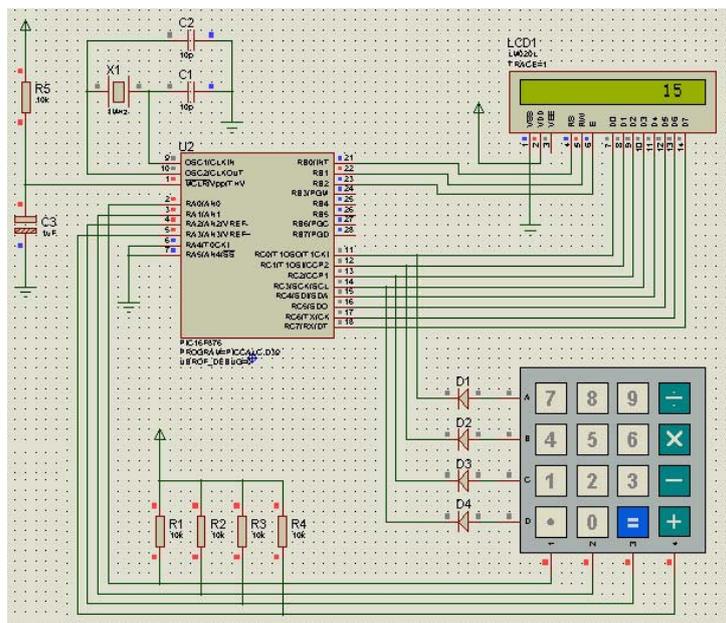


Рисунок 1 – Виртуальная лабораторная работа из курса дисциплины «Микропроцессорные системы управления», реализованная в приложения Proteus ISIS

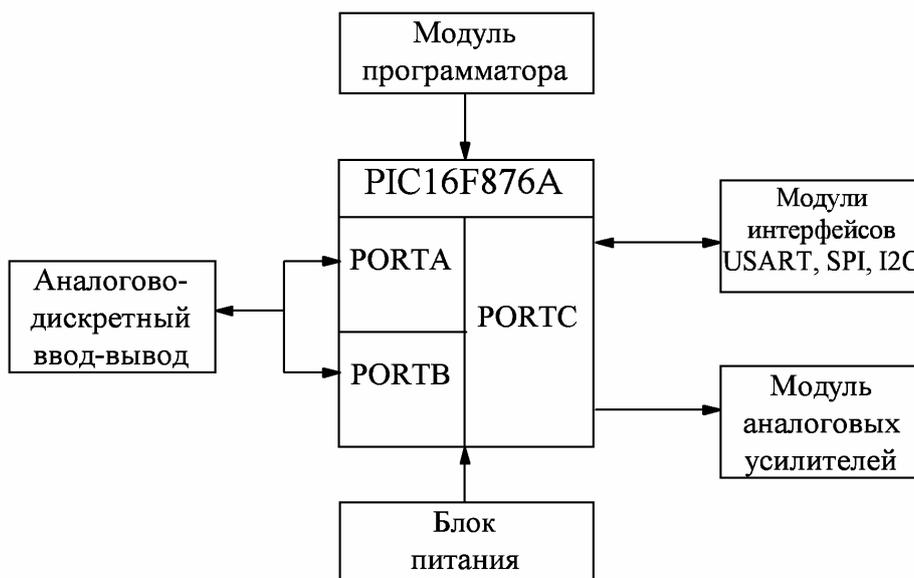


Рисунок 2 – Функциональная схема лабораторного стенда PLK-1

Описываемый лабораторный стенд получил название PLK-1. Он был разработан студентами специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» Поповым М.Н. и Лукашовым А.Ю. в рамках выпускной квалификационной работы под руководством Власовой А.Р. Функциональная схема лабораторного стенда приведена на рисунке 2.

Лабораторный стенд PLK-1 содержит нескольких основных модулей: модуль ввода-вывода, модуль программатора, модуль интерфейсов связи, модуль аналоговых усилителей и модуль блока питания.

Модуль аналогово-дискретного ввода-вывода обеспечивает взаимодействие пользователя с каналами портов А и В. Для ввода дискретной информации в стенде предусмотрен набор переключателей, подключенных к каждому каналу портов А и В. Для ввода аналоговой

информации к каналам порта А подключены переменные сопротивления, позволяющие вводить напряжение в диапазоне от 0 до 5 В. Для каждого из каналов имеется светодиодная индикация напряжения на соответствующем выводе микроконтроллера.

Традиционно для переноса алгоритма работы в память программ микроконтроллера используются программаторы. Однако применение их в учебном процессе затруднительно вследствие необходимости извлечения микроконтроллера из лабораторного стенда для установки в программатор с последующим перемещением обратно. Поэтому для программирования микроконтроллера в состав PLK-1 интегрирован программатор, который позволяет переносить разработанный студентом код программы в микроконтроллер для последующего его исполнения без необходимости произведения каких-либо механических операций с содержимым стенда.

Для иллюстрации работы модулей ШИМ микроконтроллера в стенд встроены аналоговые усилители, осуществляющие преобразование по мощности сигналов с выводов PIC. Усиленные сигналы затем подаются на встроенный динамик. Таким образом, изменение коэффициента заполнения и частоты ШИМ приводит к смене тембра и тональности звука, генерируемого лабораторным стендом.

Связь микроконтроллера с персональным компьютером в лабораторном стенде осуществляется за счет модуля USART, реализованного на базе микросхемы MAX232. Она позволяет осуществить преобразование логических уровней микроконтроллера и COM-порта компьютера.

Кроме модуля USART, в стенде также предусмотрены интерфейсы SPI и I<sup>2</sup>C, предназначенные как для связи двух аналогичных стендов между собой (связь двух микроконтроллеров по SPI или I<sup>2</sup>C), так и для подключения дополнительных устройств к микроконтроллеру (например, часов реального времени по интерфейсу SPI), для использования микроконтроллера в качестве сетевого устройства (подключение к промышленной сети CAN) и т.д.

Внешний вид лабораторного стенда PLK-1 представлен на рисунке 3.

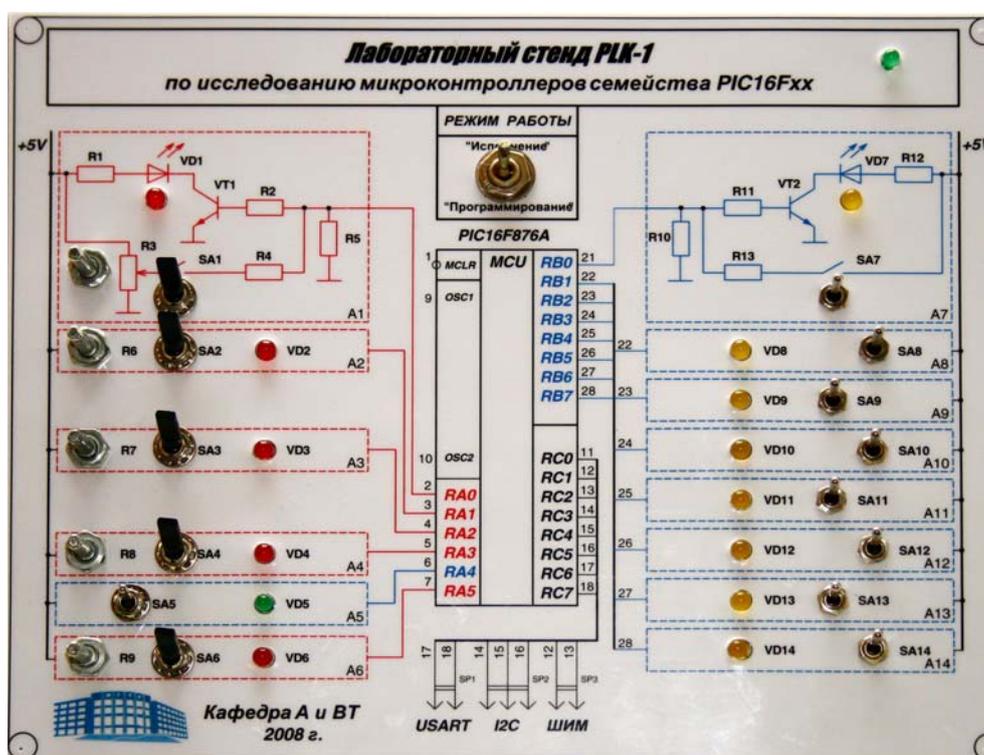


Рисунок 3 – Внешний вид лабораторного стенда PLK-1

В настоящее время лабораторный стенд активно используется студентами при выполнении практических и лабораторных работ по дисциплине «Микропроцессорные системы управления». Преподаватели отмечают повышенный интерес со стороны студентов к изучению предмета, а также лучшее усвоение лекционного материала по сравнению с изучением микроконтроллера на программных эмуляторах.

Гибкость PLK-1 такова, что на его основе в рамках выпускной квалификационной работы уже созданы модули расширения, позволяющие изучать в рамках дисциплины «Микропроцессорные системы управления» взаимодействие PIC16 с внешними устройствами, такими, как часы реального времени, LCD-дисплеи, шаговые двигатели и цифровые термометры. В настоящее время на базе PLK-1 студентами старших курсов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» разрабатывается объемное копировальное устройство, позволяющее осуществлять получение объемной цифровой модели физического тела с последующим изготовлением его твердой копии из заготовки.

Таким образом, PLK-1 представляет собой не только полнофункциональный учебно-лабораторный стенд для изучения особенностей работы с микроконтроллерами PIC16, но и гибкую платформу для реализации управления технологически оборудованием, поэтому он может быть использован в учебном процессе дисциплин, связанных с разработкой и реализацией алгоритмов управления технологическими процессами.

**Список литературы:**

1. PIC16F87X. Однокристалльные 8-разрядные FLASH CMOS микроконтроллеры компании Microchip Technology Incorporated (DS30292C);
2. Справочник по среднему семейству микроконтроллеров PICmicro (DS33023A)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИМЕНЕЕ ПРОГРЕВАЕМОЙ ОБЛАСТИ СТЕРИЛИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ АВТОКЛАВА

**Маслов А.А., Власов А.В., Власова А.Р.** (г. Мурманск, МГТУ, каф. АУВТ, e-mail: ican2005@yandex.ru)

This paper offers a method of autoclave's sterilization chamber temperature field analysis for less heated area localization. In this area specializing experiment could be taken. The result of applying this method is reducing quantity of used measurement channels without loss of precision of object's characteristics approximation.

В статье предлагается методика исследования температурного поля стерилизационной камеры автоклава для определения наименее прогреваемой области, в которой впоследствии может быть проведен уточняющий эксперимент. Результатом применения предлагаемой методики является сокращение количества используемых каналов измерения без потери точности аппроксимации характеристик объекта.

Решение задачи повышения экономической эффективности консервного производства напрямую связано со снижением количества ресурсов, затрачиваемых на процесс стерилизации. Кроме того, снижается экологическая нагрузка на окружающую среду, что становится особенно актуальным в последнее время, когда антропогенное воздействие на природу достигло высокого уровня.

Эффективность работы стерилизационной установки может быть повышена при помощи оптимизации системы управления по критерию, содержащему затраты на управление. При этом будут получены такие значения настроек регулятора, которые позволяют выполнить жесткие требования технологического процесса и обеспечить некоторую экономию энергетических ресурсов.

Для получения оптимальных настроек регулятора требуется наличие модели объекта и критериев оптимизации. В работе [1] предложен способ описания стерилизационной камеры аппроксимирующей моделью в виде передаточной функции (1), устанавливающей связь между временной зависимостью подачи пара в аппарат и температурой греющей среды в характерной точке. При этом стерилизационная камера представляется в виде бесконечного числа точек с координатами  $x_1, x_2, x_3$ .

$$W(p, x_1, x_2, x_3) = K(x_1, x_2, x_3) \cdot \frac{A_n(x_1, x_2, x_3) \cdot p^n + A_{n-1}(x_1, x_2, x_3) \cdot p^{n-1} + \dots + A_1(x_1, x_2, x_3) \cdot p + 1}{B_m(x_1, x_2, x_3) \cdot p^m + B_{m-1}(x_1, x_2, x_3) \cdot p^{m-1} + \dots + B_1(x_1, x_2, x_3) \cdot p + 1} \quad (1)$$

$$m \geq n,$$

где  $A_n \dots A_1, B_m \dots B_1$  – полиномы  $k$ -того порядка зависимости функции отклика (параметра) от факторов (координат). Например, при  $k=2$  зависимость параметра  $B_1$  от координат можно представить в виде:

$$B_1 = b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 + b_3 \cdot x^3 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3, \quad (2)$$

где  $b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{12}, b_{23}, b_{13}$  – коэффициенты полинома;

$p$  – оператор преобразования Лапласа.

Очевидно, что стерилизационная камера является условно-однородным объектом в случае, если выполняется условие, что размеры консервных банок существенно меньше размеров клеток. Это справедливо для большинства автоклавов. В таком случае достаточно провести измерения в нескольких характерных точках и по результатам эксперимента построить модель (1). Для получения коэффициентов полиномиальных зависимостей парамет-

ров (1) от координат предлагается использовать математический аппарат планирования активного эксперимента.

На адекватность описания температуры греющей среды в стерилизационной камере будут оказывать большое влияние порядки полиномов (1) и (2). Известно, что наименее прогреваемая область стерилизационной камеры в вертикальных автоклавах типа АВ-2 (к которым относится и стерилизационная установка АВК-30, на которой производились эксперименты) находится в центре верхней корзины [1, 2]. Таким образом, ожидаемый порядок в (2) – не ниже второго. Порядок (1) можно будет установить по виду получаемых экспериментально временных зависимостей.

Проведение экспериментов и поиск математического описания стерилизационной камеры предлагается производить в два этапа. На первом необходимо экспериментально выявить наименее прогреваемую область стерилизационной камеры и доказать симметричность температурного поля аппарата. Тогда на втором этапе можно провести серию уточняющих экспериментов в наименее прогреваемой области. Это позволит достичь улучшения точности аппроксимации характеристик объекта в наиболее критичной с точки зрения микробиологической безопасности области без увеличения количества используемых датчиков. Если симметричность температурного поля будет доказана, то характерные точки в уточняющих экспериментах можно обоснованно расположить в половине осевого сечения аппарата.

На рисунке 1 приведена схема размещения характерных точек стерилизационной камеры для определения симметричности температурного поля аппарата и наименее прогреваемой области. Из всего спектра планов активных экспериментов второго порядка был выбран план Бокса-Бенкина. Выбор этого плана обусловлен тем, что он обеспечивает минимальное количество используемых характерных точек, что немаловажно (каждая характерная точка – собственный канал измерения температуры с отдельным герметичным вводом в стерилизационную камеру). Кроме того, план Бокса-Бенкина почти ротатабелен и обеспечивает неравномерное дублирование опытов в центре плана в пределах одного эксперимента [3].

План Бокса-Бенкина

№	X	Z	Y
1	-1	-1	0
2	+1	-1	0
3	-1	+1	0
4	+1	+1	0
5	-1	0	-1
6	+1	0	-1
7	-1	0	+1
8	+1	0	+1
9	0	-1	-1
10	0	+1	-1
11	0	-1	+1
12	0	+1	+1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

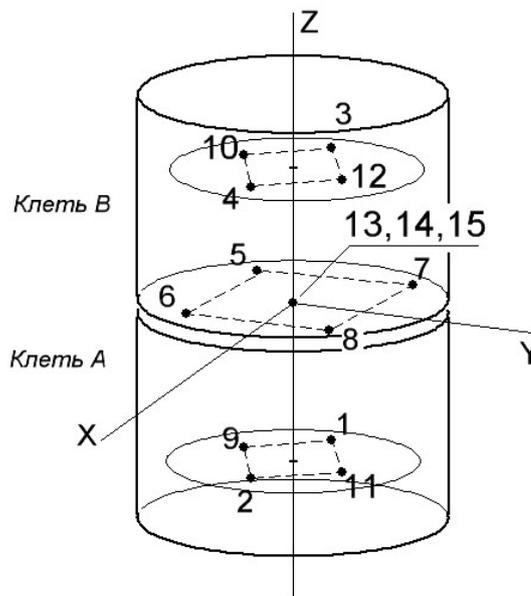


Рисунок 1 – Схема размещения характерных точек стерилизационной камеры

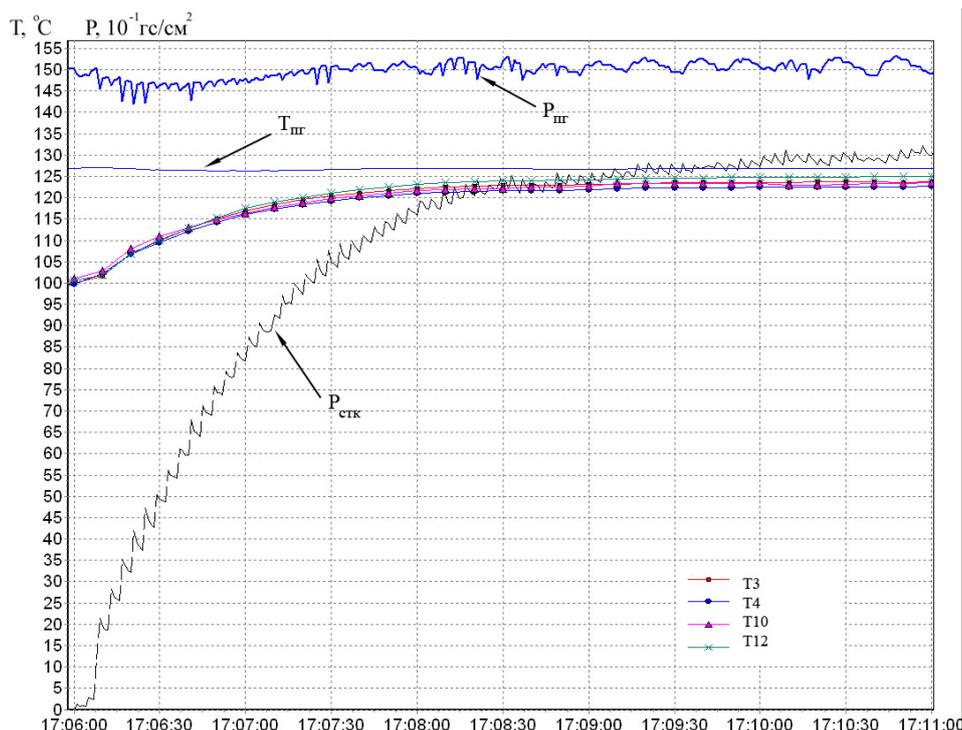


Рисунок 2 – Временные зависимости температур в характерных точках на верхнем уровне стерилизационной камеры ( $T_3, T_4, T_{10}, T_{12}$ ), температуры в парогенераторе ( $T_{пг}$ ) и давлений в стерилизационной камере и парогенераторе ( $P_{стк}$  и  $P_{пг}$  соответственно)

Согласно выбранному плану в стерилизационной камере АВК-30 были размещены 15 датчиков температуры разработанного авторами программно-аппаратного комплекса для исследования температурного поля греющей среды стерилизационной камеры МИСт.ПАК [4]. Был проведен эксперимент, в ходе которого были получены временные зависимости, одна из которых представлена на рисунке 2. По виду временных зависимостей в качестве аппроксимирующей функции (1) было выбрано следующее выражение (3):

$$W(p, r, z, y) = \frac{K(r, z, y)}{B_1(r, z, y) \cdot p + 1} \cdot (3)$$

По полученным временным зависимостям была произведена идентификация параметров (3) при помощи многопараметрического метода оптимизации последовательным применением ускоренного градиентного и покоординатного спусков. В данном случае критерием оптимизации являлась близость модели и объекта по интегралу квадрата невязки (4). Результаты идентификации и полученные значения параметров передаточных функций  $K$  и  $B_1$ , значения функций отклика  $Y^{\wedge}$  для каждого сочетания уровней факторов и ошибки аппроксимации  $\Delta Y$  были сведены в таблицу 1.

$$J(x, z, y) = \int_{t_1}^{t_2} (T_{зпс}^o(t, x, z, y) - T_{мод}^o(t, x, z, y))^2 dt, (4)$$

где  $t_1, t_2$  – начало и конец исследуемого временного интервала соответственно;

$T_{зпс}^o(t, x, z, y)$  – значение температуры греющей среды в характерной точке с координатами  $x, z, y$  в момент времени  $t$ ;

$T_{мод}^o(t, x, z, y)$  – значение выхода модели объекта в точке с координатами  $x, z, y$  в момент времени  $t$ .

Таблица 1 – Результаты эксперимента по определению симметричности поля аппарата

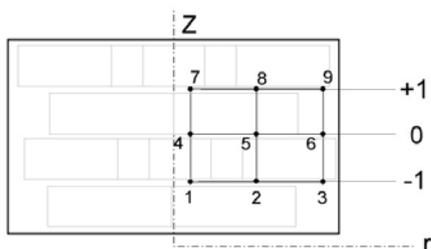
№	План			K			B <sub>1</sub>		
	x	z	y	Y	Y <sup>^</sup>	ΔY	Y	Y <sup>^</sup>	ΔY
1	-	-	0	233	235,9	2,9	42,2	39,0	3,2
2	+	-	0	236		0,1	39,8	39,0	0,8
3	-	+	0	234		1,9	41,6	42,7	1,1
4	+	+	0	226		9,9	40,8	42,7	1,9
5	-	0	-	241		5,1	44,3	40,8	3,5
6	+	0	-	235		0,9	41,8	40,8	1,0
7	-	0	+	236		0,1	41,3	40,8	0,5
8	+	0	+	233		2,9	38,7	40,8	2,1
9	0	-	-	237		1,1	32,0	39,0	7,0
10	0	+	-	239		3,1	43,0	42,7	0,3
11	0	-	+	237		1,1	40,0	39,0	1,0
12	0	+	+	241		5,1	43,5	42,7	0,8
13	0	0	0	240		2,4	43,3	40,8	1,1
14	0	0	0	238			40,9		
15	0	0	0	237			41,4		

По результатам экспериментов модель (3) можно переписать как (5). Как видно из (5), ни один из параметров объекта не зависит от координат x и y (их линейные, квадратичные эффекты и эффекты взаимодействия согласно (2) были признаны незначимыми в ходе регрессионного анализа). Это означает симметрию температурного поля аппарата и позволяет проводить уточняющие эксперименты для половинного сечения аппарата.

$$W_1(p, x_1, x_2, x_3) = \frac{235,9}{(40,8 + 1,9 \cdot z) \cdot p + 1} \quad (5)$$

Инерционность нагрева, согласно (5), повышается к верху стерилизационной камеры. Поэтому для получения уточненной модели эксперименты следует проводить в верхней части половины сечения стерилизационной камеры, как показано на рисунке 3.

Уровни и интервалы варьирования факторов



Факторы	Уровни			Интервалы варьирования
	+1	0	-1	
r, мм	+50	0	-50	50
Z, мм	+40	0	-40	40

Рисунок 3 – Размещение характерных точек в верхней части в уточняющих экспериментах

Таким образом, на основании результатов разработанной методики удалось доказать симметричность температурного поля стерилизационной камеры автоклава АВК-30 и определить место проведения уточняющих экспериментов. Применение данной методики позволило уменьшить количество используемых каналов измерения температуры в аппарате без уменьшения точности аппроксимации характеристик объекта.

**Список литературы:**

1. А.В. Власов. Исследование динамики теплообмена в стерилизационной камере автоклава / А.В. Власов, А.В. Кайченков, А.А. Маслов // «Рыбное хозяйство». – №6/2009. – М.: ФГУП «Национальные рыбные ресурсы», 2009.
2. Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов. – С.–Петербург, 1996.
3. Солодов В.С. Идентификация судовых комплексов с использованием методов планирования активного эксперимента. – Мурманск: МГТУ, 2008.
4. А.А. Маслов, А.В. Власов, А.В. Кайченков. Программно-аппаратный комплекс для экспериментального исследования температурного поля в стерилизационной камере автоклава. Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 26 февраля – 28 февраля 2008 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 500с.

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЫМОГЕНЕРАТОРАМИ

**Вотинов М.В.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: polavt@mstu.edu.ru*)

Development of technics of smoking has demanded working out of new methods of calculation of process of smoking and corresponding means. These methods are based on representation about smoking process as a difficult complex of the phenomena exchange of heat and mass between a smoke and a product. There is a big variety of control systems of smoke generators. From control system used in technological process depends both quality of a smoke, and quality of a product.

Развитие техники копчения потребовало разработки новых методов расчета процесса копчения и соответствующих технических средств. Эти методы базируются на представлении о процессе копчения как сложном комплексе явлений тепломассообмена между коптильным дымом и продуктом.

До 50-х годов прошлого столетия копчение рыбы в основном осуществлялось в простейших камерах периодического действия. В начале 60-х годов в рыбной промышленности стали появляться туннельные и башенные установки непрерывного действия, в состав которых входили дымогенераторы, нагреватели воздуха, централизованные схемы дымоснабжения со сложной аэродинамикой.

Дымогенераторы, разработанные отечественной промышленностью десятилетия назад, используются и по сей день, меняются только системы управления ими.

Дымогенераторы можно выделить в две основные группы:

1. Экзотермические дымогенераторы (с внутренним теплообразованием);
2. Эндотермические дымогенераторы (с внешним теплообразованием).

Вне зависимости от типа дымогенератора, из многочисленных факторов, оказывающих влияние на характеристики коптильных сред, доминирующим является температурный режим, определяющий процесс термического разложения древесины и обуславливающий появление в средах тех или иных компонентов.

Наилучшими технологическими свойствами обладает дым, полученный при температуре сжигания древесины в пределах от 220 до 350 °С. В этом интервале температур происходит разложение целлюлозы с освобождением большого количества активных для копчения органических веществ, при этом канцерогенные вещества, такие как 3,4-бензпирен практически не выделяются.

Современные компьютерные и микроконтроллерные системы управления дымогенераторами, позволяют контролировать как качество производимого дымогенераторами дыма, так и качество готового продукта. Однако не всегда информация, на основе которой вырабатываются сигналы управления исполнительными устройствами, является достоверной.

В настоящее время существуют три основные тенденции, по которым идет развитие систем управления дымогенераторами:

1. Модернизация устаревших систем управления;
2. Изготовление готовых совмещенных систем «коптильная камера - дымогенератор»;
3. Изготовление отдельных универсальных модулей, с возможностью установки их на любые типы дымогенераторов либо технологические линии в целом.

**Модернизация устаревших систем управления.** Основные принципы, заложенные в конструкцию дымогенераторов, которые применяются и по сей день, были разработаны во

второй половине прошлого столетия. К примеру, изначально, работа по управлению дымогенератором серии УДГ и всем процессом в целом, ложилась на плечи технолога-оператора. Последние модели, такие как УДГ-1000М (фирма «КОН-МО», Россия), уже оснащены системой автоматического управления процессом дымообразования. Система управления выдает управляющие сигналы на отключение нагревательного элемента при достижении оптимальной температуры, позволяющей получать высокую плотность концентрированной дымовоздушной смеси в больших объемах.

**Изготовление готовых комбинированных систем «копильная камера-дымогенератор».** В настоящее время на рынке промышленного оборудования как рыбной, так и мясной промышленности стали преобладать комбинированные системы: «копильная камера-дымогенератор».

К примеру, копильная камера ККВ-01 (фирма «REX-POL», Польша) содержит в своем составе опилочный дымогенератор. Микропроцессор контролирует и ведёт весь технологический процесс в камере. Управляет заслонками, зажиганием и работой дымогенератора.

Камера оборудована пультом управления, блоком регистрации процесса. Это дает возможность запрограммировать работу камеры на определенную температуру, влажность и время.

Универсальная термокамера AIRMASTER (фирма «REICH», Германия) предназначена для проведения различной термообработки (сушки, обжарки, варки, копчения) всех видов мясных продуктов. Она отличается надежностью в работе, скоростью проведения процесса, равномерностью обработки продукции и обеспечивает получение продукции высочайшего качества, может быть укомплектована дымогенераторами различного типа по желанию заказчика.

Принцип действия универсальной термокамеры AIRMASTER аналогичен применяемому в копильной камере ККВ-01. Процесс обработки осуществляется в автоматическом режиме по предварительно заданной программе при помощи микропроцессорной системы управления Unicontrol-2000, которая снабжена жидкокристаллическим дисплеем для отображения информации о ходе технологического процесса.

Явным недостатком таких систем, является высокая стоимость оборудования. Так, рыночная стоимость системы копильной камеры ККВ-01 на ноябрь 2009 года составляет 36 575 долларов США (1 097 250 руб.). Такую продукцию могут себе позволить только крупные рыбо- и мясоперерабатывающие предприятия.

**Изготовление отдельных универсальных модулей.** В последнее время широкую популярность получило направление изготовления универсальных модулей, предназначенных для управления широким спектром дымогенераторов.

К примеру, модуль УДГ-35 фирмы «ТЕХИНСЕРВ» (Украина) предназначен для управления режимами работы дымогенераторов серии УДГ.

Микроконтроллер модуля УДГ-35 может управлять следующими исполнительными устройствами:

- ТЭНом розжига;
- механизмом подмеса опилок;
- подачей воды для тушения огня в дымогенераторе;
- заслонкой подачи дыма в камеру;

– приводом с аналоговым управлением плавной регулировки положения заслонки поддува;

Входными сигналами для контроллера являются:

- состояние дискретного входа S1 («розжиг»);
- состояние дискретного входа S2 («дым»);
- температура в дымогенераторе.

В зависимости от комбинации входных сигналов контроллер осуществляет управление исполнительными механизмами в соответствии с заданными параметрами управления.

Фирма ОВЕН (Россия) предлагает универсальный регулятор температуры и влажности, программируемый по времени, МПР51-Щ4.

Система управления модуля МПР51-Щ4 позволяет контролировать процесс копчения целиком. Осуществляется контроль как определенной температуры и влажности на каждой стадии процесса копчения, так и периодическим включением дымогенератора или вентилятора. Как и модуль УДГ-35, МПР51-Щ4 управляет подключением ТЭНов, охладительных систем, задвижками, а также другими исполнительными устройствами.

Анализ современного уровня предложений систем управления дымогенераторами позволяет сделать вывод о том, что на текущий момент системы управления являются достаточно универсальными и полноценными. Однако необходимо исследовать новые методы контроля непосредственно температуры дымообразования, так как на сегодняшний день описанными выше системами управления не решены вопросы, связанные с этим основным фактором, влияющим на появление в дымовоздушной смеси канцерогенных веществ.

В большинстве случаев контроль температуры осуществляется термопарами либо на выходе из дымогенератора, либо непосредственно в камере дымообразования. При использовании термопар необходимо учитывать изменчивость их параметров в процессе эксплуатации.

Необходимо контролировать всю поверхность, на которой происходит сжигание древесины, не допускать появления кратковременных очагов возгорания, при которых температура может достигать 1000°C, что, как следствие, ведет к шестикратному увеличению содержания бензпирена по сравнению с дымом, полученным при температуре около 300-350 °C.

Таким образом, современные системы управления дымогенераторами не могут в полной мере обеспечить контроль всех параметров технологического процесса.

## ИНФРАКРАСНЫЕ ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ: ПАРАМЕТРЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

**Маслов А.А., Вотинов М.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра автоматики и вычислительной техники, e-mail: polavt@mstu.edu.ru)

The temperature control makes a basis of many technological processes. From the big variety of types of sensors of temperature it is possible to allocate infra-red sensors of temperature as rather new and perspective type of measurement of temperature. In this article the basic advantages and parametres of infra-red sensors of temperatures are described.

Контроль температуры составляет основу многих технологических процессов. Для измерения температуры в промышленных системах используются датчики температуры. Существует большое количество модификаций и конструктивных исполнений датчиков температуры, однако можно выделить их основные классы, которые представлены в табл. 1.

Рассмотрим основные преимущества, параметры, и принцип действия инфракрасных датчиков температуры, использующих тепловое электромагнитное излучение тел.

Все предметы и тела за счет внутренней энергии, образованной хаотическим тепловым движением частиц, испускают тепловое электромагнитное излучение.

Интенсивность излучения напрямую связана с температурой нагретого объекта. В обычных условиях, при комнатной температуре, тепловое излучение тел происходит в инфракрасном диапазоне длин волн (1 мм-780 нм), недоступным зрительному восприятию глаза. С увеличением температуры светимость тел быстро возрастает, а длины волн смещаются в более коротковолновую область. Если температура достигает тысяч градусов, то тела начинают излучать в видимом диапазоне длин волн (780-380 нм).

Инфракрасный датчик температуры - датчик для бесконтактного, дистанционного измерения температуры тел. Принцип действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта измерения.

В отличие от других классов датчиков, инфракрасные датчики температуры отличает:

- малое время измерения температур (< 0,33 сек);
- возможность измерения температуры движущихся объектов;
- измерения температуры в труднодоступных и опасных местах;
- измерение широкого диапазона температур;

Таблица 1 – Классы датчиков температуры

№.№	Класс	Диапазон рабочих температур, °С
1	Жидкостные и газовые термометры	от -200 до +500
2	Биметаллические датчики	от -40 до +550
3	Кремниевые датчики температуры	от -50 до +150
4	Термопары	от -200 до +2200
5	Термисторы	от -60 до +300
6	Термические индикаторы	от -5 до +230
7	Термометры сопротивления	от -180 до +600
8	Инфракрасные датчики температуры	от -45 до +3000

- отсутствие непосредственного контакта с объектом измерения;
- малая погрешность (порядка 1 %).

К основным параметрам, которые необходимо учитывать при выборе модели инфракрасного датчика температуры относятся:

- спектральный диапазон и диапазон температур измеряемого объекта;
- показатель визирования;
- излучательная способность измеряемого объекта.

Спектральный диапазон и диапазон температур измеряемого объекта. Для измерений определенных диапазонов температур используются инфракрасные датчики с конкретными диапазонами инфракрасного спектра. Так при низких температурах это обычно диапазон длин волн электромагнитного излучения 6-14 мкм. В диапазоне средних температур это может быть 3-5 мкм. При высоких температурах используется участок о районе 1 мкм. Однако, следует учитывать, что различные типы материалов объектов имеют различные длины волн электромагнитного излучения. Так, отражающие металлические поверхности имеют короткую длину волны, а неотражающие неметаллические – длинную. Поэтому признаку модели инфракрасных датчиков температуры условно можно разбить на две группы:

- общего назначения со спектральным диапазоном 8-14 или 6-14 мкм;
- специального назначения, под конкретный материал измеряемой поверхности.

Инфракрасных датчиков температуры со спектральным диапазоном 8-14 или 6-14 мкм измеряют температуру объектов, не попадающих под определение "отражающие или металлические". К таковым относятся текстиль, пищевые продукты, резина, толстый непрозрачный пластик, картон, дерево, краска, земля, камень и другие. Такие датчики могут применяться для контроля температуры кабелей и контактов в энергетике, в процессах печати и нанесения краски в полиграфии, контроля износа механических частей на транспорте, однако не могут использоваться для измерения температуры, к примеру, стекла или металла, поскольку длина волны данных материалов лежит вне их диапазона.

Все применяемые инфракрасных датчиков температуры также можно разбить на два типа: узкоспектральные (например, 2-20 мкм) и широкоспектральные (например, 0,9-1,05 мкм). Узкий спектральный диапазон позволяет датчику не учитывать световые волны излучаемые поверхностями других объектов или окружающей средой в поле зрения и принимать излучение только того материала, на который настроен диапазон. Применение широкоспектральных пирометров должно сопровождаться подготовительными мероприятиями по предотвращению попадания стороннего излучения.

Показатель визирования (D:L) - отношение диаметра пятна контроля или диаметра объекта контроля (D), с поверхности которого датчик принимает энергию инфракрасного излучения, к расстоянию (L) до объекта (рисунок 1).

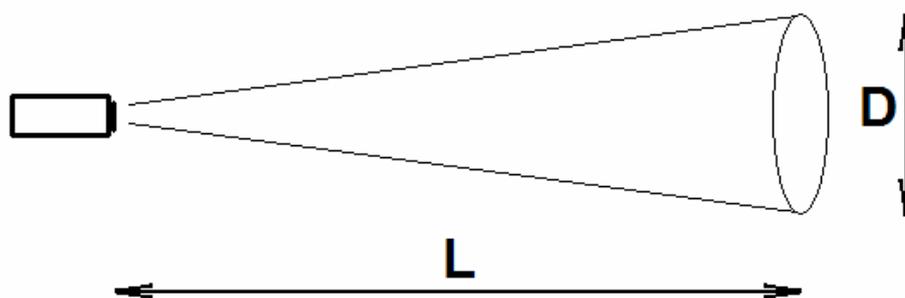


Рисунок 1 – показатель визирования

Современные инфракрасные датчики температуры имеют оптическое отношение достигающие 300:1.

Минимальный измеряемый диаметр - наименьший диаметр объекта, который может быть измерен при данном фокусном расстоянии и размере приемника.

Точность измерения не зависит от расстояния до тех пор, пока размер объекта больше измеряемого диаметра. Определенная температура будет не верна, если размер объекта меньше диаметра пятна контроля. Так как объект, температура которого должна быть измерена, не заполняет весь диаметр пятна контроля, инфракрасный датчик температуры в данном случае будет принимать излучения от других объектов окружающей среды, которые оказывают влияние на точность измерения.

Излучательная способность объекта - отношение мощности излучения объекта при данной температуре к мощности излучения абсолютно черного тела. Абсолютно черное тело в теории теплового излучения означает тело, которое полностью поглощает любое падающее на его поверхность электромагнитное излучение, независимо от температуры этого тела. Излучательная способность абсолютно черного тела равна 1,00. Излучательные свойства объекта определяются свойствами материала и чистотой обработки поверхности объекта, а не цветом его поверхности. У большинства органических материалов, таких как дерево, пластик, бумага, излучательная способность находится в диапазоне 0,8 – 0,95. Металлы, особенно полированные, напротив, имеют низкую излучательную способность, которая в этом случае будет 0,1 – 0,2. Для правильного измерения температуры необходимо определить и установить излучательную способность измеряемого объекта. Если значения будут выбраны неправильно, то температура будет измеряться неверно.

Излучательная способность связана с коэффициентом отражения следующей формулой:

$$E = 1 - R, \text{ где } E - \text{излучательная способность, } R - \text{коэффициент отражения} \quad (1)$$

На сегодняшний день инфракрасные датчики температуры являются эффективным средством измерения температуры в технологических процессах. Так как при отсутствии непосредственного контакта с объектом измерения обладают возможностью измерения температуры в труднодоступных и опасных для человека местах, вместе с тем имеют малые погрешности измерения температур при довольно высоком быстродействии.

Следует отметить, что инфракрасные датчики температуры могут с успехом применяться в технологическом оборудовании пищевой промышленности. Например, в инфракрасном дымогенераторе конструкции Ершова – Шокиной, разработанном в Мурманском государственном техническом университете, для контроля процесса пиролиза древесины.

Однако необходимо помнить, что для каждого конкретного технологического процесса необходимо правильно подбирать основные параметры инфракрасного датчика (спектральный диапазон и показатель визирования) и также настраивать значение излучательной способности измеряемого объекта.

## **ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ «ОВЕН» В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС И ПРОИЗВОДСТВО**

**Маслов А.А., Висков А.Ю., Власов А.В., Кайченев А.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра АиВТ, e-mail: ican2005@yandex.ru)

This article considers the questions of implementing into educational process and production plants, which are based on the "OWEN" equipment.

Особую роль в процессе подготовки высококвалифицированных инженерных кадров в области автоматизации играют практические навыки, которые студенты получают в процессе выполнения лабораторных работ в рамках учебно-лабораторного практикума по ряду дисциплин, проводимых кафедрой «Автоматика и вычислительная техника» (АиВТ) МГТУ.

На кафедре АиВТ в течение ряда лет проводится целенаправленная деятельность по разработке учебно-лабораторных комплексов в рамках дипломного проектирования студентов и курсантов. Это позволяет оперативно обновлять учебные лаборатории с учетом специфики учебного процесса и современных требований практики. Кроме того, собственные разработки, будучи более удобными в использовании и лучше соответствующими реальным особенностям отрасли, оказываются дешевле предлагаемых на рынке средств автоматизации.

Кафедра Автоматики и вычислительной техники имеет большой опыт работы с оборудованием зарубежных производителей средств автоматизации (Advantech, ICPDAS и др.) [1], а с 2005 года активно участвует в программе поддержки высших учебных заведений, занимающихся обучением студентов по специальностям, связанным с автоматизацией технологических процессов, проводимой компанией ОВЕН.

Компания ОВЕН работает на рынке автоматизации более 18 лет. За это время компания накопила богатый опыт и зарекомендовала себя как поставщика надежного и качественного оборудования.

ОВЕН - крупнейший российский разработчик и производитель средств автоматизации для различных отраслей промышленности и занимает лидирующие позиции не только на российском рынке, но и в странах ближнего зарубежья. Ассортимент выпускаемой продукции включает в себя более 60 наименований приборов, которые могут использоваться для построения систем автоматизации любого уровня:

- Программируемые логические контроллеры (ПЛК); модули ввода/вывода; операторские панели; преобразователи интерфейса.
- Общепромышленные регуляторы, регуляторы уровня, специализированные контроллеры, таймеры, счетчики, блоки питания.
- Датчики: температуры, давления, уровня.

В 2005 году кафедра АиВТ МГТУ приняла участие в программе поддержки высших учебных заведений по оснащению лабораторий современным отечественным оборудованием промышленной автоматизации, проводимой российским производственным объединением «ОВЕН». На базе полученного от компании «ОВЕН» оборудования были разработаны два учебных лабораторных стенда «Автоматическая система управления микроклиматом на базе микропроцессорных регуляторов «ОВЕН» [2].

В 2007 году с учетом положительного опыта предыдущего сотрудничества производственным объединением «ОВЕН» было поставлено новейшее отечественное оборудование промышленной автоматизации, включая последние разработки: программируемые логические контроллеры (ПЛК 154-220.У-Л), регуляторы частоты вращения вентилятора ЭРВЕН, модули ввода аналоговых сигналов МВА8 и т.д.

В настоящее время на кафедре А и ВТ внедрены в учебный процесс две лабораторные установки «Автоматическая система управления температурой в помещении» (рисунок 1).

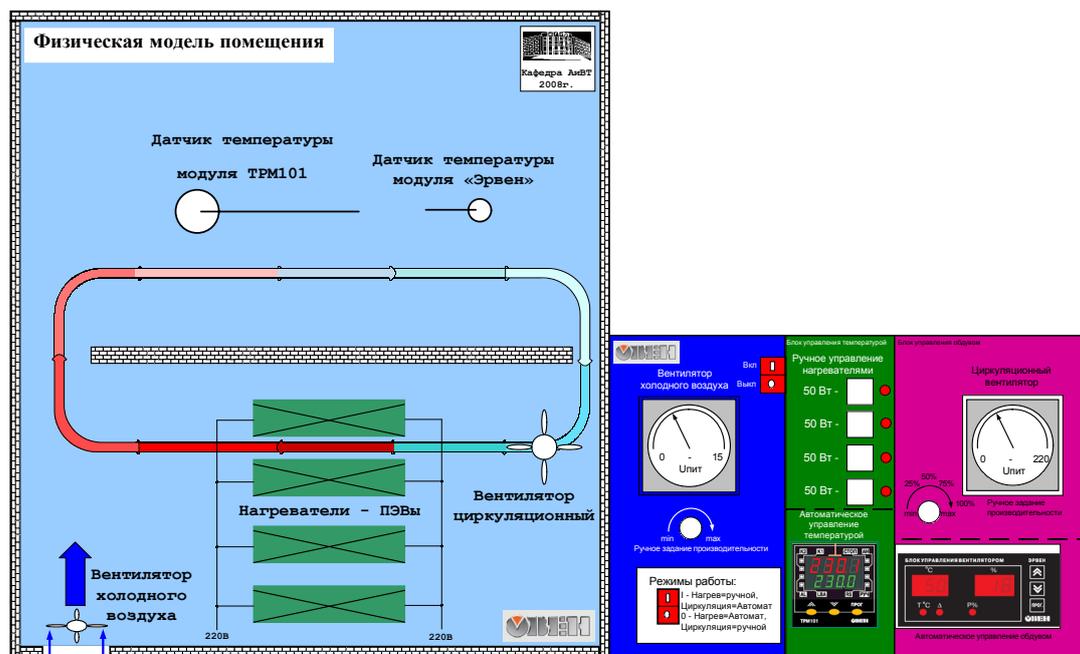


Рисунок 1 – Лабораторная установка «Автоматическая система регулирования температуры в помещении на базе микропроцессорных регуляторов «ОВЕН»»

*Лабораторный стенд «Автоматическая система управления температурой в помещении».*

Лабораторный стенд позволяет:

- 1) получить практические навыки настройки приборов ОВЕН (регуляторов температуры и частоты вращения);
- 2) оценить эффективность используемого метода поддержания температуры:
  - а) при поддержании температуры в помещении изменением мощности нагрева через ТРМ при постоянном потоке обдува;
  - б) при поддержании температуры в помещении изменением потока обдува через ЭРВЕН при постоянной мощности нагрева;
- 3) Настроить регуляторы ТРМ и ЭРВЕН на совместную работу контуров управления температурой и скоростью обдува с целью достижения:
  - максимально быстрой компенсации возмущающего воздействия (холодного воздуха);
  - минимума расхода электроэнергии;

Комплекс для разработки и отладки проектов АСУТП на базе «ОВЕН» ПЛК 154 в настоящее время разрабатывается в рамках дипломного проектирования студентов специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» (рисунок 2).

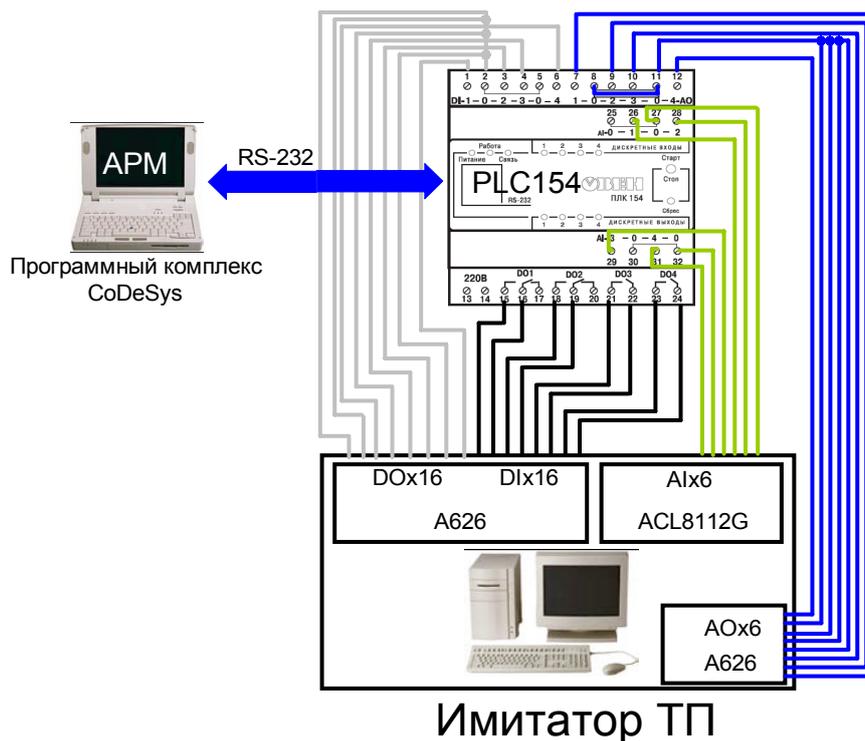


Рисунок 2 – Лабораторный программно-технический комплекс на базе «ОВЕН» ПЛК 154

#### *Лабораторный программно-технический комплекс на базе «ОВЕН» ПЛК 154.*

В рамках лабораторных работ, выполненных на ПТК студенты ознакомятся с принципами функционирования аппаратных средств, структурой и функциями ПЛК 154, конфигураторами приборов и средой разработки CoDeSys. Студентам будет предложено 5 лабораторных работ, в которых необходимо реализовать:

- 1) Выдачу аналоговых и дискретных сигналов из ПЛК в ЭВМ – имитатор и возвращение их без изменений.
- 2) Релейный алгоритм управления с зоной не чувствительности и с зоной неоднозначности.
- 3) ПИД регулятор на базе ПЛК.
- 4) Автоматическое регулирование на базе широтно– импульсной модуляции.

#### *Системы управления процессами стерилизации, вяления и копчения на базе оборудования «ОВЕН».*

В экспериментальных лабораториях кафедры Автоматики и вычислительной техники (АиВТ) и кафедры Технологий пищевых производств (ТПП) МГТУ ведется работа по исследованию процессов стерилизации, копчения и вяления

В настоящее время авторами ведется разработка экспериментальной малогабаритной стерилизационной установки АВК-30 на основе медицинского стерилизатора ВК-30 (кафедра ТПП). На установке АВК-30 реализуется АСУ процессом стерилизации на базе ПЛК154 и программного комплекса CoDeSys [3]. В экспериментальном цехе МГТУ также ведется разработка АСУ процессами копчения и вяления на базе ОВЕН ПЛК154.



Рисунок 3 – Система управления экспериментальной стерилизационной установкой

#### Выводы:

Разработка и внедрение в учебный процесс и производство лабораторных экспериментальных установок на базе оборудования «ОВЕН» позволяет обеспечить лаборатории кафедры современным отечественным оборудованием промышленной автоматизации, а также проводить исследования в области технологии пищевых производств.

#### Список литературы:

1. А.А. Маслов, А.Ю. Висков Современный подход к разработке проектов АСУТП// «Современные технологии автоматизации». - №3/2001. – М.: СТА-ПРЕСС, 2001. – С. 68
2. А.А. Маслов, А.В. Кайченев А.В., Саженков Р.А., Коваль А.Е. Система управления микроклиматом // «Автоматизация и производство». - №1/2008. – М.: «АиП», 2008. – С. 36-37
3. А.А. Маслов, А.В. Власов, А.В. Кайченев. Пути повышения эффективности процесса стерилизации в автоклавах периодического действия. Сборник трудов по материалам Международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2009» [Электронный ресурс] МГТУ.- Электрон. текст.дан.- Мурманск: МГТУ, 2009.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ СТРУКТУР РЕГУЛЯТОРОВ

**Прохоренков А.М.<sup>1</sup>, Качала Н.М.<sup>2</sup>** (г. Мурманск, МГТУ, <sup>1</sup>кафедра автоматике и вычислительной техники, <sup>2</sup>кафедра информационных систем и прикладной математики *prohorenkovam@mstu.edu.ru, nmk10@yandex.ru* )

The results of modeling the adaptive fuzzy controller are presented.

Для управления различными технологическими процессами широко используются типовые схемы стабилизации. Настраиваемые коэффициенты регуляторов выбираются, исходя из заданных показателей качества регулирования. Система автоматического регулирования (САР) рассчитывается как линейная для рабочего диапазона изменения возмущения по заданию и по нагрузке. Однако применение такой системы оказывается малоэффективным для нестационарных объектов, у которых наблюдается изменение характеристик. В этом случае, чтобы получить оптимальные динамические характеристики системы, применяются адаптивные регуляторы, системы с переменной структурой и нечеткие регуляторы.

В данной работе обобщены результаты имитационного моделирования адаптивных систем стабилизации параметров в классе нечетких регуляторов.

С целью сравнительной оценки качества управления рассматривались схемы с нечеткими регуляторами, коэффициенты которых изменялись в зависимости от сигнала рассогласования, и схемы, в которых нечеткий регулятор использовался для формирования корректирующих поправок к коэффициентам настроек классических регуляторов в зависимости от текущего значения параметра регулирования.

Главным недостатком нечетких регуляторов является отсутствие эффективных методов его настройки.

Выполнение САР возложенных на нее функций возможно только тогда, когда она является устойчивой. Устойчивость системы достигается при определенных комбинациях ее параметров и обеспечивается соответствующими настройками регуляторов во всех эксплуатационных режимах. Предлагается метод настройки нечеткого регулятора, в котором область изменения коэффициентов настройки регуляторов выбирается внутри зоны, определенной границами необходимого запаса устойчивости в плоскости параметров регулятора. Для построения области устойчивости замкнутой системы, использовалась методика D-разбиения.

Поскольку реальные процессы являются случайными, то настроечные коэффициенты являются функциями математического ожидания и дисперсии регулируемой величины. В силу этого в подсистему настройки коэффициентов регулятора включен блок оценки вероятностных характеристик регулируемого параметра.

Для проверки работоспособности предложенного подхода при решении задачи регулирования уровня воды в барабане парового котла была разработана модель системы в среде MATLAB 6.5 с помощью средств Simulink. Следует отметить уменьшение времени регулирования и величины перерегулирования при использовании нечетких регуляторов. Нечеткие регуляторы, по сравнению с типовыми регуляторами, обеспечивают более высокую точность стабилизации системы как при отсутствии, так и при наличии случайных помех. Корректирующие поправки к настроечным коэффициентам, сформированные по алгоритму нечеткой логики в зависимости от текущего значения параметра регулирования, позволили улучшить качество регулирования.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

**Прохоренков А.М.**<sup>1</sup>, **Качала Н.М.**<sup>2</sup> (Мурманск, МГТУ, <sup>1</sup>кафедра автоматики и вычислительной техники, <sup>2</sup>кафедра информационных систем и прикладной математики, *prohorenkovam@mstu.edu.ru, nmk10@yandex.ru* )

This article presents result of research predictive models.

Обеспечение заданного качества управления является важной проблемой как при проектировании систем управления, так и при их промышленной эксплуатации.

На этапе проектирования систем управления технологическими объектами решается ряд задач, связанных с разработкой структуры системы управления, оптимизирующей динамические и статические режимы работы объектов относительно принятых критериев качества. Как известно, этот этап синтеза системы управления характеризуется наличием параметрической и структурной неопределенности математической модели управляемого объекта и отсутствием исчерпывающей информации о внешних и внутренних возмущениях.

Для решения проблем, связанных с недостаточностью априорной информации об объекте, наличием влияющих друг на друга параметров процесса, а также с изменением технологических характеристик объекта в условиях функционирования и большим временем запаздывания используются методы управления с прогнозирующими моделями – Model Predictive Control (MPC) [1, 2]. Этот подход характеризуется высокими адаптивными свойствами разработанных систем управления.

Модель может быть построена на основе использования физических законов или быть эмпирической. В первом случае математическая модель (1) и прогнозирующая модель (2), представляют собой систему дифференциальных уравнений вида

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(t, \mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)), \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0; \quad (1)$$

$$\dot{\bar{\mathbf{x}}}(\tau) = \bar{\mathbf{f}}(\tau, \bar{\mathbf{x}}(\tau), \bar{\mathbf{u}}(\tau)), \quad \bar{\mathbf{x}}|_{\tau=t} = \mathbf{x}(t), \quad (2)$$

где  $\mathbf{x} \in \mathbf{E}^n$ ,  $\bar{\mathbf{x}} \in \mathbf{E}^n$  – вектора состояний объекта и модели,  $\mathbf{u} \in \mathbf{E}^m$ ,  $\bar{\mathbf{u}} \in \mathbf{E}^m$  – вектора управления,  $t \in [0, \infty)$ . Начальными условиями для модели служит текущее состояние объекта.

Эмпирические модели разрабатываются на основе текущих данных о процессах. В силу этого можно предположить, что они являются более точными. Такие модели представляют собой модели с конечной импульсной характеристикой (КИХ) или модели авторегрессии и скользящего среднего (АРСС).

Модели АРСС прогнозируют будущее состояние выходов на основании измеренных прошлых значений регулируемых переменных и измеренных переменных внешних воздействий в прямом канале управления и позволяют учесть стохастических характер представляющих интерес параметров. Прогнозирующая модель для одномерного объекта управления имеет следующий вид:

$$y(k) = \sum_{i=1}^p c_i y(k-i) + \sum_{j=1}^q d_j u(k-j) + e(k), \quad (3)$$

где  $y(k)$  – значение регулируемой переменной в  $k$ -й момент времени и  $u(k)$  входная координата объекта,  $e(k)$  – последовательность независимых, одинаково распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией;  $c_i$  –

параметры авторегрессии;  $d_j$  – параметры скользящего среднего. Частными случаями АРСС  $(p, q)$ -процессов является процесс АР  $(p)$  авторегрессии порядка  $p$  и процесс скользящего среднего СС  $(q)$  порядка  $q$ .

Как известно, для краткосрочных прогнозов можно использовать фильтры, в том числе фильтр скользящего среднего и экспоненциальный фильтр [3].

В докладе рассматриваются вопросы построения и анализа прогнозирующей модели для регулирования уровня питательной воды в паровом барабанном котле.

Котел как объект управления представляет собой сложную динамическую систему с несколькими взаимосвязанными входными и выходными величинами. Однако, явно выраженная направленность отдельных участников по основным каналам регулирования позволяет осуществить стабилизацию регулируемых величин с помощью независимых одноконтурных систем, связанных через объект управления. При этом регулирующее воздействие того или иного участка служит основным способом стабилизации его выходной величины, а другие воздействия являются по отношению к этому участку внутренними или внешними возмущениями.

Динамические свойства котла, как объекта регулирования уровня воды в барабане котла описываются уравнением материального баланса:

$$\frac{d}{dt}(\rho_{\text{в}}V_{\text{в}} + \rho_{\text{п}}V_{\text{п}}) = G_{\text{пв}} - G_{\text{пп}}, \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{в}}, V_{\text{в}}$  – плотность и объем воды,  $\rho_{\text{п}}, V_{\text{п}}$  – плотность и объем насыщенного пара,  $G_{\text{пв}}, G_{\text{пп}}$  – расходы воды и пара соответственно. Из (4) следует, что при принятых допущениях уровень воды в барабане парового котла есть интеграл от материального баланса  $(G_{\text{пв}} - G_{\text{пп}})$ . В этом случае расход пара является возмущением, а расход воды – управляющее воздействие.

В общем случае уравнение (4) более сложное, так как плотности воды и пара зависят от температуры воды и давления пара в котле. Кроме того, в барабане котла регулируется уровень двухфазной среды (смесь пара и воды), плотность которой меньше плотности воды. Это приводит к тому, что отклонение уровня в переходных режимах может не соответствовать знаку математического небаланса. Поскольку практически невозможно учесть в модели все особенности физических и технологических процессов, то синтез регуляторов выполняется по упрощенной модели объекта.

Поддержание уровня воды в барабане парового котла в допустимых пределах является одной из главных задач обеспечения безопасной работы котлоагрегата. Поэтому актуальным является обеспечение закона регулирования в соответствии с текущей динамической моделью процесса и прогнозируемых значений регулируемой величины.

С целью построения прогнозирующей модели временные тренды измеряемых величин, таких как расход пара, расход воды и уровень, полученные на объекте в условиях эксплуатации были обработаны с помощью средств пакета System Identification Toolbox. Часть временного ряда использовалась для построения модели, вторая часть того же ряда – для проверки модели.

Результаты обработки разных временных рядов, зафиксированных для разных сезонов года, дней недели и времени суток показали, что порядок модели (3) и значения коэффициентов будут разными. Соответственно, прогнозирующая модель должна изменяться в зависимости от изменяющихся условий эксплуатации. Однако адаптация модели должна выполняться не постоянно, а при некоторых условиях. Предлагается в качестве таких условий ис-

пользовать условия выхода за допустимые пределы математического ожидания (5) и дисперсии (6) регулируемой величины:

$$\varepsilon_M(t) = M_3(t) - M_T(t) \leq \Delta_{\text{доп}}, \quad (5)$$

$$\varepsilon_{\sigma^2}(t) = \sigma_3^2(t) - \sigma_T^2(t) \leq \Delta\sigma_{\text{доп}} \quad (6)$$

Эффективность использования различных методов прогнозирования регулируемой величины можно оценить по ниже приведенным рисункам.

Кривая 1 на рис. 1 отражает изменение уровня воды в барабане парового котла. Линия 2 – прогноз изменения уровня воды, построенный с использованием модели ARX (AutoRegressive with eXternal input). Поскольку уровень воды является функцией расхода пара и расхода воды, то была построена модель с двумя входами. Для оценки коэффициентов модели была сформирована матрица экспериментальных данных из трех столбцов: один столбец содержал данные по изменению уровня, второй – расход пара, третий – расход воды. Экспериментальные данные записаны с интервалом дискретизации 20 с. Первые отсчеты временного ряда (с 1 по 50) использовались для идентификации модели. Проверка модели выполнена для отсчетов с 51 по 73.

Третья кривая на рис. 1 иллюстрирует эффективность прогноза уровня воды при экспоненциальном сглаживании данных при параметре сглаживания  $\alpha = 0,5$ . Четвертая линия отражает результаты прогнозирования, сделанные с помощью фильтра скользящего среднего, интервал усреднения равен 3. Прогнозные значения привязаны к концу интервала сглаживания. При выбранных параметрах сглаживания оба последних метода показывают примерно одинаковые результаты.

Ошибка предсказания для анализируемых прогнозных моделей определялась как разность между экспериментальными данными и оценкой, деленная на максимально допустимое отклонение по уровню

$$\varepsilon(n) = (h(n) - \hat{h}(n)) / h_{\text{доп}}.$$

Величины ошибок для трех моделей сравнимы, что наглядно иллюстрируется на рис. 2.

Точность любого прогноза зависит, насколько модель адекватна реальному процессу. Поскольку условия функционирования объекта изменяются, то возникает необходимость уточнения модели или настройки ее параметров. Целесообразно при соизмеримых значениях показателей точности выбирать модель, для которой алгоритм идентификации параметров менее трудоемок. С этой точки зрения предпочтение следует отдать методам экспоненциального и скользящего сглаживания.

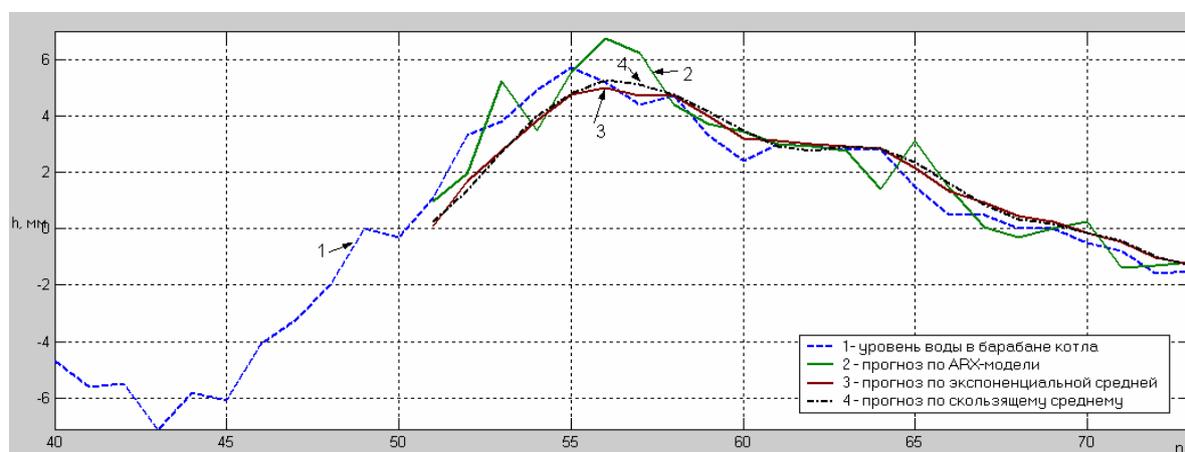


Рис. 1. Прогнозирование уровня питательной воды в барабане котла

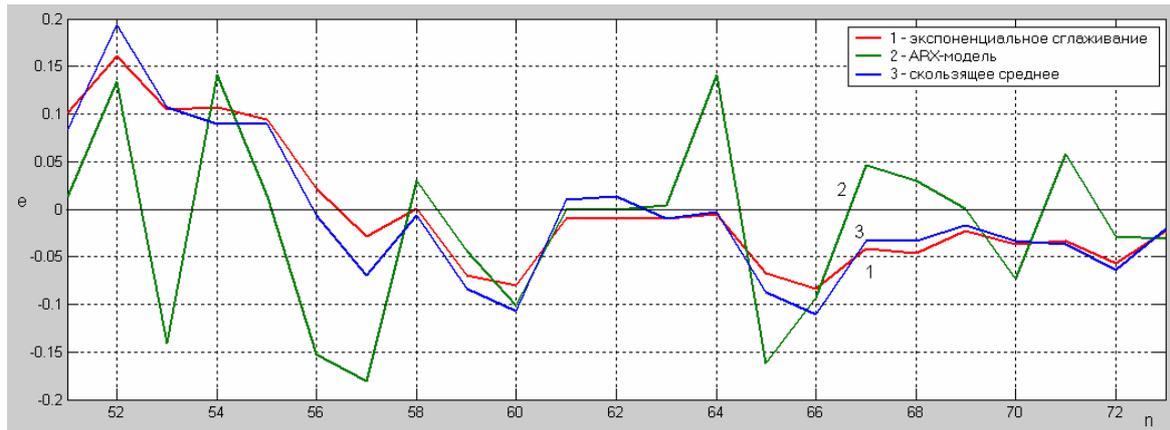


Рис. 2. Ошибки прогноза.

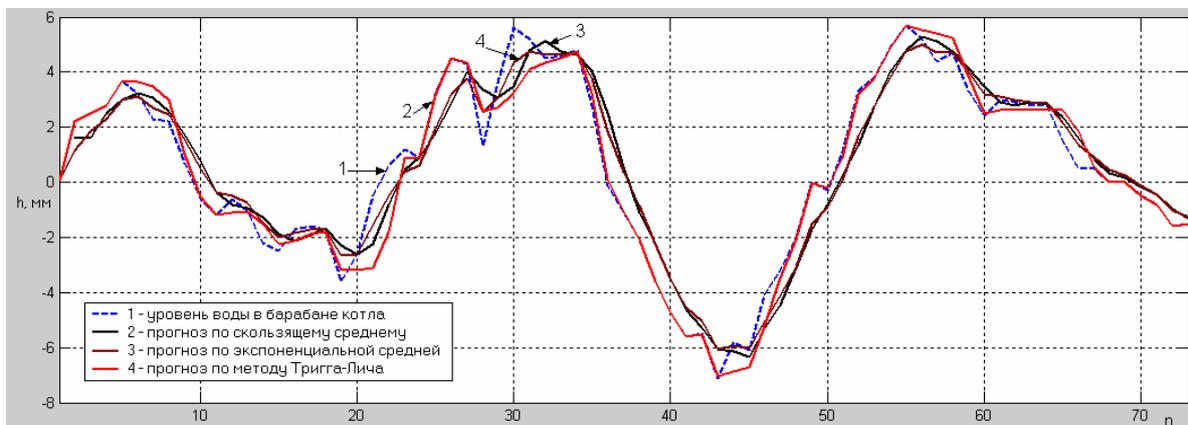


Рис. 3. Сравнение различных методов сглаживания.

Вычисления по алгоритмам экспоненциального сглаживания и скользящего среднего просты и выполняются итеративно. Однако эти методы требуют решения задачи выбора параметров сглаживания. Известны различные алгоритмы, которые обеспечивают в реальном масштабе времени адаптацию параметров модели к свойствам временного ряда. Примером такого алгоритма является алгоритм Тригга и Лича [3]. Эффективность этого метода прогнозирования иллюстрируется на рис. 3. Как видно, из графиков существуют временные интервалы, где имеет место практически полное совпадение наблюдаемого процесса и прогноза. Однако нельзя ожидать, что метод справится с любыми изменениями в структуре ряда.

Проведенные исследования показали, что чем больше время упреждения, тем больше несоответствие между прогнозом и фактически измеренными значениями параметров. Модели, построенные на алгоритмах сглаживания, можно рекомендовать для получения краткосрочных прогнозов.

#### Список литературы:

- 1) Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: Бинном. Лаборатория знаний, 2004. 911 с.
- 2) Веремей Е.И., Еремеев В.В. Введение в задачи управления на основе предсказаний. <http://matlab.exponenta.ru>.
- 3) Лукашин Ю.П. Методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.

## РАДИОЧАСТОТНОЕ РЕЗОНАТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ

<sup>1</sup>Маслов А.А., <sup>1,2</sup>Совлуков А.С., <sup>2</sup>Фатеев В.Я., <sup>1</sup>Яценко В.В., <sup>1</sup>Власова А.Р.,  
(<sup>1</sup>Мурманск, МГТУ, кафедра АиВТ, [jacenkovv@rambler.ru](mailto:jacenkovv@rambler.ru);  
<sup>2</sup>Москва, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, [sovlas@ipu.ru](mailto:sovlas@ipu.ru))

**Abstract.** Radiofrequency (RF) resonator measuring device for determination of physical properties of liquids is proposed. The device contains RF sensor that is section of modified coaxial line with U-shaped inner conductor. Distant location of electronic unit of the device from the sensor can be provided.

### Введение

Во многих отраслях промышленности необходимо с высокой точностью определять различные физические свойства (концентрацию смеси веществ, влагосодержание, плотность и др.) жидкостей, находящихся в емкостях (технологических резервуарах, измерительных ячейках и т.п.). В частности, в пищевой промышленности необходимо измерять концентрацию копильных препаратов, водно-спиртовых растворов и др.

Известны различные устройства для определения физических свойств жидкостей, основанные на измерении электрофизических параметров (диэлектрической проницаемости или (и) тангенса угла диэлектрических потерь) жидкостей с применением радиоволновых ВЧ и СВЧ резонаторов, содержащих контролируемую жидкость (Брандт, 1963; Викторов и др., 1978; 1989). Такие измерительные устройства имеют, однако, ограниченную область применения, обусловленную возможностью контроля жидкостей, являющихся достаточно хорошими диэлектриками: для диэлектрических жидкостей с большими диэлектрическими потерями добротность резонаторов может быть малой величиной и, соответственно, амплитуда информативных сигналов мала для надежной регистрации.

В известном устройстве (Ершов и др., 2007) содержится располагаемый в контролируемой жидкости чувствительный элемент, представляющий собой отрезок длинной линии в виде совокупности металлического цилиндра и расположенного внутри него и параллельно ему внутреннего проводника U-образной формы, подключенных к электронному блоку для возбуждения в отрезке длинной линии электромагнитных колебаний и измерения его резонансной частоты. Однако данное устройство имеет ограниченную область применения, что обусловлено необходимостью расположения электронного блока непосредственно вблизи чувствительного элемента и контролируемого объекта: в качестве электронного блока применяется автогенератор, в частотоподающую цепь которого подключен рассматриваемый отрезок длинной линии. Частота автогенератора, зависящая функционально от резонансной частоты отрезка длинной линии, служит информативным параметром. На практике же существует много задач, связанных с необходимостью расположения электронного блока на значительном расстоянии (несколько метров и более) от контролируемого объекта. Схема автогенератора с рассматриваемым чувствительным элементом не позволяет это сделать.

Рассматриваемое здесь устройство характеризуется расширенной областью применения и обеспечивает возможность проведения измерений при удалении электронного блока от контролируемого объекта и уменьшение влияния на погрешность измерения параметров кабелей, связывающих генератор и блок для измерения резонансной частоты с соответствующими индуктивностями связи.

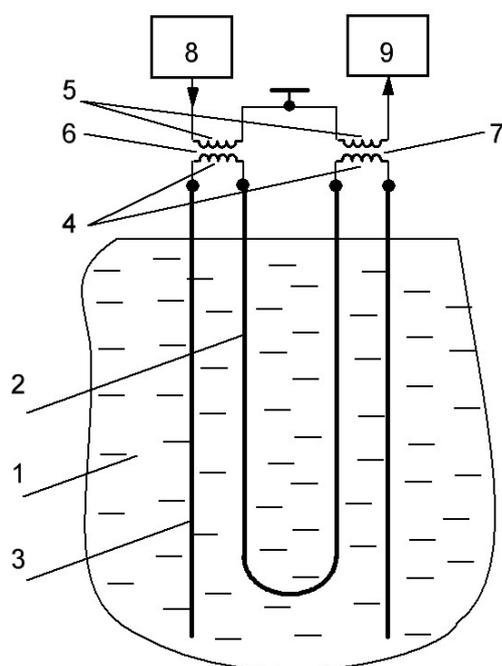


Рис. 1. Функциональная схема измерительного устройства.

- 1 – контролируемая жидкость,
- 2 – внутренний проводник отрезка длинной линии,
- 3 – наружный проводник отрезка длинной линии,
- 4 – нагрузочные индуктивности,
- 5 – индуктивности связи,
- 6 и 7 – высокочастотные трансформаторы,
- 8 – генератор частотно-модулированных колебаний,
- 9 – блок измерения резонансной частоты.

### Функциональная схема измерительного устройства

На рис. 1 изображена функциональная схема измерительного устройства. Здесь чувствительный элемент в виде отрезка длинной линии размещается в емкости с контролируемой жидкостью 1; он может быть также заполнен этой жидкостью для проведения измерений. Такой чувствительный элемент содержит внутренний проводник 2, имеющий U-образную форму, и наружный проводник (металлический экран) 3. Внутренний проводник 2 может быть покрыт диэлектрической оболочкой определенной толщины, изготовленной из фторопласта, полиэтилена и др., что важно при контроле жидкостей с большими диэлектрическими потерями.

Каждый из концов данного отрезка длинной линии подключен к соответствующей нагрузочной индуктивности 4. Эти нагрузочные индуктивности 4 вместе с соответствующими индуктивностями связи 5 образуют высокочастотные трансформаторы 6 и 7, которые работают на частотах  $\sim 1$  МГц и более высоких частотах. К одной из индуктивностей связи 5 подключен генератор частотно-модулированных колебаний 8, с помощью которого в данном отрезке длинной линии – полуволновом резонаторе – возбуждают электромагнитные колебания (обычно в мегагерцовом диапазоне частот электромагнитных волн) на основной резонансной частоте. К другой индуктивности связи 5 связи подключен блок измерения резонансной частоты 9.

Величина индуктивной связи между первичной (индуктивностью связи 5) и вторичной (нагрузочной индуктивностью 4) обмотками каждого из высокочастотных трансформаторов 6 и 7 выбирается из условий обеспечения большого значения нагрузочной (т.е. при подключении внешних элементов к отрезку длинной линии) добротности резонатора (отрезка длинной линии) и достаточно большого значения амплитуды сигнала на выходе данного резонатора, т.е. на входе блока измерения резонансной частоты 9. В частности, при измерении физических свойств жидкости, являющейся диэлектриком с большими диэлектрическими потерями, собственная (т.е. в отсутствие внешних элементов) добротность резонатора (отрезка длинной линии) имеет малую величину ( $\sim 10 \div 20$ ). В этом случае основной задачей является обеспечение достаточно большого значения амплитуды выходного сигнала, посту-

пающего в блок измерения резонансной частоты 9. Поэтому в данном случае требуется обеспечить достаточно сильную индуктивную связь между обмотками каждого трансформатора. Это достигается расположением обмотки индуктивности связи 5 каждого из трансформаторов 6 и 7 в непосредственной близости от обмотки соответствующей нагрузочной индуктивности 4 (например, одна из этих обмоток располагается поверх другой обмотки или между витками другой обмотки).

### Принцип действия измерительного устройства

При совпадении частоты частотно-модулированных колебаний и резонансной частоты полуволнового резонатора амплитуда этих электромагнитных колебаний достигает максимума. Этот максимум фиксируется в блоке измерения резонансной частоты 9 и в нем происходит преобразование измеряемой частоты в какой-либо из электрических сигналов (напряжение, ток) или цифровой код. При расположении полуволнового отрезка длинной линии в контролируемой жидкости 1 его резонансная частота изменяется. Поскольку эта резонансная частота функционально зависит от электрофизических параметров контролируемой жидкости 1, в частности, от диэлектрической проницаемости, которая, в свою очередь, зависит от физических свойств этой жидкости (концентрации смеси веществ, влагосодержания, плотности и др.), то по ее значению определяют соответствующее значение измеряемого физического свойства жидкости.

В общем случае чувствительный элемент в виде отрезка длинной линии можно представить в виде эквивалентного  $LC$ -контура с сосредоточенными параметрами, резонансная частота которого  $\omega_p$  определяется по формуле

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Измеряемый физический параметр чаще всего воздействует на электрическую емкость  $C$  данного эквивалентного  $LC$ -контура, в результате чего эта емкость изменяется на величину  $\Delta C$ , а резонансная частота – на величину  $\Delta\omega_p$ . Дифференцируя функцию (1) по  $C$ , можно получить приближенную формулу, связывающую величины  $\Delta\omega_p$  и  $\Delta C$

$$\frac{\Delta\omega_p}{\omega_p} \approx -\frac{\Delta C}{2C} \quad (2)$$

Величина  $\Delta\omega_p/\omega$  определяет частотное перекрытие датчика, т.е. относительное изменение информативного параметра (резонансной частоты) от относительного изменения измеряемого параметра.

Следует заметить, что емкость  $C$  состоит из рабочей емкости  $C_p$  и паразитной емкости  $C_{п}$ . Паразитную емкость составляют емкости различных элементов конструкции датчика, не участвующие в преобразовании “измеряемый параметр  $\rightarrow C \rightarrow \omega_p$ ”, например, емкости проходных изоляторов, фиксаторов и линий связи. Очевидно, что максимальную чувствительность и минимальную погрешность измерения можно получить только при максимально возможном значении  $\Delta C/(2C)$ . Поэтому необходимо стремиться к уменьшению влияния паразитной емкости  $C_{п}$  на величину частотного перекрытия (2). В частности, уменьшения влияния емкости линий связи можно добиться при подключении их к точкам резонатора, в которых величина электрического поля минимальная. В полуволновом резонаторе такими точками являются короткозамкнутые концы этого резонатора или концы резонатора, нагруженные на индуктивность  $L_{н}$ . В этом случае входное сопротивление  $Z_{вх}$  отрезка длинной линии, имеющего длину  $l$  и нагруженного на противоположном конце на индуктивность  $L_{н}$ , можно определить из следующего выражения (Викторов и др., 1978):

$$Z_{вх} = jWtg\beta(l + x_0) \quad (3)$$

где  $W$  – волновое сопротивление длинной линии;  $\beta = \omega/v_{\phi}$  – коэффициент фазы;  $\omega$  – угловая частота;  $v_{\phi}$  – фазовая скорость распространения электромагнитных волн в вакууме;  $x_0$  – эквивалентное удлинение отрезка длинной линии, нагруженного на индуктивность  $L_n$ , которое выражается следующей формулой:

$$x_0 = \frac{1}{\beta} \operatorname{arctg} \frac{\omega L_n}{W} \quad (4)$$

Из формулы (3) видно, что при  $\lambda/4 \leq l+x_0 \leq \lambda/2$  входное сопротивление отрезка длинной линии приобретает емкостной характер, при этом эквивалентная электрическая емкость  $C_p \rightarrow \infty$  при  $l+x_0 \rightarrow \lambda/2$ . Поэтому всегда можно выбрать такие значения длины  $l$  отрезка длинной линии или индуктивности  $L_n$ , при которых  $C_n \ll C_p$ , и, тем самым, обеспечить требуемое минимальное влияние  $C_n$  на частотное перекрытие (3) и, следовательно, на точность измерения физической величины во всем диапазоне ее изменения.

Отметим, что эксперименты с различными жидкостями подтверждают эффективность устройства, рассмотренного в статье (Ершов и др., 2007), для измерения различных физических свойств жидкостей. Например, в экспериментах применялась конструкция отрезка длинной линии длиной 100 мм, внутренним диаметром металлического цилиндра из нержавеющей стали 20 мм с U-образным внутренним проводником, покрытым диэлектрической (полихлорвиниловой) оболочкой. Диаметр U-образного медного проводника вместе с оболочкой равен 2 мм, а без оболочки – 1,2 мм. Части U-образного проводника расположены симметрично относительно продольной оси металлического цилиндра; расстояние между этими частями внутреннего проводника равно 7 мм. Такая же конструкция чувствительного элемента применима и с иным, рассмотренным выше, способом возбуждения и съема электромагнитных колебаний.

### Заключение

Таким образом, рассмотренное радиочастотное устройство обеспечивает расширение области применения, позволяя производить измерения физических свойств жидкости при значительном удалении электронного блока от контролируемого объекта и при минимальном влиянии кабелей связи на точность измерения. Это устройство может быть применено для контроля концентрации смесей (растворов) жидкостей, в том числе влагосодержания жидкостей, и других физических свойств веществ.

### Список литературы:

- 1) Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. М.: Физматгиз. 1963. 404 с.
- 2) Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин. М.: Наука. 1978. 280 с.
- 3) Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. М.: Наука. 1989. 208 с.
- 4) Ершов А.М., Маслов А.А., Совлуков А.С., Фатеев В.Я., Яценко В.В. Радиочастотная концентратометрия технологических водных растворов// Датчики и системы. 2007. № 11. С. 17-21.

## МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лейко Н.Н. (МГТУ, кафедра А и ВТ)

В статье представлена методика создания электронных учебных материалов в виде СНМ файлов с использованием свободных программных продуктов. Это OpenOffice.org [1] и программа htm2chm [2].

В качестве примера приведены методические указания для студентов Мурманского государственного технического университета, выполняющих лабораторные (практические) работы по теме "Компьютерная графика в системе КОМПАС-3D LT V9" в процессе изучения дисциплины "Информатика". В указаниях 3 главы 32 раздела, 250 рисунков, ряд которых неоднократно используется в методических указаниях. В электронном виде объем методических указаний в виде одного файла с расширением .chm составил менее 12 Мегабайт.

Так как использовано свободное ПО, то финансовые затраты на создание электронной версии отсутствуют. Для сравнения, стоимость одного экземпляра методических указаний объемом 6,27 условных издательских листов, отпечатанных в типографии тиражом 106 экземпляров, в ценах 2010 года составляет 160,44 рубля.

СНМ - это файлы в формате Compressed HTML Help. Формат был разработан Microsoft для гипертекстовых справочных систем. Для просмотра СНМ файлов достаточно наличия в операционной системе Internet Explorer. Первый раз формат был использован в ОС Windows 98, и он до сих пор используется в операционных системах Windows [4].

В основном, формат СНМ применяется для создания справочных файлов, но некоторые электронные библиотеки хранят в нем книги. Основное преимущество СНМ – легкость формирования оглавления книги [5].

Методика создания электронных учебных материалов заключается в следующем:

1. Продумывается структура будущего документа.
2. Создаются две папки, одна для исходных файлов, другая для файлов, подготовленных к компиляции.
3. В папке для исходных файлов при помощи текстового процессора [1]:
  - 3.1. Создаются исходные текстовые файлы [3].
  - 3.2. В исходные текстовые файлы вставляются графические элементы (рисунки, диаграммы) [3].
4. В папке для файлов, подготовленных к компиляции при помощи текстового процессора [1]:
  - 4.1. Сохраняются в виде файлов в формате .htm или .html исходные текстовые файлы с вставленными графическими элементами [3].
  - 4.2. Создается файл index.html, обязательный при подготовке создания файла в формате .chm [4].
5. При помощи программы htm2chm [2]:
  - 5.1. Генерируется файл ТОС.hhc (Table of Contents), при помощи которого создается содержание - отдельная панель со списком глав, разделов (страниц) для упрощения навигации. Одновременно генерируется файл индекса index.hhk для организации поиска по индексу [4].
  - 5.2. Редактируется файл ТОС.hhc (Table of Contents) для придания содержанию, вида, соответствующего задуманной структуре [4].
  - 5.3. Производится компилирование проекта, в результате чего создается документ в виде скомпилированного файла в формате .chm [4].

**Выводы:**

1. Применение методических указаний в формате .chm при проведении практических и лабораторных занятий в 2009 и 2010 гг. в группах ЭС1 и ВТ1 позволили:
  - 1.1. Добиться выполнения работы всеми студентами в течение учебного времени.
  - 1.2. Сократить время выполнения работы в среднем на 15 мин.
2. Использование свободного ПО не требует финансовых затрат на создание электронных учебных материалов.
3. Применение описанной методики позволят пользователю самостоятельно создать подобный документ в виде скомпилированного файла в формате .chm.

**Список источников и литературы:**

- [1] <http://www.openoffice.org>.
- [2] <http://htm2chm.by.ru/>
- [3] OpenOffice.org 3 Руководство по Writer. Авторы Magnus Adielsson и др. Перевод Дмитрий Чернов Алексей Еременко Дмитрий Смирнов 2008 г.
- [4] <http://www.oszone.net/3789>
- [5] <http://www.genon.ru/GetAnswer.aspx?qid=b57bdd7e-b50d-4659-91e1-b397445f5225>.

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО МЕТОДА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОПТИЛЬНОГО ПРЕПАРАТА

Маслов А.А., Яценко В.В., Власова А.Р., Совлуков А.С. (Мурманск, МГТУ, кафедра АУВТ, [jacenkovv@rambler.ru](mailto:jacenkovv@rambler.ru))

Abstract. The article describes different constructions of radio-frequency sensors. Informative parameters and their application for determining composition of smoke liquids are being considered.

Аннотация. В статье рассматриваются различные конструкции радиочастотных датчиков, информативные параметры чувствительного элемента и их использование при исследовании компонентного состава коптильного препарата.

Перспективными и эффективными методами анализа и исследования химического состава коптильной жидкости являются радиочастотные методы измерения, которые основаны на использовании зависимости параметров электромагнитных систем от контролируемой величины в диапазонах частот от единиц мегагерц до десятков гигагерц (Маслов и др., 2009).

Измерительные устройства, построенные на основе таких методов, имеют в качестве первичных преобразователей (датчиков) отрезки однородной и неоднородной длинной линии различного исполнения.

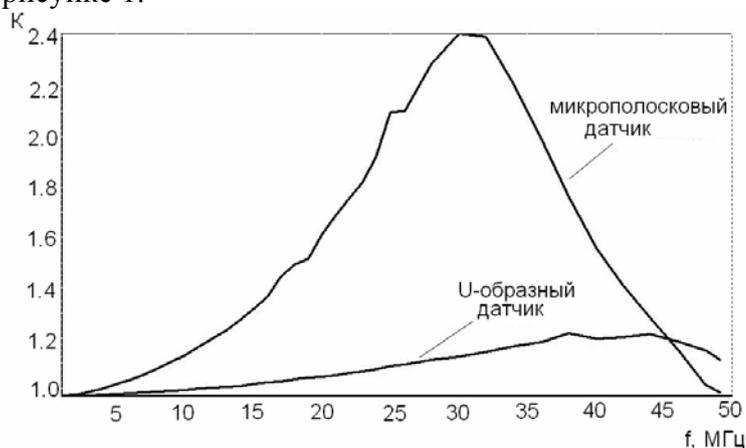
Для проведения экспериментов, целью которых являлось исследование влияния конструкции радиочастотного датчика на вид амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), использовались U-образный и микрополосковый датчики, изготовленные на кафедре "Автоматика и вычислительная техника" МГТУ.

U-образный радиоволновый датчик представляет собой отрезок коаксиальной линии в виде полой металлической трубы с соосно расположенным внутри нее U-образным проводом, покрытым слоем трансформаторного лака. Длина провода составляет 0.3 м (Ершов и др., 2007; Маслов и др., 2008).

Второй датчик - микрополосковый, представляет собой двухстороннюю фольгированную текстолитовую пластину, одна сторона которой представлена в виде медной линии, длиной порядка 1 м, а вторая сторона полностью покрыта медью (Совлуков и др., 2009; Маслов и др., 2009).

Амплитудно-частотные характеристики, полученные без погружения датчиков в жидкость (в воздухе), представлены на рисунке 1.

Рисунок 1.  
Амплитудно-частотные характеристики микрополоскового и U-образного датчиков, находящихся в воздухе



Анализ полученных кривых позволяет сделать вывод о перспективности применения U-образного датчика для исследования состава копильного препарата, так как этот чувствительный элемент практически не влияет на амплитудно-частотную характеристику (коэффициент передачи на рассматриваемом диапазоне частот  $\approx 1$ ). Другим достоинством U-образного датчика является более простое математическое описание АЧХ такого чувствительного элемента. Кроме того, проведение многочисленных опытов показало, что U-образный датчик может находиться в жидкости длительное время (текстолитовая подложка микрополоскового датчика может впитывать жидкость, что влияет на характеристику датчика).

Таким образом, предпочтительнее использовать в качестве чувствительного элемента U-образный радиоволновый датчик с диэлектрической оболочкой в виде слоя трансформаторного лака.

Для выявления информативных параметров, позволяющих получить информацию о составе раствора, был проведен ряд экспериментов с бинарными растворами (рисунок 2).

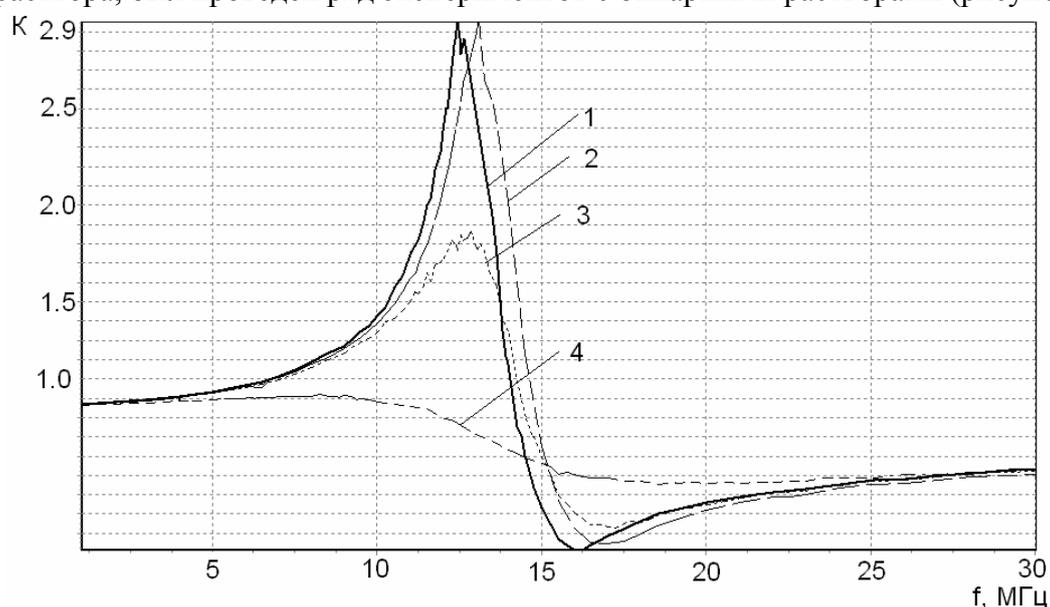


Рисунок 2 - Амплитудно-частотные характеристики датчика, помещенного в:  
1 – дистиллированную воду; 2, 3, 4 – растворы уксусной кислоты  
(концентрация уксуса 2 – 0.002%, 3 – 0.03%, 4 – 0.5%)

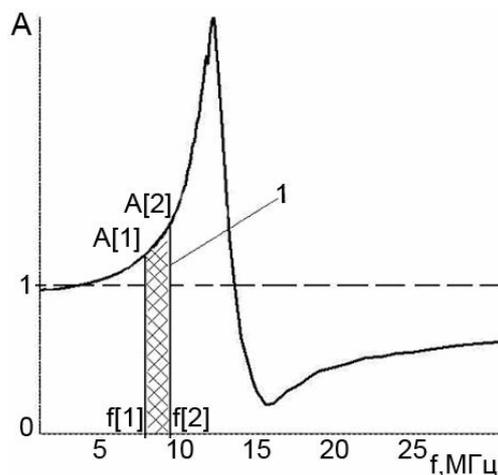
Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод, что информативными параметрами могут являться максимальное значение коэффициента передачи и соответствующая этому значению величина частоты генератора сигнала.

Однако, такие информативные параметры достаточны для бинарных растворов. Для копильных препаратов изменения откликов слишком мало для надежной регистрации в силу малого изменения химического состава копильной жидкости. Оценить изменение компонентного состава смеси можно с помощью интегрального показателя, который определяется площадью, ограниченной осью частот и графиком амплитудно-частотной характеристики (рисунок 3).

Площадь фигуры 1 можно определить по формуле:

$$S_1 = \frac{A[2] + A[1]}{2} \cdot (f[2] - f[1])$$

Рисунок 3.  
Определение  
интегрального  
показателя



Для того чтобы при расчете интегрального показателя учитывать значения частот, при которых рассчитываются полученные значения коэффициентов, целесообразно вычислять модифицированный интегральный показатель по формуле:

$$J = \sum_{i=0}^n S[i+1] \cdot f[i+1]$$

где  $n$  – количество отсчетов в массиве данных, полученном при построении амплитудно-частотной характеристики.

Таким образом, модифицированный интегральный показатель  $J$  может использоваться в качестве информативного параметра при исследовании химического состава коптильного препарата.

Для определения зависимости модифицированного интегрального показателя  $J$  от степени насыщения воды коптильными компонентами, был проведен эксперимент в ходе которого строились амплитудно-частотные характеристики радиочастотного датчика, помещенного в коптильные жидкости, полученные через 30 мин, 4 часа, 10 часов и 16 часов после начала процесса абсорбции водой компонентов дыма. На рисунке 4 представлены амплитудно-частотные характеристики для исследуемых проб коптильных жидкостей.

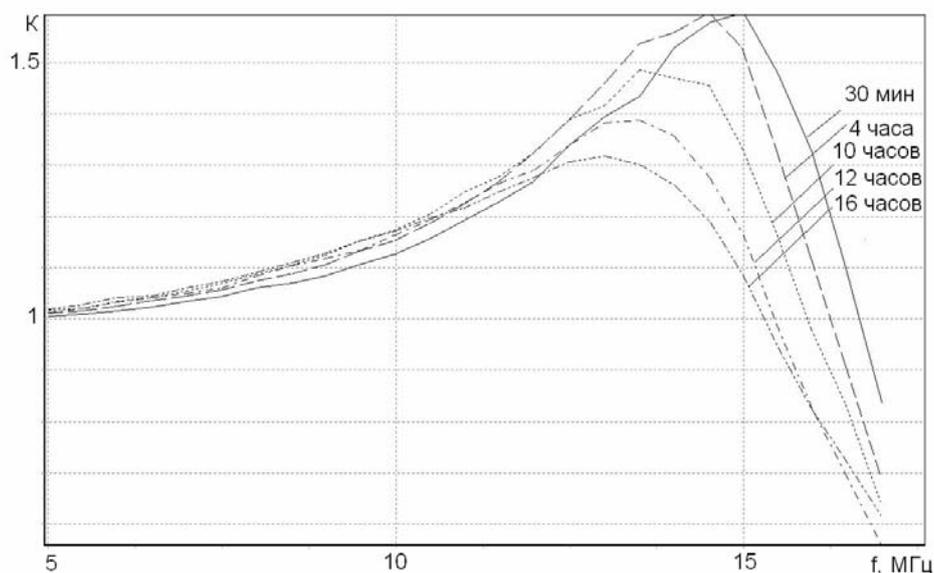


Рисунок 4 - Амплитудно-частотные характеристики датчика, помещенного в коптильные жидкости с разными стадиями готовности.

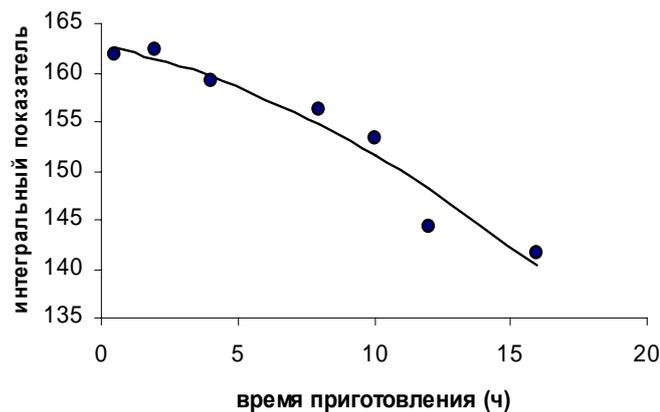


Рисунок 5 – Зависимость модифицированного интегрального показателя от времени приготовления копильной жидкости

Для полученных амплитудно-частотных характеристик произведен расчет модифицированного интегрального показателя степени насыщения копильной жидкости. График зависимости  $J = f(t)$  представлен на рисунке 5.

Таким образом, экспериментально доказано, что модифицированный интегральный показатель  $J$  может использоваться в качестве информативного параметра при исследовании степени насыщения раствора компонентами дыма в процессе приготовления копильной жидкости.

В ходе экспериментов выявлена оптимальная конструкция радиочастотного датчика в виде отрезка коаксиальной длинной линии с U-образным внутренним проводником. Исследована информативность интегральных параметров радиочастотного измерительного устройства, обоснована возможность их использования для решения задачи контроля концентрации компонентов копильных препаратов. Проведены экспериментальные исследования, направленные на определение информативности модифицированного интегрального показателя при определении степени насыщения раствора компонентами копильного дыма.

#### Список литературы:

1. Совлуков, А.С. Резонаторный метод измерения физических свойств жидкостей с применением полосковых линий/ А.С. Совлуков, А.А. Маслов, В.В. Яценко, А.Р.Власова // Вестник МГТУ : труды Мурм. гос. техн. ун-та.- 2009.-Т.12, № 2.-С.271-276.
2. Маслов, А.А. Метод спектроскопического исследования вещества в системах непрерывного контроля состава копильных препаратов/А.А. Маслов, В.В. Яценко А.Р.Власова А.В. Власов // Вестник МГТУ : труды Мурм. гос. техн. ун-та.- 2009.-Т.12, № 2.- С.268-271.
3. Маслов, А.А. Радиоволновый резонаторный метод измерения физических свойств жидкостей с диэлектрическими потерями /А.М. Ершов, А.А. Маслов, А.С. Совлуков, В.Я. Фатеев, В.В. Яценко // Вестник МГТУ : труды Мурм. гос. техн. ун-та.- 2008.-Т.11, № 3.- С.498.
4. "Радиочастотная концентратометрия технологических водных растворов" /А.М. Ершов, А.А. Маслов, А.С. Совлуков, В.Я. Фатеев, Яценко В.В.//Журнал Датчики и системы №11. 2007 г.

## **ВНЕДРЕНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

**Яценко В.В., Власов А.В.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра АиВТ, e-mail: [jacenkovv@rambler.ru](mailto:jacenkovv@rambler.ru))

The article describes results of rating system application to the subject in three-year period. Its influence on students' attendance is being analyzed. The results of students' progress in studies processing in a term are described. Advantages and disadvantages of rating system are given.

В статье описывается результат применения рейтинговой системы оценок по конкретной дисциплине в течение трех лет. Анализируется ее влияние на посещаемость студентами занятий, приводятся выводы по результатам обработки успеваемости по отдельно взятому семестру. Отражены достоинства и недостатки применения рейтинговой системы.

Работа на лекционных, семинарских и лабораторных занятиях является основой деятельности преподавателей и студентов. Меняется образовательное пространство, требования работодателей и общества в целом. Но, к сожалению, формы проведения учебных занятий остаются такими, какими они были в те времена, когда трудоустройство было гарантированным, а университеты не были поставлены в жесткие рамки конкурентной борьбы. Положение, когда студенты принимают в учебном процессе пассивную роль, неуспевающие выявляются только после сессии, не отвечает требованиям сегодняшнего дня.

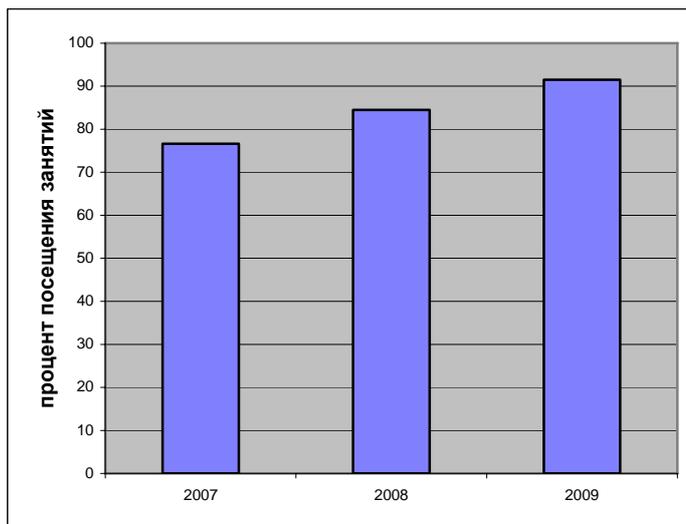
Создание стимулов активизации самостоятельной работы студентов; упорядочивание требований преподавателей к уровню знаний; получение простых, своевременных и наглядных показателей успеваемости – все это может быть достигнуто при использовании рейтинговой системы. Основной замысел введения рейтинговой системы заключается в достижении управляемости учебного процесса, как со стороны преподавателя, так и студента.

Рейтинговая система является одной из современных и эффективных видов контроля знаний и умений студентов, стимулирующих их познавательную активность. Технология рейтинговой системы позволяет всесторонне оценивать учебную деятельность и уровень усвоения знаний студента. Это происходит на всем протяжении изучения дисциплины с использованием четких критериев, что повышает объективность и предсказуемость оценки. Целью внедрения рейтинговой системы является побуждение студентов к активному, всестороннему и систематическому изучению предмета, повышение их творческой активности.

В течение 2008 – 2010 гг. на кафедре «Автоматики и вычислительной техники» МГТУ происходит апробация рейтинговой системы оценки знаний студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». Разработка данной системы оценки проводилась параллельно с постановкой второй части курса «Микропроцессорные системы управления», касающейся изучения принципов работы современных микроконтроллеров.

В настоящее время студентам затруднительно самостоятельно осваивать новые темы данной дисциплины по двум причинам: первое – на сегодняшний день курс слабо обеспечен собственными методическими разработками, второе – недостаточная мотивация студентов к обучению. Таким образом, степень усвоения студентами нового материала в значительной степени зависит от посещения учащимися лекционных, лабораторных и практических занятий. Получение баллов по данному пункту системы формирования оценок является

Рисунок 1 – Гистограммы процента посещенных занятия по МПСУ студентами в 2007 – 2009 гг.



существенным стимулирующим фактором для студентов. На рисунке 1 показана динамика посещения учащимися занятий при отсутствии рейтинговой системы (2007 год) и при внедрении балльной системы.

Немаловажным аспектом разработанной системы является введение в методику расчета баллов «эталонного студента». На каждом этапе обучения преподаватель, опираясь на баллы «эталона», может спрогнозировать итоговую оценку обучаемого в конце семестра. Каждое занятие обучаемому распечатывается лист с текущей успеваемостью, где помимо собственно набранных им баллов присутствует этот прогноз. Это позволяет учащемуся иметь актуальную информацию о текущем положении дел и адекватно оценивать собственные усилия по усвоению учебного материала. Особенно важен этот аспект в начале семестра, где студенты обычно ведут не столь интенсивную работу.

Постоянный мониторинг успеваемости учащихся позволяет преподавателю оценивать однородность подачи учебного материала, а также определять степень взаимодействия студентов в группе и их заинтересованность преподаваемым материалом. На рисунках 2 – 4 представлены графики успеваемости трех групп, полученные в течение одного из семестров преподавания дисциплины. Из анализа представленных зависимостей и опыта проведения занятий можно сделать следующие выводы:

- подача материала в течение семестра несколько неоднородна. В начале семестра на всех трех графиках наблюдается подъем, сменяющийся заметным провалом. Это объясняется тем, что на первых практических занятиях преподаватель ведет интенсивную работу со студентами, под его контролем осваиваются используемые программные средства, выполняются первые несложные практические и лабораторные работы. Затем задания усложняются и вклад самого студента в решение задачи увеличивается. Это приводит к некоторой задержке выполнения плана обучаемыми, что и отражается на графике. По мере освоения учащимися материала дисциплины (на что оказывает положительное влияние своевременная обратная связь по прогнозируемой оценке), подавляющее большинство студентов выходят на некоторую «номинальную производительность»

- рейтинговая система позволяет выявить лидеров в группе. Их наличие положительно сказывается на общей успеваемости группы. Кроме того, данная система позволяет оценить степень взаимодействия студентов в группе;

- как видно из представленных графиков, ни один из студентов не опустился до уровня «не удовлетворительно» (меньше 20 баллов), так как отстающие студенты своевременно скорректировали интенсивность своей работы.

Преподавателям рейтинговая система позволяет:

- рационально планировать учебный процесс по дисциплине, устраняя неравномерность в подаче материала (обычно это характерно для новых курсов);
- облегчить стимулирование студентов в вопросах освоения необходимого материала;
- иметь актуальную и наглядную информацию по успеваемости каждого студента и группы в целом;
- при необходимости своевременно вносить коррективы в организацию учебного процесса по результатам текущего рейтингового контроля;
- объективно определять итоговую оценку по дисциплине с учетом текущей успеваемости.

Рейтинговая система оценки знаний позволяет студентам:

- четко понимать систему формирования оценок по дисциплине, что в значительной степени уменьшает число конфликтных ситуаций при получении итоговых оценок;
- осознавать необходимость систематической и ритмичной работы по усвоению учебного материала на основании знания своей текущей рейтинговой оценки;

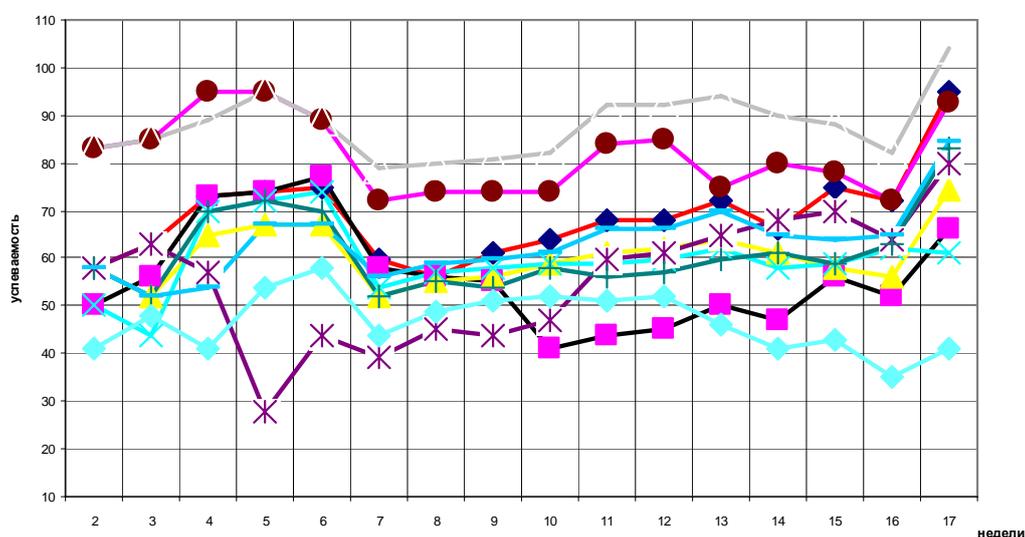


Рисунок 2 – Графики прогнозов успеваемости группы А

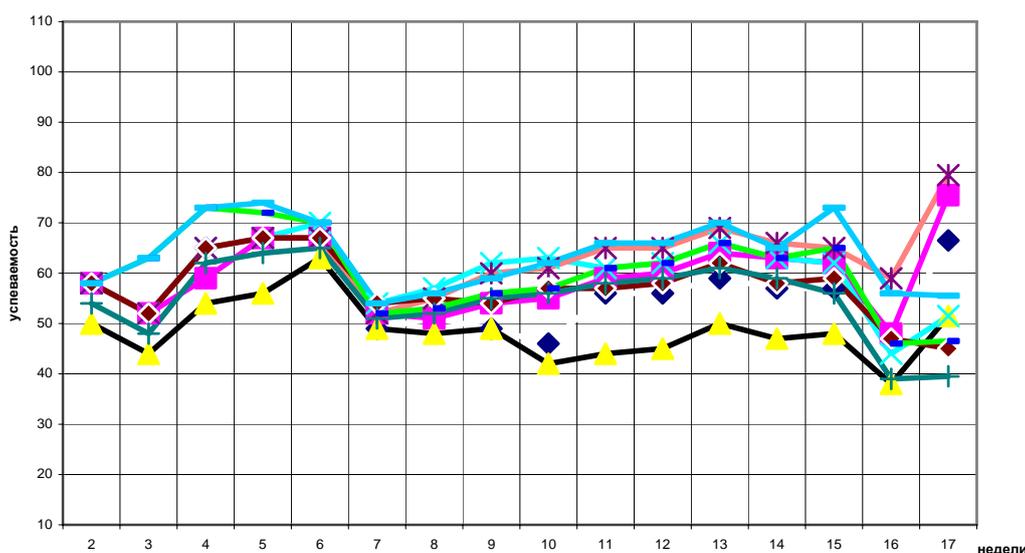


Рисунок 3 – Графики прогнозов успеваемости группы В

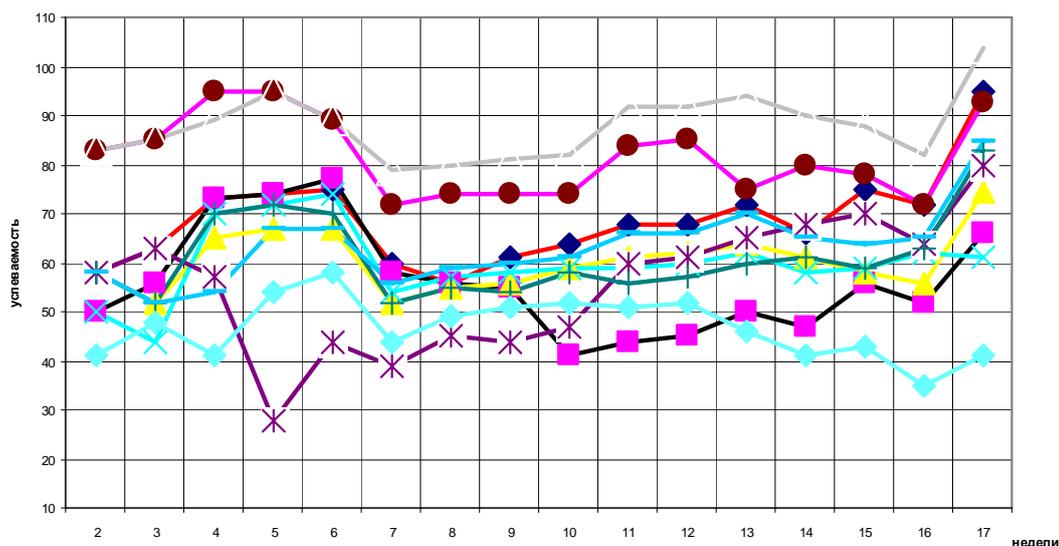


Рисунок 4 – Графики прогнозов успеваемости группы С

- своевременно оценивать результаты своей работы по изучению дисциплины, выполнению всех видов учебной нагрузки задолго до начала экзаменационной сессии.

Вместе с тем, при внедрении рейтинговой системы возникает ряд проблем:

- сложность в определении "веса" различных видов деятельности и участия студентов в учебном процессе;
- недовольство отдельных студентов новой системой оценки знаний.

Для повышения эффективности рейтинговой системы преподаватели в начале семестра должны довести до сведения студентов четкие критерии оценки различных видов работ.

Опыт применения рейтинговой системы для оценки знаний студентов 4 курса спец. «» показал, что данная система является эффективным инструментом, при помощи которого можно существенно повысить уровень преподавания дисциплины за счет создания у обучаемых необходимой мотивации и увеличения однородности подачи материала в ходе семестра. Представление преподавателю информации о текущей успеваемости студентов в удобном графическом виде позволяет достаточно легко выявлять проблемных обучаемых, к которым необходимо применить дополнительное стимулирующее воздействие. Таким образом, можно сделать вывод, что разумное применение рейтинговой системы в современных условиях позволяет существенно облегчить труд преподавателя.

### Список литературы:

1. Верещагин Ю.Ф., Ерунов В.П. Рейтинговая система оценки знаний студентов, деятельности преподавателей и подразделений вуза: Учебное пособие. - Оренбург: ОГУ, 2003. - 105 с.
2. Рейтинговая система оценки знаний студентов при освоении предмета фармакологии Назаренко Н. А., Буюклинская О. В., Громова Л. Е., Коптяева Р. Г., Крылов И. А., Алиева А. А., Волчихина Н. В. Северный государственный медицинский университет, Сборник тезисов и материалов XI региональной учебно-методической конференции «Образовательная деятельность в условиях инновационного развития высшей школы» Архангельск 2006 года 109 с.



---

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА



## **ОБ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ВЛИЯНИИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ**

**Баева Л.С., Пашеева Т.Ю.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии металлов и судоремонта)

Представлены результаты исследований особенностей общей и местной коррозии сварных соединений корпусных конструкций. Рассмотрены мероприятия по снижению скорости коррозии в сварных соединениях.

### **Введение**

Коррозия - процесс самопроизвольный, сопровождающийся снижением свободной энергии материала. Его результатом является появление термодинамически более устойчивых по сравнению с исходным материалом химических соединений.

Механизм коррозионных разрушений сварных соединений не отличается от механизма разрушения основного металла. Особенности, которые определяют (в отличие от основного металла) причины, характер, кинетику и механизм разрушения сварных соединений, зависят от физико-химического воздействия сварки, вызывающего неблагоприятное изменение и неоднородность свойств металла и напряженного состояния, следствием чего является усиление отрицательного воздействия среды.

Для сварного соединения характерны: а) структурно-химическая макро- и микронеоднородность (основной металл, литой металл шва, переходные структурные зоны влияния; зерна, границы зерен, фазы включения и т.д. в пределах каждой зоны); б) неоднородность напряженного состояния собственного (остаточные напряжения и пластическая деформация) и от внешней нагрузки; в) геометрическая неоднородность (технологические и конструктивные концентраторы). Эти основные виды неоднородности определяют механическую, физическую и электрохимическую макро- и микронеоднородность сварных соединений и особенности коррозионных разрушений сварных соединений.

Коррозионный износ корпусов судов можно подразделить на два вида: равномерный (общий) и местный.

Местный коррозионный износ проявляется в виде специфических коррозионных разрушений в днищевой обшивке, которые являются инициаторами образования трещин в листах обшивки. Интенсивный местный коррозионный износ в еще большей степени, чем общий износ, снижает уровень надежности корпусных конструкций, так как появление трещин вызывает временный вывод судов из эксплуатации.

Общий коррозионный износ приводит к снижению технического состояния корпусов судов, а следовательно, к преждевременному выводу их из эксплуатации. Поэтому очень важно знать скорости коррозионного изнашивания связей, чтобы иметь возможность определить время наступления отказа корпуса и таким образом оценить уровень его надежности.

### **Особенности коррозионного износа сварных соединений корпусов судов**

Сварные соединения подводной части корпуса судна условно можно разделить на две группы: «открытые», включающие все стыковые и пазовые сварные соединения наружной обшивки, и «закрытые» - тавровые сварные соединения наружной обшивки с набором. Металл шва у открытых соединений непосредственно омывается водной средой, в которой

движется судно. В электрохимическом коррозионном процессе такие сварные соединения представляют трехэлектродную систему. Электролитом для них является морская вода, омывающая сварной шов, зону термического влияния (ЗТВ) и основной металл. Металл шва у закрытых соединений не имеет прямого контакта с водной средой акватории. Поэтому поверхность участка обшивки в районе приварки набора, омываемую водой (электролитом), можно рассматривать как двухэлектродную систему: одним макроэлектродом является зона теплофизического воздействия сварки (частный случай ЗТВ), другим – прилегающие к ней участки основного металла.

Местный коррозионный износ в подводной части корпусов наиболее ярко выражен у открытых и закрытых сварных соединений. Для открытых сварных соединений характерным является износ валика усиления и ЗТВ. Такая коррозия названа «канавочной».

Особенностью местного износа корпусов судов является наличие интенсивных коррозионных разрушений закрытых сварных соединений. Днищевая обшивка подвергается необычному коррозионному износу, локализованному в местах приварки днищевого набора. Разрушения внешне похожи на канавки или бороздки различной глубины, протянувшиеся по днищу в разных местах.

Развитие местного износа вызывается электрохимической неоднородностью (ЭХН) сварных соединений, которая представляет собой интегральную характеристику их склонности к коррозии и обуславливается неоднородностью упругопластического напряженного состояния (УПН), структурно-химической неоднородностью (СХН) и геометрической неоднородностью (ГН). У закрытых сварных соединений основное влияние на характер, кинетику и механизм коррозионных разрушений оказывает теплофизическое воздействие, определяемое термомодеформационным циклом сварки (ТДЦ). Под воздействием ТДЦ в сварных соединениях образуются участки, различающиеся остаточной пластической деформацией и определенной дислокационной структурой. Максимальная остаточная пластическая деформация и связанная с ней плотность дислокаций, наблюдается в околошовной зоне, которая в процессе сварки нагревается до температур 500 - 900 °С. В этой зоне возникает наибольшая ЭХН. Таким образом, регулируя способы теплового возбуждения, можно влиять на процесс изменения внутренней и свободной энергии свариваемого металла и, следовательно, оказывать влияние на термодинамическую устойчивость сварных соединений, варьируя ТДЦ.

Вышеизложенное позволяет сформулировать процесс развития канавочной коррозии закрытых сварных соединений, выделив в нем три этапа.

Первый этап - инкубационный период, в котором главную роль играют электрохимические процессы, обусловленные упругопластической и структурно-химической неоднородностью, возникающей под воздействием термомодеформационного цикла сварки на поверхности обшивки, противоположной сварному шву, и активированной технологическими и эксплуатационными напряжениями. На этих участках наружной поверхности металла обшивки под действием ТДЦ образуются коррозионно-активные зоны. Вследствие локального анодного растворения коррозионно-активных путей в этих зонах образуются первичные коррозионные углубления - микроязвочки. Металл в вершине микроязвочки имеет более отрицательный потенциал по сравнению с окружающим металлом, поэтому происходит преимущественно растворение металла в вершине микроязвочки. Концентрация напряжений, со своей очередь, еще более сдвигает потенциал металла в сторону отрицательных значений, тем самым способствуя ускорению анодного растворения и увеличению концентрации напряжений в вершине коррозионной язвочки.

Второй этап - образование коррозионных канавок из микро-язвочек в результате совместного действия напряжений и коррозионной среды. Вершины канавок располагаются

в зоне максимальных остаточных растягивающих и эксплуатационных знакопеременных напряжений. Участки металла в вершине коррозионной канавки являются анодом по отношению к ее стенкам и обладают большим отрицательным потенциалом по сравнению с потенциалом микроязвочек. Это приводит к интенсивному развитию коррозионных процессов.

Третий этап - образование трещины в вершине канавки. Под воздействием концентрации напряжений и знакопеременных нагрузок возникают новые коррозионно-активные пути: макро- и микротрещинки, связанные с микропластической деформацией, перемещающейся в глубь металла с определенной скоростью. Анодное растворение и микропластическая деформация в вершине зародившейся микротрещины взаимно инициируют и контролируют друг друга: пластическая деформация делает металл более анодным и увеличивает скорость растворения, анодный процесс ускоряет процесс пластической деформации, облегчая выход дислокаций на поверхность вследствие удаления поверхностных барьеров, препятствующих их выходу. Смена знака деформаций (растяжение — сжатие) сопровождается трением внутренних сторон микротрещин и механическим разрушением защитных пленок, что способствует более эффективной работе электрохимических пар вершина— стенка трещины. На заключительной стадии в связи с уменьшением живого сечения и при достаточном запасе потенциальной энергии механический фактор начинает преобладать над коррозионным, трещина развивается с высокой скоростью, близкой к скорости хрупкого разрушения без коррозионной среды, и появляется в тот момент, когда концентрация напряжений вызывает локальный чисто механический микронадрыв с разрядкой концентрации напряжений.

Коррозионные канавки, располагаясь в зоне максимальных остаточных напряжений, представляют собой дополнительный эффективный концентратор (так как угловые сварные соединения сами являются эффективными концентраторами напряжений) и усиливают отрицательное влияние циклического нагружения на усталостную прочность закрытых сварных соединений. Очевидно, канавочная коррозия инициирует образование трещин в оставшемся живом сечении околосшовной зоны, снижая уровень надежности закрытых сварных соединений и конструкции в целом.

Одной из основных причин выхода из строя корпусных конструкций судов являются износные отказы и мгновенные повреждения (в сочетании с постепенно накапливающимися повреждениями— износными отказами).

Износные отказы возникают из-за равномерного коррозионного износа и наступают в период, когда средняя остаточная толщина листов обшивки достигает предельного значения.

Наступление отказов из-за мгновенных повреждений соответствует моменту появления трещин или коррозионных свищей, вызываемых канавочной коррозией.

По характеру и механизму повреждения материала к разновидности межкристаллитной коррозии следует отнести и ножевую коррозию – разрушение околосшовной зоны, граничащей со сварным швом элементов конструкций из аустенитных хромоникелевых и других высоколегированных сталей. Ножевая коррозия с большой скоростью распространяется в глубь металла и существенным образом зависит от технологии сварки.

### **О возможности регулирования коррозионной стойкости сварных соединений термическим циклом сварки**

Межкристаллитная коррозия опасна тем, что при наличии остаточных сварочных напряжений происходит ее перерастание в коррозионное растрескивание под напряжением.

При обнаружении в конструкции трещиноподобных дефектов и трещин необходимо установить причину их появления. Без установления механизма развития повреждаемости и трещинообразования в конструкции, как правило, невозможны ее качественный ремонт, установление параметров и критериев предельного состояния и на их основе – срока возможной эксплуатации.

Дефекты и трещины могут появиться при изготовлении, монтаже, транспортировке конструкций. Их происхождение считают технологическим.

Особенности общей электрохимической коррозии сварных соединений связаны с электрохимической неоднородностью двух видов:

- а) макронеоднородностью, обусловленной различием химического состава и структуры в разных зонах соединения;
- б) микронеоднородностью, обусловленной структурной и химической неоднородностью в пределах каждой зоны (рисунок 1).<sup>1</sup>

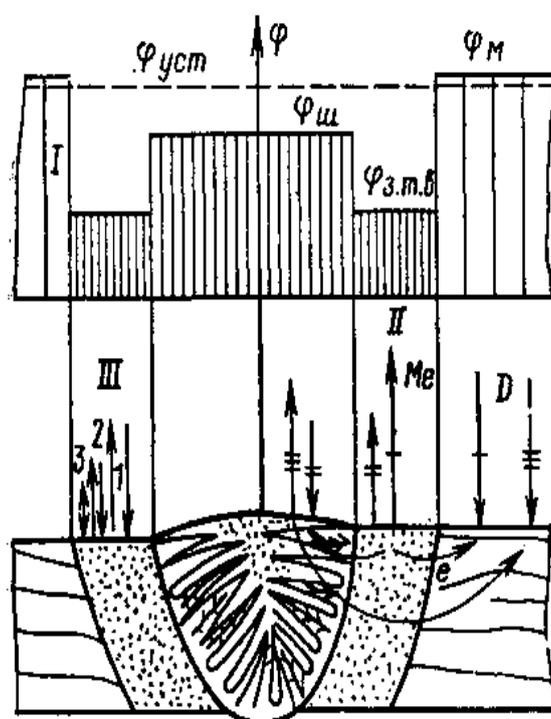


Рисунок 1. Схемы коррозии сварного соединения:

- 1 - характерное распределение начальных макропотенциалов в сварном соединении;
- $\Phi_{ш}$  - электродный потенциал шва;
- $\Phi_{з.т.в.}$  - электродный потенциал зоны термического влияния;
- $\Phi_{м}$  - электродный потенциал основного металла;
- $\Phi_{уст}$  - установившийся стационарный потенциал заполяризованной системы шов — зона термического влияния (з.т.в.) — основной металл;
- II — макроэлектрохимическая коррозия, макропара основной металл — зона термического влияния, макропара зона термического влияния — шов, макропара основной металл — шов с зоной термического влияния;
- III — коррозия саморастворения каждой зоны: 1 — гетерогенный механизм электрохимической коррозии; 2 — гомогенный механизм электрохимической коррозии; 3 — химическая коррозия

Коррозионную стойкость закрытых сварных соединений можно регулировать термическим циклом сварки. Очевидно, что режимы сварки следует выбирать таким образом, чтобы исключить сквозной прогрев полки и получить наименьшие остаточные деформации.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Уровень коррозионной надежности закрытых сварных соединений и корпусов судов смешанного плавания зависит от скоростей их коррозионного изнашивания.
2. Существующий уровень коррозионной надежности корпусов судов не обеспечивает длительных сроков эксплуатации, предусмотренных для судов этого класса на стадии проектирования.

---

<sup>1</sup> Сварка в машиностроении. Справочник. М.: «Машиностроение», 1979 – стр. 14

3. Скорость местного коррозионного изнашивания (канавочной коррозии) закрытых сварных соединений зависит от режимов сварки: возрастает при увеличении сварочного тока и напряжения и снижается при увеличении скорости сварки.
4. Для повышения уровня коррозионной надежности закрытых сварных соединений приварку набора к обшивке следует выполнять на малых погонных энергиях сварки.

#### **Список литературы:**

1. Чижик А.А., Ланин А.А. Новый инженерный метод оценки склонности к образованию и развитию технологических трещин при сварке и термической обработке. Л.: ЛДНТП, 1987.
2. Лившиц Л.С. Металловедение для сварщиков (сварка сталей). М.: Машиностроение, 1979.
3. Шурпицкий А.В. Коррозионная надежность сварных соединений корпусных конструкций. Л.: ЛДНТП, 1986.
4. Сварка в машиностроении. Справочник. В 4-х т. М.: Машиностроение, 1979 – т.3, 1979.
5. Титов В. Закономерности выбора присадочных материалов при дуговой сварке коррозионностойких сталей//Главный механик, 2009. №4. С. 23-28

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СУДОВ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МЕТОДОМ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**Буев С.А.** (МГТУ, , кафедра ЭОС, decas@yandex.ru)

The example the analysis of results of statistical data processing quantitative *IR* thermography (thermivision) diagnostics of the control of the electrical equipment is considered. Is shown, that after the appropriate statistical processing it is possible to receive operational parameters of reliability.

Современные судовые электроэнергетические системы относятся к структурно-сложным системам, характеризующимся высокой степенью сложности не только из-за количества включаемых элементов, но, главным образом, вследствие сложности функциональных и логических связей между элементами и частями системы, возможностью восстанавливаемых и невосстанавливаемых отказов у одних и тех же элементов в зависимости от характера отказа, последствием, выражаемым в необходимости отключения ряда исправных элементов при ремонте отказавших и т.п. При решении вопросов надежности и безопасности в качестве элементов системы выступают такие сложные технические устройства, как турбо- и дизель генераторы, различные преобразователи, системы автоматического регулирования напряжения и частоты вращения, автоматические синхронизаторы и переключатели питания, различные аппараты коммутации, защиты, регулирования [1].

Особое значение имеет развитие, с одной стороны, методов технической диагностики для выявления, локализации и предупреждения элементов оборудования, определяющего вероятные отказы и повреждения, с другой – разработка эффективных методов статистической обработки полученных данных для определения на их основе показателей надежности.

Судовая инфраструктура, предназначенная для выполнения разнообразных функций (электробезопасность, пожаробезопасность, производственные задачи), подчиненная правилам морского Регистра, требует разработки оперативных методов неразрушающего контроля.

Не менее важное значение методы тепловизионного контроля имеют и для оценки технического состояния энергетических объектов береговой инфраструктуры флота, включающей в себя распределительные и трансформаторные подстанции, кабельные трассы и т.п., обеспечивающих энергоэффективную деятельность судов (у причалов), судоремонтных предприятий и других объектов.

В ряде особых регионов, например, ЗАТО, энергетическая береговая инфраструктура флота непосредственно связана с электрическими сетями жилых массивов, обеспечивающих деятельность флота.

Возможности тепловизионного метода, как средства контроля работоспособности энергетического оборудования представлены в работах [2, 3].

Задачей тепловизионной диагностики на судах является инженерный аудит различного оборудования и выявление дефектов элементов судового энергетического оборудования с учетом уровня нагрузки, условий и сроков эксплуатации, районов плавания, перспектив ремонта и замены элементов оборудования на основе оперативного неразрушающего контроля непосредственно при рабочих режимах эксплуатации.

С этой позиции тепловизионная диагностика представляет собой высокоэффективное диагностическое средство для снижения техногенных и технологических рисков на судах как средствах повышенной опасности.

Во-первых, на судне, в отличие от береговых объектов, электро- и теплоэнергетическое оборудование локализуется на малых площадях; техническое пространство ограничено, электрическое оборудование тесно скомпоновано, доступ к объектам диагностирования ограничен. Во-вторых, как правило, не существует двух судов с идентичным электрооборудованием, несмотря на их однотипность. Поэтому специалист, осуществляющий тепловизионную диагностику судового электрооборудования на судне, должен идентифицировать оборудование и его местоположение.

Основная часть оборудования выработала свой ресурс, но не меняется из-за недостатков финансирования. Учитывая существенный износ оборудования большинства отечественных судов, кратковременность их пребывания в портах, на первый план выходит вопрос о временных затратах для поиска неисправности. Поэтому для целей технической диагностики оборудования необходимо разрабатывать новые методы, которые обеспечивают оперативную дистанционную диагностику оборудования под нагрузкой.

Существующие руководящие документы и методики тепловизионной диагностики ориентированные, главным образом, на объекты высоковольтного электрооборудования [4], не учитывают проблемы, связанные со спецификой судового электрооборудования.

На примере тепловизионной диагностики электрооборудования судов и береговой инфраструктуры нами показана эффективность подобной технической диагностики.

Обследованию подвергалось оборудование судов различного класса и назначения, в том числе барка "Седов", "Десна", "Афанасьев".

Обследованы объекты судовой электро- и теплоэнергетики: кабельные трассы, оборудование ГРЩ, технологическое, теплоэнергетическое и другое оборудование.

Для примера на рисунке 1 представлены фотография и термограмма трансформаторов тока, установленных на ГРЩ судна "Десна".

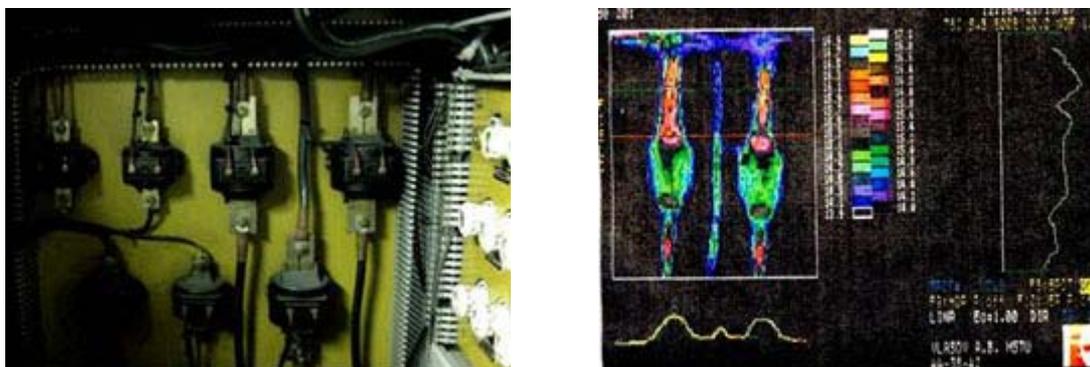


Рисунок 1

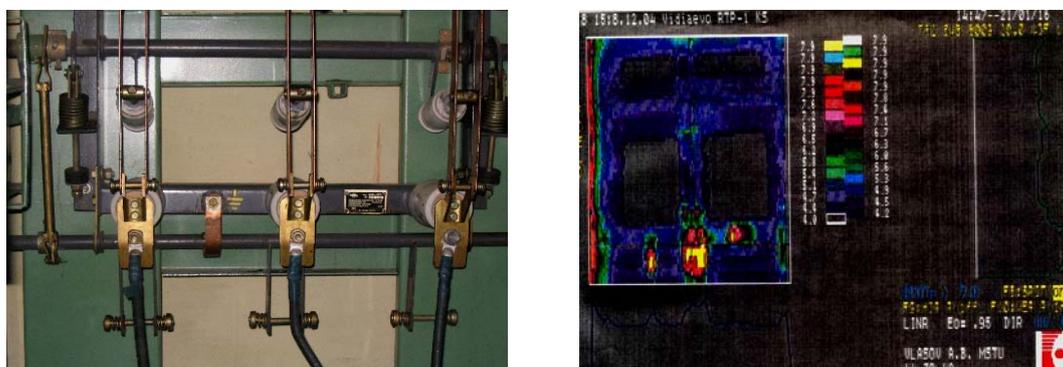


Рисунок 2

В ряде случаев температура поверхности элементов электрического оборудования достигала 60-70 °С при нагрузке, составляющей 25-30 % от номинальной, что свидетельствует о повышенной электро- и пожароопасности.

Например, фотография и термограмма дефекта контактного соединения в ячейке РТП-1 представлена на рисунке 2. Превышение температуры контакта фазы В составляет 4 °С при нагрузке 25 %. Следовательно, при 100 % нагрузке превышение температуры будет равно  $4 \cdot (100/25)^2 = 64$  °С. Данный дефект может быть отнесен к аварийным, которые следует устранять при внеплановом ремонте.

Для электрических объектов береговой инфраструктуры флота характерным является износ оборудования в течение значительных сроков эксплуатации. Гистограмма распределения оборудования по годам эксплуатации приведена на рисунке 3 (1 – силовые трансформаторы; 2 – подстанции РП 35/6; 3 – подстанции РП 6/0,4; 4 – ячейка КРУ - 6 кВ; 5 – камеры КРУ 6 кВ). Фактически, большинство силовых трансформаторов, распределительных подстанций 35/6 кВ, 6/0,4 кВ, ячеек и камер и другое оборудование работают более 20-30 лет. В среднем более 67 % оборудования имеет срок эксплуатации более 20 лет, 32 % - более 30 лет.

Анализ показывает, что в отличие от объектов класса напряжения 35-330 кВ электрическое оборудование судов и подстанций напряжением 0,4 кВ имеет повышенный перегрев и дефектность.

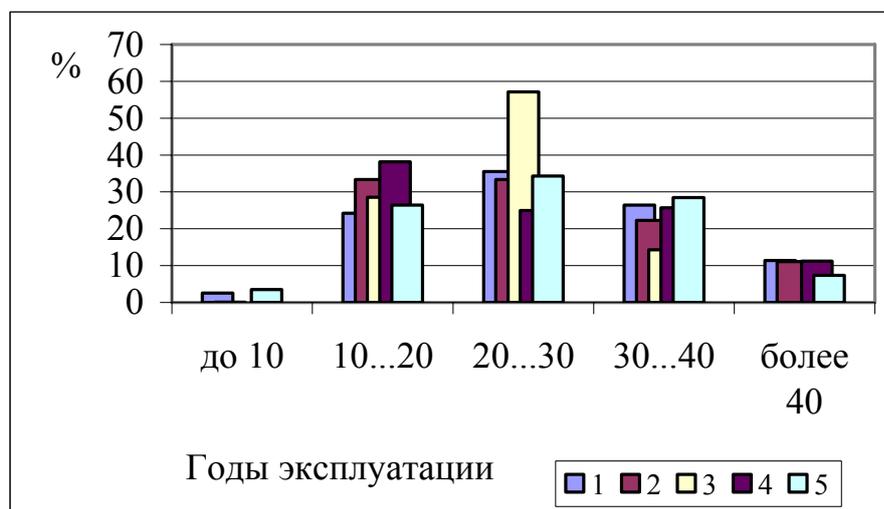


Рисунок 3.

Регулярная тепловизионная диагностика энергетического объекта позволяет оценить эксплуатационные параметры надежности оборудования. По разработанной методике [2], [3] произведен расчет функции распределения наработки до отказа  $F(t)$  по данным, полученным при периодической тепловизионной диагностике контактных соединений одного из энергетических объектов береговой инфраструктуры (рисунок 4).

Представленные данные подтверждают выводы о значительном старении силового электрического оборудования судов и береговой инфраструктуры, что проявляется в повышенной дефектности, перегреве элементов оборудования выше нормативных значений.

Тепловизионная диагностика позволяет надежно и оперативно выявлять дефекты судового оборудования при проведении планово-предупредительных работ на судах. Актуальным является тепловизионная диагностика на плавучих буровых платформах – объектах повышенной электро- и пожароопасности.

Внедрение методов тепловизионной диагностики на судах, буровых платформах, объектах береговой инфраструктуры обеспечивает уменьшение эксплуатационных затрат, капиталовложений и убытков.

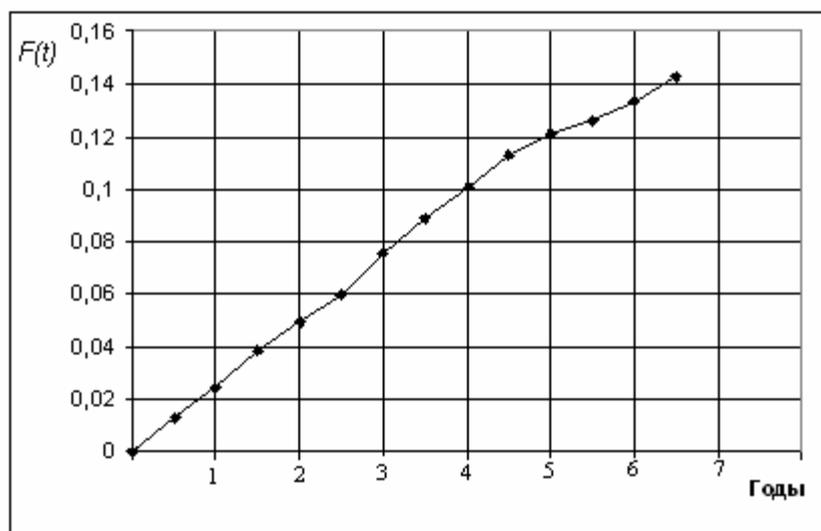


Рисунок 4

Это достигается:

- предотвращением и уменьшением аварийных ситуаций путем выявления дефектов;
- уменьшением объемов послеварийных ремонтов и работ по устранению отказов;
- минимизацией перечня судового оборудования, подлежащего демонтажу, с учетом его реального технического состояния, снижением трудозатрат, расхода материалов;
- сокращением случаев преждевременного вывода оборудования в ремонт и снижению простоя оборудования на судах рыбопромыслового флота, во избежание нарушения производственного цикла.

#### Список литературы:

1. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
2. Власов А.Б. Тепловизионная диагностика объектов электро- и теплоэнергетики (диагностические модели). – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2005. – 265 с.
3. Власов А.Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики. – М. : Колос, 2006. – 280 с.
4. РД 34.45-51.300–97. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общ. ред. Б.А. Алексева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца – 6-е изд. с изм. и доп. – М.: изд. НЦ ЭНАС, 2002. – 256 с.
5. Никитин А.М. Управление технической эксплуатацией судов. – СПб. : Изд. Политехнического ун-та, 2006 г. – 360 с.

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Ващенко И.П.** (*кафедра технологии металлов и судоремонта, МГТУ*)

В результате ранее проведенных исследований по выявлению причин аварийного разрушения деталей СТС было установлено:

- причинами разрушения корпуса запорного проходного клапана Ду125 Л/к «Капитан Драницын» явились:

1. Нарушение режимов эксплуатации паровой системы судна приведшее к возникновению ударного давления (гидравлического удара).
2. Наличие микротрещин в месте разрыва корпуса клапана образовавшихся в результате приложения недопустимого усилия в процессе развития разрушения.
3. Неравномерность износа стенок корпуса клапана в процессе эксплуатации.
4. Химический состав материала разрушенного корпуса клапана Ду125 не соответствуют химическому составу чугуна марки СЧ25 по ГОСТ1412-85.

- обрыв скобы соединительного звена Кентера якорной цепи на судах «Нефтегаз-57», и МБ-0019 «Дмитрий Покромович» произошел в результате:

1. Низкого качества металла скобы соединительного звена Кентера якорной цепи, с повышенным содержанием неметаллических включений и наличием большого количества пор различного происхождения у наружной поверхности замковой части скобы.
2. Материал скобы по химическому составу и прочностным характеристикам соответствует химическому составу и прочностным характеристикам качественной стали марки 20 в кованом состоянии по ГОСТ 8479-70.
3. Разрушение скобы произошло в результате предварительного образования (зарождения) микротрещины в замковой части скобы.

- разрушение коленчатого вала двигателя MAN B & W 12 V 23/30A произошло из-за:

1. Химический состав стали коленчатого вала двигателя не соответствует химическому составу стали 38ХМА по ГОСТ 4543-71.
2. Прочность и пластичность стали коленчатого вала двигателя не соответствует требованиям к прочности и пластичности стали 38ХМА по ГОСТ 4543-71.
3. Сталь коленчатого вала низкого качества, с повышенным содержанием неметаллических включений и наличием большого количества пор различного происхождения, способствующих зарождению микротрещин и их развитию.
4. Разрушение коленчатого вала могло произойти в результате предварительного образования (зарождения) микротрещины в районе масляного отверстия шатунной шейки цилиндра №1 с последующим её развитием и дальнейшим разрушением шейки по всему сечению.
5. Сталь марки 38ХМА в зависимости от диаметра (толщины) поковок и требуемой категории прочности рекомендуется применять для диаметров (толщин) поковок не более 100 мм КП500.
6. Микроструктура стали коленчатого вала неоднородна и не соответствует микроструктуре стали назначенного режима термической обработки (улучшение), что подтверждается и неоднородностью прочностных и пластических свойств стали.

7. Характер разрушения шатунной шейки коленчатого вала соответствует характеру усталостного разрушения из-за наличия неметаллических включений, являющихся концентраторами напряжений и термических напряжений.

8. Внимательное рассмотрение излома дает основание считать, что начальным источником разрушения послужили мелкие поверхностные трещины, расположенные по окружности масляного отверстия разрушенной шатунной шейки коленчатого вала.

- разрушение выпускных клапанов двигателя марки 8NVD36A-1 произошло из-за:

1. Неправильного выбора марки стали (40X9C2) для их изготовления, склонной к отпускной хрупкости второго рода, температурный интервал которой (450-600°C) испытывают выпускные клапаны в условиях эксплуатации.

2. Режима термической обработки, не обеспечивающего достаточную прочность выпускных клапанов при эксплуатации.

- причинами повышенного износа коренных шеек коленчатого вала двигателя 6ЧН 12/14 являются:

1. Нарушение режима охлаждения коленчатого вала при эксплуатации двигателя.

2. Нарушение режима термической обработки коленчатого вала после его изготовления.

3. На всех кривошипах коленчатого вала № 1 (810) обнаружены синие цвета побежалости соответствующие явлению синеломкости, которое проявляется при нагревах стали до температуры 250-300°C (интервал среднетемпературного отпуска стали).

4. На коренных и шатунных шейках коленчатого вала обнаружены большие задиры и глубокие (глубиной до 1 мм) риски, которые возникли в результате подплавления подшипников. На нижних половинках вкладышей подшипников имеются выкрашивания бронзовой заливки вплоть до основания стальной части вкладышей подшипников.

5. Проведенные дополнительные исследования подтвердили правильность 1-го и 2-го пунктов указанных «причин повышенного износа коренных шеек коленчатого вала двигателя 6ЧН 12/14».

- разрушение поршня двигателя ЗИЛ-130 произошло из-за:

1. Низкого качества сплава АК12ММ<sub>r</sub>Н (АЛ30).

2. В структуре сплава поршня содержатся неметаллические включения различной формы, являющиеся концентраторами напряжений.

3. Прочностные характеристики сплава поршня двигателя ЗИЛ-130 соответствуют прочностным характеристикам сплава АК12ММ<sub>r</sub>Н (АЛ30) по ГОСТ 1583-93.

4. В результате проведенных исследований установлена марка сплава поршня двигателя ЗИЛ-130.

- причиной разрушения материала шпильки крепления крышки охладителя главного двигателя 8М35ВF теплохода «Клавдия Еланская» явились:

1. Несоответствие химического состава шпильки крепления химическому составу стали 35ГС по ГОСТ 5781-82.

2. Низкое качество сплава шпильки крепления из-за высокого содержания неметаллических включений различной формы, являющихся концентраторами напряжений и способствующих образованию микротрещин.

3. Нарушение режима термической обработки сплава шпильки крепления, способствующего образованию структуры мартенсита закалки и термических напряжений.

- причинами разрушения распределительного вала двигателя 8 NVD 48 A2 U CPTM к явились:

1. При визуальном осмотре разрушенного распределительного вала на обеих торцевых его поверхностях в месте шпоночного сопряжения обнаружены многочисленные трещины и излом усталостного характера.

2. Усталостное разрушение распределительного вала является смешанным и содержит зону волокнистого (постепенного развития трещины), зону кристаллического (ускоренного развития трещины) и зону окончательного быстрого разрушения.

3. В результате микроскопического анализа выявлены неметаллические включения различного происхождения вызывающие образование микротрещин в металле распределительного вала.

4. Микроструктура сплава распределительного вала представляет собой мартенситно-ферритную структуру присущую неполной закалке доэвтектоидной стали с более низкими механическими свойствами, чем при улучшении.

5. Материал распределительного вала не соответствует требованиям ГОСТ4543 по характеристикам прочности, пластичности и ударной вязкости.

6. Усталостное разрушение сплава распределительного вала при длительной эксплуатации (превышающей назначенный ресурс).

7. Нарушение режима термической обработки распределительного вала или его эксплуатация в кованом состоянии.

8. Неосторожное обращение с распределительным валом при его монтаже или при осуществлении прессовой посадки.

#### Выводы

Основными причинами аварийного разрушения деталей судовых технических средств перечисленных в данной работе являются:

1. Низкое качество металла деталей СТС (повышенное содержание неметаллических включений) и наличие дефектов различного происхождения способствующих зарождению микротрещин и их развитию.

2. Наличие концентраторов напряжений в деталях, вызванных термической обработкой.

3. Нарушение назначенных режимов термической обработки, что приводит к неоднородности прочностных и пластических свойств металла.

5. Усталостное разрушение сплава при длительной эксплуатации (превышающей назначенный ресурс).

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ДАННЫХ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ИСПЫТАНИЙ

**Власов А.Б.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра электрооборудования судов, vlasovab@mstu.edu.ru)

It is organized experimental and theoretical analysis of the heat condition under investigation object, estimation of their temperature on base given quantitative quantitative IR thermography (thermovision) diagnostics porcelain covering. It is shown that possible with sufficient degree of accuracy to produce the account influencing diagnostic factor in broad range of importances, using software, allowing conduct the similar calculations.

Проведение натурных испытаний, например, на открытых подстанциях в большинстве случаев происходит при наличии ветровой нагрузки. Ветер не влияет на процесс собственно термографической съемки, но значительно затрудняет экспертную оценку реального технического состояния объектов контроля, поскольку под действием ветра тепловые контрасты резко уменьшаются. Поэтому вопрос о разработке методов учета фактора ветровой нагрузки остается актуальным.

Анализ процесса теплообмена на границе раздела объектов различной формы (пластина, вертикальный или горизонтальный цилиндр и т.п.), материала (медь, алюминий, сталь, нихром и т.п.), излучательности показывает, что для достоверной оценки технического состояния объектов необходимо учесть совокупность возможных режимов вынужденной и смешанной конвекции, определяемых величиной скорости ветра, геометрией исследуемых объектов энергетики.

Нами сформулированы условия прямой и обратной задач оценки влияния ветровой нагрузки на результаты тепловизионного контроля.

Прямая задача определяет насколько уменьшается температура поверхности объекта  $t_b(v)$  при скорости ветра  $v$ , если при отсутствии ветра температура поверхности равна  $t_{б.в}$ , а температура среды постоянна и равна  $T_0$ .

В связи с такой постановкой условия прямой задачи при ее решении можно экспериментально определить превышение температуры поверхности без ветра:

$$\Delta t_{б.в} = t_{б.в} - T_0, \quad (1)$$

и, используя алгоритм решения прямой задачи, теоретически определить превышение температуры поверхности с ветром, равное

$$\Delta t_b(v) = t_b(v) - T_0. \quad (2)$$

Решение подобной задачи актуально в том случае, когда по данным тепловизионных испытаний эксперту необходимо решить вопрос, не будет ли температура объекта превышать критических значений в период ветровой нагрузки, например, в соответствующие сезонные периоды?

В процессе выработки экспертного решения по результатам тепловизионного контроля для практического использования представляет интерес параметр – коэффициент превышения температуры  $K_v$ , определяемый соотношением:

$$K_v(v) = \Delta t_{б.в} / \Delta t_b(v). \quad (3)$$

Зная теоретическое значение коэффициента превышения температуры  $K_v(v)$ , можно оценить температуру поверхности объекта при тех или иных ветровых нагрузках по соотношению:

$$t_b(v) = T_0 + \Delta t_b(v) = T_0 + \Delta t_{б.в} / K_v(v). \quad (4)$$

Обратная задача определяет, какое значение будет иметь температура поверхности объекта при отсутствии ветра ( $v = 0$ ) при приведенной температуре среды  $T_{пр}$  (например,  $T_{пр} = 40$  °С по ГОСТ 8024-90), если в процессе тепловизионных испытаний при произвольных значениях температуры окружающей среды  $T_0$  и скорости ветра  $v$  определяется температура поверхности  $t_b(v)$ .

В рамках решения обратной задачи теоретически рассчитывается температура поверхности объекта  $t_{б.в}$  при отсутствии ветра при приведенной температуре среды  $T_{пр}$ .

Зная теоретическое значение коэффициента превышения температуры  $K(v)$ , можно оценить температуру поверхности объекта в отсутствие ветровых нагрузок по соотношению:

$$t_{б.в} = t_{пр} + \Delta t_{б.в} = t_{пр} + \Delta t_{п}(v)K_v. \quad (6)$$

Обратная задача имеет сугубо практическое значение для эксперта, которому необходимо оценить, увеличится ли температура поверхности объекта до критической, если при фиксированной токовой нагрузке ветер, например, на подстанции прекратится, а температура окружающего воздуха поднимется, например, в летний период до 40 °С и выше.

К факторам, которые должны учитываться при расчете, относятся: радиационное охлаждение объекта за счет излучения; коэффициент излучательности поверхности; физические параметры воздуха и сопротивление материала; линейные размеры изделия и т.п.

Все перечисленные выше факторы учтены в универсальной программе приведения результатов тепловизионного контроля к единому критерию (рис. 1) путем теоретических расчетов коэффициентов теплоотдачи и значений температуры поверхности при термографической диагностике оборудования с использованием ЭВМ. Таким образом, влияние ветровой нагрузки при наличии разных факторов может быть в полной мере учтено при решении прямой и обратной задач теплового расчета.

Разработанная программа позволяет производить расчет, накопление и обработку данных, полученных при неоднократной тепловизионной диагностике для оценки эксплуатационных параметров надежности.

```

Программа приведения результатов тепловизионного контроля к единому критерию
Температура воздуха при измерении: 20 С
Температура объекта при измерении: 25 С
Скорость ветра при измерении: 4 м/с
Сила тока в объекте при измерении: 600 А
Приведенное значение температуры воздуха: 40 С
Приведенное значение скорости ветра: 0 м/с
Приведенное значение силы тока в объекте: 700 А
Форма объекта: вертикальный цилиндр
Определяющий размер объекта: 0,05 м
Материал: сталь
Коэффициент излучательности поверхности объекта: 1
Точность расчета: 0,001
Результат работы программы
Температура объекта в приведенных условиях: 68,4 С

```

Рис.

1. Фрагмент расчета данных по программе

### Список литературы:

1. Власов А.Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики. – М.: Колос, 2006. – 280 с.
2. Власов А.Б. Тепловизионная диагностика объектов электро- и теплоэнергетики (диагностические модели). Мурманск: Изд-во МГТУ, 2005. – 265 с.
3. Власов А.Б., Царев Б.Д. Универсальный расчет данных тепловизионного контроля при произвольных условиях испытаний. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ, Российское агентство по патентам и товарным знакам, Россия, 2010 г.

## СИСТЕМА СЕПАРИРОВАНИЯ ТОПЛИВА

Баева Л.С., Григорьева О.П. (г. Мурманск, МГТУ, судомеханический факультет)

Статья посвящена системе сепарирования топлива как наиболее эффективному способу очистки топлива от воды и механических примесей, а также понижения зольности. Рассматриваются: способы очистки нефтепродуктов в сепараторах отечественного производства и импортного, опыт зарубежных фирм и компаний.

### Введение

Топливная система является одной из наиболее сложных систем морского дизельного судна. При проектировании и эксплуатации системы отдельные участки ее, имеющие определенные функции, обычно рассматривают как самостоятельные. Например, системы приема и перекачивания топлива, сепарирования топлива, расходно-топливная.

Остановимся на системе сепарирования топлива. Система сепарирования предназначена для очистки топлива от воды и механических примесей и для заполнения очищенным топливом расходных цистерн. В судовых топливных системах топливо очищают способами отстоя, фильтрования и сепарирования. Наиболее эффективным способом очистки топлива от воды и механических примесей, а также понижения зольности является сепарирование. Перед сепарированием топливо частично очищается от воды и механических примесей в отстойной цистерне.

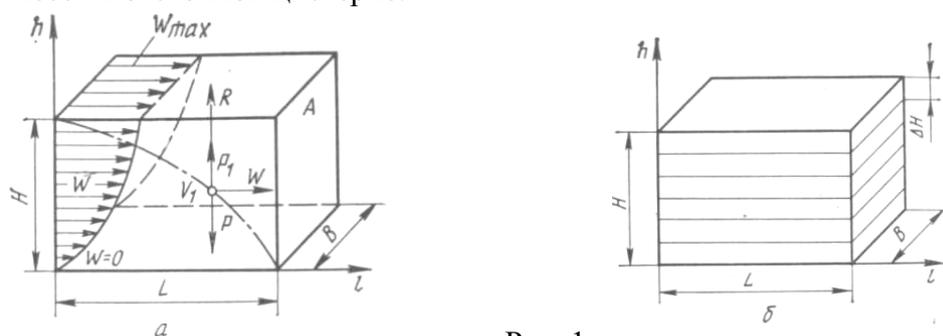


Рис. 1

а - Процесс осаждения частиц плотных примесей в неподвижной отстойной цистерне при непрерывном протекании через нее нефтепродукта.

б - Разделение отстойной цистерны перегородками, что увеличивает поверхность осаждения и улучшает процесс очистки нефтепродуктов.

Эффективность сепарации отстоем зависит от:

- диаметра частиц, которые в данном случае могут быть осаждены;
- плотности частицы и жидкости ( $\Delta\rho$ );
- динамической вязкости нефтепродукта ( $\eta$ );
- конструкции отстойной цистерны, т. е. от величины поверхности осаждения.

Сепарирование приобретает особо важное значение при использовании в дизелях тяжелых топлив. Повышение качества топлива путем сепарирования позволяет уменьшить изнашивание деталей ЦПГ (цилиндропоршневая группы) и топливной аппаратуры, уменьшить нагарообразование в цилиндрах и повысить экономичность дизеля.

Современные сепараторы можно разделить на трубчатые и дисковые — с коническими тарелками. Принцип сепарирования заключается в отделении более плотных твердых частиц и воды от топлива под действием центробежных сил, возникающих при вращении топлива в барабане сепаратора. Эффективность осаждения плотных частиц в центробежных трубчатых сепараторах с частотой вращения барабана 7000 об/мин и



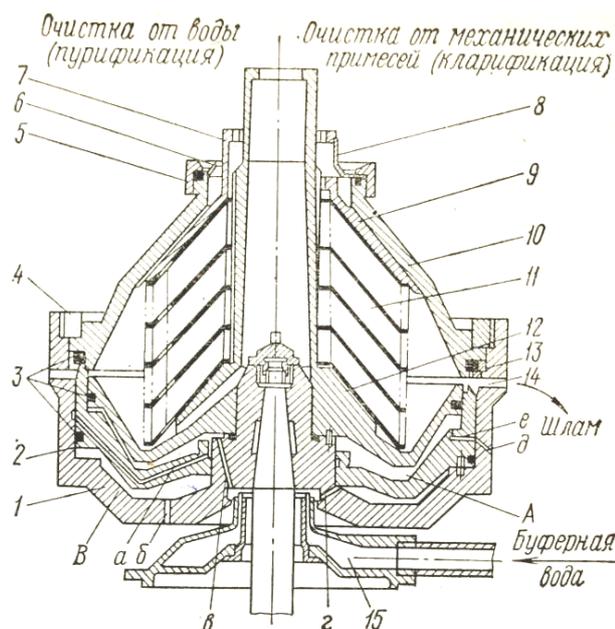


Рис. 4 Устройство барабана отечественного самоочищающегося сепаратора СЦС-3.

В кларификаторе в отличие от пурификатора тарелки не имеет распределительных отверстий и выпускное отверстие единственное. Более легкое очищенное топливо стремится занять положение, близкое к оси вращения барабана и под напором вновь поступающей жидкости проталкивается по зазорам между тарелками вверх и выходит через выпускное отверстие. В пурификаторе вода, содержащаяся в смеси, отделяется и удаляется через кольцевой зазор между крышкой барабана и верхней конической тарелкой и выходит из барабана через кольцевое отверстие, унося с собой некоторое количество плотных частиц в виде грязи. Отверстие расположено ниже и дальше от оси, чем отверстие для выпуска очищенного нефтепродукта, а его наружный диаметр можно менять сменой регулировочной шайбы. Если диаметр мал, то вместе с очищенным нефтепродуктом будет вытекать вода, а при большом диаметре с водой будет вытекать нефтепродукт. Диаметр отверстия шайбы можно определить расчетом по номограммам или методом проб. Нефтепродукт в кларификаторе будет проходить большее расстояние и находиться в барабане дольше, чем в пурификаторе, отчего очистка будет более качественной.

Для очистки сепаратора служит поршневой затвор 2, который открывает и закрывает отверстия 14 для выброса шлама, находящиеся на цилиндрической стенке барабана. Верхняя кромка затвора упирается в резиновое кольцо 3, закрепленное кольцом 13 в крышке 10. На левой части рис. 4 затвор находится в верхнем положении и закрывает отверстия 14, а на правой части — в нижнем и открывает отверстия 14. Открытие и закрытие затвора осуществляют поворотом маневого крана на 3—5 с, чем и открывают доступ воды в камеру 15. Под давлением буферной воды в камере В затвор 2 поднимается вверх, закрывая разгрузочные отверстия, и сепаратор начинает очищать топливо. Под давлением буферной воды в камере А затвор 2 опускается вниз, открывая разгрузочные отверстия, и скопившийся в барабане шлам выбрасывается. Этот процесс длится 8—10 с.

В рабочее положение барабан приводят закрытием маневого крана. Периоды между разгрузками определяются степенью загрязнения нефтепродукта, но разгрузку барабана нужно производить до полного заполнения шламом грязевой камеры, иначе качество сепарации значительно ухудшается.

Конструкция любого современного сепаратора после соответствующей замены частей барабана позволяет работать как в режиме пурификации, так и в режиме кларификации. Принцип работы барабана сепаратора-кларификатора и пурификатора аналогичен. На рис.4 слева показана сборка барабана для очистки от воды (пурификация), а справа — для очистки от механических примесей (кларификация). Обрабатываемая смесь подается в барабан через трубу в полый распределитель закрепленный в барабане, и вращается с ним на валу. Частота вращения поступающей в барабан смеси возрастает, пока не сравняется с частотой вращения барабана. Смесь, выходящая через распределитель, движется по барабану вверх.

### Система сепарирования топлива

Для сепарирования топлива на судне устанавливают обычно 3—4 сепаратора.

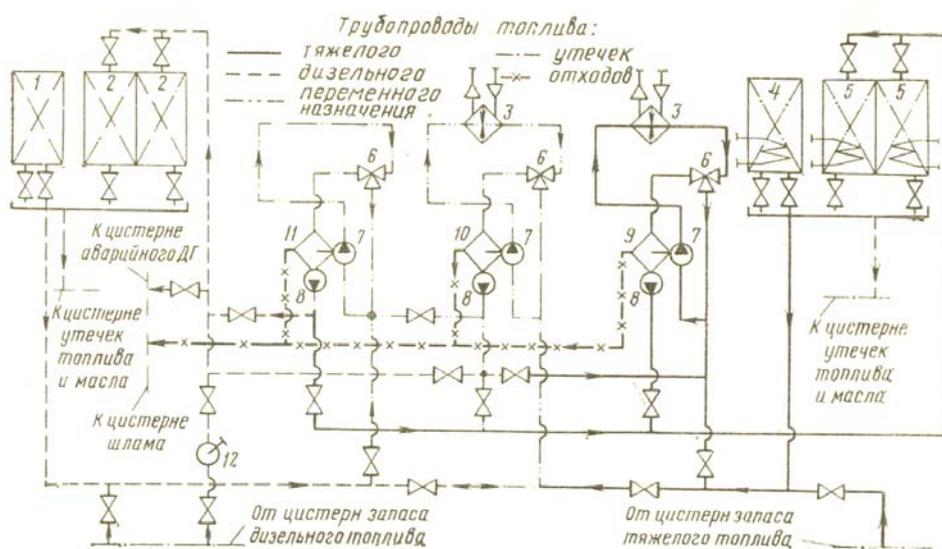


Рис. 5. Система сепарирования топлива

В типичной системе сепарирования сепаратор 9 предназначен для сепарирования только тяжелого топлива, сепаратор 11 — преимущественно для сепарирования дизельного топлива, но может быть использован как дублирующий для сепарирования тяжелого топлива, сепаратор 10 — преимущественно для сепарирования тяжелого топлива, но может быть использован как дублирующий для дизельного.

При сепарировании тяжелого топлива сепараторы 9 и 10 могут быть настроены либо на последовательную, либо на параллельную работу. При последовательной работе сепаратор 10 настраивают на режим пурификации, а сепаратор 9 — на режим кларификации. Топливо к сепаратору 10 подводится из отстойной цистерны 4 тяжелого топлива, в которой оно подогревается. Приемный насос 7 сепаратора 10 подает топливо через подогреватель 3 и переключающий клапан 6 к барабану сепаратора. Очищенное от воды и большей части механических примесей топливо насосом 8 сепаратора 10 подается через приемный насос 7 и подогреватель к барабану сепаратора 9. Здесь оно дополнительно очищается от механических примесей и насосом 8 подается в одну из расходных цистерн 5 тяжелого топлива. Цистерны 5 тяжелого топлива могут заполняться только сепараторами. Это свойство предохраняет систему топливоподачи от случайного попадания в нее неочищенного топлива и исключает, следовательно, возможность отказа дизеля по этой причине.

При параллельной работе сепараторы 9 и 10 настраивают на режим пурификации с уменьшенной подачей. Оба сепаратора принимают топливо из отстойной цистерны 4 и подают очищенное топливо в заполняемую расходную цистерну 5. При относительно небольшом содержании в топливе механических примесей иногда используют только один из сепараторов тяжелого топлива, который настраивают на режим пурификации.

Сепарирование дизельного топлива сепаратором 11, настроенным на режим пурификации происходит аналогично.

Несмотря на схожесть конструкций, каждый сепаратор имеет свои характерные особенности, которые отражены в заводской инструкции по его обслуживанию. При повышении вибрации сепаратора прежде всего очищают барабан от шлама и, если вибрация не устранена, проверяют правильность сборки барабана, исправность всех подшипников и

состояние амортизаторов верхней опоры вертикального вала. При появлении трещин на основных деталях барабана сепаратор выводят из эксплуатации. После 10 — 12 тыс. ч работы сепаратора корпус и крышку барабана, большую и малую гайки барабана и вертикальный вал рекомендуется подвергнуть проверке магнитной или другой дефектоскопии на отсутствие трещин.

### **Опыт компании MAN Diesel в использовании биологического топлива и сырой нефти**

Следуя введению системы «зеленый сертификат», особый акцент компания MAN Diesel делает на воспроизводимые CO<sub>2</sub>-нейтральные виды топлива, такие как растительные масла с присадками и без присадок и отработанные смазочные масла и их различные смеси - виды топлива, которые вызывают различные проблемы в работе многооборотных двигателей, имеющих более чувствительную систему впрыска.

Дизельные двигатели с умеренной частотой вращения, созданные для использования тяжёлого дизельного топлива, с их нечувствительностью к качеству топлива могут без труда справиться с широким спектром других видов топлива, биотоплива и сырой нефти. При этом сокращаются топливные расходы, выброс CO<sub>2</sub> и частично решается проблема глобального потепления.

Чтобы твердые парафины не закупоривали инжекторное сопло, помимо фильтрации в нефть очищают в центрифугальном сепараторе до впрыскивания. Один из комплексных мер предосторожности включает эффективную вентиляцию помещений с целью снижения температуры возгорания. Вся сырая нефть подвергается газонефтесепарационному воздействию. Обработанная сырая нефть затем перекачивается в основные близлежащие резервуары для хранения. Сырая нефть для дизельной электростанции перекачивается из основного резервуара в хранилище дизельной электростанции для расслоения. В дальнейшем нефть очищается в модуле сепаратора для удаления мелких частиц перед подачей в систему впрыска двигателей MAN Diesel 32/40.

### **Вывод**

Сегодня отечественным дизелестроительным предприятиям необходимо уделять большое внимание вопросам повышения надежности и ресурса двигателя, обеспечению экологических показателей (сокращению вредных выбросов, дымности отработанных газов), масляной экономичности, уменьшению шума и вибраций, автоматизации и т.д. Важное направление развития судовых дизелей - обеспечение их надежной работы на низкосортных марках топлива с вязкостью до 730 сСт при 50 °С (это по любой оценочной шкале предельное достижение). Сепарирование приобретает особо важное значение при использовании в дизелях тяжелых топлив. Повышение качества топлива путем сепарирования позволяет уменьшить изнашивание деталей цилиндропоршневой группы и топливной аппаратуры, уменьшить нагарообразование в цилиндрах и повысить экономичность дизеля. Необходимо совершенствовать конструкции отстойных цистерн и сепараторов. Следует учитывать, что производительность сепараторов возрастает с увеличением числа тарелок в сепараторе, угловой частоты вращения барабана, величины угла наклона тарелок, размеров тарелок. Современная технология добычи гидробионтов требует надежного технологического оборудования. Одним из способов повышения эксплуатационной надежности деталей сепараторов является комплексное диффузионное насыщение поверхности из порошковых материалов.

Такие меры необходимы для устойчивого развития государства, защиты и обеспечения национальных интересов, укрепления международного авторитета России среди ведущих морских держав.

**Список литературы:**

1. Черепанов Б. Е. Судовые вспомогательные и промысловые механизмы, системы и их эксплуатация. – М.: Агропромиздат, 2000. - 343 с.
2. Самсонов В. И., Худов Н. И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. М.: Транспорт, 2001. – 368 с.
3. Конкс, Г. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта
4. Petersen, P.D. Group Marketing Communication MAN Diesel «Diesel Facts» 2008.-№3.- С.1-12

## ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЧЕБНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**Ефремов Л.В., Кумова Ж.В., Чистякова М.А.** (г. Мурманск, МГТУ, Кафедра технологии металлов и судоремонта. [levlefre@ya.ru](mailto:levlefre@ya.ru))

The report focuses on the results of the first phase of the study of metrological characteristics of educational measurement tools using new methods and programs for the probabilistic prediction.

Эффективность учебной и научной работы технических кафедр Вузов во многом зависит от наличия и состояния средств измерений (СИ) различных величин. Например, на кафедре технологии металлов и судоремонта имеются приборы для проведения лабораторных работ по измерению твердости, массы и размеров различных деталей, температуры, давления тел и пр. параметров. Зачастую такие же измерения приходится выполнять в рамках научной работы или оказания услуг предприятиям промышленности и транспорта, но применять учебные СИ для этой цели недопустимо без их метрологической аттестации. Поэтому актуальной проблемой можно считать проведение пробных поверок учебных СИ своими силами для оценки целесообразности подачи заявки в официальную метрологическую службу. Проведение пробных поверок необходимо и для оценки технического состояния и степени износа различных СИ с целью решения вопроса об их замене. Имеются и другие проблемы, решение которых требует оценки состояния СИ по правилам проведения поверок.

Предварительный анализ существующего положения в этой области показал, что в настоящее время не имеется единого подхода к методам проведения поверок СИ с учетом очевидного вероятностного характера деградации метрологических характеристик (МХ). В нашем докладе дается информация о первом этапе разработки новой методики вероятностной оценки и анализа МХ на примере поверки электронных весов (рис. 1).



**Рисунок 1** Поверяемое средство измерения

Известно, что основной МХ является погрешность СИ [1], Погрешность измерений – это разность между показанием средства измерений и истинным значением измеряемой физической величины, которую можно назвать диагностическим параметром (ДП), установленным по принятой метрологической методике поверки СИ данного типа. Для имитации истинного значения диагностического параметра  $h_d$  необходимо было применить эталон, который в данном случае создавался с помощью набора стандартных разновесов от

аналитических весов. При этом необходимо располагать фирменными данными о величине предельно допустимой погрешности  $\Delta h_a$ .

Под влиянием различных систематических и случайных факторов, погрешность любого прибора имеет вероятностную природу, т.е. всегда имеет место некоторый разброс ДП относительно своего математического ожидания. Поэтому основными МХ принято считать среднюю арифметическую  $\Delta h_{cp}$  и среднюю квадратическую  $\sigma_h$  погрешность СИ.

Цель нашего исследования заключалась в определении и оценке допустимости этих характеристик. Особенность заключалась в том, что для повышения достоверности исследования сеансы измерений параметра для каждого эталона  $h_a$  содержали не 3, а  $M > 10$  циклов измерений параметра  $h_i$  (где  $i$  – номер цикла). Тогда погрешность  $\Delta h_i$  для каждого цикла, а также искомые характеристики  $\Delta h_{cp}$  и  $\sigma_h$  можно рассчитать по формулам:

$$\Delta h_i = h_i - h_a, \quad (1)$$

$$\Delta h_{cp} = \sum_{i=1}^M \Delta h_i / M, \quad (2)$$

$$\sigma_h = \sqrt{\sum_{i=1}^M (\Delta h_{cp} - \Delta h_i)^2 / (M - 1)} \quad (3)$$

Второй особенностью нашего исследования является оригинальный метод оценки качества СИ и допустимости полученных МХ на основании расчета так называемого запаса надежности  $Z_h$ , который является квантилем нормального распределения  $\beta_h$  [2,3]

$$Z_h = \frac{|\Delta h_a| - |\Delta h_{cp}|}{\sigma_h}, \quad (4)$$

$$\beta_h = snorm(Z_h) = snorm\left(\frac{|\Delta h_a| - |\Delta h_{cp}|}{\sigma_h}\right), \quad (5)$$

Эти величины можно оценить по справочными данным таблиц 1а и 1б, которые рассчитаны с помощью операторов *snorm* и *qnorm* в редакторе MathCAD [2].

Таблица 1а

$\beta$	0.5	0.8	0.9	0.95	0.99	0.999	0.99999	1
$Z_\beta$	0	0.8416	1.2815	1.6448	2.3263	3.09023	4.2649	5.9978

Таблица 1б

$Z$	1	2	3	4	5	6
$\beta_z$	0.841344746	0.977249868	0.998650102	0.999968329	0.999999713	0.999999999

Чаще всего в статистике применяется запас надежности  $Z_\beta = 3$  при  $\beta_z \approx 0.999$  (знаменитое правило «трех сигм!»). Однако для конкретных типов СИ эта величина может принимать другие значения, что зависит от их назначения и конструкции. Например, для учебных приборов может использоваться  $Z = 1$  (что соответствует  $\beta_z = 0.84$ ), в то время как тот же прибор при использовании в промышленности должен иметь  $Z = 2$ , а в науке может достигать трех и более.

Третьей особенностью наших исследований является разработка программного обеспечения для ввода исходных данных и их обработки по указным формулам в электронных таблицах EXCEL и редакторе MathCAD.

Копия расчета в электронных таблицах EXCEL показана на рис. 2. Результаты расчета искомых параметров  $\Delta h_{cp}$ ,  $\sigma_h$ ,  $Z$  и  $\beta_z$  приведены в ячейках J73, J74, J75 и J76.

Отметим, что полученный запас надежности  $Z = 2.786$  при вероятности 0.997 характеризует приемлемое качество СИ в данном условном примере.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
54												
55	№ эталона	№ 2	Эталон	1000	г			Допустимая погрешность	0.05	г		
56	Схема сеансов - пять подряд с повтором через более						4	час	СКП	0.015	г	
57												
58	Результаты измерений											
59												
60	Номер	Дата	Начало	Конец	Затраты времени			ДП, г	Измерения			
61					ПЗВ	Замеры	Время		Модуль ПГР	ПГР		
62	1	15.3.10	10:10	10:20	0:08	0:01	0:09	1000,0	0,0050	0,0050		
63	2	16.3.10	10:20	10:33	0:07	0:05	0:12	1000,0	0,0100	-0,0100		
64	3	17.3.10	10:55	11:22	0:15	0:11	0:26	1000,0	0,0100	-0,0100		
65	4	18.3.10	11:32	11:44	0:10	0:02	0:12	1000,0	0,0300	0,0300		
66	5	19.3.10	12:00	12:20	0:12	0:07	0:19	1000,01	0,0050	0,0050		
67	6	20.3.10	15:10	15:28	0:11	0:06	0:17	999,98	0,0160	-0,0160		
68	7	21.3.10	10:10	10:20	0:04	0:05	0:09	999,99	0,0090	-0,0090		
69	8	22.3.10	10:10	10:20	0:06	0:03	0:09	1000,03	0,0300	0,0300		
70	9	23.3.10	10:10	10:20	0:04	0:05	0:09	1000,00	0,0040	0,0040		
71	10	24.3.10	10:10	10:20	0:08	0:01	0:09	999,98	0,0200	-0,0200		
72												
73			Средняя		0:08	0,004	0:13	1000,001	0,0139	0,000900		
74			СКП		0,002455	0,002162	0:05	0,017622	0,0098	0,017622		
75			Квантиль (запас надежности)						3,6698	2,786247		
76			Вероятность						0,99988	0,997334		
77												

Рисунок 2 Копия программы в электронных таблицах EXCEL

В этой программе, кроме исследования характеристик погрешности СИ, изучались так же технологические характеристики СИ – затраты времени на проведение одного цикла измерений, включая подготовительно-заключительное время (строки 62...71 столбцов E, F и G). Эти показатели могут иметь большое значение для оценки деградации качества сложных приборов, например машин для измерения твердости или износа деталей машин.

Второй вариант программы расчета характеристик погрешности по тем же алгоритмам создан в редакторе MathCAD. Заключительный фрагмент этой программы приведен на рис. 3, на котором показана подпрограмма автоматического анализа уровня качества СИ путем сравнения фактических значений  $MX$  с тестовыми нормативными показателями. В данном случае СИ присвоена оценка «нормальное качество», поскольку соблюдено условие

$$0.995 \leq \beta < 0.999.$$

Программу завершает автоматическое построение графика распределений вероятности не достижения предельной погрешности и плотности вероятности, что получить наглядное представление о влиянии различных факторов на погрешность измерений.

Полученные результаты являются базой для организации дальнейшей масштабной поверки учебной СИ разного принципа действия и назначения.

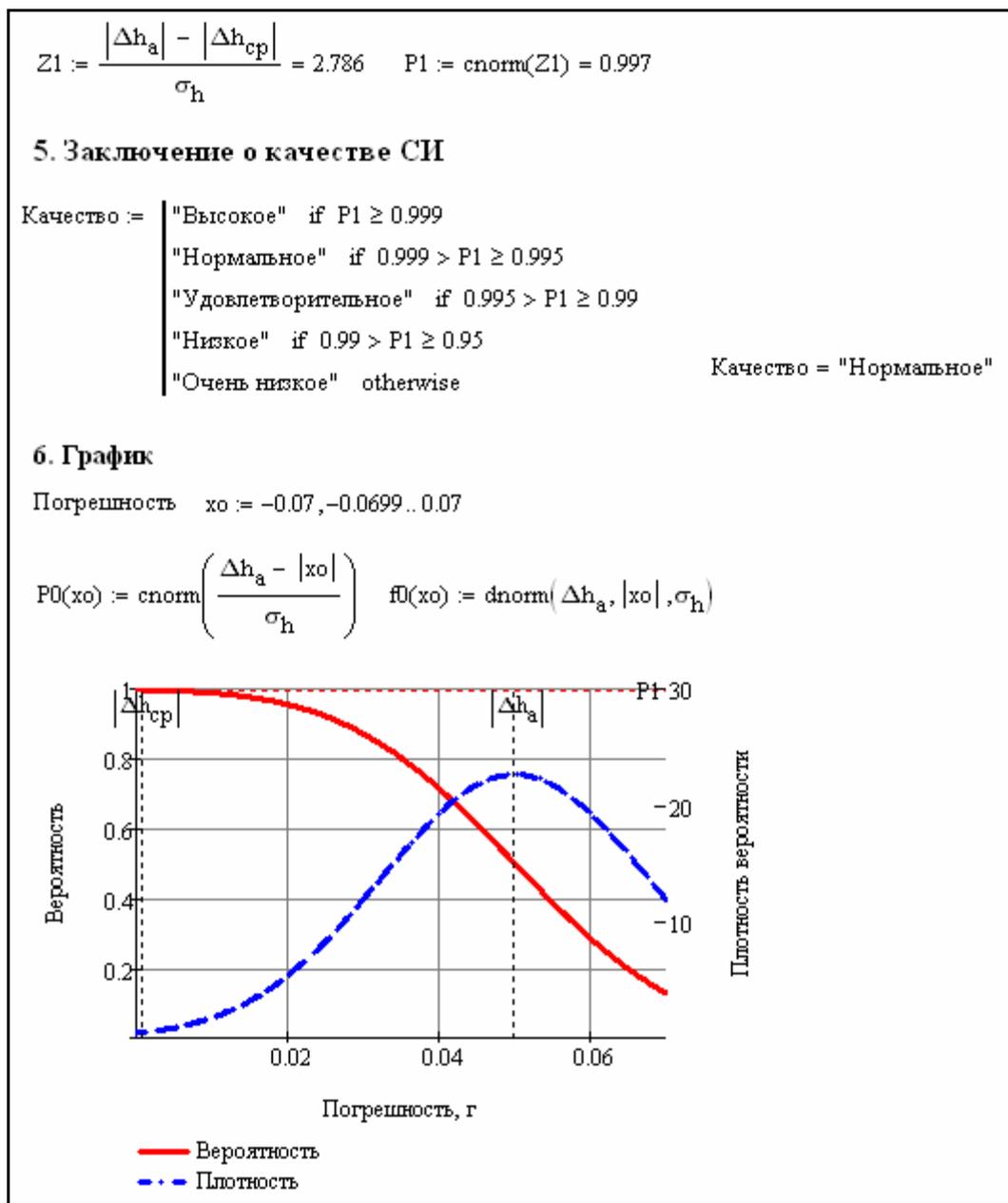


Рисунок 3 Заключительный фрагмент расчета в редакторе MathCAD

**Список литературы:**

1. РМГ 29-99. Метрология. Основные термины и определения.
2. Ефремов Л. В. Практика вероятностного анализа надежности техники с применением компьютерных технологий. СПб: Наука, 2008. – 216 с.
3. Ефремов Л. В. Моделирование трендов погрешности диагностических приборов. Изв. Вузов. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. 2010. т. 53, № 2. – с. 38 – 43.

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ - ОДИН ИЗ ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ПАР ТРЕНИЯ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Колодяжный В.И., Баева Л.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии металлов и судоремонта)

В статье раскрываются физико-механические основы возникновения явления водородного охрупчивания подповерхностного слоя основного металла деталей пар трения, приводится сравнительная характеристика технологий нанесения антифрикционных покрытий на детали, работающие в условиях фрикционного контакта, а также предлагаются пути решения проблемы преждевременного износа.

Основной проблемой в эксплуатации судовых машин и механизмов является проблема изнашивания рабочих поверхностей деталей испытывающих фрикционный контакт. На устранение последствий (включая аварии) процесса изнашивания в промышленно развитых странах тратится, согласно мировой статистике, около 30% валового внутреннего продукта. Естественно, что борьба с износом деталей машин является, по сути, одним из главных направлений в развитии машиностроения. Принципиальное решение данной проблемы может вызвать серьезные изменения в экономике любой страны ввиду высвобождения весьма значительных средств и ресурсов. Главными направлениями в решении этой задачи являются: поиск новых материалов, формирование на поверхностях деталей покрытий, обладающих антифрикционными свойствами, поиск методов обработки поверхностей, повышающих антифрикционные свойства.

Рассмотрим физико-химические процессы, протекающие в парах трения металл-металл – наиболее распространенный вариант в судовых машинах и механизмах.

Даже очень хорошо подготовленная поверхность стали с шероховатостью 0,63 мкм (рисунок 1) при детальном рассмотрении под микроскопом имеет вид вспаханного поля с чередой пиков, кратеров и редких равнин между ними. Чтобы уменьшить износ и добиться более высокой технологической прочности металлической поверхности, как правило, проводится ее химико-термическая обработка (ХТО), обеспечивающая твердость поверхности металла 58...63 HRC. Однако, при трении частицы (карбида металлов) диффундируют с поверхности трения в металл, снижая прочность в 5-8 раз, а следовательно, и ресурс детали.

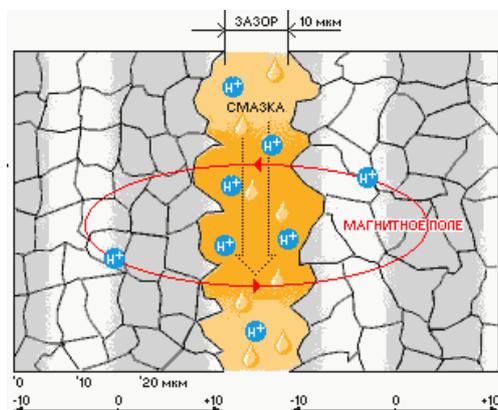
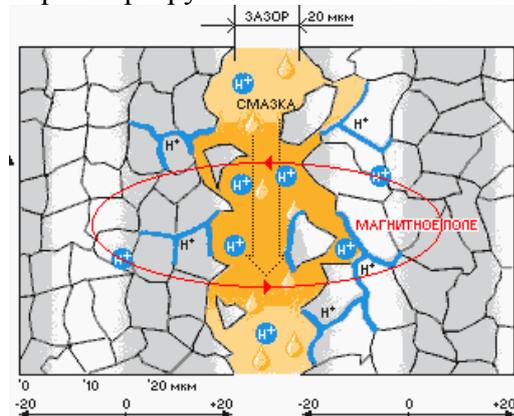


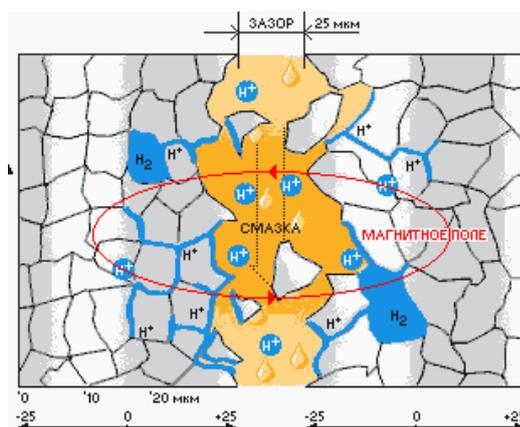
Рисунок 1 - При трении металлических поверхностей возникают электромагнитные поля, которые захватывают атомарный водород (продукт разрушения масла) и направляют его в подложку металла.

В процессе движения контактируемых поверхностей относительно друг друга, их наиболее выступающие пики (рисунок 2) вступают в соприкосновение и разрушаются, образуя в зоне разрушения микропика микрократер, причём, вследствие ХТО межзёрненное пространство становится менее прочным из-за внедрения атомов элементов с малым сечением ядра, что ведёт к 70% разрушению межкристаллитно и только 30% транскристаллитно. При этом, скорость разрушения повышается в 3-10 раз.



*Рисунок 2 - В процессе движения контактируемых поверхностей относительно друг друга, их наиболее выступающие пики вступают в соприкосновение и разрушаются, образуя в зоне разрушения микропика – микрократер.*

В процессе эксплуатации зазор увеличивается, а пропорционально ему увеличивается биение (в два раза). Атомарный водород накапливается в межзёрнном пространстве, которое для него является емкостью, так как здесь имеет место наиболее неплотная структура металла. С ростом зазора продолжает расти биение тела и контртела, ведущее к повышению вибрации и шума. Атомарный водород в дислокации соединяется частично с металлом, образуя гидраты, а в полостях и раковинах, образованных при литье, переходит из атомарного в молекулярное состояние, то есть в газ.



*Рисунок 3 - Атомарный водород, соединяясь друг с другом в молекулярный водород, он накапливается в полостях и расклинивает их, разрушая металл, так как создаваемые усилия превышают предел прочности материала.*

Атомарный водород, вступая в химические реакции с металлом и образуя хрупкие гидраты (соединения), заполняет поры микротрещин и дислокации подповерхностного слоя (см. рисунок 2, 3). Соединяясь друг с другом в молекулярный водород, он накапливается в

полостях и расклинивает их, разрушая металл, так как создаваемые усилия превышают предел прочности материала. Таким образом, происходит чешуйчатое отслоение. Образование гидратов происходит и на поверхности металла. А это подтверждает, что прочность создаваемых поверхностных слоёв без учёта защиты от атомарного водорода не решает проблемы повышения износостойчивости.

Надо помнить, что ХТО неравномерно упрочняет металл. Это ведёт к тому, что в межзёрненном пространстве накапливается большее количество мелких атомов, используемых для деформации решётки металла, что приводит к охрупчиванию зерна металла, и, проводимые в дальнейшем мероприятия (низкий отпуск и др.), не обеспечивают достаточной гомогенизации.

За счёт увеличения зазора между контактируемыми поверхностями повышается амплитуда биения, что ускоряет процесс разрушения. Масло имеет вязкость до 100 сантистокс, поэтому может работать только как охлаждающая жидкость, и только в случае эффекта "масляного клина", как смазочный материал, так как даже при средненагруженных узлах смазочный материал должен иметь вязкость не менее 10000 сантистокс (литол, солидол и др.).

Однако, использовать эффект "масляного клина" при создании конструкции пар трения довольно сложная задача:

- сложность подвода масла в зону контакта при требуемом давлении;
- чистота масла;
- сложность узлов уплотнения;
- сложность в обеспечении параллельных каналов от засорения.

Причём, на данном уровне развития промышленности вообще использовать эффект можно только в закрытых формах движения и невозможно на таких узлах, как зубчатые колёса и подшипники качения и другие. Поэтому, до последнего времени, задача увеличения моторесурса решалась путём улучшения свойств материалов контактируемых деталей, специальной обработкой поверхностей и улучшением свойств, применяемых масел.

Снижение коэффициента трения достигается за счет:

- образования на поверхностях трения граничных смазочных слоев, одним из компонентов которых являются металлические мыла;
- введения антифрикционных добавок;
- ориентации структуры поверхностного слоя физико-химическими методами или механическим воздействием;
- термической обработки заготовок с дополнительным насыщением поверхностных слоев (глубина проникновения до 2 мм) смазочными составами;
- внесения конструктивных изменений в узел трения.

Присадки: керамика, органика (фторопласт-тефлон), металлоорганика, в стандартном варианте не в состоянии обеспечить защиту от атомарного водорода, поскольку не создают условий для его связывания без образования гидридов с металлами, то есть не предотвращают водородного охрупчивания подповерхностного слоя металла.

Каким образом решить проблему водородного охрупчивания? Использовать:

- керамику (упрочняющие дисперсные системы, способные компенсировать собственные дисперсионные системы, диффундирующие с поверхности в подповерхностные слои металла);
- металлы (легирующие матрицу поверхностного и подповерхностного слоев пары трения);

В настоящее время весь этот комплекс средств используют многие производители моторных масел и присадок к ним. Широко известны технологии ХАДО, составы MEGAFORCE, Practex и многие другие, применяемые для безразборной профилактической

ремонтно-восстановительной обработки узлов трения различных машин и механизмов (редукторов, цепных и винтовых передач, роликов, подшипников качения и скольжения, ДВС различных типов, насосов, станочного оборудования и др.).

Методом химического конструирования созданы и внедрены в производство группы материалов «Маслянит», «НПИ», «ТАСМ», обеспечивающие надежную работу узлов трения механизмов в экстремальных условиях (удельные нагрузки от 0,1 до 50 МПа; скорости скольжения от 0,01 до 20 м/с; рабочие температуры от 213 до 573 К). При этом обеспечиваются стабильно низкий коэффициент трения (0,02—0,2) и высокая износостойкость (1 — 10 мкм на км пути трения) на воздухе, в воде, технических жидкостях, коррозионно-абразивных средах, в условиях ограниченной смазки и биологического воздействия.

Основным недостатком этих технологий является неуправляемость процесса. Наибольшего эффекта от использования данных технологий можно достичь, лишь при условии тщательной диагностики и оценки состояния деталей машин и механизмов. Следовательно, наиболее эффективным способом борьбы с преждевременным износом, и износом вообще остается его предупреждение, т.е. создание новых износостойчивых материалов, что экономически невыгодно, или покрытий, а, следовательно, создание новых технологий.

Наиболее перспективным направлением в настоящее время, является создание новых технологий нанесения износостойчивых антифрикционных покрытий на металлические детали, работающие в условиях фрикционного контакта. Эти технологии не требуют использования в качестве конструкционных материалов дорогостоящих легированных сталей.

Одно из таких направлений, дающее существенный результат – применение в поверхностном слое деталей, составляющих пару трения, минеральных материалов природного происхождения. Основные идеи, положенные в основу применения минералов в технике сформулированы В.И. Вернадским и А.Е. Ферсманом в первой половине 20-го века. Уже в 30-е годы минералы в виде коллоидных растворов применялись в авиации и артиллерийских системах, существенно повышая их надёжность.

Со второй половине 60-х годов, в связи с развитием космонавтики, атомной промышленности, минеральные материалы начали применяться для обеспечения надёжности механизмов и узлов, работавших в экстремальных условиях в закрытой тематике. Начало открытых публикаций по данной тематике и работ в гражданских отраслях было положено Ташкентской конференцией по триботехнике 1975 года. С этого времени проблемой минеральных материалов стали заниматься несколько отраслевых и научных институтов в Ленинграде и Москве. Нарбатывался опыт применения минералов в различных видах машин и механизмов. В середине 80-х годов работы по применению природных материалов в технике были удостоены медалей и дипломов на ВДНХ. Главным в этих работах был Ленинградский институт авиационного приборостроения (ныне ГУАП). Сегодня в этом направлении работают многие ученые во всем мире.

Результаты применения минералов в качестве тонкослойных покрытий на деталях пар трения основных существующих в технике групп машин и механизмов, полученные за последние 12 – 15 лет, показали, что с применением данного метода механические системы выходят на качественно новый уровень, резко, в некоторых случаях в 20 – 30 раз, снижая величину механических потерь и интенсивность изнашивания узлов. При формировании минеральных покрытий на сегодняшний день применяют около 80 видов минеральных материалов, под конкретные условия.

Некоторые типовые механизмы и машины после применения в них минеральных материалов выглядят следующим образом:

- механический КПД автомобильного двигателя в целом увеличивается с 0,74-0,83 до 0,98-0,99; межремонтные периоды увеличиваются в 4-5 раз; потребление смазочных масел снижается минимум в 2-3 раза; двигатель получает возможность работать без подвода смазки, имея лишь тонкую плёнку масла на поверхности трущихся деталей. Проводился успешный опытный пробег двигателя на расстоянии в 1200 км с использованием воды вместо смазочного масла;
- воздушные компрессоры получают механический КПД 0,98-0,99 и могут работать без смазки поршневой группы по 3000 – 4000 часов;
- турбокомпрессоры большой мощности (10 МВт) уменьшают свои механические потери с 10% до 1-2% и объём необходимых регламентных работ у них сокращается в 2,5 раза;
- зубчатые передачи снижают интенсивность изнашивания в 40-60 раз и работают без смазки по 1,5 – 2 года;
- трудоёмкость изготовления отдельных деталей, например, по опыту Калужского турбинного завода и других предприятий, снижается в 5 раз при улучшении их триботехнических характеристик;
- станочный парк снижает энергопотребление в среднем на 15%, появляется возможность восстановления изношенных узлов без вывода станков из эксплуатации.

Таким образом, практика применения минеральных покрытий за последние 15 лет показывает, что задача принципиального снижения механических потерь и износа общепромышленной техники решается при применении минеральных материалов природного происхождения. При этом механический коэффициент полезного действия машины целиком на уровне 0,97-0,99 становится нормальным явлением для широкой группы механических систем: от ДВС и компрессоров до станков, прокатных станов, грузоподъёмного оборудования – со всеми вытекающими из этого экономическими последствиями.

Как указывалось выше, в качестве материалов для покрытий применяется широкий перечень минералов: от алмазов и полудрагоценных камней, до минералов, добываемых из отвалов пород горнообогатительных комбинатов. Поэтому можно говорить о целом классе новых конструкционных материалов – природных минералах.

Этот класс материалов отличается от традиционно применяемых триботехнических материалов своими специфическими свойствами, в частности, иными соотношениями механических характеристик, например, твёрдости и временного сопротивления.

Кроме того, разброс вещественного состава минеральных материалов гораздо более широк, нежели, например, в сталях и сплавах. Если, в последних содержание компонентов колеблется в пределах  $\pm 0,1 - 2\%$ , то у минералов это расхождение может достигать  $\pm 12\%$ . Все эти обстоятельства и вызывают необходимость применения новых подходов к описанию и предсказанию свойств минеральных материалов, в том числе и трибологических, при различных видах воздействия на них.

По величине объёмной энергоплотности все существующие вещества можно подразделить на 6 групп, причём традиционные материалы, применяемые в триботехнике, располагаются в группах средне и низкоэнергоплотных веществ ( $10-60$  кДж/см<sup>3</sup>), а природные минералы, дающие значительный триботехнический эффект – в три высшие группы ( $80 - 230$  кДж/см<sup>3</sup>).

В ряде теорий трения, в частности, молекулярно-механической, оперируют механическими характеристиками веществ, такими, как предел текучести и временного сопротивления, модуль упругости и т.д. Возможность оценивать изменение механических

характеристик веществ в зависимости от прилагаемого к ним давления или теплового воздействия, представляет практический интерес, поскольку в парах трения рабочие воздействия изменяют свойства поверхностных слоёв материала.

Имея сложную минеральную композицию, обладающую способностью значительно улучшать механические характеристики машин и механизмов, необходимо получить надёжную прочную связь этой композиции с поверхностным слоем детали - нанослой с аномально низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью. Синтез защитного нанослоя происходит за счёт сложных физико-химических процессов. Известны на сегодняшний день множество технологий нанесения износостойких и антикоррозионных покрытий, такие как газотермическое напыление (ГТН), плазменное напыление, электродуговая металлизация, диффузионное покрытие и многие другие. Общим недостатком перечисленных технологий является термическое воздействие, которому подвергается материал подложки, т.е. обрабатываемая деталь, при котором изменяются физико-химические свойства материала и далеко не в сторону улучшения. Химическое и гальваническое осаждение не позволяет достичь должного эффекта. Следовательно, необходима технология, позволяющая объединить все положительные стороны уже известных технологий, оказывающая минимальное негативное воздействие на материал обрабатываемой детали. А для использования технологии в условиях судоремонтного производства, она должна быть универсальной и, по возможности мобильной.

Создание металлокерамических композитов, на основе титана, никеля и минералов, содержащихся в отвалах пород горнообогатительных предприятий Кольского полуострова, позволяющих обеспечить максимально низкий коэффициент трения фрикционных пар и разработка технологии нанесения антифрикционных покрытий - основная задача, над решением которой работает в настоящее время инициативная группа кафедры Технологии металлов и судоремонта Морской академии МГТУ.

#### **Список литературы:**

1. Хокинг М., Васантасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия. – М.: Мир, 2000. – С. 518.
2. Лазарев С.Ю. К вопросу о критериях качества защитных плёнок и покрытий. //Металлообработка, №2(8), 2002. - С. 22-26.
3. Лазарев С.Ю., Зуев В.В., Холин А.Н. Повышение надёжности оборудования горнорудных предприятий за счёт геоактивации пар трения.//Обогащение руд. – 2000. - №4. – С. 39-42.
4. Свириденко А.И., Чижик С.А. Механика дискретного фрикционного контакта.// Мн. Наука и техника. 1990. - С. 272.
5. Лавров Ю.Г, Половинкин В.Н. Повышение износостойкости деталей дизелей на основе геотрибоэнергетики. «Двигателестроение» №5, 1994. – С. 41.
6. Катков М.С., Лазарев С.Ю. Метод оценки механических и триботехнических параметров веществ по твёрдости поверхностных слоёв образцов, применительно к технологии минеральных покрытий. Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Качество поверхностного слоя деталей машин (КПС-2003)» 24-28.06.2003. - С. 94-97.
7. Логинов В.Т., Гончаров А.В. и др. К вопросу о создании условий самоорганизации трибосистем при трении композиционных материалов типа «Маслянит». // V Междунар. науч.-техн. конф. по динамике технологических систем. Ростов н/Д. Изд-во ДГТУ. т. II, 1997. - С. 131-133.
8. Логинов В.Т., Миньков Д.В. и др. Классические и прикладные технические решения создания и внедрения композиционных материалов и покрытий ОКТБ «Орион» /

Труды междунар. Конгресса «Механика и трибология транспортных систем – 2003» сентябрь 2003. Ростов н/Д – Ростов н/Д: Изд-во РГУПС. – 2003. - С.81-83.

9. Башкиров О.М., Логинов В.Т. и др. Использование элементов нанотехнологий при разработке и исследовании композиционных материалов и покрытий для повышения долговечности работы шестеренных насосов 11НШ / Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ). Труды междунар. конф. 27-30 августа 2003. Москва. – М.: Знание, 2004. – С. 392-397.

10. Дерлугян П.Д., Логинов В.Т., Сухов А.С., Дерлугян И.Д. Конструирование антифрикционных самосмазывающихся полимерных материалов с заданными свойствами. // Изв. СКНЦ ВШ. Техн. науки. 1987. № 1. - С. 61-67.

## **НАНОБЕТОН С СОДЕРЖАНИЕМ МИКРОКРЕМЕЗЕМА И УГЛЕРОДНЫХ НАНАТРУБОК**

**Орешкина В.М.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра. ТМус, e-mail: oreshkina\_valentina@mail.ru)

Трудно точно сказать, где и когда появился бетон, так как начало его зарождения уходит далеко в глубь веков. Очевидно лишь то, что он не возник таким, каким мы его знаем, а, как большинство строительных материалов, прошел длинный путь развития.

Наиболее ранний бетон, обнаруженный археологами, можно отнести к 5600 г. до н.э. Он был найден на берегу Дуная в поселке Лапински Вир (Югославия) в одной из хижин древнего поселения каменного века, где из него был сделан пол толщиной 25 см. Бетон для этого пола приготавливался на гравии и красноватой местной извести.

Римляне материал, подобный бетону, называли по-разному. Так, литую кладку с каменным заполнителем они именовали греческим словом "эмплектон" (emplekton). Встречается также слово "рудус" (rudus). Однако чаще всего при обозначении таких слов, как раствор, используемый при возведении стен, сводов, фундаментов и тому подобных конструкций, в римском лексиконе употреблялось словосочетание "опус цементум" (opus caementitium), которым и стали называть римский бетон.

**Бетон** (от фр. béton) — строительный материал, искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания рационально подобранной и уплотненной смеси вяжущего вещества (цемент или др.), заполнителей, воды. В ряде случаев может содержать специальные добавки.

### **Бетоны классифицируют:**

- по средней плотности
- по виду вяжущего вещества
- по назначению

### **Общие требования ко всем бетонам и бетонным смесям следующие:**

До затвердевания бетонные смеси должны легко перемешиваться, транспортироваться, укладываться (обладать подвижностью и удобоукладываемостью), не расслаиваться; бетоны должны иметь определенную скорость твердения в соответствии с заданными сроками распалубки и ввода конструкции в эксплуатацию;

расход цемента и стоимость бетона должны быть минимальными

**Марка или класс** - это главный показатель качества бетонной смеси, на который обычно акцентируется внимание при покупке бетона. Другие же показатели, такие как: морозостойкость, подвижность, водонепроницаемость - в данной ситуации отходят на второй план. Первоначально, всё же, - выбор по марке или классу. Вообще, прочность бетона - довольно изменчивый параметр, и в течение всего процесса твердения - она нарастает. Например: через трое суток - будет одна прочность, через неделю - другая (до 70% от проектной, при соответствующих погодных условиях). Через стандартный срок - 28 дней нормального твердения - набирается проектная (расчётная) прочность. Ну а через полгода она становится ещё выше. В принципе, твердение бетона и набор его прочности идёт долгие годы. Цифры марки бетона (м-100, м-200 и т.д) обозначают (усреднённо) предел прочности на сжатие в кгс/кв.см. Проверку соответствия необходимым параметрам осуществляют сжатием (специальным прессом) кубиков или цилиндров, отлитых из пробы смеси, и выдержанных в течение 28 суток нормального твердения.

**Твердение бетона** - прочность бетона нарастает в результате физико-химических процессов взаимодействия цемента с водой, которые нормально проходят в теплых и влажных условиях. Взаимодействие цемента с водой прекращается, если бетон высыхает или

замерзает. Раннее высыхание и замерзание бетона непоправимо ухудшает его строение и свойства.

Бетон, твердеющий в нормальных условиях, повышает свою прочность с течением времени. Интенсивный рост прочности наблюдается в первые семь суток. В дальнейшем прочность бетона нарастает медленно и достигает к трехлетнему возрасту примерно 200-250% от прочности, определенной на 28-е сутки.

**Твердость бетона (по шкале твердости минералов Мооса) Шкала́ Мо́оса** (минералогическая шкала твёрдости) — набор эталонных минералов для определения относительной твёрдости методом царапания. В качестве эталонов приняты 10 минералов, расположенных в порядке возрастающей твёрдости. Помимо шкалы Мооса есть и другие методы определения твёрдости, но различные шкалы твёрдости нельзя однозначно соотнести друг с другом. Практикой приняты несколько более точных систем измерения твёрдости материалов, ни одна из которых не покрывает весь спектр шкалы Мооса.

**Марка бетона по морозостойкости.** Для определения шкалы данного свойства создают образцы в виде бетонных кубов различных размеров и подвергают их многократным процедурам заморозки при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  и оттаивания при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . После этого образцы подвергают проверке на прочность и взвешивают. В результате исследования образцу присваивается определенное число F. Марка F означает максимальное число циклов замораживания и оттаивания, которое может выдержать данный вид бетона, при условии, что прочность на сжатие не уменьшится более чем на 15% и потеря массы составит не более 5%. Установлены марки по морозостойкости: F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500.

**Марка бетона по водонепроницаемости.** Водонепроницаемость бетона характеризуется его маркой по водонепроницаемости (ГОСТ 26633-91): W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18 и W20. Число в марке обозначает наибольший перепад давления воды, кгс/см<sup>2</sup>, который выдерживают бетонные образцы. Для испытаний изготавливают шесть образцов-цилиндров диаметром 150 мм и высотой не менее 100, 50 или 30 мм при наибольшей крупности зерен соответственно 20, 10 и 5 мм. Образцы после 28 сут твердения в нормальных условиях в течение суток выдерживают на воздухе в лаборатории, а затем заключают в стальную обойму. Зазор между образцом и обоймой заливают парафином или воском. Подготовленные образцы устанавливают в гнезда испытательной установки и снизу подают воду под давлением, которое повышают ступенчато по 0,2 МПа до появления мокрого пятна на верхней торцевой поверхности образцов. Время выдержки на каждой ступени зависит от высоты образцов h и составляет 16, 12, 6 и 4 ч (при h соответственно 150, 100, 50 и 30 мм).

**Нанобетоны.** Один из них способен выстоять под нагрузкой столько, сколько существует цивилизация. Другой свободно пропускает сквозь себя поток воды. Из третьего вырастает трава. Эти необычные разновидности самого распространённого строительного материала на Земле могут оказать большое воздействие на жизнь людей, на эстетику нашей среды обитания, на экономику и экологию. Скажем, есть такое явление, как ползучесть бетона, — усиление деформации со временем при постоянной нагрузке. Она среди прочего влияет на долговечность конструкций. Строителям известно немало способов улучшить этот показатель (то есть — снизить ползучесть), но действуют они чаще методом перебора составов и испытаний готовых изделий. Да и испытания эти приходится проводить в естественных условиях, а значит — годами. Ведь упомянутые процессы растянуты во времени. Ученые показали, способ улучшения бетона — это добавка силикатного дыма или микрокремнезёма (это побочный продукт металлургической промышленности) — сказывается на структуре состава на всё том же микро- и наноуровне.

Эти микроскопические частицы встраиваются в пространство между гранулами С-S-H в тех местах, где обычно находятся молекулы воды, тем самым мешая дальнейшему смещению гранул по мере старения конструкции.



Обычно бетон стараются сделать как можно более непроницаемым — дольше простоит. Но тут иной принцип. Водопропускающие бетонные плиты делают из сравнительно крупных и стойких гранул бетона, которые склеиваются между собой так, что между ними остаются многочисленные пустоты и каналы (они составляют 15-25% объёма) — путь для воды.



Органический бетон – еще один вид нанобетона.

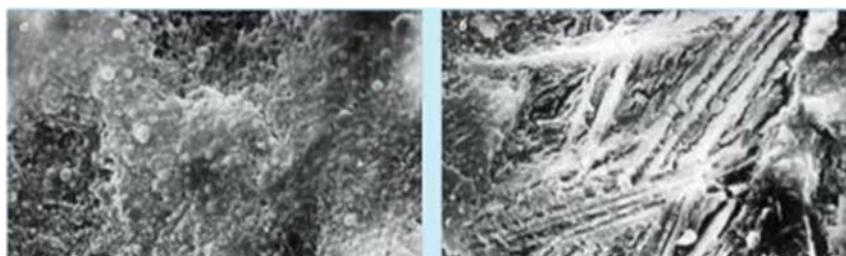
Соединение живого и искусственного в одном флаконе достигнуто интеграцией семян в бетон с небольшими полостями, с добавкой толики грунта. Трава, мол, сама выберет нужную влагу из толщи плиты, если снаружи окажется слишком сухо.



Нанобетон с содержанием микрокремнезема и углеродных нанотрубок. Намного прочнее обычного бетона. Например, саркофаги для ядерных отходов, сделанные из обычного бетона, могут простоять без существенных повреждений лет 100, а из ультравысокоплотного,

приготовленного с учётом новых знаний, — все 16 тысяч лет, утверждают учёные.

**Нанобетон с содержанием микрокремнезема и углеродных нанотрубок.**

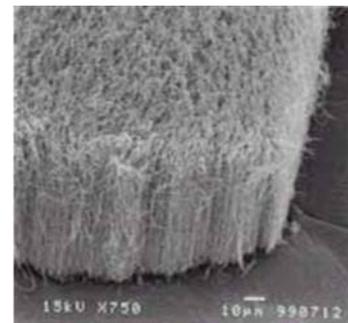


На рисунке изображено Электронно-микроскопическое изображение цементного камня при увеличении 6 000х: а — обычный цементный камень; б — цементный камень после введения нанотрубки

Для улучшения структуры цементного камня, повышения его трещиностойкости и повышения динамической вязкости в состав бетона вводятся углеродные нанотрубки. Углеродные нанотрубки представляют собой полые трубки из одного или нескольких слоев атомов углерода. Они имеют диаметр от одного до нескольких нанометров и длину от нескольких диаметров до нескольких микронов.

#### Углеродные трубки

Разрезав нанотрубку вдоль продольной оси, было обнаружено, что она состоит из одного или нескольких слоёв, каждый из которых представляет гексагональную сетку графита, основу которой составляют шестиугольники с расположенными в вершинах углов атомами углерода. Во всех случаях расстояние между слоями равно 0,34 нм, то есть такое же, как и между слоями в кристаллическом графите. Верхние концы трубочек закрыты полусферическими крышечками, каждый слой которых составлен из шести- и пятиугольников, напоминающих структуру половинки молекулы фуллерена.



Нанотрубки могут быть большие и маленькие, однослойные и многослойные, прямые и спиральные. Нанотрубки, являются на редкость прочным материалом, как на растяжение, так и на изгиб. Более того, под действием механических напряжений, превышающих критические, нанотрубки не "рвутся", а перестраиваются.

#### Микрокремнезем.



Ультрамелкие пуццолановые побочные продукты промышленности кремниевых сплавов обозначаются по крайней мере 17 различными названиями. В научном мире термин "конденсированные пары кремнезема" сейчас применяется по отношению к парам, получаемым из целого ряда сплавов. Большинство исследований влияния этих материалов на бетон посвящено концентрированным парам кремнезема, для обозначения которых становится общепринятым термин "микрокремнезем".

#### Список литературы:

1. Бабков В.В. «Структурообразование и разрушение цементных бетонов».СПб.: Питер. 2002
2. Портник А.А., Савиных А.В. «Все о бетоне» г. Санкт-Петербург, 2004 год

## **ОЦЕНКА ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБМУРОВОК В ТОПКАХ СУДОВЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ В ПРИМЕНЕНИИ К ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА**

**Петров А.И.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра "Судовые энергетические установки", e-mail - alexp954@mail.ru)

It is common knowledge that the dynamic burning processes which occur in the steam boiler furnace control the refractory safety to a large extent. But to assess correctly the burning's influence upon the refractory surface one must also know and use thermo-physical (chemical) properties especially during working out repair technology. This article involve some experiences to make the refractory repair much more reliable.

Многолетняя практика эксплуатации паровых котлов показывает, что разрушение обмуровочных поверхностей топок по-прежнему остается одной из самых распространенных причин аварий, которые сопровождаются, как правило, выходом котла из строя и большими потерями от простоя судна и ремонта установки ( 2 ).

Характер повреждений во многом зависит от протекающих в топке физико-химических процессов, которые в свою очередь являются следствиями:

- реально установившихся или произвольно изменившихся тепловых нагрузок;
- качества сжигаемого топлива ( его фракционного состава, содержания Na, V, Ca, Mg);
- эксплуатационных ошибок, таких, например, как неправильный выбор сопел форсунок, неудовлетворительная центровка форсунок, поддержание минимальной производительности за счет многократного гашения и розжига факела;
- несовершенства технологии ремонта или нарушения её условий, особенно при выборе материалов.

И если из перечисленного эксплуатационные ошибки или ошибки неправильно выбранных режимов легко устранимы, то последствия от агрессивного воздействия высоковязких сортов дешевого мазута ( который в настоящее время широко используется ) или несовершенства технологических процессов ремонта - куда более тяжелые.

Принято считать, что в среднем ресурс обмуровки до её замены составляет примерно 15000-20000 часов. Однако часты случаи, когда обмуровка выходит из строя уже через 4000 - 6000 часов, а иногда её фурменную часть меняют и через 2-3 месяца (1,2 ). Процесс разрушения обмуровки из-за агрессивного воздействия продуктов сгорания принято называть шлакоразъеданием. В этом процессе одновременно действуют взаимосвязанные эрозия и коррозия. Химический состав золы топлива и огнеупорного материала, структура огнеупора и уровень действующих температур определяют скорость развития процесса разрушения. Соединения Ca, Na, V и Mg, входящие в состав шлаков на поверхности огнеупоров, растворяют вещества, входящие в состав огнеупорного материала. Сначала растворяется Si O<sub>2</sub>, который переходит в шлак, при этом соединения щелочных металлов насыщают поверхностный слой огнеупора и резко снижают температуру его плавления. Например, содержание в материале обмуровки пятиоксида ванадия и его комплексных соединений с натрием ( до 80% ) снижает температуру плавления с 1600 до 700 С ( 3 ). Очень большое влияние на разъедание оказывает непредвиденное увеличение температуры. Так, например, повышение температуры в топке на 50-60 градусов выше расчетной в течение 1 часа способно привести к такому износу, который происходит при расчетных режимах обычно через 2-3 месяца ( 2 ). Однако действию физико-

химических процессов проявляется не только в разъедании материала обмуровки, но также и в изменении его теплофизических и механических (прочностных) свойств. По толщине обмуровки формируются зоны с различной пористостью. Обычно рабочая поверхность покрыта темно-коричневой оглазурованной пленкой толщиной 1мм, за которой следует рабочая зона в пределах 20-40 мм с довольно высокой плотностью. В результате, при установившемся тепловом режиме к обычным температурным напряжениям в рабочих слоях прибавляются дополнительные напряжения на границах ошлакованных, спеченных и неошлакованных слоев. Эти напряжения возникают из-за различных коэффициентов температурного расширения слоев обмуровки и приводят к растрескиваниям, а затем скалываниям слоев обмуровки. Оголенные поверхности обмуровки вновь подвергаются коррозии.

Процесс такого разрушения особенно усиливается в условиях нестационарных температурных режимов. Простой расчет тепловых напряжений, возникающих в поверхностных слоях, при теплонапряженности в топочном объеме порядка 2675 МДж/(м<sup>3</sup>час), показывает, что температура внутренних слоев неэкранированных поверхностей (до 3-5 мм) составляет 1500-1550 С. При действующих в эксплуатации теплосменах поверхностные слои обмуровки, в период их охлаждения, испытывают напряжения превышающие предел их прочности, что ведет к растрескиванию рабочей поверхности и последующему её активному разрушению.

Анализ перечисленных обстоятельств, реально присутствующих в современной эксплуатации котлов и инсинераторов, а также отсутствие эффективной технологии ремонта в судовых условиях, подчеркивают целесообразность проведения исследовательских работ в области совершенствования технологии ремонта обмуровок с учетом сочетаемости теплофизических свойств современных огнеупорных материалов или изделий из них.

#### **Список литературы:**

1. Е.М. Залкинд. Материалы обмуровок и расчет ограждений паровых котлов. М.: Энергия, 1972. 183 с.
2. И.Г. Орехов. Предотвращение аварий судовых котельных установок. М.: Транспорт, 1982. 160 с.
3. И.Д. Кошечев. Огнеупорные материалы. М.: Интермед Инжиниринг. 2003. 320 с.

## **НАДЕЖНОСТЬ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУДНА**

**Петрова Н.Е.** (*г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии металлов и судоремонта*)

Проведен анализ надежности корпусных конструкций судна, показаны опасные состояния корпусных конструкций и критерии надежности.

The analysis of reliability of hull designs was carried out, the dangerous condition of hull designs and criterion of reliability are shown.

### **1. Введение**

Судовой корпус относится к той группе сооружений, надежность которых оценивать наиболее трудно как ввиду сложности самой конструкции, так и главным образом вследствие проблем, возникающих при определении расчетных внешних нагрузок и нормативных запасов прочности. Корпуса водоизмещающих судов работают на границе двух стихий (воды и воздуха) и подвержены воздействию нагрузок, значение и направление действия которых непрерывно и случайно изменяются.

Со временем прочность связей корпуса изменяется в связи с неизбежным износом и остаточными деформациями. Причем эти изменения зависят не только от времени, но и от особенностей конструкции корпуса и условий его эксплуатации.

### **2. Оценка надежности корпусных конструкций судна**

Чем дольше эксплуатируется судно, тем больше стареет его корпус. Старение корпуса выражается в уменьшении толщины листовых элементов и набора вследствие неизбежного износа; в изменении первоначальной формы конструкций в результате появления остаточных деформаций, вызванных различного рода эксплуатационными перегрузками; в нарушении целостности отдельных элементов в виде трещин, разрывов, пробоин, являющихся следствием проявления усталости, хрупкости или вязкого разрушения при аварийных ситуациях. В результате этих изменений уменьшается прочность корпуса и его элементов, ухудшается мореходность судна, нарушается непроницаемость наружной обшивки, переборки, настила второго дна и других конструкций.

Определяющим последствием вмятин, бухтин и гофров корпусных конструкций являются большие пластические деформации в местах их образования. В экстремальных случаях эти деформации могут привести к разрушению конструкции, при меньших деформациях возникает наклеп, материал становится более хрупким, снижается надежность конструкций.

Все дефекты конструкций корпуса, появляющиеся в процессе эксплуатации, подразделяются на две группы: повреждения и разрушения. Под повреждениями (damage) понимают дефекты, которые ограничивают дальнейшую нормальную эксплуатацию корпуса, а под разрушением (collapse) — дефект, который приводит корпус в состояние, совершенно непригодное для дальнейшего использования по прямому назначению.

### **3. Критерии надежности**

Различают два вида опасных состояний конструкций корпуса: искажение формы и нарушение целостности. В качестве признаков наступления этих опасных состояний рассматривают четыре критерия: пластическое деформирование, потерю устойчивости, усталостное и хрупкое разрушения.

Опасное состояние «искажение формы» обычно проявляется в виде остаточных деформаций, причиной возникновения которых являются растягивающие напряжения, превышающие предел текучести материала (критерий пластической прочности), или сжимающие напряжения, превышающие критическую величину (критерий устойчивости).

Статистика крупных аварий, возникших из-за недостатка прочности и приведших к разрушению корпусов судов, свидетельствует, что в большинстве случаев причиной разрушений явилась потеря устойчивости основных несущих связей. Поэтому при расчетах прочности конструкций опасные состояния «искажения формы» рассматриваются как предельные и связываются с напряжениями, вызываемыми нагрузками, значения которых не должны быть превышены более одного раза за весь срок службы судна. Такие нагрузки характеризуются обеспеченностью порядка  $10^{-8}$  и менее. По отношению к напряжениям, возникающим при этих нагрузках, и назначаются запасы предельной прочности.

Опасное состояние «нарушение целостности» обычно проявляется в виде различных трещин, причиной возникновения которых в преимущественно растянутых связях судового корпуса оказывается действие как однократно приложенной, так и циклической, относительно умеренной нагрузки. В первом случае трещины возникают в результате хрупкого разрушения (критерий хрупкой прочности), во втором — имеют усталостное происхождение (критерий усталостной прочности). В обоих случаях трещины появляются под действием местных напряжений в районах, примыкающих к различного рода концентраторам напряжений (вырезам, прерывистым связям, дефектам сварных швов и т. п.).

Предупреждение возникновения хрупких трещин в судовых конструкциях в современной практике обеспечивается специальными требованиями к вязкости материала. Эти требования зависят как от степени ответственности той или иной связи корпуса, так и от ее толщины и расчетной рабочей температуры. Появление массовых трещин усталости предупреждают тем, что средние напряжения по сечениям связей выдерживают в определенных допускаемых пределах. Пределы устанавливают, опираясь на существующий опыт проектирования, постройки и эксплуатации судов, исходя из условия: с учетом повышения средних напряжений в местах неизбежной концентрации их значение должно обеспечивать заданную усталостную долговечность.

Влияние износа на прочность корпусных конструкций проявляется по разному в зависимости от характера нагружения (статическое, циклическое или вибрационное), стадии нагружения (упругая или пластическая), вида нагружения (растяжение, изгиб, сжатие с возможной потерей устойчивости). В упругой стадии при статическом нагружении конструкции растягивающими силами эффект коррозионного износа заключается в изменении напряженного и деформированного состояния вследствие концентрации напряжений в районе язвин.

#### **4. Заключение.**

Таким образом, одним из важнейших факторов обеспечения безопасности мореплавания является техническое состояние корпуса судна. Для выявления закономерностей повреждения корпусных конструкций необходимо обобщить и проанализировать материалы по ремонтам с начала эксплуатации судна. В этой связи актуальное значение имеют исследования, направленные на разработку методик оценки и прогнозирования технического состояния судна, а применение теории и практики надежности для оценки технического состояния корпуса судна позволит обеспечить минимальные затраты на техническое обслуживание и ремонт судов при соблюдении требований классификационных обществ.

**Список литературы:**

1. Архангородский, А. Г. Моделирование прочности судовых конструкций / А. Г. Архангородский, Л. М. Беленький. – Л. : Судостроение, 1969. – 221 с. : ил.
2. Архангородский, А. Г. Прочность и ремонт корпусов промысловых судов: учебное пособие / А. Г. Архангородский, Б. Я. Розендент, Л. Н. Семенов. – Л. : Судостроение, 1982. – 272 с.
3. Барабанов, Н. В. Конструкция корпуса морских судов: учебник для вузов / Н. В. Барабанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1981. – 552 с. : ил.
4. Беленький, Л. М. Большие деформации судовых конструкций / Л. М. Беленький. – Л. : Судостроение, 1973. – 206 с. : ил.
5. Ефремов, Л. В. Обеспечение надежности комплектующего оборудования судов флота рыбной промышленности // Рыб. хоз-во. Сер. экспл. флота рыб. пром-сти : обзор информ. / ЦНИИТЭИРХ. – 1975. – Вып. 2/3. – С. 3-11.
6. Максимаджи, А. И. Капитану о прочности корпуса судна / А. И. Максимаджи. – Л. : Судостроение, 1988. – 224 с.
7. Правила классификации и постройки морских судов. В 2 т. Т. 1 / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2007. – 502 с.
8. Правила классификации и постройки морских судов. В 2 т. Т. 2 / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2007. – 680 с.
9. Правила классификационных освидетельствований судов / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2004. – 285 с.

## ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Петрова Н.Е.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра технологии металлов и судоремонта)

Проведен анализ видов износа деталей при трении. Рассмотрены факторы, влияющие на механическое изнашивание.

### 1. Введение

Износом называется частичная или полная потеря рабочих свойств и качеств деталями механизмов в результате постепенного изменения их первоначальных размеров и геометрических форм, физико-механических, химических и других свойств и качеств. Сам процесс постепенной утраты первоначальных свойств называется изнашиванием.

Над решением проблемы износа работают ученые как в России, так и за рубежом. Существуют различные теории, но ни одна из них не объясняет в полной мере сложный механизм процессов трения и изнашивания.

### 2. Изнашивание деталей судовых механизмов при трении

Этот вид износа характерен для деталей машин, подвергающихся трению, в результате которого увеличиваются зазоры в подвижных соединениях, уменьшаются диаметры валов и толщины стенок втулок и т.д., что вызывает необходимость ремонта механизмов.

Износы вызывают изменения размеров и геометрической формы деталей, взаимного расположения поверхностей и осей, состояния поверхности, физико-механических свойств материалов, нарушаются целостность и герметичность деталей.

В настоящее время наибольшее распространение получила так называемая металловедческая теория. На основании этой теории установлено, что характер и величину износа определяют поверхностные слои трущихся пар и в каждом сопряжении механизмов происходит *ведущий износ*, от которого зависит долговечность работы механизма при эксплуатации. Как правило, в процессе изнашивания одновременно происходит износ нескольких видов, но срок службы определяет ведущий износ.

Виды изнашивания при трении.

*Окислительное изнашивание* — это процесс постепенного разрушения поверхности при трении скольжения и качения, происходящий в результате насыщения поверхности трения кислородом с одновременной пластической деформацией и образованием твердых и хрупких окисных пленок, которые отделяются с поверхности трения. Твердость окисных пленок в 10—20 раз выше твердости основного металла.

*Изнашивание схватыванием* — это процесс интенсивного разрушения поверхности детали при сухом трении скольжения, происходящий в результате пластических деформаций поверхностных слоев; процесс возникновения металлических связей и разрушения их с отделением частиц металла с поверхности трения или налипанием на нее.

*Тепловое изнашивание* — это процесс интенсивного разрушения поверхности при трении скольжения и качения, который вызывается теплотой трения и выражается местными металлическими связями на трущихся поверхностях с разрушением их путем размазывания, переноса и отделения мельчайших частиц металла с поверхностей трения.

*Абразивное изнашивание* — это процесс интенсивного разрушения поверхностей при трении скольжения, обусловленный наличием абразивной среды в зоне трения. Он сопровождается появлением местных пластических деформаций, микроцарапин и микропорезов, вызываемых абразивными частицами на поверхности трения.

*Осповидное изнашивание* — это процесс интенсивного разрушения поверхности при трении качения, обусловленный пластическими деформациями, внутренними напряжениями и явлениями усталости металлов. Он сопровождается образованием микро- и макротрещин и впадин на поверхности трения.

Таким образом, на механическое изнашивание влияют следующие факторы: внешние воздействия на поверхность трения; среда и температура в зоне трения; материал, шероховатость поверхности и качество сборки.

Вид изнашивания зависит от рода трения. Так, при скольжении возникает изнашивание окислительное и схватывания, при качении — осповидное. На вид изнашивания существенное влияние оказывают скорость относительного перемещения, величина и характер давления.

Внешняя среда (газовая, жидкая и твердая) также оказывает большое влияние на изнашивание: чем выше содержание кислорода в окружающей среде, тем вероятнее окислительное изнашивание. Жидкая среда (смазка) является решающим фактором в уменьшении скорости изнашивания. Применяются и твердые смазки (графит, дисульфид молибдена и др.), но при наличии в зоне трения твердой (абразивной) среды возникает абразивное изнашивание.

Влияние температуры на скорость изнашивания может быть положительным и отрицательным. При непрерывном увеличении температуры возможно тепловое изнашивание, но, начиная с некоторой предельной температуры, скорость теплового изнашивания уменьшается.

Наиболее важной механической характеристикой материала является предел текучести, при увеличении которого уменьшается схватывание.

Шероховатость поверхности влияет на время приработки деталей и их износ, на прочность соединений с гарантированным натягом, на усталостную прочность и коррозионную стойкость. Однако на очень гладкой поверхности плохо удерживается смазка, что ухудшает работу сопряжения, поэтому шероховатость поверхности должна быть оптимальной.

Качество сборки определяет перекосы сопряжения, создающие условия для схватывания — наиболее интенсивного вида изнашивания.

### **3. Заключение**

Конструктивные недоработки, технологические дефекты приводят к появлению недопустимых напряжений, повышенной вибрации механизма и разбалансировке. В результате — прогрессирующий износ деталей, приводящий к отказу судовых технических средств.

Наименьшему изнашиванию подвержены поверхности деталей машин, работающих в условиях окислительного изнашивания. Поскольку окислительное изнашивание сопутствует другим видам, то на практике необходимо стремиться к переводу всех видов изнашивания в окислительное, т. е. создавать условия, при которых этот вид изнашивания становится бы ведущим.

### **Список литературы:**

1. Шестерненко, М. А. Технология монтажа и ремонта машин и механизмов промышленных судов / М. А. Шестерненко, Б. А. Шефер, И. Б. Шефер. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — С. 67-74.
2. Ефремов, Л. В. Обеспечение надежности комплектующего оборудования судов флота рыбной промышленности // Рыб. хоз-во. Сер. экпл. флота рыб. пром-сти : обзор информ. /

ЦНИИТЭИРХ. – 1975. – Вып. 2/3. – С. 3-11.

3. Правила классификации и постройки морских судов. В 2 т. Т. 1 / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2007. – 502 с.

4. Правила классификации и постройки морских судов. В 2 т. Т. 2 / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2007. – 680 с.

5. Правила классификационных освидетельствований судов / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2004. – 285 с.

## КРИТЕРИИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ДИСКРЕТНОМ ИЗМЕРЕНИИ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Сергеев К.О., Жуков А.С. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «Судовых энергетических установок» e-mail: [Kepstr@rambler.ru](mailto:Kepstr@rambler.ru))

During measurement of torsional vibration by digital method is one of the important problems for maintenance the necessary accuracy of measurements is the choice of parameters of transformation.

Для подтверждения результатов теоретического расчета и проведения диагностики демпферов крутильных колебаний, устанавливаемых на судовые двигатели, необходимо проводить измерения крутильных колебаний. Для измерений используются специальные приборы - торсиографы.

В настоящее время получили распространение торсиографы, основанные на дискретном принципе измерения крутильных колебаний. При этом методе производится измерение временных интервалов, за которые происходит поворот контролируемого вала на заданный угол, то есть угловая скорость вращения вала измеряется не постоянно, а дискретно через определенные промежутки, задаваемые реперными (контрольными) точками (см. рисунок 1). При отсутствии крутильных колебаний вала (равномерное вращение) время  $T_1 = T_2 = T_3$ . Фактически сигнал представляется в виде набора значений угловых скоростей (количественно равного числу разбиений) усредненных по углу между реперными точками.

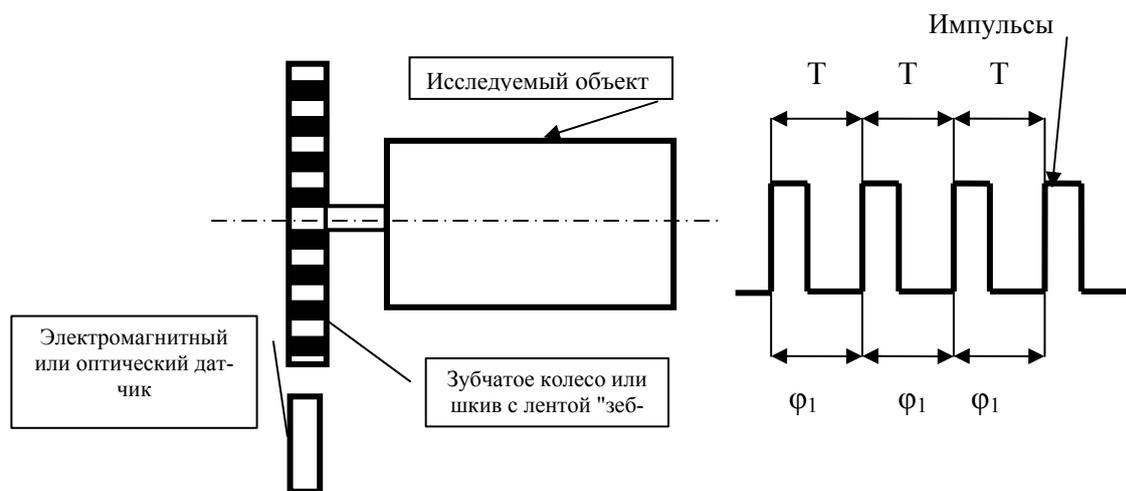


Рисунок 1.- Принцип измерения крутильных колебаний.

Дискретность разбиения определяется количеством реперных точек, проходящих мимо датчика, за один оборот вала, а фиксация момента прохождения репера может выполняться методами, основанными на разных физических принципах: световом, электромагнитном. В первом случае используется перфорированный тем или иным способом диск, прерывающий световой поток к фотодатчику или диск (обод) со специальной отражающей лентой имеющей рисунок из полос - «зевбу». Такой принцип использован в торсиографе ЦНИИМФ (Центральный научно-исследовательский институт морского флота) «СКАН», подробно описанном в работе [1], и приборах других изготовителей [2].

Применяются и промышленные датчики угла, например, оптический энкодер H20DB-254-SS-100-A, изготовитель - BEI США [2], имеющие дискретность по углу порядка нескольких градусов.

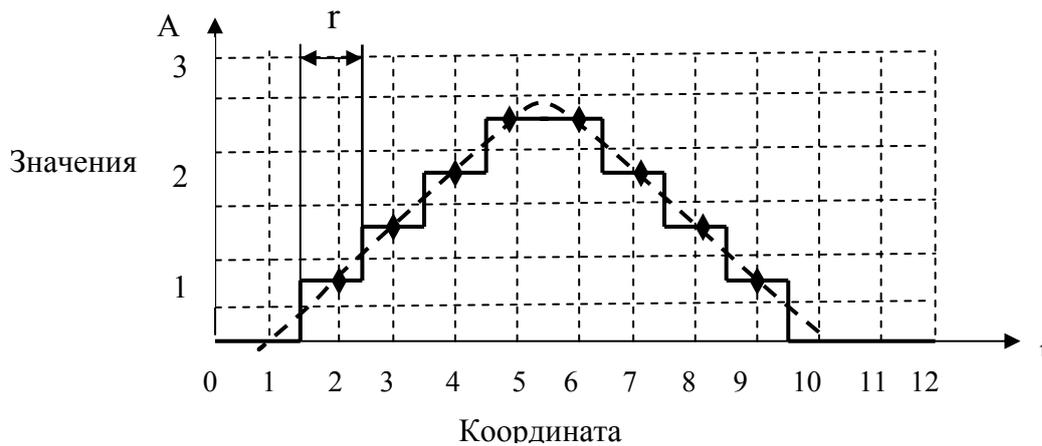


Рисунок 2- Дискретизация сигнала при преобразовании

При использовании индуктивных и индукционных датчиков, в качестве источника угловых отметок, может применяться шестерня, в том числе и шестерня валопроворотного устройства [2]. При использовании шестерен, кроме выше перечисленных, могут применяться датчики на эффекте Холла и индуктивные конечные выключатели.

Безусловно, погрешность измерения зависит и от точности установки реперов и от точности фиксации момента прохождения репера, которая зависит от физического принципа работы датчика. У индукционного датчика максимум сигнала зависит от скорости прохождения репера, индуктивные датчики генерируют сигнал при приближении репера на определенное расстояние, оптические при попадании светового потока в приемник, но гораздо больший интерес вызывает проблема определения минимального количества реперов, необходимых для обеспечения заданной точности измерения.

Известно, что при дискретном представлении аналогового сигнала возможны две ошибки: ошибка дискретизации и ошибка квантования.

Условия, при которых осуществимо восстановление аналогового сигнала по полученному из него цифровому (а сигнал, полученный при помощи описанных выше преобразований, по сути, таковым и является), то есть сохранение всей исходно содержащейся в сигнале информации, выражаются теоремой Котельникова-Шеннона.

Для этого требуется, чтобы полоса частот входного сигнала была бы не менее чем вдвое уже, чем частота дискретизации, то есть  $f_{max}=1/2F_d$ . Сигналы крутильных колебаний в этом смысле весьма просты для обработки, так как практически не содержат высших, по отношению к резонансной частоте, гармоник. По этому можно определять  $F_d$  по частоте высшей из ожидаемых в сигнале резонансных частот, без риска столкнуться с проблемой появления ложных (кажущихся) частот (aliasing). Но указанное соотношение справедливо полностью, только если дискретизация сигнала производится импульсами бесконечно малой ширины (на рисунке 2 такие импульсы показаны точками). Если дискретизация сигнала производится импульсами конечной ширины (интервал  $\tau$  на рисунке 2), то таким импульсам соответствуют средние значения сигнала на интервале длительности импульсов. При длительности импульсов  $\tau$  имеем [3] :

$$s(k\Delta t) = (1/\tau) \int_{k\Delta t - \tau/2}^{k\Delta t + \tau/2} s(t) dt;$$

Отсюда следует, что при дискретизации с усреднением спектр  $S(f)$  заменяется спектром  $S^*(f)$ :

$$S^*(f) = S(f) \times \frac{\sin \pi f r}{\pi f r} \times \exp\left(-2\pi f \frac{r}{2}\right);$$

Второй множитель в этой формуле меняет модуль спектра в  $\frac{\sin \pi f r}{\pi f r}$  раз, а третий приводит к сдвигу фаз. Допустим  $r = \lambda \Delta t$ ,  $\lambda \leq 1$ ,  $F_d = 2\alpha f_{\max}$ ,  $\alpha \geq 1$ . Для этих условий передаточный коэффициент равен:

$$K(f) = \frac{\sin[(\pi \lambda / 2 \alpha) \cdot (f / f_{\max})]}{[(\pi \lambda / 2 \alpha) \cdot (f / f_{\max})]};$$

Для того чтобы влияние преобразования (потеря модуля спектра сигнала) было меньше 1% для всех частот вплоть до  $f_{\max}$ , необходимо выполнение неравенства:

$$\frac{\sin(\pi \lambda / 2 \alpha)}{(\pi \lambda / 2 \alpha)} \geq 0,99 \text{ или } \lambda / \alpha < 0,16;$$

Пусть  $\alpha = 1$  (дискретизация с частотой Найквиста), тогда  $\lambda < 0,16$ , т. е. ширина импульса дискретизации должна быть меньше 16% расстояния между импульсами.

При применяемом способе обработки сигнала крутильных колебаний имеем ширину импульса дискретизации равной расстоянию между импульсами  $\lambda = 1$  (см. рисунок 2). Поэтому влиянием ширины импульсов дискретизации пренебречь нельзя. Таким образом, для обеспечения потерь модуля спектра не более, чем 1% следует:

$$\alpha > \lambda / 0,16 \Rightarrow \alpha > 1 / 0,16 \geq 6,25 \text{ и } F_d = 6,25 \cdot 2f_{\max} = 12,5 f_{\max};$$

(что, кстати, дополнительно уменьшает возможность проявления эффекта алиасинга)

Получим формулу для определения необходимого числа реперов при указанной точности:  $F_d = 6,25 \cdot 2f_{\max} = 12,5 f_{\max}$  с другой стороны  $F_d = z \cdot n_{\text{реп}} = 12,5 f_{\max}$ ;

где  $z$  - число реперов на валу (число интервалов отсчета),  $n_{\text{реп}}$  (об/мин) - частота вращения для резонанса  $k$  - го порядка резонансной частоты  $f = f_{\max}$  (Гц).

$$n_{\text{реп}} = (f \cdot 60) / k; \Rightarrow \frac{(f \cdot 60) \cdot z}{k} = 12,5 \cdot (f \cdot 60) \Rightarrow z = 12,5k;$$

Например, для распространенного двигателя 8NVD48 A2U частота резонанса моторной формы 38 Гц (для 8 порядка колебаний на частоте вращения 285 об/мин) необходимо  $12,5 \cdot 8 = 100$  реперов. Нужно отметить, что в литературе, встречаются рекомендации выбирать частоту дискретизации с запасом в 20% (то, есть  $2,2 f_{\max}$  от частоты Найквиста), в этом случае необходимо 120 реперов. Принимать, разумеется, необходимо наибольший порядок  $k$  возбуждения резонансной частоты т.к. для меньших порядков частота вращения на резонансе будет больше, и условие выполнится автоматически. Если отсутствует информация о составе частот в спектре сигнала можно задаться наибольшей частотой 100 - 120 Гц без риска столкнуться с проблемами точности преобразования и проявлением эффекта алиасинга.

Возможно также, рассчитать и потери модуля спектра сигнала при недостаточном числе реперов  $z$ , подставляя в приведенное выше неравенство

$$\alpha = \frac{z}{2k} \text{ и значение } \lambda = 1;$$

Определим влияние сдвига фаз. Угол сдвига фаз в радианах равен  $\pi f r$ , или в градусах  $\varphi = 180^\circ f r$ ,  $\Delta t = 1/F_d = 1/2f_{\max}$ ,  $r = \lambda \Delta t$ , тогда  $\varphi = 180(\lambda/2\alpha)(f/f_{\max})$  [3].

При принятой ошибке в модуле 1% -  $\lambda/\alpha < 0,16$  ( $\lambda = 1$ ,  $\alpha = 6,25$ ), а сдвиг фазы для  $f_{\max}$   $\varphi = 180^\circ \cdot 1 \cdot 0,16/2 = 180^\circ \cdot 0,08 = 14,4^\circ$ .

Второй возможной ошибкой может быть ошибка квантования, имеющая несколько иной смысл, чем при обычной цифровой обработке сигналов. В нашем случае это относится к точности измерения временного интервала между реперами (при постулировании отсутствия ошибки в угле между реперами). Если не применяется преобразователь частота - напряжение (ошибки преобразователей такого типа здесь не рассматриваются), то измерение времени поворота производится путем заполнения промежутка между импульсами от реперов тактовыми импульсами более высокой частоты обладающими высокой стабильностью. Например, в приборе «СЭТ» ОГМА, применяется тактовый генератор с частотой 16 мГц. При обработке сигнала непосредственно в ЭВМ частота тактовых импульсов может задаваться программно. Несмотря на то, что параметры сигналов крутильных колебаний из-за незначительных частот не требуют больших значений тактовой частоты и, следовательно, тактовые генераторы легко реализуемы, можно определить ошибку квантования по известной формуле:

$$\sigma_k = \frac{F_d}{\sqrt{6} \cdot f_T};$$

где  $f_T$  - тактовая частота.

Еще одним требованием, которое может предъявляться к обработке дискретных сигналов крутильных колебаний - это требование к разрешению сигналов с близкими частотами. Разрешающая способность анализа имеет значение при проведении замеров с целью диагностики демпферов, где незначительное изменение частоты может свидетельствовать о начале деградации демпфера. Для разделения двух пиков с частотами  $f_1$  и  $f_2$  необходима запись сигнала (время наблюдения) длиной  $T_{\text{зап}}$ . [4].

$$T_{\text{зап}} \geq \frac{1}{f_1 - f_2};$$

Принимая минимальную разрешающую способность анализа в 1 Гц, получим  $T_{\text{зап}} - 1$ сек., то есть время наблюдения должно быть не менее 1сек. Количество оборотов вала, за которые должны проводиться измерение (запись) и анализ сигнала:  $n/60$ , где  $n$  - частота вращения вала об/мин. Это требование должно соблюдаться при разработке программного обеспечения.

#### Список литературы:

1. Ефремов Л.В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. СПб.: Наука, 2007. - 273с.
2. Попов А.А. Опыт торсиографирования судовых валопроводов с применением современных средств и методов измерений. Труды международной научной школы «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов» - 07. Спб. : ИПМаш РАН, 2007.
3. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. - М.: Мир, 1983.-311с.
4. Дженкинс Г., Ватс Д. Спектральный анализ и его применения. М.: Мир, 1971.-312с.

## СТЕНДЫ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ТОРСИОГРАФОВ

**Сергеев К.О., Савин П.А.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра судовых энергетических установок  
e-mail: [Kepstr@rambler.ru](mailto:Kepstr@rambler.ru))

The principles of making stands for torsigraph's calibration are described in this article.

Правила РМРС (Российский морской регистр судоходства) требуют выполнения расчетов крутильных колебаний при проектировании и существенной модернизации СЭУ (судовых энергетических установок). Эти же правила оговаривают необходимость проведения замеров крутильных колебаний для подтверждения теоретического расчета. Другим аспектом, вызывающим необходимость проведения замеров, является диагностика технического состояния демпферов крутильных колебаний, для которой торсиографирование дает более точные и надежные результаты по сравнению с анализом силиконовой жидкости.

Измерение крутильных колебаний может выполняться двумя методами: тензометрированием и торсиографированием. Очевидно, каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, определяющие область его применения, но в общем торсиографирование получило большее распространение.

Ранее торсиографы - приборы для измерения и записи крутильных колебаний основывались на сейсмическом принципе действия. Этот тип проборов и их погрешности подробно проанализированы в фундаментальной работе [2].

В настоящее время получили распространение торсиографы, основанные на ином принципе – дискретном измерении крутильных колебаний. При этом методе производится измерение временных интервалов, за которые происходит поворот контролируемого вала на заданный угол, то есть угловая скорость вращения вала измеряется не постоянно, а дискретно через определенные промежутки, задаваемые реперными (контрольными) точками.

Как и все измерительные приборы, торсиографы нуждаются в периодической поверке или калибровке. Поскольку, большая часть таких приборов выпускается отдельными институтами (например, ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова), то такие приборы не входят в государственный реестр средств измерений и должны проходить калибровку, которая и проводится в организации разработчике прибора.

Для калибровки приборов сейсмического типа использовались (и используются) специальные крутильно-вибрационные стенды. В этих стендах калибруемый прибор совершает колебательные движения с заданной угловой амплитудой, но при этом не вращается. Большой частью подобные стенды имеют систему возбуждения от кривошипа с эксцентриковым приводом. Схема, поясняющая принцип действия такого стенда такого стенда приведена на рисунке 1.

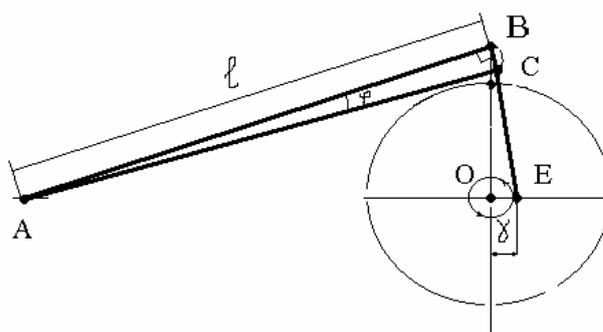
Принцип действия ясен из рисунка. Угол  $\varphi$  определяется как арктангенс отношения половины высоты подъема связи  $\ell$  к ее длине, заменяя дугу ВС ее хордой и считая АС высотой равнобедренного треугольника АВС.

$$\varphi = \arctg\left(\frac{CB}{\ell}\right); CB=h/2; h=BE+2\gamma; \gamma = OE$$

где СВ - длина шатуна;  $\gamma$  - длина кривошипа; Н - высота подъема шатуна.

Величина угловых колебаний калибруемого прибора определяется соотношением геометрических размеров стенда (она, как правило, принимается равной 0,01 радиана), а частота изменяется при изменении частоты вращения приводного электродвигателя. Обычно диапазон частот крутильных колебаний стенда лежит в интервале от 3 до 100 Гц. Так как

Рисунок 1 –  
Принцип действия  
задающего устройства



частота вращения применяемых электродвигателей не превышает 3000 об/мин, используют повышающую ременную передачу или мультипликатор. При проведении калибровки величина  $h$  измеряется индикатором часового типа, с точностью до 0,01мм, длина  $l$  при помощи штангенциркуля, с точностью до 0,5 мм. Угол  $\varphi$  находится расчётным путём.

Стенд такой конструкции используется на кафедре СЭУ МГТУ

Торсиографы, использующие дискретный принцип измерения крутильных колебаний, на крутильно-вибрационном стенде калибровке не подлежат. Для их тарировки необходимы стенды, обеспечивающие не только колебательное движение кодирующего устройства, но и его вращение. Такие стенды использовались ранее для исследования демпферов крутильных колебаний (или их моделей) или разного рода упругих муфт. В основе принципа действия большинства таких стендов лежит использование резонансных колебаний, возбуждаемых в крутильной системе стенда возбудителями разного принципа действия (чаще всего инерционными). Для точной калибровки торсиографов такие стенды подходят мало, так как имеют ряд недостатков. В частности, амплитуда резонансных колебаний зависит от геометрических размеров деталей крутильной системы, материала деталей и их формы. Даже для простых систем теоретический расчет амплитуд крутильных колебаний дает большую ошибку. Измерение же амплитуд на вращающемся вале (например, при помощи тензорезисторов) связано с проблемой передачи сигнала на регистрирующий прибор и сопровождается различными помехами.

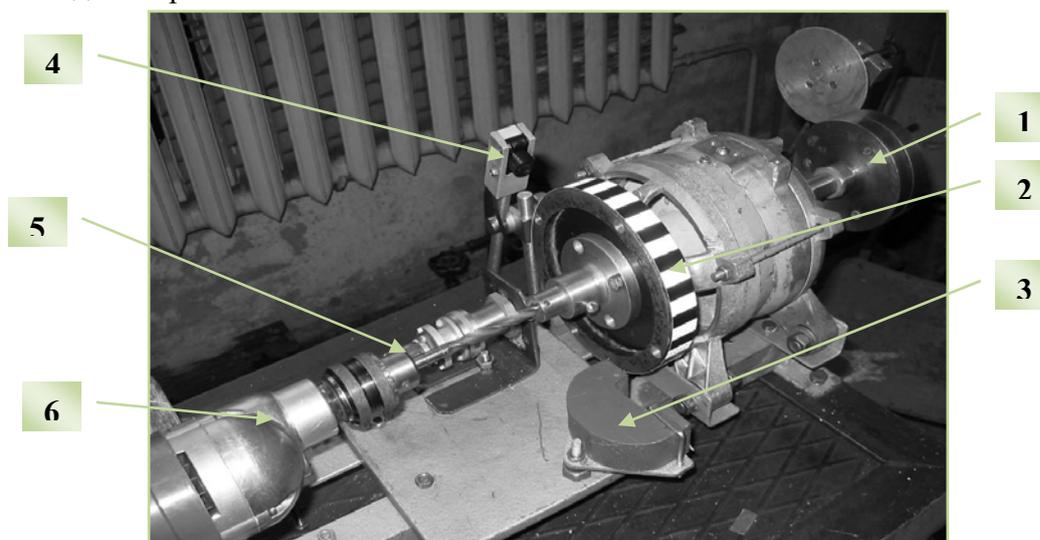


Рисунок 2- Стенд. 1 – торсиограф РТ-660, 2- диск с «зеврой», 3 – магнит для притормаживания вала, 4- источник-приемник прибора СКАН для лазерного излучения, 5 – передаточный вал, 6 – электропривод (дрель).

Попытка изменять амплитуду вращающегося вала при помощи торможения его мощным магнитом, предпринятая на кафедре СЭУ при создании опытного стенда (рисунок 2) для изучения торсиографа СКАН (изготовитель ЦНИИМФ) успеха не имела [3]. Получить необходимую амплитуду крутильных колебаний этим способом не удалось. Кроме того, применяемый в качестве эталонного прибора торсиограф РТ-660 (конструкции ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова), сам имеет погрешности и также нуждается в калибровке.

Таким образом, наиболее реальным путем создания стенда для калибровки всех типов торсиографов, является применение механизма возбуждения от кривошипа с эксцентриковым приводом установленного на вращающейся опоре. Создание электропривода для вращения всей системы с заданной скоростью проблем не вызывает. Более сложным является привод вращающегося кривошипа. В литературе, например, в [1] приводятся конструкции стендов с приводом от шестеренной передачи. В этом случае для обеспечения разных частот вращения необходимо иметь набор шестерен с одинаковым модулем, но разным числом зубьев, то есть плавное изменение частоты колебаний становится не возможным. Более перспективным представляется привод кривошипа системы возбуждения от вращающегося, вместе с подвижной частью стенда, электродвигателя. Передача питающего напряжения на двигатель может быть решена применением контактных колец, к которым не предъявляется особых требований, так как сигнал через них не передается.

Применение конструкции с подвижной системой и электроприводом механизма возбуждения крутильных колебаний позволит получить заранее определенные (и зависящие только от геометрических соотношений) амплитуды колебаний в большом диапазоне частот вращения и частот крутильных колебаний с возможностью их плавного изменения.

#### **Список литературы:**

1. Алексеев В.В., Болотин Ф.Ф. Кортун Г.Д. Демпфирование колебаний в судовых валопроводах. Л.:Судостроение,1973.- 279с.
2. Ефремов Л.В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. СПб.: Наука, 2007. - 273с.
3. Ефремов Л.В., Кудрявцев М.В., Сергеев К.О. Стендовые испытания оптического торсиографа Скан. // Материалы Международной научно-технической конференции «Наука и Образование – 2008»

# Авторский указатель

- Amin A., 788, 791  
Andreassen K., 347
- Dechevsky L.T., 79  
Derkach S.R., 475  
Dyakina T.A., 475
- Gudmestad O.T., 288
- Jonassen T.M., 288
- Kärnä Veikko, 43  
Kozyrenko E.A., 788, 791  
Kukushkina A.N., 475  
Kullerud K., 45  
Kuznetsov A.G., 288
- Ottesen O., 788, 791
- Papusha A.N., 288  
Petrova L.A., 475
- Winsborro M., 347
- Абдулаева А.С., 533  
Абмаева Н.С., 246  
Акименко Д.А., 181  
Алексеевская О.В., 96  
Амелькин Д.А., 1300  
Амин А., 794  
Аминов В.А., 1004, 1327  
Андрианов В.Г., 458  
Анисимов А.А., 1192  
Анисимов А.Н., 1192, 1255  
Анохина В.С., 675, 727, 905, 920  
Антонова А.А., 675  
Анциферова А.В., 861  
Артемкина Н.А., 537  
Асминг В.Э., 329, 334, 344, 379  
Афончева С.А., 679  
Ахтулова Е.М., 663
- Бабошин А.А., 1077  
Баева Л.С., 1375, 1389, 1399
- Бакланов А.А., 634  
Бакулина И.Р., 149  
Баранов С.В., 338  
Барахта А.В., 263, 1159  
Баширов Р.Р., 541  
Баюрова Ю.Л., 545  
Баясгалан Загдхорол, 1073  
Бегель Х., 961  
Безымянова Ю.А., 492  
Белова Л.О., 514  
Белоушко К.Е., 365  
Белякова А.С., 864  
Березин К.А., 942  
Берестенникова И.В., 878, 882  
Блашкова С.Л., 907  
Богданова О.А., 35  
Богданова О.Ю., 890  
Боголюбов А.А., 282  
Боголюбова И.А., 631  
Борисенко А.Н., 1285  
Борисов Д.А., 113  
Боровских В.Е., 206  
Ботова М.Г., 360, 383  
Бражная И.Э., 979  
Бражный А.И., 1186  
Брейдо И.В., 194  
Буганов Х.А., 690, 724  
Буев С.А., 1380  
Буйвол П.А., 157  
Булгаков О.М., 168  
Булычев Н.А., 516  
Буравлев В.О., 623  
Бурзун М.С., 65  
Быкова А.Е., 979  
Быкова Н.Т., 467  
Быковская Н.Е., 447  
Быковченко В.Г., 530  
Бычкова С.М., 75
- Васеха М.В., 518  
Васильев С.Б., 190

- Васильева Ж.В., 659  
 Ващенко А.В., 683, 1384  
 Введенская И.В., 520  
 Веденева Ю.В., 481  
 Венкин Е.Н., 204  
 Ветлужских С.Ю., 1081, 1086  
 Виноградов А.Н., 338  
 Виноградов Ю.А., 379  
 Висков А.Ю., 1331, 1349  
 Вишневская О.А., 547  
 Власов А.Б., 446, 1387  
 Власов А.В., 984, 1006, 1334, 1338, 1349, 1368  
 Власова А.Р., 984, 1334, 1338, 1358, 1364  
 Власова С.В., 415, 420  
 Волков М.А., 352  
 Волкова А.П., 988  
 Волкова Е.В., 551  
 Воробей А.В., 872  
 Воронцов А.А., 160  
 Воронько Н.Г., 481  
 Вотинов М.В., 1343, 1346  
 Вульфович Б.А., 1162  
 Вундцеттель М.Ф., 606
- Гаврилова А.В., 480  
 Гаджимурвдова Р.М., 463  
 Гайнуллина Г.М., 164  
 Гальцев А.А., 164  
 Гасанов Р.Б., 739, 742, 746  
 Герасимова О.В., 294  
 Гераськин В.С., 867  
 Герчиков А.Я., 965  
 Гилязева В.В., 911  
 Гиниятуллин И.И., 911  
 Главинская Л.Т., 849  
 Гладких А.С., 748  
 Гладышевский М.А., 1167  
 Глущенко Н.А., 1169  
 Гололобов А.Н., 263  
 Голубев Б.В., 123, 1010, 1014, 1017  
 Голубев В.О., 101  
 Голубева Н.В., 461  
 Голубинский А.Н., 168  
 Гонтарев Д.П., 253  
 Горбунова С.И., 752, 756  
 Григорьева М.А., 369  
 Григорьева О.П., 1389  
 Гроховский В.А., 988, 992, 996, 1054, 1056,  
 1058, 1061
- Губайдуллина А.Р., 928  
 Губкина Т.Г., 553  
 Гурин А.В., 1285, 1288, 1291, 1296, 1298, 1300,  
 1306, 1308, 1322  
 Гусейнова Б.М., 760
- Даувальтер В.А., 557  
 Даудова Т.И., 760  
 Дашкевич А.Г., 562  
 Девятникова Л.А., 764  
 Демин Е.С., 172  
 Демин С.Б., 172  
 Денисов Д.Б., 653, 685  
 Деркач С.Р., 481, 497  
 Дзюба А.М., 1091  
 Дибирова М.М., 690, 724  
 Долгопятова Н.В., 486  
 Долгунов К.А., 30  
 Долматова Е.В., 1094  
 Дорошенко С.А., 216  
 Дорощенков А.В., 564  
 Дошлов О.И., 610  
 Драница А.Ю., 91  
 Драница Ю.П., 91, 96  
 Дроздова Е.И., 767  
 Душин В.Л., 1188  
 Дьякова О.Г., 914
- Евстигнеев В.В., 568  
 Евтюгина З.А., 334, 344  
 Егоркина Р.Ю., 572  
 Егоров М.А., 770  
 Егунов Н.Д., 185  
 Едигарьев В.Г., 223, 226  
 Ермолаева М.Ю., 575  
 Ерошенко Г.П., 1140  
 Ершов А.М., 28, 1000, 1113, 1118  
 Ершов В.А., 1197  
 Ершов М.А., 1000, 1004  
 Ефремов Л.В., 1395
- Жаренова А.В., 579  
 Жарких А.А., 75, 133, 1308  
 Жаровцев А.А., 1291  
 Жиров В.К., 746  
 Жук В.А., 1172, 1176  
 Жукабаева Т.К., 177  
 Жуков А.С., 1418  
 Журавлева Н.Г., 773, 775, 803, 807, 845

- Завалко С.Е., 647, 655  
Загирова Д.З., 690, 724  
Загороднева Н.С., 1300  
Зайцева М.И., 779  
Зарудий Ф.С., 965  
Захаров А.В., 1190  
Зива И.И., 1219  
Зиланов В.К., 29  
Зиновьева А.Б., 506, 510  
Золотов О.В., 56, 377, 393, 403  
Зосин А.П., 553  
Зубова Ю.В., 355, 400  
Зуева Е.А., 530
- Ивакина Ю.И., 773  
Иванеха Е.В., 581, 667  
Ивкин С.В., 1257  
Игумнов Р.О., 918  
Ильин А.А., 216  
Исаева Л.Г., 537  
Исмаилов Э.Ш., 690, 724  
Ихласова Б.И., 463  
Ищенко Н.С., 586
- Кадникова И.А., 783  
Казакова Г.Б., 693  
Каиров Т.В., 283  
Кайченов А.В., 1004, 1006, 1327, 1349  
Калинина Н.Р., 698  
Калитенков А.Н., 1285, 1288, 1291, 1293, 1322  
Калитенков Н.В., 1113, 1118, 1285, 1288, 1291,  
1296, 1298, 1300, 1306, 1322  
Калитенкова М.И., 1293  
Каменев Е.А., 229, 591  
Каменский С.Л., 920  
Канищев А.А., 595  
Караваева Е.В., 614, 1121  
Карпов В.Н., 1098  
Карпухин Э.В., 172  
Кацуба В.С., 101, 105, 109, 447  
Качала Н.М., 1353, 1354  
Кашкатенко Г.В., 309  
Кашулин Н.А., 557  
Каян В.В., 1180  
Квасоварова А.В., 905  
Кибарин А.А., 598  
Кинзин Р.Х., 1102  
Кирилин А.Д., 514  
Кириллюк О.А., 1054, 1056, 1058, 1061
- Кистерев Э.В., 516  
Клишин С.М., 1313  
Клочков Д.Н., 1184  
Ключко Е.В., 972  
Князева М.А., 360, 365, 369, 373, 388  
Кобылянский И.Г., 123, 1010, 1014, 1017  
Ковальчук В.В., 1222  
Ковальчук Т.А., 1222  
Козлов Н.Е., 232, 237  
Козлова Н.Е., 237  
Козыренко Е.А., 794  
Колесников Г.Н., 190  
Колодяжный В.И., 1399  
Колпакчи С.С., 51  
Комаленкова Н.Г., 530  
Кондратюк Е.В., 623  
Коновалова И.Н., 510  
Кормилицына Т.В., 451, 454  
Корнев К.П., 602  
Корнев М.К., 602  
Корнева И.П., 467, 602  
Корнюшин П.Ю., 181  
Корнюшин Ю.П., 181, 185  
Коробко А.Н., 1113, 1118  
Королева И.М., 545, 551, 562, 579, 653, 661,  
665, 671  
Коротаев А.Б., 296  
Костин Д.А., 323  
Кошелева И.Б., 470  
Кошкина Л.Б., 553  
Кравец П.П., 679, 700, 727  
Кривенко О.Г., 922  
Кригер К.О., 663  
Крукович И.П., 470  
Крылов Г.Г., 1279  
Кузнецова Н.В., 606  
Кузьминых И.С., 1188  
Кульбицкий А.В., 190  
Кумова Ж.В., 1395  
Куранова Л.К., 1022, 1031, 1063  
Куренков В.В., 1104  
Куряченко Е.А., 1238  
Куценко С.С., 470  
Кучура А., 1296
- Лабинцева Е.В., 872  
Лазарева И.М., 120  
Лазуренко В.В., 797, 799  
Ларина Т.М., 775, 803, 807

- Лахтин В.Г., 530  
 Лебедев И.А., 623  
 Лебедева И.П., 610  
 Лейко Н.Н., 1362  
 Литвинов Ю.В., 703  
 Литвинова М.Ю., 875  
 Лобода Е.А., 1027  
 Лукина Т.М., 581  
 Луковкин С.Б., 60  
 Лупейко Т.Г., 523, 527  
 Луценко Е.С., 878, 882, 895  
 Любченко Л.Г., 194
- Магомедалиев А.З., 541  
 Макарова И.В., 157, 1102, 1146  
 Макарова Н.А., 907  
 Макеев И.В., 1197  
 Малавенда С.С., 679, 706, 727  
 Малаева А.В., 68  
 Малаховецкий А.Ф., 1102, 1146  
 Малышев В.С., 1077, 1094, 1104, 1108  
 Манютин И.О., 506, 510  
 Маринин А.А., 127  
 Мартемьянова Е.С., 810, 815, 820, 825, 853  
 Мартиросян В.Н., 30  
 Мартыненко О.В., 140, 145, 360, 377, 383, 393, 429, 436  
 Мартынов Е.В., 237  
 Мархотка Ю.А., 278  
 Маслобоев А.В., 86  
 Маслобоев В.А., 547  
 Маслов А.А., 984, 1004, 1006, 1327, 1338, 1346, 1349, 1358, 1364  
 Махура А.Г., 634  
 Медведева Е.С., 523  
 Медведева О.Н., 1109  
 Меднова Т.В., 1029  
 Меев А.Н., 109  
 Мельник Н.А., 547, 629  
 Мельников Д.В., 185  
 Меньшиков В.И., 1186  
 Милкин В.И., 1113, 1118, 1285, 1288, 1291, 1296, 1298, 1300, 1306, 1322  
 Минин Е.Ф., 1267  
 Минченко Е.Е., 830, 834  
 Михнюк О.В., 926  
 Мишин Т.В., 710  
 Мишинева З.Р., 872  
 Мищенко Е.С., 885
- Мищук В.М., 1293  
 Морозов Н.Н., 309  
 Морозова А.В., 199  
 Мотов Д.Л., 518  
 Мотылева Т.А., 302  
 Мохов Г.В., 303  
 Мурсалова М.Г., 463  
 Мухалев В.А., 1136  
 Мухамеджанова Л.Р., 770  
 Мухаметжанова Л.Р., 928  
 Мухин В.А., 952
- Намгаладзе А.А., 355, 365, 369, 373, 377, 378, 388, 400  
 Нанкин А.А., 258  
 Насурлаева З.Ю., 715  
 Натарева О.С., 204  
 Натарева С.В., 204  
 Наумов В.А., 614, 1121  
 Нахшина Л.П., 334, 338  
 Недоступ А.А., 1225, 1230  
 Непомилуева О.А., 71  
 Низковская О.А., 992, 996  
 Никитина Н.С., 619  
 Николаенко О.А., 1000, 1031, 1036, 1063  
 Никонов О.А., 443  
 Никонова Ю.В., 764  
 Новиков В.Ю., 497  
 Новикова А.Н., 900
- Овчаров Ю.Ю., 530  
 Овчинникова С.И., 918, 932, 947  
 Орешкина В.М., 1406  
 Орлов Е.К., 1225, 1234  
 Оруджова О.Н., 1126  
 Осипова Н.Н., 1129  
 Островский А., 773  
 Оттесен О., 773, 775, 794, 803, 807
- Павленко А.А., 1230  
 Павлов И.А., 133  
 Падалко В.В., 969  
 Панасенко А.В., 623  
 Панкратов П.С., 1132, 1136  
 Панова Н.А., 933  
 Пантелеева И.В., 719  
 Панфилова В.М., 514  
 Палуша А.Н., 253, 273, 278  
 Пасечников М.А., 1188

- Паузе Ю., 1250  
Пахомов А.С., 523  
Пахомов М.В., 626  
Пахомова Н.А., 746, 834, 835, 839  
Пашеева Т.Ю., 1375  
Пенчук А.Г., 1190  
Пеньковская К.В., 1190  
Перетрухина А.Т., 839, 867, 882, 895  
Перетрухина И.В., 875, 878  
Петельчук К.В., 629  
Петров А.И., 1410  
Петров Б.Ф., 35, 39  
Петрова И.Б., 1031  
Петрова И.В., 1063  
Петрова Н.Е., 1412, 1415  
Пластунов В.Ю., 1308  
Плющаев В.И., 113  
Подвойский А.О., 206  
Подобед В.А., 1238  
Подобед Н.Е., 1241  
Пожиленко В.И., 242  
Полулех А.В., 164  
Поляков И.Н., 610  
Помахо С.В., 1188  
Пономарев О.П., 1313  
Портнов К.В., 211  
Порубова С.В., 373  
Порцель М.Н., 489  
Порцель Н.А., 130  
Похольченко Л.А., 935  
Предовский А.А., 246  
Привалихина Н.В., 54  
Приймак Е.В., 721  
Приймак Т.И., 553  
Прокудина А.В., 334, 338  
Прохоренков А.М., 1353, 1354  
Прохоров Б.Е., 377, 378  
Путинцев Д.Н., 501, 506, 510  
Путинцев Н.М., 501, 506, 510  
Пчелинцева О.Н., 172
- Рамков И.А., 1192  
Рокос С.И., 318  
Рубцова Е.И., 631  
Рувинская Г.Р., 937  
Рыбина И.Н., 527  
Рябцев Е.В., 650  
Рябченко Р.Б., 1167
- Савин П.А., 1422  
Салихов Ш.К., 541  
Салмова Н.А., 842, 845  
Санаев А.И., 1194  
Санаев Я.М., 1194  
Сандимиров С.С., 557  
Санникова М.Н., 965  
Сарлаев В.Я., 1197  
Сбитнева В.В., 869  
Светлов А.В., 634  
Свирская С.Н., 523, 527  
Селин В.С., 27  
Сергеев К.О., 1418, 1422  
Сергеева А.Ю., 355  
Серебренникова А.В., 216  
Середа А.-В.И., 81  
Серенсен Й.Х., 634  
Серпунина Л.Т., 1038, 1066  
Сизганова Е.Ю., 1148  
Сиротюк А.А., 1167  
Скиба Г.С., 492  
Скрябин А.В., 105, 120  
Слепухин Ю.А., 1132, 1136  
Слесарев Ю.Н., 160  
Смаглий Т.В., 49  
Смановский В.И., 1042  
Смирнов В.В., 1317  
Смирнов М.Ю., 149  
Смирнова Е.Б., 949  
Совлуков А.С., 1358, 1364  
Сокольская Д.И., 911  
Соловьев А.А., 1270  
Сорохтин Н.О., 232, 237  
Старцева Е.Ю., 942  
Сташкевич Т.В., 849  
Степанова Н.В., 506, 510  
Степычева Н.В., 458  
Стецюк А.А., 639  
Судак С.Н., 1043
- Табакаева О.В., 1047, 1051  
Таилов А.И., 965  
Телицына М.А., 1054, 1056, 1058, 1061  
Телушкин Д.П., 1198  
Темиржанов Р.Д., 653  
Тимакова Л.И., 947  
Толсторебров И.Н., 1004, 1063  
Третьякова С.Ю., 655  
Тропин Б.Л., 1190

- Тулегенов К.К., 1140  
Туршук Е.Г., 1027, 1029
- Углова Н.В., 659  
Украинская К.В., 661  
Умарова Ж.Р., 154  
Умбетов У.У., 154, 177
- Фадеев А.П., 1293  
Фазылова Ю.В., 957  
Фарион Д.А., 665  
Фатеев В.Я., 1358  
Федоров А.В., 329, 344  
Федорова О.А., 575  
Фогилев В.А., 1202  
Фофанова А.Ю., 1142, 1152
- Хабибуллин Р.Г., 157, 1102  
Хайруллина В.Р., 961, 965  
Хамидуллин И.Р., 1146  
Ханыгина С.С., 667  
Харченко Т.В., 54  
Хныкина А.Г., 631  
Ходанова Т.В., 598  
Холодов Г.Г., 1197, 1205, 1212  
Хохлова Л.И., 60  
Храпова Т.А., 839
- Чащина С.Л., 1066  
Чернышев Е.А., 530  
Чикирев И.В., 246  
Чистякова М.А., 1395  
Чупак Т.М., 1148
- Шавыкин А.А., 31  
Шавырина О.А., 520  
Шадрин Ю.А., 1255  
Шатохин Б.М., 1245  
Шахмарданова Э.И., 690, 724  
Шашкова Е.В., 969  
Шеховцев Л.Н., 1248  
Широкая Т.А., 971  
Широнина А.Ю., 497  
Шишко А.Л., 312  
Шиян А.Ф., 425  
Шкуратов П.П., 952  
Шолохов В.С., 443  
Шошина Е.В., 727, 732  
Шпак Р.С., 273  
Шпаков М.А., 194
- Шугай С.Н., 1274  
Шутов А.В., 123, 1010, 1014, 1017  
Шутов В.В., 1167, 1255  
Шушко В.Д., 1260
- Щеглова С.Ю., 671
- Энциан А., 961
- Юдин Ю.И., 263, 1159, 1169, 1180, 1192  
Южанников А.Ю., 1148  
Юлдашев З.Ш., 1098
- Яковлева Г.Н., 530  
Янушко Е.О., 667  
Яценко В.В., 1358, 1364, 1368