

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 25 апреля 2018 г.)

[Текстовое электронное издание](#)

Мурманск
Издательство МГТУ
2018

УДК 001.8 : [574+664] (08)
ББК 20 + 3я431
С 56

Редакционная коллегия:

В. А. Гроховский, доктор технических наук, профессор;
С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;
Е. Е. Минченков, кандидат биологических наук, доцент;
Е. В. Шошина, доктор биологических наук, профессор;
П. П. Кравец, кандидат биологических наук, доцент (ответственный за выпуск);
Е. В. Макаревич, кандидат биологических наук, доцент;
В. А. Похольченко, кандидат технических наук, доцент

С 56 Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 25 апреля 2018 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Электрон. текст. дан. (8,28 Мб). – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. – 1 опт. ком-пакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: PC не ниже класса PentiumII 128, Windows 9x – Windows 10; свободное место на HDD 131 Мб ; привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше.

ISBN 978-5-86185-973-8

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции "Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств", которая состоялась 25 апреля 2018 г. в Мурманском государственном техническом университете. Тематика представленных докладов охватывает направления научных исследований в области биологических наук, экологии и устойчивого развития экосистем Арктики.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

PC не ниже класса Pentiumii 128 MbRam ; свободное место на HDD 131 Мб ;
привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше

УДК 001.8 : [574+664] (08)
ББК 20 + 3я431

© Мурманский государственный
технический университет, 2018

ISBN 978-5-86185-973-8

Текстовое электронное издание

Научное издание

Минимальные системные требования:

PC не ниже класса Pentium II 128 Mb RAM ; свободное место на HDD 131 Мб ;
Windows 9х–Windows 8 ; привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше

Редакционная коллегия:

В. А. Гроховский, доктор технических наук, профессор;
С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;
Е. Е. Минченков, кандидат биологических наук, доцент;
Е. В. Шошина, доктор биологических наук, профессор;
П. П. Кравец, кандидат биологических наук, доцент (ответственный за выпуск);
Е. В. Макаревич, кандидат биологических наук, доцент;
В. А. Похольченко, кандидат технических наук, доцент

Компьютерная верстка Г. М. Плишко

Подписано к использованию 22.10.2018

Объем издания 8,28 мб

Тираж 55 экз.

ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет"

183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13.

Телефон: (8152) 25–40–72 Факс: (8152) 40–35–56

E-mail: office@mstu.edu.ru

<http://www.mstu.edu.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ

БЕЛОМОРДЫЙ ДЕЛЬФИН (<i>LAGENORHYNCHUS ALBIROSTRIS</i>) В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ	10
<i>Зайцев А. А., Габай И. А.</i>	
ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ НА ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА В 2009 Г.	15
<i>Канищева (Гончарова) О. В.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ МСОП ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ РЫБ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ	24
<i>Лемзакова А. С.</i>	
РАЗВИТИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОДЫ	29
<i>Ливадина Л. В., Анохина В. С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОНЯНИЯ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА НАСТОЯЩИХ ТЮЛЕНЕЙ МЕТОДОМ ОПЕРАНТНОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АКВАКОМПЛЕКСА	36
<i>Литвинов Ю. В., Пахомов М. В.</i>	
ЗАПАСЫ ФУКУСОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ И НОВЫЕ ДАННЫЕ	43
<i>Малавенда С. В.</i>	
ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПОСЕЛЕНИЙ <i>MYTILUS EDULIS</i> НА ЛИТОРАЛИ ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ	51
<i>Малавенда С. С., Кравец П. П., Хачетурова К. С., Богданова В. А.</i>	
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЯКУЛЯТА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ФОРЕЛИ РАДУЖНОЙ <i>PARASALMO (=ONCORHYNCHUS) MYKISS</i> В УСЛОВИЯХ АКВАФЕРМЫ	56
<i>Матвеева М. В., Анохина В. С.</i>	
ОПЫТ БЫСТРОГО ПОДРАЩИВАНИЯ ГОНАД МОРСКИХ ЕЖЕЙ <i>STRONGYLOCENTROTUS</i> <i>DROEVASCHIENSIS</i> (O.F. MÜLLER, 1776) В УСЛОВИЯХ АКВАРИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА	61
<i>Павлова Л. В.</i>	
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ И СУБЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА В ПРИБРЕЖНЫХ ЛАГУННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)	68
<i>Столяров А. П.</i>	
КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ	75
<i>Шошина Е. В., Капков В. И.</i>	

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МИКРОБИОЛОГИИ, БИОХИМИИ И БИМЕДИЦИНЫ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ВОДНЫХ БАКТЕРИОЦЕНОЗОВ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	83
<i>Алексеевская Е. А., Богданова О. Ю.</i>	

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕАЗНОЙ АКТИВНОСТИ STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS В ОТНОШЕНИИ БЕЛКОВ САРКОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ ФРАКЦИИ	87
<i>Кириллова Я. А., Макаревич Д. В., Макаревич Е. В.</i>	
БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БИОФЛОКУЛЯНТ-ПРОДУЦИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ЭКОСИСТЕМ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА	90
<i>Крамаренко Е. В., Макаревич Е. В.</i>	
ЛЕКАРСТВЕННАЯ БОЛЕЗНЬ, ПРИЧИНЫ, ПРОЯВЛЕНИЯ	96
<i>Кривенко О. Г.</i>	
КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИФИЛЛОБОТРИОЗА У СЕРЕБРИСТЫХ ЧАЕК	103
<i>Куклина М. М.</i>	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СУДОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД АРКТИЧЕСКИХ АКВАТОРИЙ	109
<i>Макаревич Е. В., Рогачева И. Н., Титова Е. И.</i>	
САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА НИЖНЕЕ ВАЕНГСКОЕ.....	114
<i>Обухова Е. А., Литвинова М. Ю.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БЕЛКОВ И ПЕПТИДОВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ И ПЕЧЕНИ КУЛЬТИВИРУЕМОЙ РЕЧНОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ	121
<i>Овчинникова С. И., Михнюк О. В.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФРАКЦИОННОГО ЛИПИДНОГО СОСТАВА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ И ПЕЧЕНИ РЕЧНОЙ И МОРСКОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП.....	126
<i>Овчинникова С. И., Михнюк О. В., Шашкова Е. В.</i>	
КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ ЭПИФИТНЫЕ БАКТЕРИИ ВОДОРОСЛЕЙ FUCUS VESICULOSUS (РНАЕОРНУТА) БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....	131
<i>Пуговкин Д. В.</i>	
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ	
ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА НА ОЛЕНИНУ КАК СПОСОБА ПО РАЗМЯГЧЕНИЮ КОЛЛАГЕНА	136
<i>Богдан Е. Г., Туришук Е. Г.</i>	
МАЙОНЕЗНЫЙ СОУС С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ.....	141
<i>Бондаренко А. Г., Гроховский В. А.</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РЫБНОГО СЫРЬЯ СЕВЕРНОГО БАССЕЙНА	148
<i>Бражная И. Э., Тифанюк А. В., Кудельникова Е. С., Никонова Р. А., Смирнов Н. Н.</i>	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БЛАНШИРОВАННОГО ПОЛУФАБРИКАТА ПЕЧЕНИ ТРЕСКИ	153
<i>Волченко В. И., Ковалева О. С.</i>	
АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	159
<i>Вотинов М. В., Вотинова Е. М.</i>	

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ПАШТЕТНЫХ КОНСЕРВОВ ИЗ ГОНАД И ЖИРА ПЕЧЕНИ ТРЕСКИ.....	164
<i>Глухарев А. Ю., Куранова Л. К.</i>	
ПРЕСЕРВЫ РЫБНЫЕ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	174
<i>Грищенкова Н. С., Петров Б. Ф.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ В РАСЧЕТАХ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ РЫБЫ.....	177
<i>Ершов М. А.</i>	
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕПТОНОВ ИЗ НЕДОИСПОЛЬЗОВАННЫХ КОСТНО-МЫШЕЧНЫХ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБ СЕМЕЙСТВА ТРЕСКОВЫХ.....	183
<i>Живлянцева Ю. В.</i>	
К РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЯЛЕНО-ПРОВЕСНОЙ ФОРМОВАННОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ	189
<i>Лыжин Е. В., Гроховский В. А.</i>	
ПРЕСЕРВЫ ИЗ СКУМБРИИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ИКРЫ МОРСКИХ ЕЖЕЙ	196
<i>Майорова А. А., Гроховский В. А., Куранова Л. К.</i>	
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ.....	199
<i>Макаревич Д. В., Гроховский В. А.</i>	
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	204
<i>Минеева Е. Н., Бражная И. Э., Беспалова В. В., Плыгун Е. Д.</i>	
К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	209
<i>Несвященко С. С., Волченко В. И., Куранова Л. К.</i>	
К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ ВОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОД.....	213
<i>Прокопченко Ю. А., Ершов М. А.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЫБНЫХ ФАРШЕВЫХ КОНСЕРВОВ "СКАТ И ТРЕСКА В БЕЛОМ СОУСЕ" С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB	218
<i>Райбулов С. П., Шокина Ю. В., Дунец В. В., Остаркова П. А.</i>	
ТРЕХЧЕТВЕРТНЫЕ КОНСЕРВЫ ИЗ ФИЛЕ ТРЕСКИ ПОДСУШЕННОГО И МЯСА КРЕВЕТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА	224
<i>Сухова Т. А., Гроховский В. А., Куранова Л. К.</i>	
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЛИКАТЕСНОГО ПОДКОПЧЕННОГО ФИЛЕ ТРЕСКОВЫХ РЫБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ГЕПАТОПАНКРЕАСА КРАБА – СТРИГУНА <i>Oripio</i>	232
<i>Шкуратова Е. Б., Шокина Ю. В., Васильева Г. С.</i>	

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ И РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В СОСТАВЕ УСТАНОВКИ ПО ПОИСКУ РЕЖИМОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ РЫБЫ	238
<i>Ионов Н. А., Ерещенко В. В., Маслов А. А., Ершов М. А.</i>	
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ АГРЕГАТА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	244
<i>Киселева Е. А., Похольченко В. А., Иваней А. А.</i>	
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТУЗЛУЧНОГО ПОСОЛА ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ ТУЗЛУКА	249
<i>Тепляшина С. И., Иваней А. А., Никонова А. С.</i>	
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНОГО КРИОФАРША	254
<i>Титова С. А., Голубева О. А.</i>	
АНАЛИЗ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ РЫБЫ ВО ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ	259
<i>Шутов А. В., Похольченко В. А.</i>	

ХИМИЯ

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В МУРМАНСКЕ	264
<i>Барышников А. В.</i>	
АНАЛИЗ ПРОЛИНА И 4-ГИДРОКСИПРОЛИНА В КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕМ СЫРЬЕ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТОДАМИ ВЭЖХ И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ	270
<i>Барышников А. В., Новиков В. Ю., Мухин В. А.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ РЕФРАКЦИИ МОЛЕКУЛ-ИЗОМЕРОВ	276
<i>Гладченко Д. В., Долгопятова Н. В., Путинцев Н. М., Путинцев Д. Н.</i>	
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАТНЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫМИ ПАВ	281
<i>Колотова Д. С., Деркач С. Р.</i>	
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЖЕЛАТИНЫ ИЗ КОЖИ ТРЕСКИ	287
<i>Кучина Ю. А., Деркач С. Р., Барышников А. В.</i>	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ЦЕННЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ИЗ ТКАНЕЙ МОРСКОГО ОГУРЦА <i>MOLPADIA BOREALIS</i>	294
<i>Лыжов И. И., Узбекова О. Р., Новиков В. Ю.</i>	
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕТЕРОГЕННОГО ДЕАЦЕТИЛИРОВАНИЯ ХИТИНА В КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРАХ ГИДРОКСИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ	299
<i>Новиков В. Ю., Коновалова И. Н., Кучина Ю. А., Долгопятова Н. В., Черкун Ю. А.</i>	
МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ЭКСТРАКТОВ	306
<i>Облучинская Е. Д.</i>	
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЭК "ХИТОЗАН-ЖЕЛАТИНА"	312
<i>Соколан Н. И., Воронько Н. Г., Деркач С. Р., Кучина Ю. А.</i>	

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ АКВАТОРИЙ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	320
<i>Блинова Е. И.</i>	
ГЕЛЬМИНТОФАУНА ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ <i>GASTEROSTEUS ACULEATUS</i> НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ	327
<i>Гармаш М. В.</i>	
СКОПЛЕНИЯ СЕРЕБРИСТЫХ ЧАЕК, КАК ИНДИКАТОР НАЛИЧИЯ ПИЩЕВЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТА	334
<i>Горяева А. А.</i>	
ВОКРУГ ТРЕПЕЩЕТ ПУЛЬС ВСЕЛЕННОЙ	339
<i>Гудимов А. В.</i>	
ЭСТУАРНЫЙ ЭКОКЛИН И КЛИМАТ, НА ПРИМЕРЕ ПОПУЛЯЦИИ УСОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ <i>SEMIBALANUS BALANOIDES</i> (L.) ЮЖНОГО КОЛЕНА КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА	345
<i>Гудимов А. В., Свитина В. С.</i>	
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ ОЗЕРА ИМАНДРА	353
<i>Дауэвальтер В. А., Терентьев П. М.</i>	
РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БИОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА	360
<i>Журавлева Н. Г.</i>	
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ОЗЕРА СЕМЁНОВСКОГО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА	367
<i>Минченко Е. Е.</i>	
ИЗМЕНЧИВОСТЬ СКОРОСТИ РОСТА ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА МАСОМА <i>CALCAREA</i> (<i>BIVALVIA</i> , <i>TELLINIDAE</i>) В РАЗНЫХ РАЙОНАХ БАРЕНЦЕВА МОРЕЯ	372
<i>Носкович А. Э.</i>	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ МЕЖДУ БИОТИЧЕСКИМИ КОМПОНЕНТАМИ ЭКОСИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	379
<i>Павлова А. С., Кашулин Н. А., Денисов Д. Б., Терентьев П. М.</i>	
ПОДВИЖНОСТЬ ГРУНТОВ ПРИ НАРУШЕНИЯХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ИМПАКТНОЙ ЗОНЕ ОАО "КОМБИНАТ СЕВЕРОНИКЕЛЬ"	387
<i>Приймак П. Г., Кулеш К. М.</i>	
МАГНИТНЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЧАСТОТОЙ 8 ГЦ НА ПОВЕДЕНИЕ И ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ СЕРОГО ТЮЛЕНЯ	391
<i>Яковлев А. П.</i>	
BIOECOLOGICAL PECULIARITIES AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF BALLAN WRASSE (<i>LABRUS BERGYLTA ASCANIUS</i>)	398
<i>Zhuravleva N. G., Kozyrenko E. A., Fedotova L. V., Ottesen O. H.</i>	

**БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА
И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ**

Беломордый дельфин (*Lagenorhynchus albirostris*) в Кольском заливе

Зайцев А. А.¹, Габай И. А.² (¹г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН", ²г. Санкт-Петербург, ФГУП "Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем")

Аннотация. Несмотря на то, что беломордый дельфин является одним из наиболее массовых видов китообразных в водах Баренцева моря, упоминания о появлении особей данного вида в акваторию Кольского залива в научных публикациях не встречаются. В данном сообщении представлены материалы описывающие появление группы беломордых дельфинов вблизи аквакомплекса ММБИ КНИЦ РАН г. Полярный в Кольском заливе в 2011 году.

Abstract. Despite white-beaked dolphin being one of the most common species in cetacean of Barents Sea waters, there are no citations on his appearance in Kola's Bay water area. In this report we present data of white-beaked dolphin's group appearance near MMBI Kola Science Centre of Russian Academy of Science aquacomplex of Polyarny city in Kola Bay in 2011.

Ключевые слова: Баренцево море, беломордый дельфин, Кольский залив, Красная книга.

Key words: Barents sea, Kola Bay, Red list, white-beaked dolphin.

Беломордый дельфин (*Lagenorhynchus albirostris* Gray, 1846) (рис. 1), природоохранный статус – редкий, малоизученный вид (3) занесенный в Красную книгу РФ, по состоянию на 2016 г. из проекта нового издания Красной книги РФ исключен [1]. В Красный список МСОП, занесен как вид вызывающий наименьшие опасения (LC) [2].



Рисунок 1 – Беломордый дельфин (*Lagenorhynchus albirostris* Gray, 1846) [3]

Самый северный представитель короткоголовых дельфинов (*Lagenorhynchus* Gray, 1846) [4] и один из двух видов данного рода встречающихся в водах Баренцева моря [5]. Является эндемиком для умеренных и субарктиче-

ских вод Северной Атлантики, встречается как в шельфовых, так и в прибрежных водах, но при этом в меньшей степени предпочитает океанические воды, нежели близкий ему вид атлантический белобокий дельфин (*Lagenorhynchus acutus* Gray, 1828) [4]. *L. albirostris* один из самых многочисленных видов дельфинов шельфовых вод Северной Атлантики и прилегающих морей [6], по некоторым данным численность данного вида в Баренцевом море оценивается в 60000–70000 особей [5].

Несмотря на то, что *L. albirostris* присутствует в Баренцевом море повсеместно вплоть до ледовой кромки на севере и является здесь самым часто регистрируемым видом китообразных [7; 8; 9], упоминаний о присутствии данного вида в Кольском заливе не встречается. Впервые беломордые дельфины были зарегистрированы нами 15 сентября 2011 г., вблизи аквакомплекса ММБИ расположенного на мысе Тоня (рис. 2, 3). Группа животных подошла достаточно близко к вольерному комплексу, всего на акватории было зафиксировано около 11 особей, из которых 3–4 животных плавали у вольеров, а остальные держались на отдалении.



Рисунок 2 – Беломордый дельфин вблизи аквакомплекса ММБИ на мысе Тоня



Рисунок 3 – Беломордые дельфины, подошедшие вплотную к вольерам ММБИ

Поведение дельфинов представляло собой как спокойное плавание, так и чередующиеся серии ускорений с постоянно меняющейся траекторией движения. Характер описанного поведения, по-видимому, является примером охоты данных животных [10]. Весь период наблюдения составил около двух часов, после чего дельфины ушли в северо-восточном направлении. Осенью 2012 г. нами был отмечен повторный заход животных в данную акваторию, а в последующие годы животные встречались на отдалении без подхода к вольерам.

Аквакомплекс ММБИ на мысе Тоня, существует с 2007 г., но при этом как было сказано ранее, впервые данный вид был встречен нами в 2011 году. Учитывая отсутствие упоминаний о данном виде в опубликованных работах по изучению морских млекопитающих Кольского залива [9; 11] можно предположить, что если данные животные и появлялись здесь ранее, то это происходило в периоды, не охваченные наблюдениями или в областях близких к выходу из залива.

В рацион питания беломордых дельфинов входит достаточно широкий спектр видов, но в подавляющем большинстве это атлантическая сельдь (*Clupea harengus*) и представители семейства *Gadidae*, среди них наиболее часто встречаются атлантическая треска (*Gadus morhua*), мерланг (*Merlangius merlangus*), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*) и путассу (*Micromesistius poutassou*) ассоциация с которой отмечена в южной части Баренцева моря [6; 8; 12; 13]. В водах Кольского залива, из перечисленных выше рыб, чаще всего встречается треска, пикша и сельдь (иногда массово) [14]. По-видимому, именно данные виды, являлись объектом охоты зарегистрированных нами дельфинов. Сокращение численности путассу в предыдущие годы [15] могло стать причиной изменения распределения *L. albirostris*, а в следствии и заход в Кольский залив.

Библиографический список

1. Гаврило М. В., Мартынова Д. М. Сохранение редких видов морской фауны и флоры, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и Красный список МСОП, в национальном парке "Русская Арктика" // Заповедная наука. 2017. № 2 (1): С. 10–42. DOI: 10.24189/ncr.2017.017.
2. Hammond P. S., Bearzi G., Bjørge A., Forney K. A., Karkzmarski L., Kasuya T., Perrin W.F., Scott M. D., Wang J. Y., Wells R.S. & Wilson B. 2012.

Lagenorhynchus albirostris // The IUCN Red List of Threatened Species. 2012: e.T11142A17875454. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T11142A17875454.en>. Downloaded on 26 March 2018.

3. Бурдин А. М., Филатова О. А., Хойт Э. Беломордый дельфин *Lagenorhynchus albirostris* // Морские млекопитающие России: справочник-определитель. – Киров: Волго-Вятское книжное издательство, 2009. – С. 78–80.

4. Kinze C. C. White-beaked dolphin *Lagenorhynchus albirostris* // Encyclopedia of Marine Mammals / In: W. F. Perrin, B. Wursig and J. G. M. Thewissen (eds). San Diego, California, USA: Academic Press, 2002. – P. 1332–1334.

5. Kovacs K. M., Haug T., Lydersen C. Marine mammals of the Barents Sea. Chapter 18 // Ecosystem Barents Sea / E. Sakshaug, G. Johnsen, K. M. Kovacs, editors. Trondheim: Tapir Academic Press, 2009. – P. 453–496.

6. Galatius, A., Kinze, C. C. *Lagenorhynchus albirostris* (Cetacea: Delphinidae) // Mammalian Species. 2016. Vol. 48 (933). P. 35–47. DOI: 10.1093/mspecies/sew003.

7. Клепиковский Р. Н., Лукин Н. Н., Мишин Т. В. Результаты наблюдений морских млекопитающих в южной части Баренцева моря в мае-июне 2011 г. // Морские млекопитающие Голарктики 2012. Сборник научных трудов. Том 1. Москва: Совет по морским млекопитающим, 2012. – С. 303–306.

8. Fall, J., Skern-Mauritzen M. White-beaked dolphin distribution and association with prey in the Barents Sea // Marine Biology Research. 2014. Vol. 10 (10): P. 957–971. DOI: 10.1080/17451000.2013.872796.

9. Горяев Ю.И. Распределение морских млекопитающих в Баренцевом море в апреле-мае 2016 года // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. № 2–4 (8). С. 88–95.

10. Simard P., Gowans S. Group Movements of White-Beaked Dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*) near Halifax, Canada // Aquatic Mammals. 2008. Vol. 34 (3): P. 331–337. DOI 10.1578/AM.34.3.2008.331

11. Горяев Ю. И. Морские млекопитающие // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты / отв. ред. Г. Г. Матишов, В. В. Денисов, С. Л. Дженюк, А. Д. Чинарина, С. В. Тимофеева. – Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 1997. – С. 155–160.

12. Canning S. J., Santos M. B., Reid R. J., Evans P. G. H., Sabin R. C., Bailey N., et al. Seasonal distribution of white-beaked dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*) in UK waters with new information on diet and habitat use // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2008. Vol. 88: P. 1159–66. DOI:10.1017/S0025315408000076.

13. Jansen O. E., Leopold M. F., Meesters E. H. W. G., Smeenk C. Are white-beaked dolphins *Lagenorhynchus albirostris* food specialists? Their diet in the southern North Sea // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2010. Vol. 90: P. 1501–08. DOI: 10.1017/S0025315410001190.

14. Карамушко О. В., Берестовский Е. Г., Карамушко Л. И. Ихтиофауна залива. 4.1 // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв. ред. Г. Г. Матишов, В. В. Денисов, С. Л. Дженюк, Л. И. Карамушко, А. Д. Чинарина. – Москва : Наука, 2009. – С. 249–264.

15. Belikov S. V., Oganin I. A., Høines Å. Blue whiting. Chapter 5.13 // The Barents Sea. Ecosystem, Resources, Management / T. Jakobsen, V. K. Ozhigin, editors. Trondheim: Tapir Academic Press, 2011. – P. 355–362.

Характер распределения макроводорослей на литорали Кольского залива в 2009 г.

Канищева (Гончарова) О. В. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: olga.goncharova1986@rambler.ru*)

Аннотация. Проведено исследование сезонной динамики видового состава, биомассы и количества литоральных фитоценозов Кольского залива. В ходе работы установлено, что максимальное число видов наблюдалось в летний период. Наибольшая биомасса макроводорослей на акватории залива отличалась хаотичным распределением в течение всех сезонов, за исключением зимы, где она достигала наименьших показателей.

Abstract. Seasonal dynamics of species composition, biomass and number of the littoral phytocenoses of the Kola Bay have been studied. The research found out that maximum number of species was observed in summer. The largest biomass of macroalgae within the bay was characterized by a chaotic distribution during all seasons, except winter, when it reached the lowest values.

Ключевые слова: макроводоросли, сообщества, таксон, биомасса, литораль, экосистемы, Кольский залив, мониторинг.

Key words: macroalgae, communities, taxon, biomass, intertidal zone, ecosystems, the Kola bay, monitoring.

Введение

Кольский залив является хорошо развитым эстуарием фиордового типа, аккумулирующего большую часть стоков промышленных, коммунально-бытовых и военных центров. Водоросли-макрофиты как неподвижные организмы, доминирующие в литоральных сообществах, первыми сталкиваются с загрязнением морского побережья. В этой связи некоторые из них могут рассматриваться в качестве индикаторов загрязнения морских вод тяжелыми металлами и радионуклидами. Поэтому познание динамики литоральных макрофитовых сообществ является важным аспектом мониторинга и своего рода информативной базой о тенденциях изменения качества среды на акватории Кольского залива.

Цель данной работы – мониторинг состояния прибрежных сообществ макроводорослей на литорали Кольского залива. Задачами настоящего исследования являются изучение видового состава водорослей-макрофитов, их распределения и биомассы в различные сезоны.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили собственные наблюдения и сборы водорослей, выполненные автором в районах южного, среднего и северного колен Кольского залива (в соответствии с рисунком 1). Исследования проводились во время сизигийных отливов в различные гидрологические сезоны 2009 г. методом вертикальных трансект [1]. Камеральная обработка проб проводилась на кафедре "Биология" Мурманского государственного технического университета. При обработке материала оценивали видовой состав, биомассу растений (B , кг/м^2) и распределение макрофитобентоса. Также анализировали структуру сообществ по качественному индексу сходства Чеконовского-Серенсена.

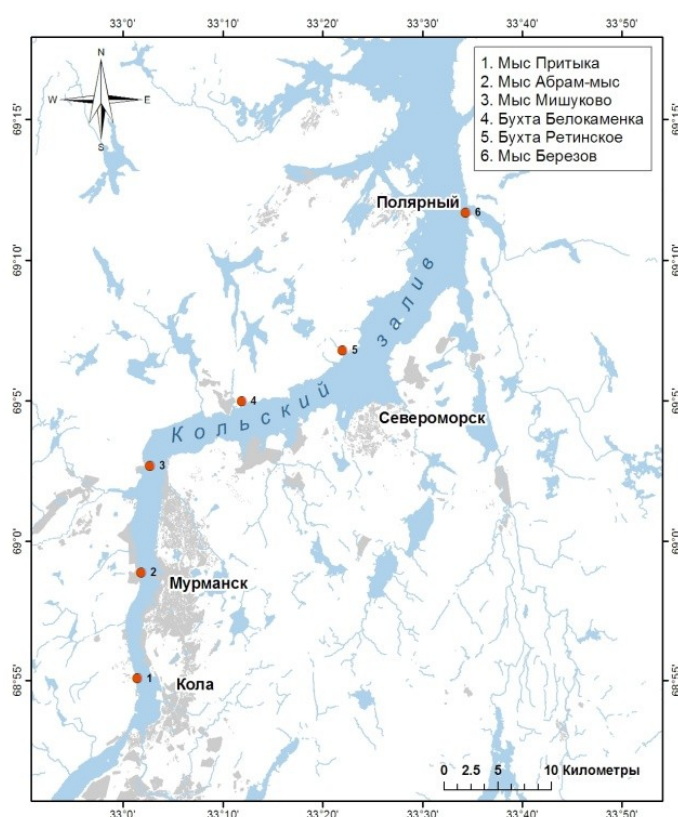


Рисунок 1 – Карта исследуемых участков Кольского залива Баренцева моря.
Места отбора проб (●)

Результаты и обсуждение

Флористический состав рассматриваемых сообществ типичен для побережья Баренцева моря. В исследуемых районах Кольского залива в 2009 г. было обнаружено 39 видов водорослей, наиболее разнообразно представлены красные водоросли – 15 видов (38 %), бурые и зеленые составляют соответственно 14 (36 %) и 10 (26 %) видов. Анализ зонально-географического состава водорослей трех колен Кольского залива показывает, что доминан-

тами по числу видов являются бореально-арктические, которые составляют большинство – 17 (44 %) (*Ascophillum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Chorda filum*, *Palmaria palmata*, *Phycodrys rubens*, *Cladophora rupestris*, *Monostroma grevillei* и др.), а высокобореально-арктических видов несколько меньше – 11 (28 %) (*Desmarestia aculeata*, *Fucus distichus*, *Devaleraea ramentacea*, *Odonthalia dentata* и др.). Эти виды в условиях Мурмана создают наибольшую биомассу и формируют фитоценозы [2].

По соотношению зонально-географических элементов наблюдаются некоторые различия между бурыми, красными и зелеными водорослями. Группа бореально-арктических видов наиболее многочисленна среди бурых водорослей – 64 %, среди красных несколько меньше – 40 %, у зеленых – 20 % (табл. 1). Количество высокобореально-арктических видов более преобладает у красных водорослей (33,4 %) и менее среди бурых (28,6 %) и зеленых (20 %).

Таблица 1 – Зонально-географические элементы флоры Кольского залива

Зонально-географические элементы	<i>Phaeophyta</i>		<i>Rhodophyta</i>		<i>Chlorophyta</i>		Все	
	Число видов	% от общего числа видов	Число видов	% от общего числа видов	Число видов	% от общего числа видов	Число видов	% от общего числа видов
б			2	13,3	1	10	3	7,7
б-а	9	64,3	6	40	2	20	17	43,5
вб-а	4	28,6	5	33,4	2	20	11	28,2
а-б-стр	1	7,1	2	13,3			3	7,7
а-б-тр					2	20	2	5,1
а-стр-н					1	10	1	2,6
б-нн					1	10	1	2,6
б-а-вн					1	10	1	2,6
Всего	14	100	15	100	10	100	39	100

Примечание: б – бореальные, б-а – бореально-арктические, вб-а – высокобореально-арктические, а-б-стр – аркто-бореально-субтропические, а-б-тр – аркто-бореально-тропические, а-стр-н – аркто-субтропическо-нотальные, б-нн – бореально-низконотальные, б-а-вн – бореально-аркто-высоконотальные.

В результате исследований было выявлено, что наибольшее число видов в пределах акватории залива наблюдалось в летний период, однако максимальное их количество отмечалось на литорали мысов Березов (69 %) и Абрам-Мыс (62 %), чему, вероятно, способствовали подходящий субстрат и гидрологические условия. На литорали в районе м. Березов преобладают

грунты с каменистой фасцией и постоянной океанической соленостью (30–33 ‰). Сочетание видов при таких биотопах характерно для устьев, заливов и бухт. В районе м. Абрам-Мыс доминируют грунты с каменистой фасцией, где также отмечены достаточно сильные колебания солености (2–30 ‰) и отчетливо выражен нижний горизонт литорали [3]. На этом горизонте встречаются крупные скопления *Laminaria saccharina* и *Fucus serratus*.

Наименьшее число видов наблюдается зимой на литорали м. Притыка, где они составляют 23 % от общего числа макроводорослей (табл. 2). В районе м. Притыка на всем приливно-отливном цикле соленость поверхностного слоя воды равна от 5 до 10 ‰. Наиболее массовыми видами в этом районе являются *Fucus vesiculosus* и *Enteromorpha intestinalis*. Данные макроводоросли наиболее толерантны к изменениям солености и эвтрофированию [4]. В кутовой части залива отмечена концентрация азотсодержащих элементов в воде, превышающая предельно допустимые концентрации в 100 раз [5].

Таблица 2 – Таксономический состав макроводорослей на акватории Кольского залива

Вид	Гидрологический сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Мыс Притыка				
<i>Ascophillum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis				+
<i>Elachista fucicola</i> (Velley) Areschoug			+	+
<i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Pilayella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman			+	+
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo	+	+	+	+
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze	+	+	+	
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Linnaeus) Kützing			+	
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützing			+	
<i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing		+		
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link	+	+	+	+
<i>Enteromorpha prolifera</i> (Muller) J. Agardh			+	
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützing) Gayral				+
Мыс Абрам-Мыс				
<i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville	+	+	+	+
<i>Ascophillum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis	+	+	+	+
<i>Chorda filum</i> (Linnaeus) Lamouroux				+
<i>Chordaria flagelliformis</i> (O. F. Müller) Agardh			+	
<i>Desmarestia aculeata</i> (Linnaeus) Lamouroux				+
<i>Desmarestia viridis</i> (O. F. Müller) Lamouroux			+	
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville		+	+	

Продолжение табл. 2

Вид	Гидрологический сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>Elachista fucicola</i> (Velley) Areschoug			+	+
<i>Fucus distichus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Fucus serratus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Pilayella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman			+	+
<i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane (<i>Laminaria saccharina</i> (Linnaeus) Lamouroux))	+	+	+	+
<i>Ahnfeltia plicata</i> (Hudson) Fries		+	+	
<i>Devaleraea ramentacea</i> (Linnaeus) Guiry			+	+
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo	+	+	+	+
<i>Odonthalia dentata</i> (Linnaeus) Lyngbye			+	+
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze	+	+	+	+
<i>Polysiphonia stricta</i> (Dillwy) Greville (<i>Polysiphonia urceolata</i> (Lightfoot) Greville)		+		
<i>Porphyra laciniata</i> (Lightfoot) C. Agardh			+	
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Linnaeus) Kützing			+	
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh			+	
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützing			+	
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link	+	+	+	+
<i>Enteromorpha prolifera</i> (Muller) J. Agardh			+	
<i>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock		+	+	
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret		+		
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützing) Gayral			+	+
Мыс Мишуков				
<i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville		+	+	+
<i>Ascophillum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis	+	+	+	+
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville		+	+	
<i>Elachista fucicola</i> (Velley) Areschoug			+	
<i>Fucus distichus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Fucus serratus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane (<i>Laminaria saccharina</i> (Linnaeus) Lamouroux))	+	+		
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo	+	+	+	+
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze	+	+	+	+
<i>Phycodrys rubens</i> (Linnaeus) Batters			+	
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh			+	
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützing			+	
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link	+	+	+	+
<i>Enteromorpha prolifera</i> (Muller) J. Agardh		+		
<i>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock		+		
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützing) Gayral				+

Продолжение табл. 2

Вид	Гидрологический сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Бухта Белокаменка				
<i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville		+	+	
<i>Ascophillum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis	+	+	+	+
<i>Chorda filum</i> (Linnaeus) Lamouroux		+	+	
<i>Desmarestia viridis</i> (O. F. Müller) Lamouroux				+
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville	+	+	+	+
<i>Elachista fucicola</i> (Velley) Areschoug			+	
<i>Fucus distichus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Fucus serratus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus	+	+	+	+
<i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane (<i>Laminaria saccharina</i> (Linnaeus) Lamouroux))	+	+	+	+
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo	+	+	+	+
<i>Lithothamnion spp.</i>	+	+	+	+
<i>Odonthalia dentata</i> (Linnaeus) Lyngbye		+	+	+
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze		+	+	+
<i>Phycodrys rubens</i> (Linnaeus) Batters		+		
<i>Polysiphonia stricta</i> (Dillwy) Greville (<i>Polysiphonia urceolata</i> (Lightfoot) Greville)			+	
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Linnaeus) Kützting			+	
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh		+		
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützting	+		+	
<i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützting		+		
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link	+	+	+	+
<i>Enteromorpha prolifera</i> (Muller) J. Agardh		+	+	+
<i>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock		+	+	
<i>Protomonostroma undulatum</i> (Wittrock) Vinogradova		+		
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützting) Gayral			+	+
Бухта Ретинская				
<i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville			+	+
<i>Ascophillum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis			+	+
<i>Chorda filum</i> (Linnaeus) Lamouroux			+	
<i>Desmarestia aculeata</i> (Linnaeus) Lamouroux			+	+
<i>Desmarestia viridis</i> (O. F. Müller) Lamouroux				+
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville			+	+
<i>Elachista fucicola</i> (Velley) Areschoug			+	+
<i>Fucus distichus</i> Linnaeus			+	+
<i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus			+	+
<i>Pilayella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman			+	+
<i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane (<i>Laminaria saccharina</i> (Linnaeus) Lamouroux))			+	+
<i>Devaleraea ramentacea</i> (Linnaeus) Guiry				+
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo			+	+
<i>Lithothamnion spp.</i>			+	+
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze			+	+

Окончание табл. 2

Вид	Гидрологический сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
<i>Phycodrys rubens</i> (Linnaeus) Batters			+	
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Linnaeus) Kützinger			+	
<i>Rhodomela lycopodioides</i> (Linnaeus) C. Agardh				+
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh			+	+
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützinger			+	
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link			+	
<i>Enteromorpha prolifera</i> (Muller) J. Agardh			+	
<i>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock			+	
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützinger) Gayral			+	+
Мыс Березов				
<i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville			+	
<i>Ascophillum nodosum</i> (Linnaeus) Le Jolis			+	
<i>Chordaria flagelliformis</i> (O. F. Müller) Agardh			+	
<i>Desmarestia aculeata</i> (Linnaeus) Lamouroux			+	
<i>Desmarestia viridis</i> (O. F. Müller) Lamouroux			+	
<i>Elachista fucicola</i> (Velley) Areschoug			+	
<i>Fucus distichus</i> Linnaeus			+	
<i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus			+	
<i>Pilayella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman			+	
<i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane (<i>Laminaria saccharina</i> (Linnaeus) Lamouroux))			+	
<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link			+	
<i>Ahnfeltia plicata</i> (Hudson) Fries			+	
<i>Devaleraea ramentacea</i> (Linnaeus) Guiry			+	
<i>Dumontia contorta</i> (Gmelin) Ruprecht			+	
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo			+	
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze			+	
<i>Phycodrys rubens</i> (Linnaeus) Batters			+	
<i>Polyides rotundus</i> (Gmelin) Greville			+	
<i>Polysiphonia fucoides</i> (Hudson) Greville (<i>Polysiphonia nigrescens</i> (Smith) Greville)			+	
<i>Polysiphonia stricta</i> (Dillwyn) Greville (<i>Polysiphonia urceolata</i> (Lightfoot) Greville)			+	
<i>Porphyra miniata</i> (Lyngbye) Agardh			+	
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Linnaeus) Kützinger			+	
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh			+	
<i>Chaetomorpha melagonium</i> (Weber et Mohr) Kützinger			+	
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützinger			+	
<i>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock			+	
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützinger) Gayral			+	

В экологических исследованиях часто оперируют показателем сходства сравниваемых сообществ, которые демонстрируют общность видового состава вдоль градиента внешней среды. В данной работе использовался качественный индекс сходства Чеконовского-Серенсена. Распределение по кластерам указывает на высокую степень совпадения видового состава литоральных водорослей, обитающих в районе м. Абрам-Мыс и б. Ретинская (при коэффициенте корреляции 0,8), что обусловлено сходством субстрата (каменистый, валунный) и высокими значениями интенсивности движения воды. Однако вместе с тем, сообщество водорослей на литорали м. Притыка имеет минимальные значения индекса сходства с другими районами Кольского залива, что объясняется специфическими условиями и минимальным количеством встреченных видов макроводорослей.

Основными доминирующими видами водорослей являются фукусовые, которые составляют до 90 % биомассы. Максимальная биомасса макроводорослей встречается весной на литорали м. Мишуков (10 кг/м^2) и м. Березов (8 кг/м^2) в летний период. Наименьшая биомасса водорослей во все гидрологические сезоны встречается на литорали в районе м. Притыка, что обусловлено совокупностью следующих факторов: соленостью, эвтрофированием, ледовым режимом и гранулометрическим составом грунта (в соответствии с рисунком 2).

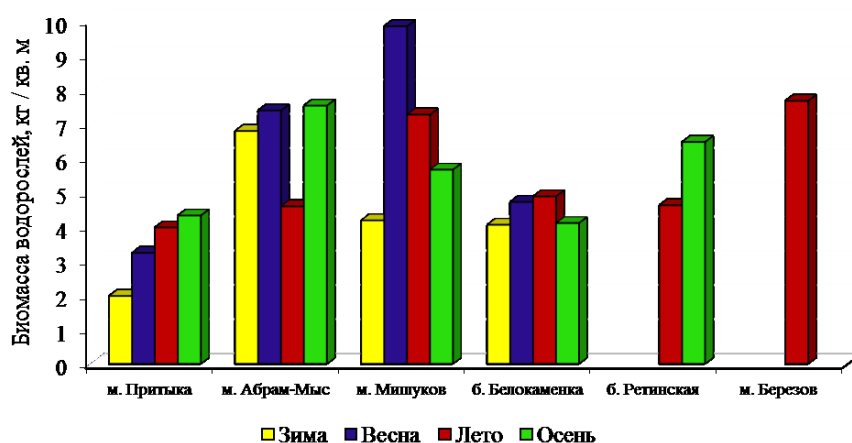


Рисунок 2 – Биомасса макрофитов в исследуемых районах Кольского залива

Заключение

В результате исследований было обнаружено 39 видов макроводорослей. Среди них преобладающей по числу видов является группа бореально-арктических. Максимальное количество макрофитов отмечалось летом на ли-

торали м. Березов и м. Абрам-Мыс, тогда как наименьшее – зимой в районе м. Притыка. Распределение по кластерам выявило высокую степень совпадения видового состава литоральных водорослей, обитающих на участках южного и среднего колен Кольского залива. Биомасса макроводорослей на акватории залива в течение года отличалась хаотичным распределением за исключением зимы.

Таким образом, Кольский залив можно рассматривать как уникальную природную лабораторию, позволяющую проследить вековые изменения морских экосистем. Поэтому специализированные океанологические и гидробиологические исследования, в конечном счете, становятся частью экологических оценок и стратегий устойчивого развития приморских регионов.

Библиографический список

1. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. Цыбань А. В. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 185 с.
2. Аверинцева, С. Г. Флора губы Ярнышной Мурманского побережья Баренцева моря / С. Г. Аверинцева, Е. В. Шошина. – Мурманск : ММБИ, 1990. – 15 с. – Препр.
3. Тюкина О. С. Микрофитопланктон поверхностного слоя прибрежного района южного колена Баренцева моря / О. С. Тюкина, С. С. Малавенда // Материалы XXVII конференции молодых ученых ММБИ КНЦ РАН. Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2009. – С. 168–170.
4. Завалко С. Е. Многоуровневая морфофизиологическая оценка состояния фукусовых водорослей в условиях антропогенного загрязнения (Кольский залив, Баренцево море) / С. Е. Завалко, Е. В. Шошина // Вестник МГТУ, 2008. – Т. 11. – № 3. – С. 423–431.
5. 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 и др. // [Электронный ресурс]. – Мурманск : МГТУ, 2002. Международная научно-техническая конференция "Наука и образование 2002".

Применение критериев МСОП для выделения редких видов рыб на региональном уровне

Лемзакова А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», кафедра биологии,
e-mail: lemzakova.a@yandex.ru)

Аннотация. На основе критериев Международного союза охраны природы (МСОП) проведено распределение рыб Мурманской области по степени редкости. Использование предлагаемых критериев не в полной мере обеспечивает выделение видов, нуждающихся во включение в региональный список редких видов.

Abstract. Based on the criteria of International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) a distribution of fish species of Murmansk Region was carried out according to a degree of their rarity. Using of the suggested criteria is not sufficient to mark out in full measure the species which should be included in the Regional list of rare ones.

Ключевые слова: Международный союз охраны природы (МСОП), Красная книга, ихтиофауна Мурманской области, Баренцево море, Белое море, водные биологические ресурсы.

Key words: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), Red Book, ichthyofauna Murmansk Region, Barents Sea, White Sea, aquatic biological resources.

Введение

Международный союз охраны природы (МСОП) – международная организация, работающая в области защиты и сохранения биоразнообразия, способствующая рациональной эксплуатации природных ресурсов.

5 октября 1948г. в городе Фонтенбло (Франция) представители правительств и природоохранных организаций подписали официальный акт об учреждении Международного союза охраны природы (МСОП).

Начиная с момента своего основания МСОП сосредотачивает внимание на всем спектре деятельности по охране природы, поощряет международное сотрудничество по вопросам охраны природы, собирает, анализирует и публикует соответствующую информацию.

Начиная с 1963 г. по настоящее время МСОП разрабатывает Красный список видов, находящихся под угрозой исчезновения. МСОП собирает данные о состоянии мировых экосистем в различных географических масштабах, чтобы оценить ключевые угрозы для экосистем.

Программа МСОП по видам совместно с Комиссией МСОП по выживанию видов (SSC) и партнерами осуществляет действия, направленные

на сохранение биологических видов для людей и природы через множество инициатив, включая продолжающуюся разработку Красного списка видов, находящихся под угрозой исчезновения, а также поддержку проекта "Спасите наши виды (SOS)" и Комплексную программу по сохранению мест обитания тигров (ITHCP).

Материалы и методы

Для выделения редких видов рыб на региональном уровне мы применяли различные критерии МСОП и выявили ряд особенностей.

Одной из особенностей региональных Красных книг является многообразие применяемых подходов к выделению списка редких видов, в том числе и рыб. Это определяет неприемлемые для природоохранной деятельности существенные и объективно необоснованные различия таких списков (зачастую даже между соседствующими регионами, расположенными в одном речном бассейне и имеющими высокое сходство фаун).

Необходимость применения в регионах унифицированных методов выделения редких видов очевидна. При этом часто рекомендуется использование критериев и категорий Международного союза охраны природы (МСОП).

К настоящему времени они являются широко употребляемыми в мире в качестве инструмента для выделения редких видов как на глобальном [1], так и региональном [2]. Предлагаемые методы, в соответствии с руководством по их применению [3], были использованы для выделения редких видов рыб и рыбообразных Мурманской области.

Результаты и обсуждение

Ихтиофауна Мурманской области богата и разнообразна. Издавна в морях, озерах и реках на Кольском Севере вели промысел рыбы. Наиболее богата ихтиофауна Баренцева моря. Здесь отмечено не менее 140 видов. Большинство из них представляют собой типичные морские формы, которые всю свою жизнь проводят в соленых водах и здесь же размножаются. Некоторые виды являются проходными (сёмга, кумжа, голец, сиг и др.), их жизненный цикл проходит как в соленой, так и в пресной воде. Часть видов относится к речным видам и встречается лишь в опресненных водах вблизи устьев рек (щука, язь, палим) [4; 5].

Все рыбы и рыбообразные, обитающие в Баренцевом море, представляют 53 семейства. Максимальное количество семейств было представлено в отряде окунеобразные (18 семейств), а также в отрядах скорпенообразные

(7 семейств), трескообразные (5 семейств) и корюшкообразные (3 семейства). Остальные отряды были представлены 1-2 семействами.

Наибольшее видовое разнообразие было отмечено в отрядах окунеобразных (53 видов), скорпенообразных (45 видов) и трескообразных (28 видов). Отряд камбалообразные представлен 14 видами. В остальных отрядах встречалось менее 10 видов.

Наиболее богаты видами семейства бельдюговых (23 вида), тресковых (14 видов), рогатковых (12 видов), липаровых (11 видов), бычковых (12 видов), камбаловых (9 видов), налимовых (9 видов), скатовых (9 видов). Большинство же семейств представлены 3–5 видами, а более половины семейств (34) представлены единственным видом [7].

По сравнению с Баренцевым морем видовой состав ихтиофауны Белого моря значительно беднее. По данным одних исследователей представлен 51 вид, по сообщениям других – 68, из них 12 полупроходных видов.

Современная ихтиофауна Мурманской области включает таких типичных промысловых представителей как камбала-ерш *hippoglossoides platessoides*, морская камбала *pleuronectes platessa*, речная камбала *platichthys flesus*, пятнистая зубатка *anarhichas minor*, полосатая зубатка *anarhichas lupus*, треска *gadus morhua*, навага *eleginus navaga*, сайка *boreogadus saida*, пикша *melanogrammus aeglefinus*, путассу *micromesistius poutassou*, сайда *pollachius virens*, горбуша *oncorhynchus gorbusha*, кета *oncorhynchus keta*, мойва *mallotus villosus*, европейская корюшка *osmerus eperlanus*, атлантическая сельдь *clupea harengus*, окунь-клювач *sebastes mentella* и т. д. Есть достаточно нетипичные виды, такие как например, большая пескарка *callionymus lyra*, шершавый карепрокт *careproctus dubius*, европейский керчак *myoxocephalus*, морская рыба-игла *nerophis lumbriciformis*, сарган *belone belone belone*, рыба-меч *xiphias gladius*, лаврак *dicentrarchus labrax*, голубая акула *prionace glauca*, катран *squalus acanthias*, европейская химера *chimaera monstrosa*, гладкий скат *dipturus batis*, миксина *myxine glutinosa* и т. д. Многие из этих видов являются интродуцентами и на этом основании включены в категорию "NA" (виды, не легитимные для оценки) [6,7]. Оставшиеся виды распределились по категориям МСОП следующим образом.

"EX" (исчезнувшие) – нет.

"EW" (исчезнувшие в дикой природе) – нет.

"RE" (исчезнувшие в регионе) – нет.

"CR" (находящиеся в критическом состоянии) – атлантический лосось (сёмга) *salmo salar*, кумжа (озёрная форма) *salmo trutta*, арктический голец *salvelinus alpinus*, пыжьян *coregonus pidschian*, язь *leuciscus idus*.

"EN" (находящиеся в опасном состоянии) – кильдинская треска *gadus morhua kildinensis*. Для вида наблюдается сокращение численности популяции, площади ареала и области обитания.

"VU" (уязвимые) – кумжа (проходная форма) *salmo trutta*. Популяция имеет низкую численность, которая снижается.

"NT" (находящиеся в состоянии, близком к угрожающему) – нет. Эти виды уязвимы к воздействию различных факторов, действие которых сохраняется; численность их популяций невысока и имеет тенденцию сокращения или значительных изменений.

"LC" (вызывающие наименьшее опасение) – большинство видов. В эту группу включены виды, сохраняющие сравнительно многочисленными популяции. Не представлены здесь ввиду большого количества видов.

"DD" (недостаток данных) – нет. Данных по распространению, численности популяций и её динамике для этих видов нет [3].

Нужно подчеркнуть, что категории МСОП и категории Красной книги России не тождественны и не похожи по названию. Например, категориям МСОП исчезнувшие (*extinct*, EX) и исчезнувшие в дикой природе (*extinct in the wild*, EW) нет подобных категорий в Красной книге России или в региональной Красной книге. Категория МСОП находящиеся в состоянии близком к уязвимому (*near threatened*, NT), вызывающие небольшие опасения (*least concern*, LC), недостаток данных (*data deficient*, DD), не оцененные (*not evaluated*) не нашли похожих категорий в Красной книге России.

Однако есть категории, которые не похожи по названию, но имеют общий смысл. Например, категория МСОП находящиеся на грани полного исчезновения (*critically endangered*, CR) соответствует категории находящиеся под угрозой исчезновения (CR) из Красной книги России. Категория МСОП исчезающие (*enangered*, EN) соответствует категории сокращающиеся в численности (EN) из Красной книги России. Категория МСОП уязвимые (*vulnerable*, VU) соответствует категории редкие (VU) из Красной книги России.

Заключение

Согласно требованиям МСОП, в региональную Красную книгу должны быть включены виды только первых 6 категорий (т. е. атлантический лосось

(сёмга), кумжа (озёрная форма), арктический голец, пыжьян, язь, кильдинская треска), остальные виды попадают в категории, в неё не включаемые. Такое распределение не согласуется со сложившимися представлениями о состоянии популяций и степени редкости оставшихся видов. Так, например, на территории Мурманской области, безусловно, необходима охрана популяций черного палтуса, речной миноги, озёрной и речной форели, черной (ледовой) трески, морского и речного угрей, североатлантической аргентины, азиатской зубатой корюшки, стомии, хаулиода, малого топорика, европейской мерлузы, саргана, европейской лисички и других видов, не внесенных в Красную книгу РФ и в Красную книгу Мурманской области; на мой взгляд заслуживают особой охраны некоторые виды акул, скатов и угрей, большинство видов семейства липаровых, рогатковых, стихеевых и бельдюговых, и, по всей видимости, ещё целый ряд видов.

Таким образом, использование предлагаемых МСОП критериев, как показывает приведенный выше анализ, не в полной мере обеспечивает выделение видов, нуждающихся во включение в региональный список редких видов.

Библиографический список

1. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. – IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2001. – 30 p.
2. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. – IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2003. 26 p.
3. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1. – IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. – 85 p.
4. Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. Т.1. / под ред. Ю.С. Решетникова. – М. : Наука, 2002. – 379 с.
5. Атлас пресноводных рыб России : В 2 т. Т. 2. / под ред. Ю. С. Решетникова. – М. : Наука, 2002. – 251 с.
6. Богущая Н. Г., Намека А. М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. – М., 2004. – 389 с.
7. Долгов А. В. Состав, формирование и тропическая структура ихтиоценов Баренцева моря / А. В. Долгов ; ПИНРО. – Мурманск : ПИНРО, 2016. – 336 с.

Развитие пищеварительной системы атлантического лосося в критический период онтогенеза в условиях контролируемых и естественных температур воды

Ливадина Л. В., Анохина В. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. Дана морфологическая и гистологическая характеристика развития пищеварительного тракта заводской сёмги в период перехода на экзогенное питание в условиях естественных температур воды (Россия, Умбский рыбоводный завод) и в условиях искусственного водоподогрева (Норвегия, исследовательская станция Нуфима Марина). Охарактеризованы отличия в количестве бокаловидных клеток и выраженности надъядерной вакуолизации в условиях различных температур. Сделан вывод о рекомендованном биологическом возрасте введения подкормки для личинок атлантического лосося.

Abstract. Morphological and histological features of the digestive system ontogenesis in farm atlantic salmon larva at the endogenous feeding period were observed (in natural and artificial temperature conditions). The results about the biological age of formation of the digestive system structures and variation among mucous cells and supranuclear vacuolization in enterocytes of the intestine were conducted for different temperature conditions. We recommended the biological age for start feeding according to our results.

Ключевые слова: заводское воспроизводство, атлантический лосось, ранний онтогенез, эндогенное питание, *Salmo salar*, пищеварительная система, гистология, биологический возраст.

Key words: artificial fish recovery, atlantic salmon, early ontogenesis, endogenous feeding, *Salmo salar*, digestive system, histology, biological age.

Введение

Вопросы онтогенеза объектов рыбного хозяйства остаются актуальными в условиях рыбоводных заводов. Для определения степени развития атлантического лосося рыбоводы используют биологический возраст, введенный как параметр Городиловым в 1986, который отражает начало определенных стадий в общем развитии эмбриона атлантического лосося, единица измерения – тау-сомит [1]. Используя методы морфологического и гистологического исследования, мы оценивали развитие и появление структур пищеварительной системы атлантического лосося относительно биологического возраста. Подобные работы были проведены для атлантического лосося *Salmo salar* (Sahlmann, 2013) [2] в условиях искусственного водоподогрева, с результатами которой мы провели сравнительный анализ наших данных, хотя в этой статье отсутствует оценка биологического возраста, и хронометраж процесса определяется как количество дней после вылупления (далее –

д. п. в.). Также для родственных групп и в более узком смысле вопросы онтогенеза пищеварительной системы рассмотрены в статьях [3–9]. Цель работы: определение и сравнительный анализ биологических признаков пищеварительной системы, ограничивающих временной диапазон от начала до завершения перехода заводской сёмги с эндогенного на экзогенное питание, в условиях естественных температур воды (Умбский рыбоводный завод) и искусственного водоподогрева.

Материал и методы

Для исследований материал (личинки атлантического лосося (*Salmo salar*, L.)) получили на Умбском рыбоводном заводе в период с 26.05.2016 по 01.07.2016. Фиксацию материала проводили 70% этиловым спиртом.

Для личинок определяли массу, длину тела по Смитту, длину тела до конца чешуйного покрова [10], биологический возраст, стадию развития [1]. По стандартной методике были изготовлены гистологические препараты личинок ($n = 40$), полученных в период с 26.05.2016 по 01.07.2016. Выбор времени отбора проб обусловлен интенсивностью повышения температуры воды и ускорение формирования структур пищеварительного тракта рыб [4]. Данные о биологическом возрасте и формировании структур сравнивали с работой Sahlmann (2013) [2], где личинок выращивали в условиях искусственного водоподогрева при постоянной температуре после вылупления 7–8 °С. Статистическую обработку данных выполнили в программной среде Microsoft Office Excel, STATISTICA 10.

Отмечали биологический возраст формирования органов пищеварительной системы, морфологические особенности в период перехода на экзогенное питание, гистологические характеристики.

Срезы изготовили в лаборатории ГОБУЗ "Областное Мурманское бюро судебно-медицинской экспертизы", судебно-гистологическое отделение. Препараты исследовали на световом тринокулярном микроскопе XSZ-402, на увеличениях 10x4, 10x10 и 10x40. Для получения изображений высокого разрешения использовали камеру для микроскопов TopCam 3.0.

Статистическую обработку данных выполнили в программной среде Microsoft Office Excel, STATISTICA 10.

Результаты и обсуждение

Исследователи предлагают оценивать готовность пищеварительной системы к экзогенному питанию по следующему ряду признаков [11; 12]:

– анатомической и физиологической сформированности пищеварительного тракта, его составляющих;

– наличию и количеству бокаловидных клеток в различных отделах кишечника;

– характеру надъядерной вакуолизации в энтероцитах кишечника.

Сравнительные данные по морфологическому развитию пищеварительной системы атлантического лосося приведены в табл. 1.

Последовательность развития отделов пищеварительной системы в нашем исследовании происходит в следующем порядке: кишечная трубка (73 тау-сомит), строма желудка (100 тау-сомит), анальное отверстие (100 тау-сомит), печень (126 тау-сомит), ротовая воронка (135–138 тау-сомит), складки кишечника (455,2 тау-сомит), пилорические придатки (506,5 тау-сомит), фундальные железы желудка (584,4 тау-сомит), большая петля кишечника (637,5 тау-сомит).

Одной из гистологических характеристик, отражающих степень развития пищеварительного тракта, являются бокаловидные клетки. Они выполняют антиабразивную и антисептическую функции. К началу периода смешанного питания (584,4 тау-сомит, 45–48 дней после вылупления) бокаловидные клетки в пищеварительном тракте атлантического лосося на Умбском рыбоводном заводе интегрированы к краю кишечного эпителия в условиях естественных температур воды. Однако, появление этих структур в стенке кишечной трубки отмечается в более раннем возрасте в различных отделах кишечника (передний отдел кишечника – 506,5 тау-сомит, 39 д. п.в.; задний отдел кишечника – 455,2 тау-сомит, 34 д. п. в.), но выполнять свою функцию такие клетки еще неспособны, так как не обращены апикальной частью в просвет кишечника. В кишечнике рыб, развивающихся в условиях искусственного водоподогрева, бокаловидные клетки начинают появляться в возрасте 27 д. п. в., в пищеводе – в возрасте 7 д. п. в.

Надъядерная вакуолизация энтероцитов заднего кишечника также свидетельствует о готовности пищеварительного тракта к усвоению пищи. В наших исследованиях такую функциональную готовность можно наблюдать в биологическом возрасте 637,5 тау-сомит, 54 дня после вылупления. Надъядерная вакуолизация у рыбы, выращиваемой в условиях искусственного водоподогрева, появлялась частично на 54 день после вылупления, в выборке $n = 3$ только у одной личинки [2]. В наших исследованиях почти все личинки на 54 д. п. в. уже питаются экзогенно, а надъядерная вакуолизация выражена гораздо отчетливей.

Таблица 1 – Морфологические показатели развития атлантического лосося в период перехода на экзогенное питание

Дата	Стадия развития (цит. по Городилову, 1986) [1]		Признаки развития пищеварительной системы		Биологический возраст сёмги в Умбе, тау-сомит	Кол-во градусо-дней для сёмги в Умбе	Дней от оплодотворения для сёмги в Умбе	Д. п. в. (жирным курсивом возраст норвежской личинки)
			в условиях естественных температур воды на Умбском рыбоводном заводе, 2015–2016 гг.	в условиях искусственного водоподогрева, Норвегия, Нуфима Марина Сандалсоре (исследовательская станция), данные Sahlmann, 2013 г. [2]				
28.04.2016	Начало вылупления				274,1	120,9	205	0
21.05.2016	Эндогенное питание	37 стадия	Кишечник пустой, прямой, есть вздутие в области желудка	Кишечник пустой, прямой, в задней части складки, есть вздутие в области желудка, желудочные железы отсутствуют	352,8	242,9	228	7
								23
26.05.2016			Питание эндогенное. Завладка спирального клапана, средний отдел кишечника септирован	Желудок имеет различимую кардиальную часть, в фундальной начинают появляться железы. Кишечник без петли, пилорические придатки начинают образовываться, передняя часть кишечника с простыми складками, задняя – с более длинными	394,0	302,4	233	27
								28
01.06.2016		39 стадия	Сформирован дугообразный изгиб желудка, формируется большая петля кишечника		455,2	386,8	238	34
03.06.2016	Начало кормления				477,6	417,1	240	36
06.06.2016	Эндогенное питание	39 стадия	Начало образования пилорических придатков, корм в пищеварительном тракте отсутствует		506,5	457,6	243	39
11.06.2016		39 стадия	Количество и размер пилорических придатков увеличивается (12 шт.), корм в пищеварительном тракте отсутствует		544,1	513,2	248	44

Таблица 1 – Морфологические показатели развития атлантического лосося в период перехода на экзогенное питание

Дата	Стадия развития (цит. по Городилову, 1986) [1]	Признаки развития пищеварительной системы		Биологический возраст сёмги в Умбе, тау-сомит	Кол-во градусо-дней для сёмги в Умбе	Дней от оплодотворения для сёмги в Умбе	Д. п. в. (жирным курсивом возраст норвежской личинки)
		в условиях естественных температур воды на Умбском рыбоводном заводе, 2015–2016 гг.	в условиях искусственного водоподогрева, Норвегия, Нуфима Марина Сандалсоре (исследовательская станция), данные Sahlmann, 2013 г. [2]				
12–15.06.2016		<i>Начало питания</i>		544–584	513–571	248–253	45–48
16.06.2016	Смешанное питание 39 стадия	В желудке – пищевые объ- екты, железы желудка хо- рошо видны, большая петля сформирована	Продольные складки в пищеводе, дугооб- разный изгиб желудка развит, фундальные железы в большом количестве. Кишечник морфологически разделен на передний (с пилорическими придатками) и средний, изгиб большой петли начал оформляться. Желток абсорбирован	584,4	571,9	253	46 49
21.06.2016	Экзогенное питание 40 стадия	Желток абсорбирован, пита- ется 90% и более личинок	В кишечнике увеличивается высота складок, личинки питаются	637,5	644,6	258	54
26.06.2016	41 стадия	Пилорических придатков >24, активно происходит переваривание пищевых частиц и формирование фекальных масс		701,8	731,2	263	59
01.07.2016	41 стадия	То же		768,3	820,8	268	64

Выводы

В условиях естественных температур воды Умбского рыбоводного завода подкормку личинок сёмги (переход к смешанному питанию) рекомендуется начинать в биологическом возрасте 540 тау-сомит, в нашем случае 45–48 д. п. в., поскольку в этот момент сформированы основные структурные элементы пищеварительной системы. В условиях искусственного водоподогрева развитие бокаловидных клеток происходит в более ранние сроки, но надъядерная вакуолизация, наоборот, сформировалась сравнительно позже в зарубежном исследовании, что дает основание предположить функциональное отличие в развитии.

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с базовой частью государственного задания высшим учебным заведениям Минобрнауки России в части инициативных научных проектов по теме НИР "Комплексная рыбоводно-биологическая оценка культивируемой форели в водоёмах Кольского полуострова". № 37.10193.2017/8.9.

Библиографический список

1. Городилов Ю. Н. Методические материалы по определению возраста и стадий развития зародышей атлантического лосося. – Мурманск : ПИНРО, 1986. – 72 с.
2. Sahlmann C. The digestive system of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Ontogeny and response to soybean meal rich diets : thesis for the degree PhD / Norwegian School of Veterinary Science, Oslo 2013. – 65 pp.
3. Løikka G., Austbø L., Falk K., Bjerkås I., Koppang E. O. Intestinal morphology of the wild atlantic salmon (*Salmo salar*) // Journal of Morphology. – 2013. – V. 274. – P. 859–876.
4. Новиков Г. Г. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 296 с.
5. Baeverfjord G., Krogh A. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish // Journal of Fish Diseases. – 1996. – V. 19. – P. 375–387.
6. Гаврилов Ю. М. Строение и особенности развития пищеварительной системы личинок черноморского лосося // Современные наукоемкие технологии : тезисы материалов конференции. – М. : 2005. № 4. – С. 86–87.

7. Волкова И. В., Ершова Т. С., Шипулин С. В. Морфо-функциональные особенности формирования пищеварительной функции у рыб различных таксономических и экологических групп // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 7. – С. 11–13.

8. Ершова Т. С., Волкова И. В., Зайцев В. Ф. Особенности становления пищеварительной функции у некоторых видов рыб семейства Лососевых на личиночном этапе развития // Онтогенез. – 2004. – Т. 35, № 4. – С. 291–296.

9. Смирнов А. И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М. : МГУ, 1975. – 335 с.

10. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). 4-е изд. перер. и доп. / Под ред. П. А. Дрягина, В. В. Покровского. М.: Пищевая промышленность, 1966. – 375 с.

11. Yufera M., Darias M. J. The onset of exogenous feeding in marine fish larvae // Aquaculture. – 2007. – V. 268. – P. 53–63.

12. Baeverfjord G., Krogh A. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish // Journal of Fish Diseases. – 1996. – V. 19. – P. 375–387.

Исследование обоняния у представителей семейства настоящих тюленей методом оперантного обучения в условиях аквакомплекса

Литвинов Ю. В., Пахомов М. В. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН", лаборатория биотехнических систем)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования возможности выработки у серых и гренландских тюленей двигательного условного рефлекса на запах объекта и способность подопытных тюленей дифференцировать различные запахи.

Abstract. The article presents the results of a study of the possibility of producing a motor conditioned reflex in the gray and harp seals on the smell of an object and the ability of experimental seals to differentiate certain odors.

Ключевые слова: Серый тюлень, Гренландский тюлень, обоняние, камфора, диметилсульфид.

Key words: Gray seal, Harp seal, olfactory, camphor, dimethylsulphide.

Введение

Морские млекопитающие долгое время рассматривались как аносматики или микросматики [1; 2]. У китообразных обоняние почти утрачено. Обонятельные доли мозга и обонятельные нервы отсутствуют полностью (зубатые киты) или имеются в зачаточном состоянии (усатые киты) [3]. Также в их геноме утрачены или находятся в неактивном состоянии гены, отвечающие за обоняние [4]. У ушастых и настоящих тюленей обонятельная система сохранилась и соответствует таковой у сухопутных хищников [5].

Назо-назальные контакты, как заключительное признание самкой своего щенка, были описаны у южноафриканских морских котиков (*Arctocephalus pusillus*, Schreber, 1775) [6], северных морских котика (*Callorhinus ursinus*, Linnaeus, 1758) [7], Кергеленских морских котиков (*Arctocephalus gazella*, Peters, 1875) [8], австралийских морских львов (*Neophoca cinerea*, Peron, 1816) [9] и у сивучей (*Eumetopias jubatus*, Schreber, 1776) [10]. У гренландских тюленей (*Pagophilus groenlandicus*, Erxleben, 1777) самка определяла своего щенка визуально, вокально и с помощью обоняния, но кормление начиналось только после обнюхивания щенка [11].

Важную роль обоняние играет и в репродуктивном поведении морских млекопитающих. Самцы новозеландских морских котиков (*Arctocephalus forsteri*, Lesson, 1828) обнюхивали самок в области головы и задней части

тела во время периода размножения, по-видимому, оценивая готовность самок к спариванию [12]. Обонятельное поведение сивучей различалось как между животными разного пола и возраста, так и в разные периоды их жизни – репродуктивный и пострепродуктивный [13].

Южноафриканские морские котики смогли отличать запах рыбы от аромата эфирных масел, а так же различать разные виды рыб по запаху [14].

В научной литературе исследования обоняния тюленей представлены, в основном, результатами наблюдения за поведением животных в неволе или естественной среде. По этой причине нами было проведено исследование обоняния представителей двух видов настоящих тюленей с использованием метода оперантного обучения.

Материалы и методы

Эксперимент проводили в условиях аквакомплекса ММБИ на акватории Кольского залива. Подопытными животными выступали две самки серого тюленя (*Halichoerus grypus*, Fabricius, 1791) в возрасте 7-ми лет и две самки гренландского тюленя в возрасте 2-х лет. На начало экспериментальных работ все животные были здоровы и были обучены работе по схеме "выбор из двух стимулов".

В качестве обонятельных стимулов использовались 10 % раствор камфорного масла и 10 % раствор диметилсульфида. Запах камфоры был выбран потому, что он, во-первых, согласно современной стереохимической теории обоняния относится к первичным запахам и, во-вторых, тюлени, обитающие в Арктике, не могли сталкиваться с данным запахом ранее, поэтому камфора являлась для них индифферентным раздражителем. Запах диметилсульфида, предположительно, имеет важное биологическое значение для морских животных. Диметилсульфид образуется в ходе метаболического разложения диметилсульфониопропионата выделяемого в воду фитопланктоном в период его цветения [15]. Установлено, что некоторые виды морских птиц находят места кормления по запаху диметилсульфида [16]. Возможно, что по наличию в воде ДМС находят места скопления планктона некоторые виды акул [17] и рифовых рыб [18]. Экспериментально выявлена высокая чувствительность обыкновенных тюленей (*Phoca vitulina*, Linnaeus, 1758) к диметилсульфиду и установлено, что она в порядки выше, чем у людей [19].

Эксперимент был разделен на три этапа. На первом этапе животных обучали дифференцировать контейнер с раствором камфоры от пустого контейнера. На втором – дифференцировать контейнер с раствором ДМС от пустого

контейнера. На третьем – дифференцировать контейнер с ДМС от контейнера с раствором камфоры.

Для проведения экспериментов стимульные вещества разводили в дистиллированной воде до такой концентрации, чтобы интенсивность запаха была минимальна, затем раствор помещали в контейнер.

Экспериментальная установка представляет собой две трубы закрепленных на деревянном бруске. Трубы имеют длину 30 см и диаметр 6 см, благодаря чему тюлень способен свободно просовывать в них переднюю часть головы и дышать. В каждой трубе было вырезано отверстие диаметром 8 см, в которое помещались контейнеры с тестовыми веществами. С противоположного конца трубы закреплен электрический вентилятор, который создает ток воздуха в трубе, что позволяет минимизировать влияние таких сторонних факторов как ветер и посторонние запахи.

Экспериментальную установку помещали в вольер на расстоянии 1 метра от стартовой позиции животного. Сначала тюленей обучали по команде засовывать переднюю часть головы в трубу и оставаться в таком положении до 10 секунд. Также животных приучили к звуку работающего вентилятора.

Затем в один контейнер помещали тестовое вещество (положительный стимул), во второй дистиллированную воду (отрицательный стимул) и устанавливали их в трубы. На третьем этапе, когда изучалось способность исследуемых тюленей дифференцировать между собой растворы диметилсульфида и камфоры, в один контейнер помещали диметилсульфид (положительный стимул), в другой камфору (отрицательный стимул). Взаиморасположение контейнеров меняли в случайном порядке, но не более двух одинаковых комбинаций подряд, чтобы избежать "ассоциации с местоположением" у исследуемых тюленей.

Тюлень занимал стартовую позицию и по команде должен был найти трубу с положительным стимулом и зафиксировать переднюю часть головы в нем на 10 секунд. Животному разрешалось обследовать обе трубы. В случае правильного выполнения следовало пищевое подкрепление в виде рыбы. Эксперименты проводились в утреннее (10:00) и вечернее (17:00) время.

С животными сначала проводили обучающие тренировки, когда тренер наталкивал на правильный выбор, при этом количество предъявлений за тренировку не лимитировалось и учитывался только результат последней тренировки, который должен был быть выше вероятности случайного выбора. Готовность к проведению контрольных испытаний определял тренер тюленя. Обучающие тренировки проводили в осенне-зимний период, при

стабильной безветренной погоде без атмосферных осадков и полном отсутствии посторонних запахов.

При проведении контрольных испытаний проводилось по 20 тренировок с 20 демонстрациями пар стимулов на каждой, за верные выборы стимула тюлень получал фиксированное пищевое поощрение. Тренировки проводились по возможности при полном штиле или максимум при 2 баллах по шкале Бофорта, при отсутствии сильных посторонних запахов, атмосферных осадков и иных сильных раздражителей.

Результаты и обсуждение

На первом этапе обучение серого тюленя №1 заняло 6 тренировок с результатом в 75 % верных выборов, серого тюленя № 2–3 тренировки с результатом в 80 %, гренландского тюленя № 1–7 тренировок с результатом 80 %, гренландского тюленя № 2–7 тренировок с результатом 75 % верных выборов.

При проведении контрольных испытаний все тюлени достоверно отличали контейнер с раствором камфоры от ложного контейнера (рис. 1, 2, 3), при этом серые тюлени в среднем совершали 1 ошибку за тренировку, гренландские тюлени 2–3 ошибки за тренировку.

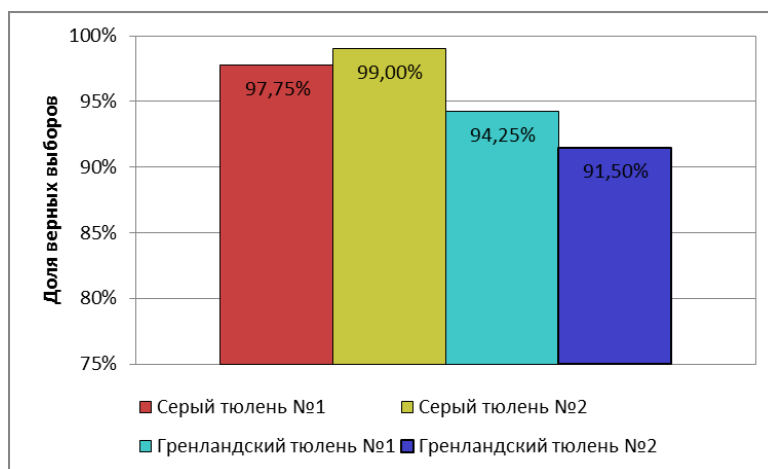


Рисунок 1 – Доля верных выборов при дифференцировке контейнера с раствором камфоры от пустого контейнера

На втором этапе серый тюлень № 1 обучился отличать контейнер с раствором ДМС на 4-й тренировке (75 % верных выборов), серый тюлень № 2 на 7-й тренировке (75 % верных выборов), гренландские тюлени обучились на 12-й тренировке (80 % верных выборов). При проведении контрольных испытаний все тюлени достоверно отличали контейнер с раствором ДМС от пустого контейнера. При этом серые тюлени в среднем совершали 2 ошибки за тренировку, гренландские – 1 ошибку.

На третьем этапе серые тюлени уже на первой тренировке достоверно отличали контейнер с раствором ДМС от контейнера с раствором камфоры, при этом запах ДМС тюлени выбирали с первого предъявления пары стимулов. У серого тюленя № 1 результат был 95 % верных выборов, у серого тюленя № 2 – 90 %. У гренландских тюленей обучение заняло 20 тренировок у гренландского тюленя № 1 (75 % верных выборов) и 21 у гренландского тюленя № 2 (85 % верных выборов), при этом на первых тренировках, не смотря на отсутствие подкрепления, тюлени в большинстве случаев (более 70 % выборов) выбирали контейнер с раствором камфоры.

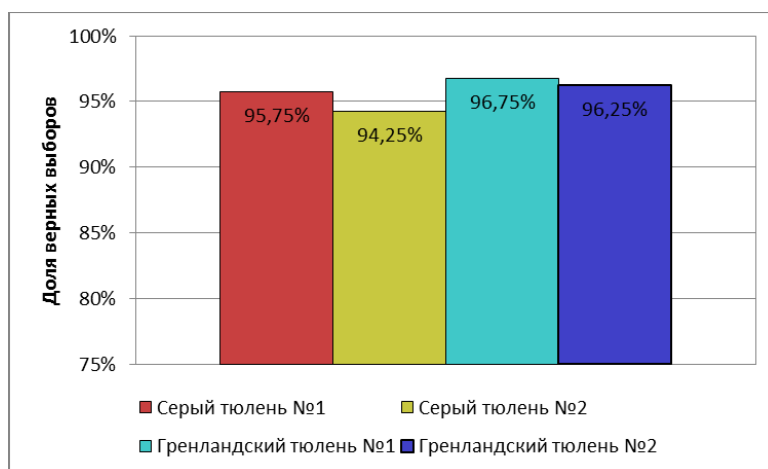


Рисунок 2 – Доля верных выборов при дифференцировке контейнера с раствором ДМС от пустого контейнера

При проведении контрольных испытаний все тюлени достоверно отличали контейнер с раствором ДМС от контейнера с раствором камфоры, в среднем совершая 2–3 ошибки за тренировку.

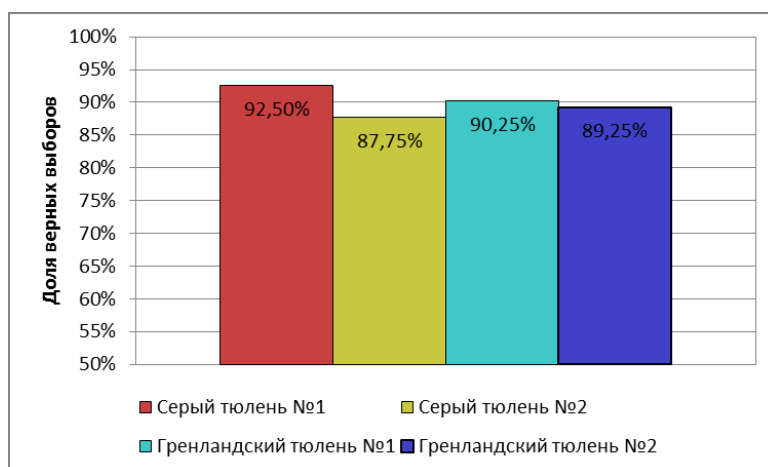


Рисунок 3 – Доля верных выборов при дифференцировке контейнера с раствором ДМС от контейнера с раствором камфоры

Заключение

Результаты работы продемонстрировали возможности тюленей двух видов вырабатывать двигательный условный рефлекс на обонятельные раздражители и способность отличать один запах от другого. При обучении дифференцировке контейнера с запахом серые тюлени обучались быстрее гренландских тюленей, при обучении дифференцировке двух запахов гренландские тюлени обучались на порядок медленнее. Схожие динамики обучения и результаты контрольных испытаний данные виды демонстрируют и при проведении схожих исследований при выработке условных рефлексов на раздражители других модальностей [20]. Данное отличие в скорости обучения, вероятно, связано с видовыми особенностями исследуемых тюленей и свидетельствует о более высокой пластичности нервной деятельности серых тюленей. Так как серые тюлени обитают в условиях побережья, где информационная среда более насыщена, в отличие от гренландских тюленей, которые большую часть жизни проводят либо в открытых водах, совершая сезонные миграции, либо вблизи паковых льдов, где редко встречаются с большими наборами запахов.

Библиографический список

1. Lowell W. R., Flanigan J. W. Marine mammal chemoreception // *Mammal review*. – 1980. – Vol. 10. – P. 53–59.
2. Brown R. E. The marine mammals: orders Cetacea, Pinnipedia, and Sirenia // *Social odours in mammals*. Clarendon Press, Oxford, 1985. – Vol. 2. P. 723–731.
3. Thewissen J. G. M., George J., Rosa C., Kishida T. Olfaction and brain size in the bowhead whale (*Balaena mysticetus*) // *Marine Mammals science*. – 2011. – Vol. 27, Iss. 2. – P. 282–294.
4. Feng P., Zheng J., Rossiter S. J., Wang D., Zhao H. Massive Losses of Taste Receptor Genes in Toothed and Baleen Whales // *Genome Biology and Evolution*. – 2014. – Vol. 6, Iss. 6. – P. 1254–1265.
5. Shusterman J. R. Behavioral capabilities of seals and sea lions a review of their hearing, visual, learning and diving skills // *The Psychological Record*. – 1981. – Vol. 31. – P. 125–143.
6. Ross G. J. Nuzzling behaviour in captive cape fur seals // *International Zoo Yearbook*. – 1972. – Vol. 12. – P. 183–184.
7. Bartholomew G. A. Mother-young relations and the maturation of pup behavior in the Alaska fur seal // *Animal Behaviour*. – 1959. – Vol. 7. – P. 163–171.

8. Dobson F. S., Jouventin P. How mothers find their pups in a colony of Antarctic fur seals // Behavioural processes. – 2003. – Vol. 61. – P. 77–85.
9. Pitcher B. J. Social olfaction in marine mammals wild female Australian sea lions can identify their pup's scent // Biology Letters. – 2011. – Vol. 7. – P. 60.
10. Чечина О. Н. Видотипичное поведение сивучей // Этологический атлас. Севастополь, 2004. – 120 с.
11. Kovacs K. M. Maternal behaviour and early behavioural ontogeny of harp seals, *Phoca groenlandica* // Animal Behaviour. – 1987. – Vol. 35. – P. 844–855.
12. Miller E. H. Social behaviour between adult male and female New Zealand fur seals, *Arctocephalus forsteri* (Lesson) during breeding season // Australian Journal of Zoology. – 1974. – Vol. 22. – P. 155–173.
13. Belonovich O. A, Rozhnov V. V, Mamaev E. G, Burkanov V. N. Obonyatelnyie kontaktyi sivuchey (*Eumetopias jubatus*) // Morskie mlekoopitayuschie Golarktiki, 2006. – P. 64–67.
14. Laska M, Svelander M., Amundin M. Successful acquisition of an olfactory discrimination paradigm by South African fur seals, *Arctocephalus pusillus* // Physiology and Behavior. – 2008. – Vol. 93. – P. 1033–1038.
15. Kiene R. P., Linne L. J, Bruton J. A. New and important roles for DMSP in marine microbial communities // Journal of Sea Research. – 2000. – Vol. 43. – P. 209–224.
16. Nevitt G. A, Haberman K. Behavioral attraction of Leach's storm-petrels (*Oceanodroma leucorhoa*) to dimethyl sulfide // The Journal of Experimental Biology. – 2003. – Vol. 206. – P. 1497–1501.
17. Sims D. W, Quayle V. A. Selective foraging behaviour of basking sharks on zooplankton in a small-scale front // Nature. – 1998. – Vol. 393. – P. 460–464.
18. DeBose J. L., Lema S. C., Nevitt G. A Dimethylsulfoniopropionate as a foraging cue for reef fishes // Science. – 2008. – Vol. 319. – P. 1356.
19. Kowalewsky S., Dambach M., Mauck B. and Dehnhardt G. High olfactory sensitivity for dimethyl sulphide in harbour seals // Biology Letters. – 2006. – Vol. 2. – P. 106–109.
20. Ишкулов Д. Г., Михайлюк А. Л., Пахомов М. В. Особенности цвето-восприятия у серых тюленей // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2013. – № 4. – С. 84–90.

Запасы фукусовых водорослей Баренцева моря: степень изученности и новые данные

Малавенда С. В. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. Увеличение интереса к фукусовым водорослям как объекту промысла на Мурмане требует актуализации сведений об их запасах. Литературные сведения ограничены. На основании данных, полученных в многочисленных береговых экспедициях выполнена предварительная оценка запасов в губах Мурмана и проанализировано их состояние.

Abstract. The increasing interest in pokusavam algae as the target species on the Murman requires updating of information about their reserves. Literary information is limited. Based on the data obtained in numerous coastal expeditions, a preliminary assessment of the reserves in the lips of Murman was made and their condition was analyzed.

Ключевые слова: Fucus, Ascophyllum, Баренцево море, запасы.

Key words: Fucus, Ascophyllum, Barents sea, reserves.

Морские водоросли традиционно являются объектом сбора и переработки для самых разнообразных целей. Технологий и методикам посвящено немало литературы. В Баренцевом море промысловыми видами являются фукусовые и ламинариевые, главным образом как сырье для фармацевтики и косметологии, и некоторое количество в пищу и как добавки в корм скоту. На сегодня промысел осуществляется несколькими частными компаниями и обеспечивает потребности предприятий Мурманской области. Использование фукусовых водорослей постепенно возрастает и назрела необходимость в оценке современного состояния ресурса. Достаточно полные исследования были произведены еще в XX веке. Но климатические изменения и антропогенное воздействие могли внести свои коррективы в распространение водорослей, и в других регионах оно было выявлено.

Распределение фукусовых сообществ на побережье арктических морей зависит в первую очередь от физических факторов – ограничивают их рост истирающее действие льда, грунтов валунных и песчаных, занос песком и илом, на ледовых берегах сам лед не является подходящим субстратом. Низкая соленость препятствует росту *F. serratus* и, в меньшей мере, *F. distichus* и *A. nodosum*. Высота на литорали над уровнем моря от которой зависит длительность воздушной экспозиции и высушивание таллома также один

из ведущих факторов. Плотность проективного покрытия в зависимости от субстрата описана во многих работах. Биомасса на отвесных скалах открытого берега редко превышает 1 кг/м², на валунах при высокой прибойности фукоиды отсутствуют. На слабозащищенном и защищенном берегу биомасса на валунных грунтах 4,0-12,0 кг м², на песчаных – 1,0-5,0 кг/м². Локально биомасса может быть более 20 кг/м², главным образом *A. nodosum* [12].

Берег Баренцева моря традиционно разделяют на районы, которые различаются по своему климатическому и гидрологическому режимам и, следовательно, бентосной растительностью. Неодинакова и степень изученности фитобентоса разных участков берега. Цель данного исследования – предварительная оценка запасов фукусовых водорослей Баренцева моря и степени изученности проблемы.

Материалы и методы

Материал был собран в ходе экспедиций ММБИ КНЦ РАН на Мурманском побережье в 2000–2017 гг. Отбор проб производился по традиционному методу трансект [1, 2, 7, 8, 11]. Площадь одной пробы 0.5×0.5 м, поскольку данный размер соответствует длине таллома наиболее крупных видов. На каждом разрезе выполняли станции на верхнем, среднем и нижнем горизонтах литорали (ВГЛ, СГЛ, НГЛ, около 3.0, 1.5 и 0.5 м над уровнем моря соответственно). Оценку запасов фукоидов на литорали Кольского залива и отдельно доминирующего вида *Fucus vesiculosus* L. выполняли в целом согласно традиционной методике [6]. В качестве топографической основы использовался контур береговой линии с навигационных карт масштаба 1 : 25 000 ячеи 15005, 15006, 15007 для южного, среднего и северного колен соответственно. Протяжённость береговой линии и площадь литорали определяли в программе Map Viewer 7. Полученные в ходе исследования данные по биомассе и ширине пояса фукоидов, в том числе отдельно *F. vesiculosus* перемножали на длину берега или биомассу умножали на площадь, занятую водорослями (если ширину оценить не представлялось корректным). Оценку запасов для тех участков северного колена, в которых не проводилось исследование (губы Пала, Оленья. Сайда, Большая Волоковая и Средняя), выполнили, исходя из средних значений биомассы и ширины пояса для защищенных от прибоя участков литорали Западного и Восточного Мурмана [5; 12].

Результаты и обсуждение

Мурманский берег – часть южного берега Баренцева моря вдоль Кольского полуострова, является продолжением норвежского берега (юго-запад-

ный участок моря). Берега представлены волнистой равниной с отвесными скалами, с несколькими фиордами (Кольский, Нокуевский и др.). Теплое Мурманское прибрежное течение проходит вдоль берега, существенно влияя на гидрологический режим. Приливно-отливные колебания уровня моря на западном Мурмане около 2 м, увеличиваясь к востоку до 4 м.

Мурманский берег – наиболее изученная и населенная часть побережья Баренцева моря, альгологические сборы были выполнены в большинстве губ и заливов, на части открытого берега. Биомасса фукусовых сообществ может достигать до 20 кг/м² в благоприятных условиях, однако средние величины на порядок ниже. Были получены следующие данные: общие запасы *F. vesiculosus* составляли 70 тыс. т, *A. nodosum* – 60 тыс. т, *F. distichus* – 27 тыс. т, *F. serratus* – 20 тыс. т, общий запас литоральных макрофитов был оценен в 200 тыс. т. В том числе суммарные запасы фукусовых – 120 тыс. т [4]. Общие запасы фукусовых Мурмана по другим данным всего около 50 тыс. т, из них *F. vesiculosus* – более 17 тыс. т, *A. nodosum* – более 26 тыс. т. [3]. Оценка запасов с применением аэрофотосъемки дала цифру 180 тыс. т. общих запасов [9; 10].

В результате 10 лет исследований мы приближенно оценили запасы фукусовых, прежде всего *F. vesiculosus* и *A. nodosum* в некоторых губах и заливах в настоящее время (табл.).

На западном Мурмане крупные заливы – губы Малая Волоковая, Печенга и Ура – характеризуются неравномерным распределением фукоидов и сосредоточением запасов в районах наибольшего антропогенного воздействия.

В Кольском заливе примерно половина всех запасов фукоидов северного колена сосредоточена на участке западного берега от устья губы Оленья до мыса Лас (условная граница северного и среднего колен залива) и прилегающих к нему крупных островах – Екатерининском и Оленьем. Еще треть от запасов фукоидов северного колена составляют заросли между губами Тюва и Средняя. Данные участки характеризуются обилием благоприятных для фукоидов валунных пляжей, а ударная сила волны на подходе к ним несколько ослабляется внутренним положением в заливе. Основную массу формируют *F. distichus*, *F. serratus* и *A. nodosum*. В среднем колене Кольского залива две трети всех запасов фукоидов сосредоточены на валунных пляжах западного берега (от м. Лас до м. Мишуков) и восточного берега до границы влияния городских поселений (между устьями губ Средняя и Ваенга). Большую часть этих запасов составляет *F. vesiculosus*. На участке

от мыса Пинагорий до мыса Мохнаткин и в губах Грязная и Рослякова произрастает остальная часть фукоидов, среди которых велика доля *F. distichus* и *F. vesiculosus*. В южном колене запасы фукоидов рассеяны на западном берегу примерно до мыса Притыка и часть есть на осушке на противоположном берегу. Преобладает в запасах *F. vesiculosus*. Сказывается отсутствие благоприятных условий для произрастания макроводорослей. Можно предположить, что средняя биомасса фукоидов на литорали губ северного колена (Сайда, Оленья, Волоковая, Тюва и Средняя) составляет 3.7 ± 0.7 кг/м² (данная цифра средняя для защищенных от прибоя участков в районе исследования). Тогда, запасы фукоидов в губах северного колена составляют примерно 370 тонн. Таким образом, половина всех запасов фукоидов сосредоточена в средней части залива (часть северного и среднего колен), и половину от всех запасов фукоидов в Кольском заливе составляет *F. vesiculosus*. Запасы других видов фукоидов сконцентрированы в северном колене.

Полученные данные о запасах и распределении макрофитов в Кольском заливе, в том числе на отдельных его участках, могут быть использованы в расчетах ущерба при разливах нефти и для оценки воздействия на окружающую среду хозяйственного объекта. С учетом последних данных о роли фукусов в очистке морской среды от нефтепродуктов, при планировании операций по ликвидации разливов нефти можно использовать литоральные заросли фукоидов как ловушку для пленки. Промыслового значения водоросли Кольского залива не имеют, поскольку велико содержание поллютантов в водах и соответственно в водорослях.

Таблица 1 – Биомасса и запасы фукусовых Мурманского берега

Губа	Запасы, т					Биомасса, кг/м ²				
	всего	F.v.	F.d.	F.s.	A.n.	всего	F.v.	F.d.	F.s.	A.n.
Малая Волоковая	1935	860	850	22	194	8,0	3,0	3,0	0,1	0,9
Печенга	637	330	330	11	11	5,5	2,7	2,7	0,1	0,1
Ура	110	77	—*	—	—	5,6–8,0	4,7	—	—	—
Кольский залив	5000	2500	—	—	—	—	—	—	—	—
северное колено	1023	279	—	—	—	2,1	0,6	1,7	1,5	2,0
среднее колено	2355	1506	—	—	—	3,6	4,8	3,6	0	1,7
южное колено	1483	700	—	—	—	3,3	2,6	1,4	4,1	0,6
Териберская	1750	786	785	13	166	8,0	3,0	3,0	0,1	0,9
Ярнышная	1020	340	40	320	320	7,3	2,4	1,1	2,4	1,2
Зеленецкая	870	500	260	2	450	7,1	3,6	1,1	2,5	5,0
Мертвецкая	840	230	—	—	610	—	5,9	—	—	15,6

Окончание табл. 1

Губа	Запасы, т					Биомасса, кг/м ²				
	всего	F.v.	F.d.	F.s.	A.n.	всего	F.v.	F.d.	F.s.	A.n.
Дворовая	150	59	6	84	—	—	3,9	0,4	5,6	—
Дроздовка	13260	720	—	—	—	—				
Ивановка	18120	8250	—	—	9870	—	11,7	—	—	14,0
Савиха	860	430	—	—	430	—	3,0	—	—	3,0
Красная	337	212	—	—	125	13,5	8,5	—	—	5,0
Безымянная	1057	566	125	—	484	—	14,5	3,2	—	12,5
Корабельная	248	142	52	54	—	—	6,3	2,3	2,4	—
Трящина	248	133	—	—	115	—	3,6	—	—	3,1
Долгая	490	210	210	—	—	7,0	3,0	3,0	—	—
всего	48232	16687								

*Прочерки в таблице обозначают невозможность дать корректное значение из-за недостаточного количества данных. Названия видов обозначены сокращенно.

Для сравнения с литературными данными необходимо сделать приближенную оценку запасов открытой части берега, но в настоящее время нет достаточного количества фактических данных по биомассе фукоидов и распределению их в конкретных условиях. Отсутствие как достоверных сведений, так и потребности рассчитывать непромысловые запасы послужили причиной отсутствия данного сравнения в нашей работе.

Сведений о фитоценозах баренцевоморского побережья архипелага Шпицберген крайне мало. В условиях круглогодичного ледового покрова и движения льдов макрофиты произрастают главным образом в сублиторали. Свободные ото льда берега по большей части лишены растительности, особенно на северо-востоке. Иногда в солонатоводных гляциальных лагунах на илисто-песчаном с валунами дне литорали формируются разреженные фитоценозы однолетних нитчатых водорослей, главным образом, *Pylaiella littoralis*, *Ulothrix* sp., *Chordaria* sp., *Navicula* sp., с биомассой несколько грамм на м², покрытие дна водорослями 1–10 %. Наибольшего развития, в виде разреженных фукусовых сообществ, литоральная растительность на Шпицбергене достигает только на ряде участков западного побережья (Гренландское море). На баренцевоморском берегу архипелага фукусы выявлены на южной оконечности Западного Шпицбергена (Соркаппленд), на некоторых мысах, локально, в промываемых скальных ваннах с биомассой около 0,7 кг/м.

Фитобентосные сообщества архипелага Новая Земля исследованы слабо, только на некоторых участках берега. Бухта Логинова расположена в юж-

ной части Новой Земли в районе пролива Карские Ворота. Берега высокие скалистые и обрывистые. Литораль узкая или отсутствует. Сложные гидрологические условия: преобладает поверхностное холодное течение Литке из Карского моря. Фукусы обитают в сублиторали, зарослей не образуют, растут небольшими группами между ламинариями на глубине от 1,5 до 9 метров. Чаще других встречается *Fucus serratus* или иногда *F. vesiculosus*. В водах северного острова встречается только *F. distichus*.

Литораль Тиманского берега водорослями бедна; характерный для Мурманского побережья литоральный пояс фукоидов здесь отсутствует. На мысах в нижней литорали пятнами можно встретить сильно разреженные заросли карликовых форм *Fucus vesiculosus*, иногда вместе с *F. distichus*. Прерывистый пояс фукусов представлен местами на глубине от 0 до 3–4 метров. Верхний ярус вместе с *F. vesiculosus* образуют *F. distichus*, *F. serratus*, *Ascophyllum nodosum*, водоросли представлены карликовыми формами и растениями обычных размеров. Проективное покрытие водорослями дна низкое – 10–15 %, редко до 50 %, тогда как биомасса достигает величины 2,5 кг/м². В Чёшской губе за поясом фукусов на глубине более 3–4 метров отмечается разреженный пояс красных водорослей, образуемый филлофорой *Phyllophora brodiaei* и *Ph. interrupta*.

В целом для Ненецкого баренцевоморского берега характерно слабое развитие литоральной и сублиторальной растительности в связи с преобладанием подвижных грунтов, длительным ледовым покровом и его разрушительным действием на прибрежные сообщества при таянии и образовании льда. Для этого района характерна слабая изрезанность берега, в результате прибрежные сообщества слабо защищены от прибоя. Фрагментарность поселений водорослей, в первую очередь, вызвана преобладанием тонких подвижных грунтов и отсутствием крупнообломочного материала. На распределение фитобентосных сообществ влияет и высокая мутность воды, что связано с преобладанием песчано-илистых грунтов. Из особенностей распределения отмечается отсутствие (или слабое развитие) литоральной растительности. Пояс фукоидов опускается в сублитораль на глубину от 0 до 3–4 м.

Вывод

В Баренцевом море фукоиды распространены вдоль берега от мыса Нордкапп до Мыса Святой нос, образуя соответствующие литоральные фитоценозы, а на остальной части морского побережья отмечены отдельные

участки с разреженными сообществами, причем в основном сублиторальные на востоке и литоральные на Шпицбергене. Промысловые запасы фукоидов сосредоточены на Мурманском побережье и составляют без учета п-ва Рыбачий и о. около 48 тыс. т, из них не менее 16 тыс. т приходится на *Fucus vesiculosus*.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания лаборатории альгологии ММБИ КНЦ РАН, и при поддержке федеральной целевой программы в рамках Гранта RFMEFI61616X0073 "Разработка и внедрение методов экологического мониторинга бухт и берегов Баренцева моря и Арктического региона, сценарного моделирования чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов и радиоактивных отходов, а также экспериментальных технологий защиты этих территорий от загрязнения в перигляционных условиях" (МЕМО-ПРО).

Благодарю Шошину Елену Васильевну за ценные советы и участие в работе.

Библиографический список

1. Блинова Е. И. Вертикальное распределение и количественный учет макрофитов Айновских островов (Баренцево море) / Распределение и состав промысловых водорослей Баренцева моря // Труды ММБИ. Вып. 8 (12). – М.-Л. : Наука, 1965. – С. 41–55.
2. Блинова Е. И. Распределение и запасы промысловых водорослей Мурманского побережья Баренцева моря : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М. : ИО АН СССР, 1965. – 27 с.
3. Блинова Е. И. Распределение, запасы и годовая продукция доминирующих видов водорослей литорали Мурманского побережья Баренцева моря // Растительные ресурсы. – 1969. – С. 163–173.
4. Виноградова К. Л. Запасы литоральных водорослей Мурманска // Труды ММБИ. – 1965. – Вып. 5 (9). – С. 37–40.
5. Воскобойников Г. М., Макаров М. В., Рыжик И. В., Малавенда С. В., Малавенда С. С., Метельский А. А. Современное состояние макрофитобентоса // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. – Москва, 2009. – С. 241–249.
6. Пельтихина Т. С. Ламинариевые водоросли Баренцева моря и их рациональное использование. – М. : Изд-во ПИНРО, 2005.

7. Пропп М. В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. – Л. : Наука, 1981. – 128 с.
8. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. Цыбань А. В. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 185 с.
9. Сорокин А. Л., Ванюхин Б. И., Пельтихина Т. С., Пестриков В. В. Рекомендации по рациональной эксплуатации промысловых водорослей Мурманска. – Мурманск, 1985. – 52 с.
10. Сорокин А. Л., Пельтихина Т. С., Несветов В. А., Ванюхин Б. И. Методические рекомендации по использованию промысловых водорослей прибрежной зоны Кольского полуострова : [препринт]. – Мурманск, 1986. – 48 с.
11. Шошина Е. В. Макрофитобентос / Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). – Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 2003. – 308 с.
12. Шошина Е. В. Фукусовые водоросли / Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 1998. – С. 174–186.

Динамика структуры поселений *Mytilus edulis* на литорали губы Чупа Белого моря

Малавенда С. С., Кравец П. П., Хачетурова К. С., Богданова В. А.
(г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: msergmstu@yandex.ru)

Аннотация. Проведено исследование динамики показателей обилия и возрастной структуры литоральных поселений *Mytilus edulis* L. в бухтах Круглая и Сельдяная в 2011, 2014 и 2017 годах. В ходе работы установлено, что наибольшие показатели обилия поселений мидий в бухте Круглой наблюдались в 2014 году. Максимальная биомасса и плотность в бухте Сельдяная отмечена в 2011 году, в 2014 и 2017 показатели стабильны. В бухте Сельдяная ядро поселений составляют особи возрастом от 2-х до 6-ти лет, что характерно для 3 типа цикличности. В бухте Круглой наблюдаются поселения с чередованием 1 и 2 типа аутоцикличности, преобладают моллюски от 2-х до 3-х лет.

Abstract. The dynamics of the abundance and age structure of *Mytilus edulis* L. littoral settlements in the Kruglaya and Seldyanaya bays in 2011, 2014 and 2017 have been studied.

The research found out that the greatest abundance of mussel settlements in the Kruglaya bay was observed in 2014. The maximum biomass and density in Seldyanaya Bay was noted in 2011, in 2014 and 2017 the indicators are stable. In the bay Seldyanaya core of the settlements are individuals aged from 2 to 6 years, which is typical for the 3 type of cyclicity. In the Kruglaya bay, there are settlements with alternations of type 1 and type 2 of autocyclicity, mollusks predominate from 2 to 3 years.

Ключевые слова: *Mytilus edulis*, поселения мидий, литораль, Белое море.

Key words: *Mytilus edulis*, mussel's settlements, intertidal zone, White Sea.

Введение

Mytilus edulis L. является самыми распространёнными животными прибрежья Баренцева и Белого морей. Мидия обладает высокой экологической пластичностью, по биомассе может составлять около 40 % от общей биомассы сообщества в сублиторали и от 60 до 90 % на литорали [1]. Быстрые темпы роста обеспечивают им высокий уровень годовой продукции, таким образом, мидии являются ценной кормовой базой для консументов второго порядка. Особенностью поселений мидий является их аутоцикличность – изменение размерно-возрастной структуры популяции во времени. В зависимости от географических условий, течений, состава грунта и т. д., эти типы чередуются в разном порядке и с разной скоростью [2].

Цель работы – сравнительный анализ показателей обилия и возрастной структуры литоральных поселений *Mytilus edulis* L. в бухтах Круглая и Сельдяная в 2011, 2014 и 2017 годах.

Материалы и методы

Работа выполнена на Беломорской биологической станции "Картеш" ЗИН РАН. Пробы отбирали на литорали в бухтах Круглая и Сельдяная губы Чупа Белого в летний период в 2011, 2014 и 2017 годах.

В исследуемых районах на литорали вдоль бухт закладывали по 3 пробных площадки – в куту, середине и в устье. С каждого горизонта литорали (верхнего, среднего, нижнего) отбирали по 3 пробы с использованием учетной рамки размером 10*10 см, которые затем подвергали камеральной обработке. Поверхность каждого моллюска очищали от обрастаний. Далее определяли вес целого моллюска с помощью весов (с точностью до 0,01 г), штангенциркулем измеряли длину, ширину и высоту. После этого моллюсков вскрывали, извлекали тело и обсушивали на фильтровальной бумаге, затем, при помощи весов, по-отдельности измерялся вес створок и тела мидий. Массу мантийной жидкости рассчитывали как разницу между массой целого моллюска и суммой масс тела и раковины.

Возраст мидий определяли путем подсчета колец зимней остановки роста на раковинах.

При описании структуры поселений мидий отобрано 162 пробы и исследовано 1681 моллюск.

Результаты и обсуждение

Данные о таких важных популяционных характеристиках, как плотность и биомасса моллюсков, являются информативными показателями при описании пространственного распределения исследуемых организмов. Проанализировав полученные значения, обнаружили, что в 2011 году для бухты Сельдяная характерны наибольшие показатели обилия в сравнении с остальными периодами исследования (рис. 1).

Крупные моллюски полностью используют возможности биотопа, препятствуя оседанию личинок, в таком поселении преобладают половозрелые возрастные группы. Смещение равновесия в сторону уменьшения пополнения популяции, сохраняющееся на протяжении нескольких лет, что, приводит к возникновению поселения третьего типа [2].

Биомасса моллюсков в бухте Круглая во все годы наблюдения была достаточно высока и колебалась в пределах от 2800 до 3700 г/м², а плотность

поселения резко снизилась в 2017 г. (до 420 экз/м²) (рис. 2), что объясняется острой топической внутривидовой конкуренции когда более крупные особи подавляют рост более мелких [3]. Эти данные подтверждают аутоцикличность перехода из 1 во 2 тип.

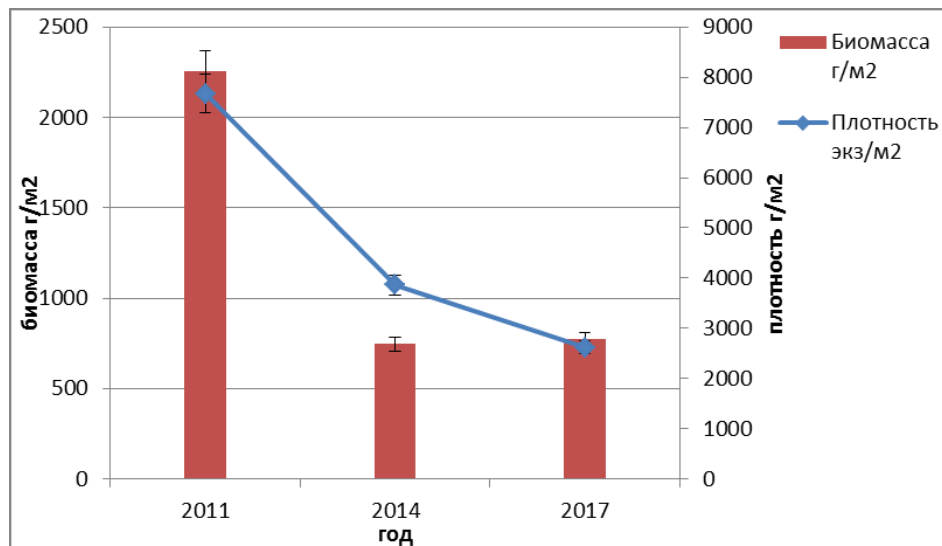


Рисунок 1 – Показатели обилия *Mytilus edulis* в бухте Сельдяная

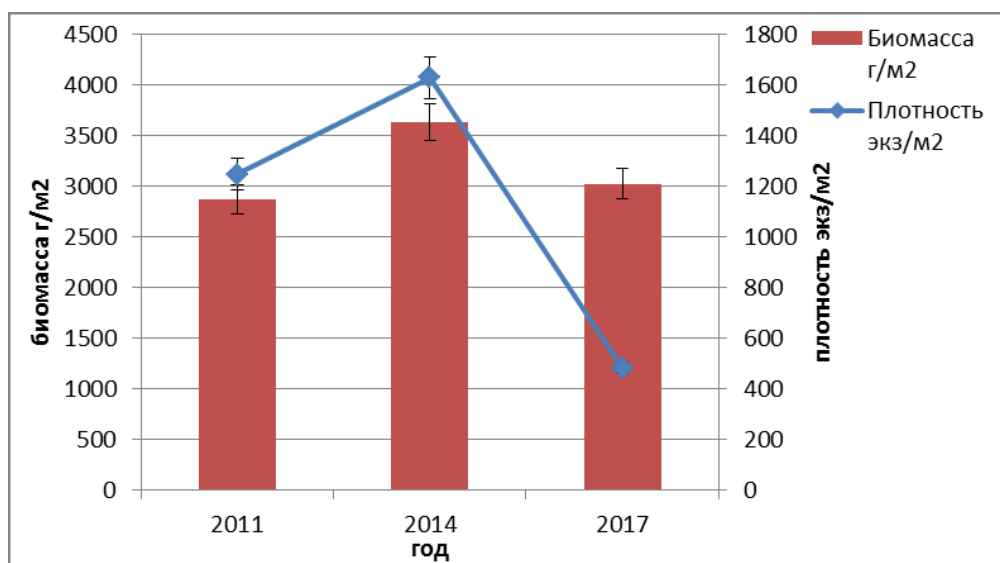


Рисунок 2 – Показатели обилия *Mytilus edulis* в бухте Круглая

В бухте Сельдяная за 2011–2017 года наблюдается аутоцикличность возрастных групп (рис. 3). Отсутствие однолетних моллюсков в 2011, 2017 году можно объяснить гибелью на ранних стадиях развития. Авторы работ по аутоцикличности мидиевых поселений [4; 2] считают, что причина отсутствия молоди в поселении взрослых особей кроется в том, что старые моллюски выделяют репелленты, отпугивающие личинок. В 2014 году наблюдается

появление вновь осевших моллюсков. Полученные данные подтверждают переход поселения в 3 тип.

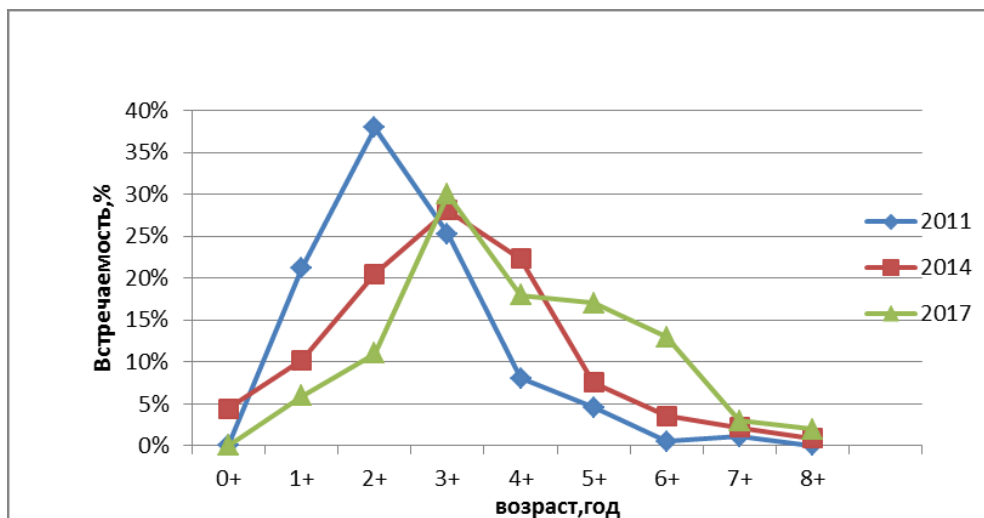


Рисунок 3 – Возрастная структура поселений *Mytilus edulis* в бухте Сельдяная

В бухте Круглая наблюдаются поселения с чередованием 1-2 типа цикличности (рис. 4).

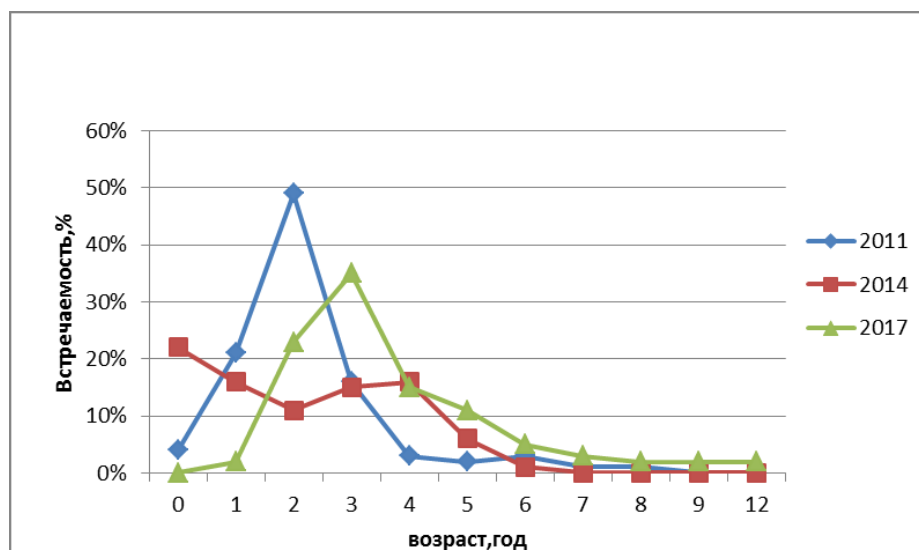


Рисунок 4 – Возрастная структура поселений *Mytilus edulis* в бухте Круглая

К этой группе относится большинство стабильных литоральных поселений на жестких грунтах. Продолжительность фаз цикла здесь зависит от темпа роста и элиминации моллюсков конкретной популяции.

Эти процессы связаны со значительными колебаниями численности: иногда молодь может быть уничтожена до 20 % и более в результате весеннего опреснения. Фазы "1" и "2", сменяя друг друга, длятся около 3–5 лет, необходимых для полного насыщения биотопа [2].

Заключение

Наибольшие показатели обилия поселений *Mytilus edulis* в бухте Круглой наблюдались в 2014 году. Максимальная биомасса и плотность в бухте Сельдяная отмечена в 2011 году, в 2014 и 2017 показатели стабильны. Поселения мидий различных участков литорали отличаются не только количеством возрастных классов, но их соотношением. В бухте Сельдяная ядро поселений составляют особи возрастом от 2-х до 6-ти лет, что характерно для 3 типа цикличности. В бухте Круглой наблюдаются поселения с чередованием 1 и 2 типа аутоцикличности, преобладают половозрелые моллюски (от 2-х до 3-х лет).

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с базовой частью государственного задания высшим учебным заведениям Минобрнауки России в части инициативных научных проектов по теме НИР №37.12707.2017/8.9.

Библиографический список

1. Наумов А. Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистических работ. – СПб., 2006. – 367 с.
2. Луканин В. В., Наумов А. Д., Федяков В. В. О характерных чертах мидиевых биоценозов Белого моря // Исследование мидии Белого моря. – Л. : Изд-во Зоол. Ин-та АН СССР, 1985. – С 59–69.
3. Frechette M., Aitken A. I., Page L. Interdependence of food and space limitation of a benthic suspension feeder: consequences for self-thinning relationships // Mar. Ecol. Progress Series. – 1992. – Vol. 83, N 1. – P. 55–62.
4. Звягинцев А. Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – 432 с.

Оценка качества эякулята производителей форели радужной *Parasalmo (=Oncorhynchus) mykiss* в условиях аквафермы

Матвеева М. В., Анохина В. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. Представлены результаты исследования жизнеспособности спермиев у производителей фермерской форели, выращенной на предприятии Мурманской области. Показано, что при садковом выращивании рыб в пресных водах производители продуцируют сперму хорошего качества.

Abstract. Results of a research of viability sperm at producers of the farmer trout which is grown up in at the enterprises of Murmansk region are presented. It is shown that at cage cultivation of fishes in fresh waters producers produce sperm of high quality.

Ключевые слова: форель, акваферма, спермограмма, pH спермы, агглютинация.

Key words: Trout-breeding, aquatherma, spermogramma, pH sperms, agglutination.

Введение

В середине 1970-х гг. в мировой аквакультуре наметилась тенденция расширения масштабов культивирования лососевых рыб и, в частности, радужной форели *Parasalmo (=Oncorhynchus) mykiss* (Walbaum, 1792). Возросший интерес к разведению этих рыб не случаен. Их выращивание экономически выгодно, так как мясо и икра относятся к деликатесной рыбной продукции. Цены на свежую и, особенно, на переработанную продукцию высоки, а спрос на рынке отличается стабильностью и устойчивостью. Мировое производство радужной форели в настоящее время находится на уровне 0,7 млн. т, что составляет порядка 22 % от общего объёма выращивания всех лососевых рыб [1].

Форелеводство в Российской Федерации является одной из ведущих форм аквакультуры в связи с рядом благоприятных предпосылок. На территории нашей страны устойчивый подземный сток колеблется в пределах 1,0 тыс. км³, причём в промышленности и сельском хозяйстве используется только 7 % общих запасов подземных вод [2].

Грамотное использование этих ресурсов может существенно увеличить производство радужной форели.

В форелеводстве можно использовать следующие типы хозяйств:

– холодноводные, снабжаемые водой из поверхностных вод с температурным режимом, имеющим выраженную суточную и сезонную динамику;

- холодноводные (ключевые и артезианские), температура воды в которых отличается относительным постоянством;
- тепловодные, использующие тёплые сбросные воды энергетических объектов;
- базирующиеся на использовании установок с замкнутым водоснабжением, работающих как в закрытых помещениях, так и на открытых площадках;
- марикультурные хозяйства, использующие акватории морей и океанов для садкового выращивания рыб.

Потребность в увеличении объёмов производства рыбы привела к интенсификации рыбоводства в целом, и форелеводства в частности. Выращивание при высоких плотностях посадки, изменение состава кормов за счёт замены белков животного происхождения на более дешёвые растительные и прочие факторы негативно отразились на качестве половых продуктов и получаемого из них посадочного материала.

Цель данной работы – оценить качество спермы производителей радужной форели, выращиваемых на акваферме "Найнас".

Задачи:

1. Изучить морфометрические характеристики самцов радужной форели.
2. Исследовать pH спермы, степень агглютинации спермиев.
3. Определить концентрацию и вид движения сперматозоидов в эякуляте.

Методы оценки качества спермы

Решающим показателем качества производителей форели служат результаты исследования спермы. Доброкачественная сперма содержит достаточное количество живых, устойчивых во внешней среде и способных принять участие в оплодотворении спермиев; она свободна от посторонних примесей (крови, гноя, микробов).

Сперму исследуют макроскопически и микроскопически [3].

Макроскопическое исследование не дает оснований для заключения о пригодности или непригодности спермы. Но результаты его служат предпосылкой для тщательного микроскопического исследования спермы, которое позволяет установить качество спермы, а также причины изменения ее внешнего вида.

Исследование спермы начинают с определения ее объема с помощью мерной пипетки, градуированного цилиндра или мензурки. Можно определять массу эякулята взвешиванием на лабораторных весах с погрешностью не более $\pm 0,08$ г.

Цвет, нормальной спермы белый или белый с желтым оттенком. Сероватый или голубоватый оттенок – признак олигоспермии (недостаточное число спермиев). Интенсивный желтый цвет обычно указывает на примесь мочи. Розоватый или красноватый – признак примеси крови, как следствие свежей травмы. Буро-красный указывает на глубокую травму половых путей давнего происхождения. Зеленоватый оттенок сперма приобретает от примеси гноя. Хлопья в сперме наблюдаются при воспалении пузырьковидных желез.

Запах нормальной спермы не имеет или обладает легким запахом. При хронических, гнойных процессах в придаточных половых железах сперма может иметь гнилостный запах.

Микроскопическое исследование спермы. При микроскопическом исследовании прежде всего определяют густоту и подвижность (активность) спермиев. По густоте спермы ориентировочно устанавливают насыщенность ее спермиями, относя к густой (Г), средней (С) или редкой (Р). Оценка Г ставится, если все поле зрения микроскопа заполнено спермиями и в пространстве между ними не укладывается длина одного спермия. Средней считают сперму, когда между спермиями хорошо выражены промежутки, равные приблизительно длине спермиев. В редкой сперме расстояние между спермиями превышает их длину.

Концентрацию спермиев (количество в 1 мл эякулята) наиболее точно определяют в счетной камере Горяева. Это один из основных показателей качества спермы, на который ориентируются при разбавлении эякулята.

Движение спермиев. Спермии обладают самостоятельной способностью к движению. Центр движения находится в шейке и теле, поэтому при отрыве головки тело спермия способно к движению, а головка остается неподвижной.

В сперме можно наблюдать три вида движения:

- прямолинейно-поступательное, когда спермии активно перемещаются по прямой, это физиологически нормальное движение;
- маневренное движение – вращаются вокруг своей головки или перемещаются по кругу, такая форма движения указывает на повреждение спермия, набухание головки, потерю ложечкообразной формы;
- колебательное движение – изгибается вправо-влево, не передвигаясь вперед.

Колебательные движения спермиев возникают вследствие замедления энергетических процессов, может наблюдаться в нормальной сперме после долгого ее хранения, при низкой температуре, кислой реакции среды. По-

догревание, подщелачивание спермы вызывает восстановление прямолинейного движения [4].

При просмотре нативных препаратов оценивают агглютинацию сперматозоидов – склеивание друг с другом в отдельные конгломераты, величина которых зависит от степени выраженности агглютинации. При слабой степени агглютинации (+) склеены только единичные сперматозоиды, при средней (2+) – склеены около половины сперматозоидов лишь головками, при сильной агглютинации (3+) около половины сперматозоидов склеены как головками, так и хвостами. Агглютинация, обозначенная (4+), – массовая; склеены почти все сперматозоиды. Агглютинация сперматозоидов может наблюдаться при воспалительных заболеваниях половой сферы, сопровождающихся изменениями pH накоплением молочной кислоты, при аутоиммунизации организма антигенами тестикулярного происхождения.

Таким образом, наличие агглютинации сперматозоидов и наличие повышенного количества местно качающихся сперматозоидов является признаком наличия антисперматозоидных антител в эякуляте.

Характеристика производителей форели радужной и их эякулята

Размерно-массовая характеристика самцов радужной форели генерации 2015 г. на момент отбора проб представлена в табл.1.

Таблица 1 – Биологическая характеристика производителей радужной форели генерации 2015 года (27.02.18). ООО "Найнас"

	L общ., см	Ls, см	L тела, см	P, кг
Ср. знач.	43,5	42,4	39,9	1,25
Max	49	48	45,5	1,85
Min	36	35	33	0,74
Сд.откл.	4,6	4,7	4,4	0,37

Производители радужной форели в возрасте 2,5 года имели среднюю длину 43,5 см при среднем весе 1,25 кг.

Качество спермы самцов с аквафермы "Найнас" оценивали по методике, изложенной выше. Результаты спермограммы представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели оценки качества эякулята

Проба, №	pH спермы	Степень агглютинации	Концентрация, млн. шт./1 мл	Тип движения	
				% движущихся	колебание
1	7	+	6,22	100	0
2	7	++	4,28	100	0
3	6,5	++	20,51	50	50

Окончание табл. 2

Проба, №	рН спермы	Степень агглютинации	Концентрация, млн. шт./1 мл	Тип движения	
				% движущихся	колебание
4	10	+	10,76	100	0
5	8	++	1,68	100	0
6	7	++++	4,35	100	0
7	7	+	7,28	100	0

Показатель рН спермы колеблется в интервале от 6,5 до 10. В ходе проверки на агглютинацию спермиев установлено, что из 7 самцов только у 1 наблюдалась агглютинация, обозначенная (4+), т.е. массовая. В этой пробе склеены почти все сперматозоиды. У 6 из 7 отобранных самцов преобладало прогрессивное поступательное движение спермиев со спиральным вращением вокруг своей оси. Такое движение характерно для нормальных здоровых сперматозоидов.

Заключение

Таким образом, основная масса самцов радужной форели на акваферме "Найнас" продуцирует качественную сперму, которая содержит достаточное количество живых, устойчивых во внешней среде и способных принять участие в оплодотворении спермиев.

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с базовой частью государственного задания высшим учебным заведениям Минобрнауки России в части инициативных научных проектов по теме НИР "Комплексная рыбоводно-биологическая оценка культивируемой форели в водоёмах Кольского полуострова". № 37.10193.2017/8.9.

Библиографический список

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. – Рим : ФАО, 2012 – 247 с.
2. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. – Рим : ФАО, 2014 – 253 с.
3. Титарев, Е. Ф. Типовая технология разведения и выращивания разных форм радужной форели / Е. Ф. Титарев, А. В. Линник, Л. С. Сергеева. – М. : ВНИИПРХ, 1991. – 86 с.
4. URL: <http://www.activestudy.info/stroenie-i-dvizhenie-spermiev>.

Опыт быстрого подращивания гонад морских ежей *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller, 1776) в условиях аквариального комплекса

Павлова Л. В. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. Приводятся результаты экспериментов по подращиванию гонад зеленого морского ежа в посленерестовом состоянии. Быстрое увеличение массы гонад получили при избыточном кормлении свежим мясом кальмара. За 60 дней масса гонад ежей увеличилась на 400–485 % против 160–230 % в природе. Прирост произошел за счет интенсивного роста популяции питательных фагоцитов, а не ускорения гаметогенеза.

Abstract. Results of experiments on growth of post-spawned gonads of a green sea urchin are given. The large gonadal production was observed when sea urchins are feeding by fresh squid. The mass of gonads has increased by 400–485% in the laboratory against 160–230% in the nature for 2 months. The gain has occurred due to intensive growth of population of nutritive phagocytes, but not acceleration of a gametogenesis.

Ключевые слова: зеленые морские ежи, *Strongylocentrotus droebachiensis*, гонады, рост.

Key words: green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, gonad; growth.

Промысловый вид зеленый морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* встречается в Северной Атлантике и Северной Пацифике преимущественно в прибрежной зоне, в бухтах и заливах. В Баренцевом море он распространен наиболее широко, преимущественно в южных и юго-западных его частях [1; 2]. Для человека *S. droebachiensis* представляет коммерческую ценность, прежде всего, из-за своих половых желез – гонад. Помимо собственно половых клеток (гамет) и их предшественников, гонады содержат соматические клетки – питательные фагоциты, накапливает питательные вещества и частично расходуя их в процессе гаметогенеза и для роста тела.

Разные виды морских ежей используются человеком по четырем основным направлениям – пищевому (как деликатес в кулинарии ряда стран), научно-прикладному (как модельный объект в биологии раннего развития, тест-объект и пр.), медицинскому (лечение биопрепаратами и профилактика биологически активными добавками из метаболитов морских ежей) и фармацевтическому (получение биологически активных веществ, биопрепаратов). Полезные свойства икры объясняются высоким содержанием биологически активных веществ, незаменимых аминокислот и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), жирорастворимых и водорастворимых витаминов, а также микроэлементов, которые представлены легко усвояемыми формами [3–5].

Ресурсы зеленого морского ежа в природе подорваны почти повсеместно из-за интенсивного промысла в 1990-е годы. До настоящего времени в прежних местах промысла они не восстановились [6]. Снижение запасов начало стимулировать разработку промышленных технологий культивирования ежей. В силу довольно высокой продолжительности жизни и достижения половой зрелости на 3–4 году жизни более продуктивным способом получения продукции в условиях Заполярья следует рассматривать дорацивание ежей в искусственных условиях. Многочисленные исследования, направленные на поиск стимулирующего влияния на рост гонад, свидетельствуют, что доступность корма и его избыточное количество – пожалуй, наиболее значимый фактор. На белковом корме гонады экспериментальных особей росли быстрее, чем на растительном [7–9]. Многие другие абиотические факторы (температура воды, продолжительность светового дня, содержание кислорода, биогенов) не столь важны для роста гонад. Цель данной работы – получить в короткие сроки крупные гонады зеленого морского ежа для последующей их технологической переработки. Проверялось предположение, что избыточное кормление ежей свежим животным кормом приведет к интенсивному росту популяции питательных фагоцитов, и соответственно, увеличению массы гонад.

Материалы и методы

Животные для экспериментальных исследований были собраны в конце апреля 2017 г. В это время большинство морских ежей находились в посленерестовом состоянии, поскольку массовый нерест у берегов Мурмана происходит в феврале–мае [10–12]. Ежи были собраны в среднем колене Кольского залива с глубины 8–12 м с помощью легководолазной техники.

В аквариальной собраных животных распределили на две контрольные (мелкие и крупные ежи) и две экспериментальные группы (мелкие и крупные ежи). Количество особей в опытных и контрольных группах было примерно равным (табл. 1). Эксперименты проводились в бассейнах объемом 600 л, включенные в общую систему установки замкнутого водоснабжения. Гидрохимический контроль морской воды проводился три раза в неделю.

Таблица 1 – Объем и характеристика материала. Указаны средние значения и стандартное отклонение (SD)

Группа	Контроль I			Контроль II			Опыт		
	n, экз.	d±SD, мм	m±SD, г	n, экз.	d±SD, мм	m±SD, г	n, экз.	d±SD, мм	m±SD, г
Мелкие ежи	16	49,1±2,7	43,5±10,0	22	49,8±3,8	47,8±9,5	15	49,2±3,8	48,1±9,6

Окончание табл. 1

Группа	Контроль I			Контроль II			Опыт		
	п, экз.	d±SD, мм	m±SD, г	п, экз.	d±SD, мм	m±SD, г	п, экз.	d±SD, мм	m±SD, г
Крупные ежи	17	65,5±5,7	71,0±35,2	20	65,0±6,1	100,8±27,4	18	61,1±4,2	86,1±19,1

Примечание: d – диаметр панциря, m – сырая масса тела, n – объем выборки

Перед началом экспериментов у каждого морского ежа из опытной и контрольной групп измеряли диаметр панциря и массу тела; у животных из контрольных групп рассчитывали гонадо-соматический индекс (ГСИ) как отношение массы гонад к массе морского ежа, выраженное в процентах. Во время вскрытия ежей всегда проводили микроскопическое исследование мазка гонад для оценки размеров ооцитов и стадии зрелости половых продуктов. До экспериментов ежей акклиматизировали в течение 10 дней. В это время они получали 2 раза в неделю корм – рыбу (путассу) или водоросли (ламинария, фукусы). Эксперимент был начат 6 мая 2017 г., его продолжительность составила 60 дней. Во время эксперимента в качестве основного корма использовалось сырое мясо кальмара. Калорийность этого вида корма – 3,9 кДж/г сырого веса. Мясо кальмара богато легкоусвояемым белком, витаминами, макро- и микроэлементами [13]. Раз в две недели вместо кальмара ежам давали водоросли (ламинарию или фукусы). За время эксперимента соотношение массы скормленных ежам кальмаров и водорослей составило 10:1. Корм всегда давался в избытке, каждую порцию взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г. Кормление и учет не съеденной пищи осуществлялся два раза в неделю. В конце эксперимента (5 июля 2017 г.) были отловлены ежи для новой контрольной группы. Животных из опытных и новой контрольной группы измерили и взвесили, вскрыли и определили массу гонад, рассчитали гонадо-соматический индекс.

Результаты и обсуждение

В период, охватывающий время акклиматизации морских ежей и собственно эксперимент по подрачиванию, температура морской воды в бассейнах с ежами варьировала от 8,2 до 12,3°C. Температура 10–12°C регистрировалась на протяжении почти двух месяцев. Такие показатели температуры ранее были рекомендованы норвежскими исследователями как обеспечивающие наилучший прирост массы гонад [14]. Степень насыщения морской воды кислородом изменялась от 73 до 83 %. Данный уровень содержания кислорода в бассейнах с морскими ежами несколько ниже, чем

наблюдается

в природе у мурманского побережья – 87–117 % [15; 16]. Однако факт 100-процентного выживания экспериментальных особей в течение более чем двух месяцев при таком уровне насыщения воды кислородом говорит о нормальной жизнедеятельности морских ежей в условиях аквариальной.

Морские ежи из первой контрольной группы на момент анализа находились в посленерестовой стадии. Величина ГСИ при этом значимо не различалась у мелких и крупных ежей, объем и масса гонад у всех особей были небольшими (табл. 2). В этот период наблюдалось незначительное содержание питательных фагоцитов в гонадах, а половые клетки находились в стадии начала роста. Для сравнения, величина ГСИ в посленерестовый период у зеленых морских ежей из других районов побережья Мурмана не превышала 4,6–6,4 % [17].

Таблица 2 – Морфометрические показатели исследуемых морских ежей

	группа	dcp±SD, мм	Mcp±SD, г	m _г ср±SD, г	ГСИСр±SD, %
К I	м	49,1±2,7	43,5±10,0	2,7±0,8	6,4±1,9
К I	к	65,5±5,7	71,0±35,2	5,2±2,5	7,9±2,1
О	м	49,2±3,8	48,1±9,6	13,1±3,2	27,1±3,0
О	к	61,1±4,2	86,1±19,1	21,0±5,1	24,5±4,0
К II	м	49,8±3,8	47,8±9,5	4,4±2,4	8,8±3,5
К II	к	65,0±6,1	100,8±27,4	11,9±5,4	11,8±4,7

Примечание: К I – контроль I, О – опыт, К II – контроль II, м – мелкие ежи, к – крупные ежи, dcp – средний диаметр панциря, Mcp – средняя масса тела, m_г ср – средняя масса гонад, ГСИСр – средний гонадо-соматический индекс, SD – стандартное отклонение.

У морских ежей из опытной группы, получавших в качестве корма мясо кальмара и раз в 2 недели – водоросли, через 60 дней после начала эксперимента объем гонад заметно увеличился (рис. 1), они начали заполнять почти всю полость целома.



Рисунок 1 – Различия в размерах гонад у опытных морских ежей (на фотографиях – слева) и ежей из контроля II (06.07.2017)

У мелких ежей масса гонад за 60 дней увеличилась почти в 5 раз, у крупных – в 4 раза. Значение ГСИ возросло в 4 раза у мелких особей, и в 3 раза – у крупных (рис. 2). За это время в природе у ежей масса гонад увеличилась всего в 1,6 раза у мелких особей, и в 2,3 раза – у крупных, а ГСИ – в 1,4-1,5 раз. По литературным данным, в природе за 120 дней масса икры морских ежей может увеличиться в 1,8 раза [17].

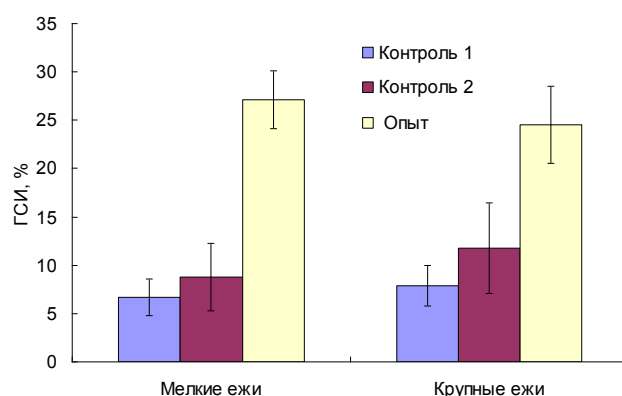


Рисунок 2 – Различия в значениях ГСИ у исследованных групп морских ежей оказано стандартное отклонение

У особей из опытной и второй контрольной групп гонады находились на одной и той же стадии развития – роста ооцитов и сперматоцитов. Различия в массе гонад у экспериментальной и второй контрольной групп (табл. 2) объяснялись степенью развития популяции питательных фагоцитов. Расчеты показывают, что для производства ежом 1 г гонад ему необходимо потребить от 1,8 до 2,7 г корма с процентным соотношением водорослей и животного корма (мясо моллюсков) 1:10.

Таким образом, за 60 дней масса гонад у мелких опытных ежей увеличилась на 485 %, у крупных – на 400 %. В природе за этот же промежуток времени она увеличилась на 163 % у мелких и на 230 % у крупных. Полученные темпы прироста гонад у зеленого морского ежа – самые высокие из приводимых в литературе. Ранее на рыбном корме удавалось получить приросты, равные 20–40 %, а при очень длительном кормлении – увеличение массы гонад в 1,5–2 раза [8]. При кормлении ламинарией за 120 дней добивались двукратного увеличения массы гонад [17]. Такую величину ГСИ опыта и контроля II, как получена в данном эксперименте, другие исследователи достигали на искусственных комбикормах за гораздо больший срок – более 200 дней эксперимента [7]. За меньший промежуток времени (3 месяца) на комбикормах добивались двукратного увеличения массы гонад [9].

Заключение

Наилучшие результаты по увеличению массы гонад за короткие сроки (2 месяца) достигаются при избыточном кормлении ежей достаточно калорийным (не менее 3,9 кДж/г сырого веса) по сравнению с растительным животным кормом – сырым мясом кальмара. Всего за 2 месяца ГСИ увеличивается в 3–4 раза по сравнению с исходными показателями, в то время как для достижения такого результата на других видах кормов требуется значительно больше времени. При избыточном питании морских ежей мясом кальмара в гонадах происходит быстрый рост питательных фагоцитов, при этом ускорения гаметогенеза не происходит.

Библиографический список

1. Анисимова Н. А. Распространение // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. – С. 412–421.
2. Бажин А. Г., Степанов В. Г. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. – 196 с.
3. Лебская Т. К., Двинин Ю. Ф., Константинова Л. Л. [и др.]. Химический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей. – Мурманск : ПИНРО, 1998. – 150 с.
4. Лебская Т. К., Шаповалова Л. А. Биохимические особенности баренцевоморского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* и аспекты его переработки. – Мурманск, 2008. – 146 с.
5. Крыжановский С. П. Биологически активные вещества морских ежей – основа для разработки лекарственных препаратов и фармацевтических субстанций // Бюллетень СО РАМН. – 2013. – Т. 33, № 2. – С. 39–48.
6. Andrew N. L., Agatsuma Y., Ballesteros E., Bazhin A. G., [et al.]. Status and management of world sea urchin fisheries // Oceanography and Marine Biology: an Annual Review. – 2002. – V. 40. – P. 343–425.
7. Walker C. W., Lesser M. P. Manipulation of food and photoperiod promotes out-of-season gametogenesis in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*: implications for aquaculture // Marine Biology. – 1998. – V. 132. – P. 663–676.
8. Журавлева Н. Г. Морской еж – перспективный объект марикультуры заполярья // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 60–62.

9. Мухина И. Н., Пестрикова Л. И. Исследования ПИНРО им. Н. М. Книповича в области кормопроизводства и культивирования перспективных объектов аквакультуры Заполярья // Вестник МГТУ. – 2012. – Т. 15, № 4. – С. 810–817.

10. Зензеров В. С., Джус В. Е. Размножение и искусственное воспроизводство морского ежа Баренцева моря : [препр.]. – Апатиты : КФ АН СССР, 1988. – 22 с.

11. Оганесян С. А. Динамика размножения морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* Баренцева моря в связи с условиями обитания // Современное состояние и перспективы исследований экосистем Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых : тез. докл. Междунар. конф. Мурманск, 1995. – С. 70–71.

12. Шацкий А. В. Морские ежи рода *Strongylocentrotus* мурманского побережья Баренцева моря: биология, распределение, перспективы промысла : автореф. ...канд. биол. наук (03.02.10). – Москва, 2012. – 23 с.

13. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / под ред. В. П. Быкова. – Москва : Изд-во ВНИРО, 1999. – 262 с.

14. Siikavuopio S. I. Green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*, Muller) in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth // A dissertation for the degree of Doctor Philosophiae (Dr.philos.) UNIVERSITY OF TROMSO. Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics, Department of Arctic and Marine Biology. 2009. – 56 p.

15. Дерюгин К. М. Фауна Кольского залива и условия ее существования. – Петроград : Типография Импер. Акад. Наук, 1915. – Сер. 8. Т. 34. – 819 с.

16. Березин О.Н. Гидролого-гидрохимический и ледовый режим. Гидрохимический режим // Кольский залив: Океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 1997. – С. 74–80.

17. Воробьева Н. К., Шацкий А. В. Морской еж – перспективный объект марикультуры у берегов Мурмана // Биологические ресурсы промысла у берегов Мурмана. – Мурманск : Изд. ПИНРО, 2013. – С. 69–80.

Пространственная структура и видовое разнообразие литоральных и сублиторальных сообществ макробентоса в прибрежных лагунных экосистемах (Кандалакшский залив, Белое море)

Столяров А. П. (*г. Москва ФГБОУ ВО "Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова", кафедра гидробиологии*)

Аннотация. Изучены видовой состав, разнообразие и структура литоральных и сублиторальных макробентосных сообществ в нескольких лагунных экосистемах Кандалакшского залива Белого моря. Всего в исследованных экосистемах был встречен 51 вид зообентосных животных и 11 видов морских трав и водорослей. Выявлены различия в видовом составе и структуре литоральных и сублиторальных сообществ. В сублиторали формируются более разнообразные полимиксные сообщества макробентоса, различающиеся структурой в зависимости от специфических абиотических условий (степень открытости с внешней акваторией, особенности гидрологического и солевого режимов, характера грунта и др.) в каждой лагунной экосистеме. Литоральные виды имели большее сходство в своем распределении, чем сублиторальные, и характеризовались меньшей специфичностью и большей эврибионтностью, что связано в основном с неблагоприятными условиями жизни на литорали и развитием там немногих характерных видов.

Abstract. It was studied the species composition, structure and diversity of littoral and sublittoral communities of the macrobenthos in several lagoon ecosystems (Kandalaksha Bay, White sea). In the investigated ecosystems was discovered 51 species of benthic invertebrates and 11 species of sea grasses and algae. It is revealed the differences in the species composition and structure of littoral and sublittoral communities. In sublittoral are formed polymix diverse communities of macrobenthos, which differ in structure depending on the specific abiotic conditions (degree of openness with the outside water area, the features of the hydrological and salinity regimes, character of sediments, etc.) in each lagoon ecosystem. Littoral species were more similar in their distribution than sublittoral ones, and were characterized by less specificity and more eurybionticity, which is mainly due to unfavorable living conditions on the littoral and development there few characteristic species.

Ключевые слова: лагунные экосистемы, литоральный и сублиторальный макробентос, видовое разнообразие, структура.

Key words: lagoone ecosystems, littoral and sublittoral macrobenthos, species diversity, the structure.

Прибрежные лагуны представляют собой неглубокие прибрежные водоемы, отделенные от моря барьером (порогами, наносными косами, баром) и соединенные с ним (постоянно или временно) одним или несколькими узкими проливами [3; 13]. Прибрежные лагуны, как и эстуарии, часто относят к физически контролируемым системам, различающиеся гидрологическим

режимом, условиями рельефообразования и осадконакопления, характером грунта, соленостью, pH и Eh среды, а также развитием своеобразных сообществ живых организмов [1–11; 14].

Макробентос является одним из важнейших компонентов биоразнообразия и продуктивности лагунных экосистем, поэтому его изучение является актуальным и важным с точки зрения биомониторинга и понимания общих процессов формирования и деградации этих уникальных объектов.

Исследование макробентоса (литорального и сублиторального) в прибрежных экосистемах лагунного типа проводили летом 2013–2016 гг. в Кандалакшском заливе Белого моря в кутовой области губы Кислой и в лагунной экосистеме губы Ермолинской. В Ермолинской губе пробы отбирались с 20 литоральных и 9 сублиторальных станций, в лагуне, расположенной в самом куту Кислой губы возле Ершовского озера, – с 18 и 7, а в небольшой лагуне на выходе из кутовой области за верхними порогами – с 18 и 8, соответственно. Пробы брались последовательно от кутовых участков исследуемых водоемов в сторону мористых районов, включая верхнюю, среднюю, нижнюю литораль и сублитораль.

Был проведен статистический анализ данных с помощью пакетов прикладных программ PAST ver. 2.17c [12] и SYSTAT 13.1 (Systat Software, Inc., 2009).

Сублитораль всех лагун была представлена в основном илами или песчанистыми илами. Наиболее заиленными были осадки Ермолинской губы чаще со значительным содержанием детрита (много полуразложившихся морских трав и водорослей – zostера и фукусы) и запахом сероводорода. Осадки кутовой области Кислой губы (две лагуны) были менее заиленными и представлены в основном песчанистыми илами. Приливно-отливная полоса этих водоемов также несколько различалась – в Ермолинской губе она была самой пологой, широкой и представлена в основном илами с высоким содержанием алевропелитовой фракции грунта, в лагуне рядом с Ершовским озером – была не такой широкой с превалированием песчанисто-илистых и илисто-песчанистых осадков, а в лагуне на выходе из кутовой области – была уже предыдущих и характеризовалась в основном мелкозернистыми илистыми песками. Соленость придонной воды во всех лагунах в период взятия проб (июль – сентябрь) была высокой (22–25 ‰), за исключением района кутовой лагуны, примыкающей к Ершовскому озеру, где она снижалась до 15 ‰.

Всего в исследованных экосистемах был встречен 51 вид зообентосных животных и 11 видов морских трав и водорослей. Наибольшего разнообразия достигали полихеты (17 видов), моллюски (10 видов брюхоногих и 5 видов двустворчатых) и ракообразные (6 видов), меньше было встречено иглокожих (1 вид) и асцидий (1 вид). Значительную роль в сообществе макрозообентоса играли солоноватоводные олигохеты (2 вида) и насекомые (4 вида), что свидетельствует о менее морском характере фаун этих водоемов.

В сублиторали наибольшим разнообразием, общей плотностью и биомассой видовых популяций характеризуется лагуна, расположенная на выходе из кутовой области Кислой губы, а наименьшим – лагуна, расположенная в самом куту губы Кислой, промежуточное положение занимала лагуна Ермолинской губы. В литоральной зоне общие показатели структуры сообщества макробентоса (общая плотность, биомасса и в меньшей степени видовое разнообразие) в отличие от сублиторали увеличивались от менее зарегулированных и открытых экосистем (лагуна, расположенная на выходе из кутовой области Кислой губы) к более зарегулированным и закрытым системам (лагуна кута губы Кислой и особенно лагуна Ермолинской губы).

При анализе дендрограмм сходства макробентосных литоральных и сублиторальных сообществ (на основе средних показателей плотности или биомасс популяций или по качественному составу) исследованных лагун выявилось высокое сходство литоральных сообществ макробентоса всех лагун, а также сублиторальных сообществ лагуны кута губы Кислой и лагуны, расположенной на выходе из кута при низком сходстве этих сообществ (литоральных и сублиторальных) между собой. Сублиторальное сообщество Ермолинской губы, в значительной степени представленное литоральными видами (моллюсками *Macoma balthica*, *Hydrobia ulvae*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis*, полихетами *Arenicola marina*, олигохетами *Tubificoides benedeni*), было более сходным с литоральными сообществами исследованных лагун. Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о различиях в структуре литоральных и сублиторальных сообществ макробентоса, а также об отличиях видового состава и структуры сообществ лагунных экосистем с различным водообменом с внешней акваторией. При этом различия макробентоса между лагунами гораздо сильнее выражены в сублиторали, чем в приливно-отливных местообитаниях.

Проведенный аналогичный кластерный анализ по видам (на основе плотности популяций) позволил выделить 6 групп видов, различающихся своим распространением. Первый, пятый и шестой комплексы видов преимуще-

ственное развитие получали в основном в сублиторали (первый – в лагунной экосистеме Ермолинской губы, второй – в лагуне на выходе из кутового района губы Кислой, третий – в лагуне самого кута губы Кислой), а второй, третий и четвертый комплексы предпочитали главным образом литоральные местообитания (второй встречался в основном в лагуне самого кута губы Кислой, третий в лагунной экосистеме Ермолинской губы, а четвертый – в лагуне на выходе из кутового района губы Кислой). Литоральные сообщества разных лагун имели большее сходство видовой структуры по сравнению с сублиторальными – особенно сходны литоральные сообщества заиленных приливо-отливных местообитаний Ермолинской губы и лагуны кута губы Кислой, расположенной рядом с Ершовским озером. Следует отметить, что среди сублиторальных сообществ, которые характеризовались, в целом, меньшим сходством видовой структуры по сравнению с литоральными, наиболее сходными были видовые комплексы лагун кутового района губы Кислой – возле Ершовского озера и на выходе из кута. Соответственно, в сублиторали мы наблюдаем постепенное уменьшение морских менее эвригалинных видов, встреченных на выходе из кутовой области губы Кислой (полихет *Sabellides octocirrata*, *Pholoe minuta*, *Phyllodoce citrine*, морских звезд *Asterias rubens*, асцидий *Molgula giffithsii*), и их замену на более эвригалинные

и эвритопные виды, доминирующие в Ермолинской губе (моллюсков *Hydrobia ulvae*, *Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis*, полихет *Arenicola marina*, олигохет *Tubificoides benedeni*, *Paranais litoralis*). В приливо-отливных местообитаниях в более открытых и соответственно морских экосистемах (лагуна Кислой губы, расположенная на выходе из кутовой области) наблюдалось заселение вышележащих горизонтов литорали морскими менее эвригалинными видами, и, наоборот, в менее морских и более отгороженных от моря лагунах заселение нижележащих горизонтов литорали и сублиторали более эвритопными и солоноватоводными видами макробентоса (лагуна, расположенная в самом куту губы Кислой рядом с Ершовским озером и особенно лагуна Ермолинской губы).

Заключение

Проведенное нами исследование выявило различия в видовом составе и структуре литоральных и сублиторальных сообществ, что связано в основном с неблагоприятными условиями жизни на литорали (периодическое осушение, распреснение, приливо-отливное волнение и т. д.) и развитием там немногих характерных эвритопных видов. В сублиторали формируются

более разнообразные полимиксные сообщества макробентоса, различающиеся структурой в зависимости от специфических абиотических условий (степень открытости с внешней акваторией, особенности гидрологического и солевого режимов водоема, характер грунта и др.) в каждой лагунной экосистеме. Надо отметить, что литоральные виды имели большее сходство в распределении по биотопам различных лагун, чем сублиторальные, которые характеризовались большей специфичностью и меньшей эвритопностью. В сублиторали наибольшим разнообразием, общей плотностью и биомассой видовых популяций характеризуется лагуна, расположенная на выходе из кутовой области Кислой губы, а наименьшим – лагуна, расположенная в самом куту губы Кислой, примыкающая к Ершовскому озеру, промежуточное положение занимала лагуна Ермолинской губы. В литоральной зоне общие показатели структуры сообщества макробентоса (общая плотность, биомасса и в меньшей степени видовое разнообразие) в отличие от сублиторальных местообитаний увеличивались от менее зарегулированных и открытых систем (лагуна, расположенная на выходе из кутовой области Кислой губы) к более зарегулированным и закрытым экосистемам (лагуна кута губы Кислой возле Ершовского озера и особенно лагуна Ермолинской губы).

В приливно-отливной полосе в более открытых и, соответственно, морских системах наблюдалось заселение вышележащих горизонтов литорали морскими менее эвригалинными видами, а в более закрытых, опресненных и заиленных экосистемах, наоборот, происходило заселение нижележащих горизонтов литорали и сублиторали более эвритопными и солоноватоводными видами макробентоса. Таким образом, наши исследования свидетельствуют,

с одной стороны, о специфических абиотических условиях в каждой экосистеме с характерными для них видовыми комплексами живых организмов, а с другой – подтверждают близость видового состава лагун, имеющих сходную геоморфологию и водообмен с морскими водами. Проведенный анализ показал, что такие экосистемы имеют тенденцию к формированию сообществ с нарушенной структурой и расположены в районах пониженной гидродинамики, повышенного осадконакопления и значительного влияния углеродной нагрузки и солености.

Библиографический список

1. Бурковский И. В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М. : Тов-во науч. изданий КМК, 2006. – 285 с.
2. Комплексные исследования Бабьего моря, полуизолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота – изменения на фоне трансгрессии берегов (Труды Беломорской биостанции МГУ. Т. 12.) / под общ. ред. В. О. Мокиевского, А. И. Исаченко, П. Ю. Дгебуадзе, А. Б. Цетлина. – М. : Т-во научных изданий КМК, 2016. – 243 с.
3. Лабай В. С., Атаманова И. А., Заварзин Д. С., Мотылькова И. В., Мухаметова О. Н., Никитин В. Д. Естественная история Сахалина и Курильских островов. Водоемы острова Сахалин: от лагун к озерам / Южно-Сахалинск: Государственное бюджетное учреждение культуры "Сахалинский областной краеведческий музей", 2014. – 208 с.
4. Сафьянов Г. А. Эстуарии. – М. : Изд. Мысль, 1987. – 190 с.
5. Столяров А. П. Структурно-функциональная организация эстуарных экосистем Белого моря: прототипическая модель // Успехи современной биологии. – 2012. – Т. 132, № 4. – С. 354–369.
6. Столяров А. П. Особенности структурной организации сообщества макробентоса в эстуарных экосистемах (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи современной биологии. – 2013. – Т. 133, № 2. – С. 191–208.
7. Столяров А. П. Эстуарные экосистемы Белого моря. – Владимир : Изд-во Калейдоскоп, 2017. – 360 с.
8. Столяров А. П. Особенности структуры и тенденции изменений сообщества макробентоса лагунной экосистемы Ермолинской губы (Кандалакшский залив, Белое море) // Зоологический журнал. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 383–399.
9. Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов. – Л. : Наука, 1974. – 236 с.
10. Хлебович В. В. Экология особи (очерки фенотипических адаптаций животных). – Санкт-Петербург : ЗИН РАН, 2012. – 143 с.
11. De Wit, R. Biodiversity of Coastal Lagoon Ecosystems and Their Vulnerability to Global Change. In Ecosystems Biodiversity. Grillo O., Venore G. (Ed.). 2011. In Tech. Janeza, Croatia. Chapter 2. – P. 29–40.
12. Hammer, Ø., Harper, D. A. T., and P. D. Ryan. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Paleontologia Electronica. – 2001. – V.4 (1). – 9pp.

13. Kjerfve, B. Coastal Lagoons. Chapter 1. In Coastal lagoon processes / Kjerfve B. (ed.). Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, 1994. – P. 1–8.

14. Montagna P. A., Palmer T. A., Pollack J. B. Hydrological Changes and Estuarine Dynamics // Springer Briefs in Environmental Science. – 2013. – V. 8. – 94 p.

Культивирование промысловых водорослей в условиях северных морей

Шошина Е. В.¹, Капков В. И.² (¹г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии; ²г. Москва, ФГБОУ ВО "Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова", кафедра гидробиологии)

Аннотация. Анализируется собственный опыт исследования и культивирования морских водорослей, а также опыт других специалистов. В работе излагаются рекомендации по культивированию макроводорослей в условиях Баренцева и Белого морей.

Abstract. The authors analyze their own experience of research and cultivation of algae, as well as the experience of other specialists. The work outlines recommendations for the cultivation of seaweeds in conditions of the Barents and White Seas.

Ключевые слова: выращивание, красные и бурые водоросли, Баренцево и Белое моря.
Key words: cultivation, red and brown seaweeds, Barents and White Seas.

Несмотря на многие преимущества культивирования перед сбором водорослей из естественных зарослей, выращивание морских макроводорослей остается мало освоенным в нашей стране. Сдерживающими факторами развития аквакультуры в нашей стране, кроме культурных традиций, является недостаточное участие в исследовании выращивания водорослей научных организаций, интересы которых сосредоточены на разведении рыб и беспозвоночных, а также недостаточное внимание к подготовке специалистов по данному направлению. Цель данной работы – привлечь внимание к возможности выращивания макроводорослей в условиях Баренцева и Белого морей.

На основании собственных исследований биологии и экологии морских водорослей а также результатов других специалистов в этой области излагаются рекомендации по культивированию промысловых макроводорослей в условиях Белого и Баренцева морей [1–4 и др.].

Мировое производство аквакультуры в настоящее время сопоставимо, а в ряде случаев превосходит добычу водных биоресурсов из естественных источников. Доля производства культивируемых водорослей составляет более 25 % от общего количества объема аквакультуры; морские водоросли составляют основную часть производства культивируемых водных растений. В нашей стране доля культивируемых водорослей по сравнению с их добычей из природных сообществ остается, к сожалению, небольшой.

Объём культивируемых макроводорослей за 30 лет увеличился с 3,8 млн т в 1990 году до 19,0 млн т в 2010 году и существенно превысил их сбор

в природной среде. В 2012 году урожай культивируемых водорослей составил 23,8 млн. т сырой массы, при вылове 1,1 млн. т водорослей. В 2012 году ведущее место в культивировании заняли красные водоросли, потеснив ламинариевые водоросли. Из 20–25 культивируемых морских водорослей только 4 вида выращиваются в значительных масштабах, два – представители красных водорослей (*Eucheuma*, *Porphyra*), два других – бурые (*Laminaria* и *Undaria*). Из красных водорослей больше всего выращивают эucheуму (*Eucheuma*) (8,3 млн. т) преимущественно в тропических и субтропических морях с целью получения каррагинана для пищевой промышленности. В значительных количествах выращивают также виды грацилярии (*Gracilaria*) (2,8 млн. т) и порфиры (*Porphyra*) (1,8 млн. т). Из бурых водорослей в основном культивируются ламинария японская (*Laminaria japonica*) (5,7 млн. т), ундария (*Undaria pinnatifida*) (2,1 млн. т), а также в небольшом количестве саргассум (*Sargassum*) [5]. Бурые водоросли используются главным образом для получения альгинатов, которые идут на производство пищевых продуктов.

В России освоено опытно-промышленное культивирование ламинариевых водорослей: ламинарии японской (*Laminaria japonica*) на Японском море и ламинарии сахаристой (*Laminaria saccharina*) на Белом и Баренцевом морях в двухгодичном цикле на веревочных субстратах на морских установках. На Дальнем Востоке промышленные плантации ламинарии японской занимают значительные площади в настоящее время.

На Баренцевом море первая опытно-промышленная ламинариевая плантация была создана в 1983 году в губе Дальнезеленецкой на базе ММБИ КНЦ РАН. В это же время на Белом море промышленная плантация ламинарии была заложена Архангельским водорослевым комбинатом у Соловецких островов. Результаты опытно-промышленного культивирования признаны положительными: ламинариевые хозяйства могут быть рентабельными в северных морях [6]. Для Мурманского побережья разработана технология использования плантации фукусовых водорослей для очистки морских акваторий, в частности Кольского залива, от нефтяной пленки [7].

Основными веществами, извлекаемыми из красных водорослей, являются желирующие вещества: агар и каррагинаны. Ресурсы водорослей-агарофитов ограничены во всех морях, поскольку они не образуют плотных зарослей, как ламинариевые, и большинство из них обладает медленным темпом роста. Агар получают из ряда видов красных водорослей, в том числе

из *Ahnfeltia*. Добыча анфельции ведется на Белом море, где имеются промысловые заросли. Для получения каррагинанов из северо-атлантических видов красных водорослей используются виды родов *Chondrus*, *Mastocarpus*, *Furcellaria*, *Phyllophora*. В нашей стране красные водоросли в промышленных масштабах не культивируют. Вместе с тем, спрос на их фикоколлоиды достаточно высок. Поэтому комплексное и рациональное использование природных ресурсов – настоятельно выдвигают задачу развития культивирования красных водорослей. Наиболее перспективными для этого считаются виды рода *Gracilaria*, которые являются теплолюбивыми и произрастают в Черном и Японском морях.

В Баренцевом и Белом морях обитает целый ряд видов красных водорослей, содержащих фикоколлоиды. Среди северо-атлантических видов более перспективным для культивирования на Севере в искусственных системах, на наш взгляд, является *Chondrus crispus*. Среди красных водорослей, обитающих в северных морях, к потенциально перспективным видам для сбора в небольших количествах из природных зарослей и выращивания в природных условиях можно отнести *Palmaria palmata*, виды *Porphyra*, а также *Phycodrys rubens*, *Odonthalia dentata*. При добыче ламинарии эти красные водоросли составляют определенный "прилов" и могут быть использованы как дополнительное сырье. Они хорошо развиваются на плантациях ламинарии, поэтому могут быть составной частью поликультурных плантаций водорослей [8].

В северных морях России из бурых водорослей ведется добыча из естественных зарослей фукусовых и ламинариевых на Белом море; в небольших количествах их добывают на Мурманском побережье Баренцева моря. В основном они используются для извлечения альгинатов, меньше – фукоидана. Ламинариевые водоросли культивируют во многих приморских странах. Основной способ выращивания ламинарии – подвесная культура, начинаемая со спор, на морских установках, в двухгодичном цикле [9].

Цикл выращивания ламинарии сахаристой в природных условиях можно сократить до одного года, путем выращивания ранних стадий ламинарии в лабораторных условиях: осенью-зимой – получение проростков спорофитов в лаборатории, весной-осенью выращивание проростков на морской плантации. В лабораторных условиях культуру гаметофитов ламинарии получают от зооспор, полученных при стимулировании выхода зооспор из спороносной ламинарии, собранной в природе. Собрать спороносную ламинарию

всегда непросто. Существует и другой способ начала культуры ламинарии – из фрагментов гаметофитов. Проростки спорофитов можно получить, смешав культуру женских и мужских гаметофитов. При этом вегетативную культуру отдельно мужских гаметофитов и женских гаметофитов содержат в лаборатории (в условиях холодильного шкафа) при красном свете весьма длительное время.

В условиях Белого и Баренцева морей объектом культивирования может быть и *Chorda filum*. Как все ламинариевые хорда содержит альгинат, все микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности организмов, а также является уникальным энтеросорбентом, эта водоросль может стать сырьем для более широкого ассортимента пищевых продуктов. Вид однолетний, быстро растущий, поэтому можно создавать сезонную плантацию весной-летом. При создании плантации хорды можно использовать разработанную для северного региона биотехнологию выращивания ламинарии, но начинать не от спор, а от вегетативных фрагментов гаметофитов, полученных из лабораторной культуры. Культуру гаметофитов ламинариевых можно содержать в лаборатории при красном свете и получать посевной вегетативный материал в любое время года, вне сроков естественного спороношения.

Среди зеленых водорослей практический интерес имеют пресноводные одноклеточные водоросли (хламидомонада, хлорелла), которые нетребовательны к условиям среды и хорошо растут в культуре (фотореакторах). Они широко используются в качестве объектов биологических исследований. Имеют практическое применение в качестве живых кормов для беспозвоночных, которыми питается молодь рыбы, биодобавок для животных и человека. Зеленые водоросли рекомендуют к использованию при очистке сточных вод. Из морских видов, произрастающих и на Севере, культивируют монострому (*Monostroma*), ульву (*Ulva*), энтероморфу (*Enteromorpha*), кладофору (*Cladophora*). Для культивирования пластинчатых и нитчатых водорослей используются сети, которые устанавливают в литоральной зоне эстуариев, выращивают самостоятельно или совместно с *Porphyra*.

Биотехнологические схемы выращивания водорослей, условия их содержания, конструкции плантаций (культиваторов) зависят от цели культивирования. Выращивание морских водорослей может быть направлено: для использования в сыром виде (в пищу, например, салат из ламинарии или высушенные пластинки порфиры); на получение товарной массы для извлечения полисахаридов или при комплексной переработке – на извле-

чение разнообразных биологических активных веществ; как естественные биофильтры для улучшения качества воды в аквахозяйствах при выращивании беспозвоночных и рыбы, а также в зонах рекреаций на прибрежных морских акваториях. Могут быть и другие цели культивирования, например, с целью получения биогаза – метана.

Получение биомассы и очистка воды – две главные задачи, которые можно решать одновременно в условиях крупномасштабной аквакультуры водорослей [10]. Крупномасштабное культивирование возможно в естественных водоемах, в этом случае следует опираться на природные факторы, определяющие биологическую продуктивность водоема и выращиваемого объекта. Для извлечения ценных биологически активных веществ водоросли можно выращивать в культиваторах с определенными условиями среды той или иной конструкции, однако такое производство является дорогостоящим и масштабы его небольшие.

Существуют разные способы культивирования морских макроводорослей. Водоросли выращивают на естественном твердом субстрате или на сооруженных искусственных рифах, а также в толще воды на веревочном субстрате или на сетях. Для выращивания водорослей используют специальные бассейны или культиваторы с заданными контролируемыми условиями среды. Широкое распространение получило выращивание макроводорослей в толще воды на стационарных установках. Биотехнология при таком способе выращивания зависит от биоэкологических особенностей объекта, от климатических условий района, конструкции плантации, физических условий водоема и т. д.

Высокоразвитые в области марикультуры страны основное усилие направляют на производство гетеротрофных организмов (рыбы, моллюски, ракообразные), в то время как разведению водорослей уделяется существенно меньше внимания. Такой дисбаланс, на наш взгляд, стратегически не оправдан. Водоросли как первичные продуценты являются начальным трофическим звеном для гетеротрофных организмов и при рационально организованной поликультуре можно уменьшить потребность в дорогостоящих кормах, без которых в настоящее время не обходится ни одно хозяйство по выращиванию рыб и ракообразных. Кроме того, поселения водорослей может служить естественным биофильтром, извлекая излишки биогенов из культуральной среды, тем самым улучшая качество воды, в которой идет выращивание организмов.

Экологическая обстановка при существующем антропогенном прессе на прибрежные экосистемы, где произрастают промысловые водоросли, в обозримом будущем вряд ли будет улучшаться. Для сохранения устойчивой добычи морских водорослей необходимо осуществлять эффективный мониторинг состояния биоресурсов, исследовать влияние аквакультуры на среду обитания естественных популяций в прибрежной зоне моря. В этой связи требуется разработка и использование новых технологий культивирования с контролируемым выращиванием водорослей для получения максимальной биомассы с определенными биохимическими характеристиками и товарным качеством. Для этого необходимо знать не только биологию культивируемых видов, включая продуктивность, циклы развития и биохимический состав, но и разработать технологический цикл культивирования конкретной водоросли, а также предложить технологию глубокой переработки сырья.

Библиографический список

1. Блинова Е. И. Водоросли–макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). – М. : Изд-во ВНИРО, 2007. – 114 с.
2. Пронина О. А. Марикультура водорослей в Белом море: некоторые результаты изучения и перспективы развития // Рыбное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 42–44.
3. Халаман В. В., Сухотин А. А. Марикультура // Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. – Исследования фауны морей. – 2012. – № 69(77) – С. 294–319.
4. Шошина Е. В., Капков В. И. Аквакультура водорослей. Лабораторный практикум. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – 103 с.
5. FAO. 2015. Yearbook of fishery statistics, 2015. – Rome, 2015. – 250 p.
6. Макаров В. Н. Современное состояние марикультуры водорослей // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. – С. 295–299.
7. Воскобойников Г. М., Макаров М. В., Рыжик И. В. Теоретические основы и перспективы использования плантации-биофильтра для очистки морской акватории от нефтяного загрязнения // Комплексные исследования больших морских экосистем России. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2011. – С. 202–234.

8. Шошина Е. В. Красные водоросли // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. – С. 187–212.

9. Блинова Е. И., Макаров В. Н. Инструкция по биотехнике культивирования ламинарии сахаристой в двухгодичном цикле в Баренцевом море // М. : Изд-во ВНИРО, 1987. – 34 с.

10. Силкин В. А., Хайлов К. М. Биоэкологические механизмы управления в аквакультуре. – Л. : Наука, Ленинградское отделение, 1988. – 230 с.

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
МИКРОБИОЛОГИИ, БИОХИМИИ
И БИОМЕДИЦИНЫ**

Сравнительный анализ динамики функциональных групп водных бактериоценозов разнотипных водоемов Кольского полуострова

Алексеевская Е. А., Богданова О. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В работе рассмотрены особенности пространственно-временной изменчивости микробной составляющей водных экосистем пресноводных, эстуарных и морских водоемов. Сравнение проводилось по показателям общей численности микроорганизмов, также определялось соотношение морфологических и физиологических групп бактерий. Анализ полученных данных дает представление об особенностях функционирования бактериоценозов в связи с различием в условиях обитания. Выявлены различия в функционировании микробиоценозов водоемов различных типов и взаимосвязь с абиогенными (соленость, речной сток, температура) и биогенными (трофность среды) факторами.

Abstract. This material represents the peculiarities of the spatiotemporal variability of the microbial component in aquatic ecosystems of freshwater, estuarine and marine water bodies. The comparison was made according to total number of microorganisms, also the correlation of the morphological and physiological groups of bacteria was determined. The analysis of the obtained data gives an image of the peculiarities of bacteriocenosis functioning due to the difference in habitat conditions. Differences in the functioning of microbiocenoses of various water bodies were detected and connection with abiogenic (salinity, river runoff, temperature) and biogenic (trophic environment) factors.

Ключевые слова: водные бактериоценозы, экология микробиоценозов, изменчивость микробных экосистем.

Key words: water bacteriocenosis, ecology of microbiocenoses, variability of microbial ecosystems.

Для сравнения были выбраны пресноводные реки Кола (точки отбора проб воды в п. Шонгуй, п. Молочный) и Тулома (точки отбора в п. Тулома, п. Мурмаши), Кольский Залив (точки отбора в г. Мурманск, п. Абрам-мыс), морские экосистемы на примере п. Териберка.

Микроорганизмы можно расценивать как индикаторы среды, реагирующие на природные и антропогенные факторы. Исследование изменения соотношения микроорганизмов в водных бактериоценозах по мере изменения трофности среды, сезонных изменений позволят дать оценку природы изменения экосистем при соотнесении с антропогенными и природными факторами.

Общая численность микроорганизмов является характерным показателем бактериоценозов, так как способна изменяться с изменениями таких параметров среды, как соленость, температура, трофность.

Динамика численности микроорганизмов соотносится с динамикой речного стока, богатого органикой, необходимой для развития планктона. Сезонная изменчивость численности микроорганизмов бактериоценозов рек Кола и Тулома характеризуется ранневесенним пиком развития планктона, по причине большого количества органики, поступающего в водоемы с талыми водами. По мере удаления точек отбора проб от пресных водоемов и разбавлению стока, наблюдается смещение пика общей микробной численности к летнему периоду.

Что говорит о влиянии антропогенных факторов на сезонную динамику бактериоценозов, так как, поступающее органическое вещество гетеротрофы используют как источник питания.

Абиотические факторы также влияют на функционирование микробных сообществ, однако аллохтонные пресноводные и автохтонные солоноводные составляющие реагируют различно.

Так зависимость общего микробного числа от солености воды обратно пропорциональна, так как с повышением речного стока в микробиоценозах Кольского залива возрастают темпы размножения пресноводной составляющей бактериопланктона, которая привносится в залив стоками. Аналогично, при уменьшении стока и повышении солености воды, численность бактерий падает. Также стоит отметить, что микробная численность в мл исследуемой пробы обратно пропорциональна солености, что подтверждает подавляющее действие солености на размножение и развитие пресноводной (аллохтонной) составляющей водных бактериоценозов.

Динамика микробной численности коррелирует и с температурой воды: минимумы и максимумы численности микроорганизмов и температуры воды совпадают, что позволяет расценивать фактор температуры как основной в размножении бактериопланктона.

Была прослежена сезонная динамика соотношения микроорганизмов в бактериоценозе. Высокие показатели скорости размножения гетеротрофных бактерий свидетельствуют о благоприятных условиях для их развития, в первую очередь, о наличии необходимого для их жизнедеятельности большого количества органики в среде.

Результаты показывают определенную изменчивость в течение года. Минимальные значения отмечены в зимний период для всех точек отбора. Увеличение этого показателя с пиком в весенний период характерно для рек Колы и Туломы, и для Кольского залива – в летний. Для морских микробиоценозов, наоборот, характерно уменьшение доли гетеротрофного планктона весной, что связано с интенсивным размножением автотрофных микроорганизмов. Пик развития гетеротрофного бактериопланктона для этих микробиоценозов приходится на осень, однако, доминируют в данных экосистемах автотрофные бактерии, возможно, фотосинтезирующие организмы.

Олиготрофные микроорганизмы составляют автохтонную компоненту бактериоценозов, не требуют для своего роста и развития большого количества органических веществ. Тогда как эфтрофные микроорганизмы характеризуют аллохтонную составляющую. От зимы к весне наблюдается выраженное уменьшение доли олиготрофов по отношению к эвтрофам в водных микробиоценозах, однако к лету процент автохтонных микроорганизмов увеличивается, достигая минимума осенью. Динамика в целом характерна для большинства точек, что позволяет сделать вывод о повышении количества органики в среде весной (с талыми водами в реки, откуда со стоками в залив) и снижении к осеннему периоду.

Соотношение палочковидных и кокковых форм бактерий с экосистеме может расцениваться как показатель санитарного благополучия. Подавляющее большинство круглых форм характерно для экологически стабильной системы. Палочки преобладают в загрязненных водоемах.

В сезонной динамике морфологических форм, можно отметить зимне-весенний максимум кокковидных бактерий. После достижения максимума, доля кокковых форм убывает в течение лета в пользу палочковидных микроорганизмов, которые к осени достигают максимальной доли в ценозе. Такая динамика характерна для пресноводных рек и залива. В морских же системах кокковидные бактерии осенью снова занимают доминирующее положение.

Можно предположить, что наибольшее влияние оказывает антропогенный фактор, так как с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками в водоемы попадает большое количество не только органического вещества, но и аллохтонной микрофлоры.

В бактериоценозах экологически спокойного водоема доминируют грамположительные бактерии, в результате же загрязнения водоема избытком органики, возрастает доля грамотрицательных видов.

В морских системах стабильно доминируют грамположительные бактерии в течение года. В эстуарной зоне прослеживается определенная динамика с весенним ростом количества грамположительных микроорганизмов за счет аллохтонной микрофлоры, которое к осени достигает пиковых значений.

Таким образом, бактериоценозы реагируют на антропогенное загрязнение изменением доли превалирующих грамположительных видов на грамотрицательные. В наиболее удаленных от речных стоков точках отбора проб, сохраняется благополучная экологическая обстановка с преобладанием грамположительных бактерий.

Бактериоценозы Кольского полуострова подвержены антропогенной нагрузке, что влияет на структуру этих экосистем. Кроме биотических факторов, имеют значение и абиотические, в частности, температура, такие гидрологические характеристики, как соленость и речной сток.

Исследование протеазной активности *Streptococcus thermophilus* в отношении белков саркоплазматической фракции

Кириллова Я. А.¹, Макаревич Д. В.², Макаревич Е. В.¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра микробиологии и биохимии; ²кафедра технологии пищевых производств, e-mail: makarevichev@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты исследования протеазной активности *Streptococcus thermophilus* в отношении белков саркоплазматической фракции, об уровне которой судили по изменению содержания тирозина. Протеолитическая активность пробиотических микроорганизмов представляет несомненный интерес с точки зрения оценки потенциальной возможности использования бактерий *Streptococcus thermophilus* в технологиях переработки водных биоресурсов, предполагающих гидролитические процессы.

Abstract. This particular showing of work reflects the results of the research pertaining to *Streptococcus thermophilus*, protease activity in referring to the proteins of sarcoplasmic fraction. The level of protease activity were being measured out of the change in tyrosine content. The Proteolytic activity of probiotic microorganisms represent the undoubtable interests from the point of the evaluation and potential possibility usage of *Streptococcus thermophilus*. Furthermore, bacteria in the technologies of recycling aquatic biological resources are supposed to involve hydrolytic processes while recycling ongoing.

Ключевые слова: протеолитическая активность, молочнокислые микроорганизмы, гидролиз белков.

Key words: proteolytic activity, lactic acid microorganisms, hydrolysis of proteins.

Протеолитическую активность можно отнести к значимым технологическим свойствам, присущим отдельным видам молочнокислых бактерий, которая определяется фильтрующимися протеазами клетки и внутриклеточными ферментами, освобождающимися при автолизе бактерий во время культивирования. Протеазы бактерий, участвующие в расщеплении белков, способны изменять структуру мышечных волокон, улучшая гистологические свойства готового продукта. Образующиеся свободные аминокислоты служат источником других азотистых соединений, способствующих улучшению качественных органолептических показателей готовых изделий [2; 4].

В данной работе исследована протеолитическая активность чистой культуры молочнокислых пробиотических микроорганизмов *Streptococcus thermophiles* в отношении саркоплазматической фракции мышечной ткани трески

при разных температурах (10 °С, 20 °С, 37 °С). Методика основана на спектрофотометрическом измерении тирозина, образовавшегося в результате ферментативного гидролиза [1; 3]. Оценка протеолитической активности рассчитывалась на 1 мл культуры *Streptococcus thermophilus* с заданной концентрацией 10^9 кл/мл (рисунок 1).

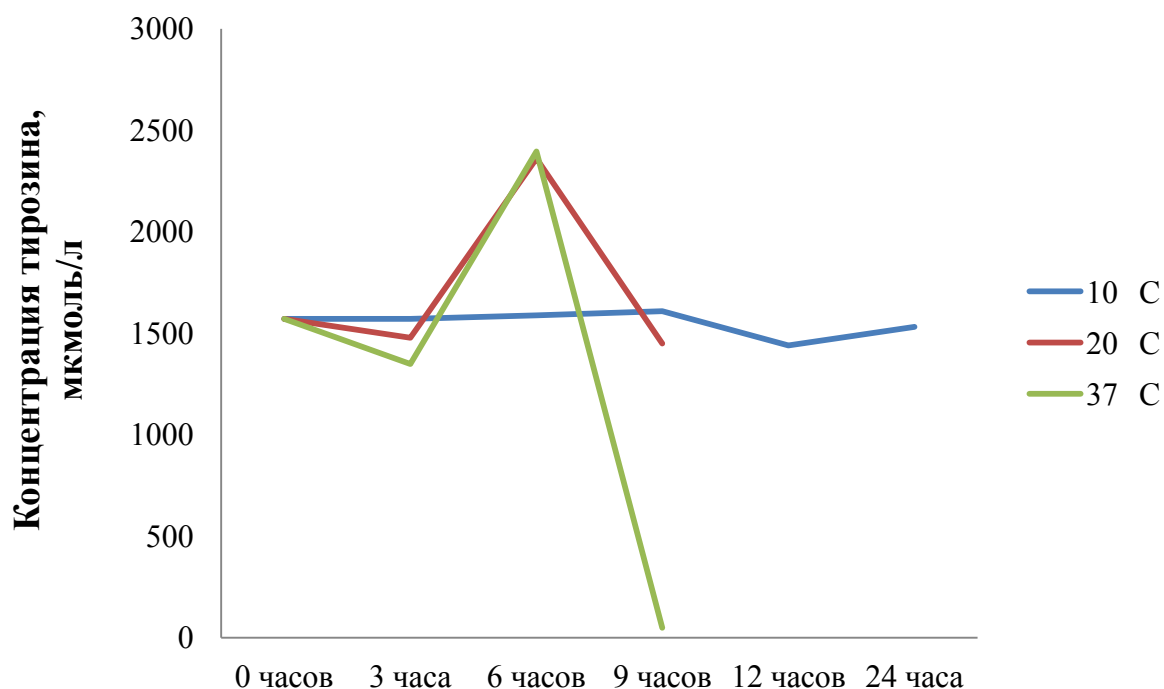


Рисунок 1 – Изменение концентрации тирозина в культуральной жидкости

Изменение содержания тирозина в фильтрате саркоплазматической фракции белков колебалось в широких пределах (от 499,1 до 2396,3 мкмоль/л при температуре 37 °С). Концентрация тирозина в процессе инкубирования проб снижалась за счет преобладания ассимиляционных процессов и возрастала при превалировании протеолитической активности культур. Степень ферментативной активности зависела от температуры. Следует подчеркнуть, что концентрации тирозина изменялись от 20 до 80 % при температуре инкубации 37 °С, от 10 до 60 % – при 20 °С, от 1 до 10 % – при 10 °С. Температурные условия инкубации в значительной мере оказывали влияние как на интенсивность гидролиза белков, так и на процессы ассимиляции. Учитывая, что температурные режимы, применяемые на практике для созревания белоксодержащего сырья, находятся в пределах 5-10 °С, можно предположить, что невысокая протеолитическая активность исследуемых бактерий при низких температурах отразится на длительности проведения ферментации белоксодержащего сырья.

Следует отметить, что процесс инкубации проб при трех температурных режимах характеризовался общей тенденцией. На первом этапе инкубирования, находящиеся в фильтрате саркоплазматической фракции небелковые азотистые соединения усваивались бактериями, о чем свидетельствовало снижение уровня тирозина в среде. Начало накопления тирозина в фильтрате наблюдалось по истечению 6 часов культивирования суспензии бактериальных клеток. Максимальная протеолитическая активность отмечалась при температуре 37 °С после 6 часов инкубации. Продолжение ферментации сопровождалось снижением концентрации тирозина, вероятно, за счет реассимиляцией аминокислот бактериальными клетками. Протеолитическая активность микроорганизмов при температуре 10 °С колебалась в незначительных пределах.

Таким образом было установлено, что культура *Streptococcus thermophilus* обладала протеазной активностью в отношении саркоплазматической фракции белков мышечной ткани, и может быть использована в технологиях переработки белоксодержащего сырья в качестве протеолитического агента при температурах выше 10 °С.

Библиография

1. Овчинникова С. И. Практикум по биохимии. В 2 ч. Ч. 1. Качественный и количественный анализ аминокислот, белков, ферментов : учебное пособие / С. И. Овчинникова. – Изд. 2-е. – Мурманск : МГТУ, 2010. – С. 47–51.
2. Рогов, И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Козюлин. – М. : Колос, 2000. – 367 с.
3. Сорокина И. А. Большой лабораторный практикум по биохимии. Ч 2. Биохимия белков и пептидов / И. А. Сорокина, Е. М. Вечканов. – Ростов-на-Дону : КОПИ-ЦЕНТР, 2010. С. – 96.
4. Степаненко П. П. Микробиология молока и молочных продуктов / П. П. Степаненко. – М. : 2003 – 415 с.

Биоэкологический потенциал биофлокулянт-продуцирующих микроорганизмов экосистем Арктического региона

Крамаренко Е. В., Макаревич Е. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. Важным показателем эффективной работы очистных сооружений с биологической очисткой является гидрохимическая характеристика активного ила. В работе рассмотрены результаты гидролого-гидрохимических испытаний активного ила локально очистного сооружения "ТОПАС-5", работающего в условиях Крайнего Севера.

Abstract. The important index of effective work of treatment facilities with biological clearing of drains is hydrochemical characteristic of activated sludge. The paper discusses the results of hydro-hydrochemical tests of activated sludge in local treatment plant "ТОПАС-5" working in the conditions of Far North.

Ключевые слова: сточные воды, активный ил, гидрохимия, фосфаты, физиологические группы микроорганизмов, биофлокулянт-продуцирующие микроорганизмы.

Key words: wastewater, activated sludge, hydrochemistry, phosphates, physiological group of microorganisms, bioflocculant-producing microorganisms.

При биологической очистке сточные воды подвергаются работе живых микроорганизмов, участвующих в деструкции и трансформации загрязняющих веществ органической и минеральной природы [1]. Наиболее популярным является "метод активированного ила", представляющий собой искусственно выращиваемый биоценоз организмов, развивающихся в аэробных условиях на органических веществах антропогенно загрязненных вод [2]. Однако, контроль над эксплуатацией, эффективностью и безопасностью работы локальных очистных сооружений (ЛОС) не имеют нормативной базы и не согласуются с органами по регулированию использования природных ресурсов.

Цель нашего исследования – оценка эффективности процесса очистки сточной воды на ЛОС "ТОПАС-5", работающего в условиях Крайнего Севера.

Активный ил для исследования был взят из аэротенка. Помимо нынешних исследований, в работе также были использованы результаты за февраль и июль 2016 г.

В сточных водах оценивались физико-химические показатели в соответствии с действующей нормативно-технической документацией: pH, ХПК, БПК, содержание биогенных форм азота, фосфора, и также гидрохимические показатели активного ила, такие как иловый индекс, зольность, прозрачность очищенной воды.

Наибольшая эффективность процессов биологической очистки, происходящих в ЛОС "ТОПАС-5" наблюдалась в феврале 2016 г.

Для нормальной работы активного ила необходимо нейтральное значение pH, оптимум которого находится в пределах 6,5–8,5 [3]. Результаты измерений водородного показателя представлены в таблице 1. Во всех точках отбора проб и по всем годам pH находился на уровне, необходимом для нормальной работы активного ила. В случае понижения pH, снижается обмен веществ у бактерий и происходит дефлокуляция хлопьев активного ила, вследствие чего ил плохо осаждается во вторичных отстойниках, а также при pH ниже 5,0 бактерии активного ила вытесняются грибами. При pH выше 9,5 клетки активного ила гибнут. Поддержание pH от 6,5 до 7,8 – очень важное условие успешного протекания процесса нитрификации на сооружениях биологической очистки.

Таблица 1 – Концентрация водородных ионов (pH) в исследуемых пробах воды ЛОС "ТОПАС-5"

Характеристика стока	Концентрация водородных ионов pH		
	Данные за февраль 2016 г.	Данные за июль 2016 г.	Данные за март 2017 г.
До очистки	7,0	7,0	8,0
Проба воды из аэротенка	–	–	7,0
После очистки	7,0	7,0	7,0
ПДК	6,5–8,5		

Эффективность биологической очистки сточных вод во многом зависит от концентрации основных элементов питания микроорганизмов – углерода, азота и фосфора. Обычно органические вещества сточных вод представлены углеводами, азотсодержащими соединениями (белками, аминокислотами), жирами, и небольшим количеством других веществ (полимерными и циклическими соединениями).

Биодеградация органических веществ сопровождается изменением концентрации минеральных форм азота (аммония, нитритов, нитратов) и фосфора. Азот и фосфор, как биогенные элементы, стимулируют развитие бак-

териоценоза активного ила, однако избыток фосфатов и окисленных форм азота может приводить к эвтрофированию водоемов.

Основной формой неорганического азота в исследуемых сточных водах был аммоний, что может свидетельствовать об интенсивно протекающих процессах аммонификации и слабой степени нитрификации на момент проведения анализа.

Исследования показали, что в пробах, взятых в феврале 2016 г. ($67,0 \text{ мг/дм}^3$) и марте 2017 г. ($42,0 \text{ мг/дм}^3$) концентрация ионов аммония находится на очень высоком уровне, что свидетельствует об интенсивно протекающих процессах аммонификации на момент проведения анализа. Концентрация ионов аммония в очищенной воде в этих же пробах в десятки раз превышает ПДК ($56,0$ и $41,8 \text{ мг/дм}^3$ соответственно) и незначительно отличается от данных по неочищенной воде, что говорит об очень слабых процессах биологического окисления.

В пробах за июль 2016 г. ситуация обстоит иначе. Концентрация ионов аммония до очистки ($4,0 \text{ мг/дм}^3$) и после ($1,2 \text{ мг/дм}^3$) различается в 3 раза, что может свидетельствовать о наличии протекающих окислительных процессов, однако недостаточно эффективных, так как показатель концентрации в очищенной сточной воде находится также выше ПДК.

Кроме того, были отмечены высокие концентрации фосфатов в бытовых стоках до и после очистки, что может указывать на недостаточное развитие бактерий активного ила, способных аккумулировать фосфор.

В пробах воды за февраль 2016 г. в процессе биотрансформации загрязняющих веществ наблюдалось увеличение концентрации фосфатов в 2,4 раза. Отмеченный уровень фосфатов после очистки (96 мг/дм^3), в сотни раз превышающий ПДК для водоемов любого типа, может указывать на недостаточное развитие бактерий активного ила, способных депонировать растворенные соединения фосфора (в частности, нитрификаторов). Замедление прироста микробной биомассы может обуславливаться низкой нагрузкой на бактериоценоз очистных сооружений.

Данные, полученные за июль 2016 г., значительно превышают данные по исследованиям в другие периоды, особенно по содержанию фосфора в неочищенной сточной воде. Прослеживается снижение концентрации фосфатов в пробах по мере прохождения биологической очистки в 1,4 раза, уровень фосфатов в этом периоде также превышает ПДК в сотни раз, однако, это, скорее всего, связано с тем фактом, что очистное сооружение обрабаты-

валось моющими средствами, содержащими фосфаты. Отсюда и явное увеличение их концентрации в исследуемых пробах.

В исследовании за июль 2016 г. отмечалось высокое содержание фосфатов, и низкое содержание остальных биогенных элементов, что затрудняет определение эффективности очистительной способности за этот период.

В марте 2017 г. наблюдалось почти полное отсутствие процессов биологической очистки, вследствие нарушения работы ЛОС, к которому привело значительное увеличение количества анаэробных бактерий в биоценозе активного ила.

В ходе анализа активного ила, участвующего в биологической очистке ЛОС "ТОПАС-5", была определена доза осажденного ила по объему в определенные временные отрезки. На основании полученных данных построена кривая, отражающая динамику оседания активного ила (рис. 1).

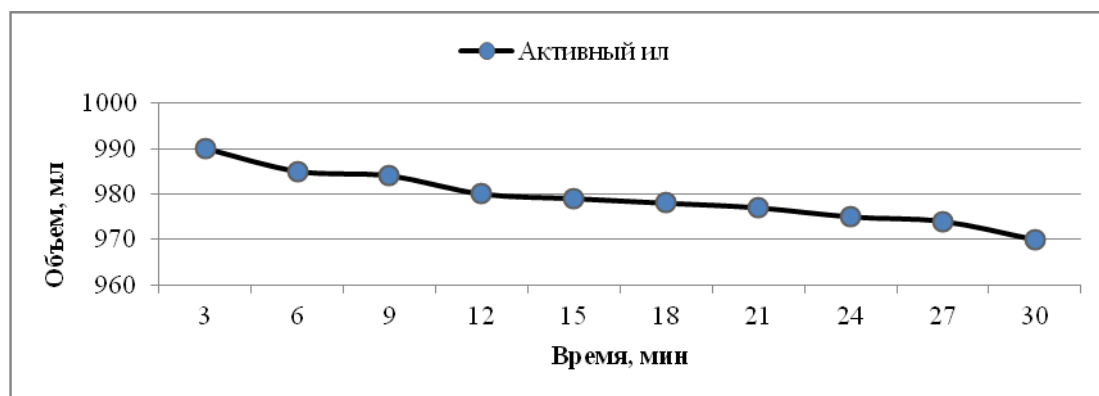


Рисунок 1 – Динамика оседания активного ила ЛОС "ТОПАС-5"

В начале измерения наблюдалось быстрое оседание лишь крупных взвешенных частиц и хлопьев самого ила. К концу наблюдения в исследуемой воде по-прежнему содержалось большое количество мелкодисперсных частиц. Чтобы более точно определить его седиментационные способности был рассчитан иловый индекс, результаты по которому приведены в таблице 2.

Иловый индекс – это объем 1 грамма сухого ила, занимаемый им за 30 минут отстаивания в 1 дм³ цилиндре. Иловой индекс также характеризует седиментационные свойства ила, но уже с учетом его сухой массы.

Таблица 2 – Иловый индекс активного ила ЛОС "ТОПАС-5"

Иловый индекс (см ³ /г)	
Полученные данные	526,31
Норма	70–120

Нормальным считается иловый индекс 70–120 см³/г, глубоко минерализованный ил имеет индекс 60–90 см³/г, недостаточно хорошо работающий ил способен "вспухать". В этом случае иловый индекс более 150–200 см³/г [3]. "Вспухание" ила наблюдается при недостатке кислорода в аэротенке.

Результаты исследований показали, что иловый индекс значительно превышает рекомендуемые показатели, что указывает на его сильное "вспухание", вследствие чего и наблюдаются его недостаточные седиментационные способности.

Данные по определению зольности активного ила представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зольность активного ила ЛОС "ТОПАС-5"

Зольность активного ила (в %)	
Полученные данные	0,11
Норма	20–40

Зольность активного ила, выраженная в %, показывает содержание неорганических (минеральных) веществ в иле. Нормальной считается зольность 25–40 % [3]. Если зольность выше 40 %, то ил представляет собой не смесь микроорганизмов, а по сути, смесь механических примесей.

Исходя из результатов исследования можно сделать вывод, что содержание минеральных веществ в активном иле очень мало, следовательно, значительную его часть занимают микроорганизмы.

Прозрачность надиловой воды является важной характеристикой работы сооружений аэробной биологической очистки.

Ее величина находится в прямой зависимости от содержания в водной среде нерастворенной и коллоидной фаз загрязнений.

Показатели прозрачности надиловой воды представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Прозрачность надиловой воды ЛОС "ТОПАС-5"

Прозрачность надиловой воды (в см)	
Полученные данные	10
Норма	> 12

Считается, что степень биологической очистки является удовлетворительной, если прозрачность воды составляет не менее 12 сантиметров [3]. В данном случае прозрачность надиловой воды находится ниже рекомендуемого показателя, что говорит об отклонении в работе аэротенка, так как

измельчение хлопьев активного ила сразу же приводит к снижению уровня прозрачности надиловой воды.

Исходя из результатов исследования, полученных в 2017 г., можно сделать следующие выводы: среда обитания бактерий активного ила ЛОС "ТОПАС-5", характеризовалась низким содержанием органических веществ и большим количеством солей аммония и фосфатов, превышающих ПДК; содержание минеральных веществ в активном иле ЛОС "ТОПАС-5" очень мало, следовательно, значительную его часть занимают анаэробные микроорганизмы, которые и привели к "вспуханию" активного ила и нарушению его седиментационных свойств и способности к хлопьеобразованию.

Таким образом, вышеперечисленные выводы позволяют оценить процесс биологического окисления сточной воды в ЛОС "ТОПАС-5" и работу очистного сооружения в целом, как низкоэффективный.

Библиография

1. Зилов, Е. А. Гидробиология и водная экология : учеб. пособие для студ. / Е. А. Зилов. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 147 с.
2. Роговская Ц. И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод / Ц. И. Роговская. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1967. – 140 с.
3. Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки с азотенками / ОГУ "Аналитический центр" ; под ред. М. В. Деминой. – Пермь : Пермский ГТУ, 2004. – 53 с.

Лекарственная болезнь, причины, проявления

Кривенко О. Г. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: 117559@mail.ru)

Аннотация. В работе представлены обзор литературных данных о причинах лекарственной болезни, основных ее проявлениях, возможных путях профилактики.

Abstract. The paper presents an overview of the literature data on the causes of the medical disease, its main manifestations, possible ways of prevention.

Ключевые слова: лекарственная болезнь, лекарственные препараты, аллергические реакции.
Key words: drug disease, medicament, allergic reaction

В последнее годы все чаще говорят о том, что лекарства могут вызвать или усилить симптомы практически любого заболевания.

Современная фармакотерапия имеет ряд особенностей:

- Разработаны высокоселективные, пролонгированные препараты.
- Существует необходимость длительного, иногда пожизненного приема лекарственных средств (гипотензивные препараты, антиагреганты, иммунодепрессанты).
- Одновременно назначается большое число препаратов (полипрагмазия).
- Возможен неконтролируемый прием лекарственных препаратов.

Применение лекарств, даже строго показанных и под постоянным врачебным контролем, не гарантирует от развития осложнений. Осложнения могут быть результатом не только свойств самих лекарств, но и взаимодействий между лекарственным препаратом и средой организма.

Лекарственная болезнь – своеобразная, стойкая неспецифическая реакция организма, возникающая при применении терапевтических или разрешающих (малых) доз медикаментов, проявляющаяся разнообразными клиническими синдромами.

Лекарственная болезнь может развиваться под действием любого препарата, может зависеть или не зависеть от дозы, чаще наблюдается у женщин. Риск развития нежелательного действия или побочных реакций составляет по разным данным от 7 % до 50 %. В настоящее время нет методов диагностики, которые позволили бы врачу достоверно и без сомнений поставить диагноз лекарственной болезни.

Выделяют группы, в которых риск развития лекарственной болезни выше (табл. 1).

Таблица 1 – Группы риска по лекарственной болезни

Группа	Возможные причины нежелательных эффектов	Прием лекарств
Дети	Затруднение подбора терапевтических доз. Функциональная незрелость ферментативных систем. Низкая активность метаболизма и экскреции	По показаниям. Редко неконтролируемый
Пожилые люди	Снижена активность ферментативных систем. Функции почек и печени часто нарушены	Прием большого количества препаратов, нередко неконтролируемый
Больные с хронической почечной недостаточностью	Увеличение концентрации препарата в крови из-за снижения его экскреции. Дальнейшее ухудшение функций почек	По показаниям, контролируемый
Больные с хронической печеночной недостаточностью	Замедляется метаболизм некоторых препаратов, происходит усиление и пролонгирование их действия. Препараты усиливают тяжесть заболевания	По показаниям, контролируемый
Больные отделений интенсивной терапии	Полиорганная недостаточность. Трудность контроля переносимости препаратов. Полипрагмазия	По показаниям, контролируемый
Больные с нарушениями психики	Трудность контроля переносимости препаратов. Риск приема избыточных доз (в том числе с суицидальной целью)	Возможен неконтролируемый
Больные с непереносимостью препаратов или клинически нежелательными эффектами	Риск непереносимости нескольких групп препаратов одинакового механизма действия и/или одного и того же класса (пенициллины – цефалоспорины)	Строго контролируемый
Злоупотребление алкоголем, наркотиками	Трудность контроля приема препаратов. Потенцирование токсического действия многих препаратов	Возможен неконтролируемый
Работники химических, фармацевтических, предприятий	Сенсибилизация организма	Контролируемый, возможен неконтролируемый прием

Любой препарат может быть причиной развития лекарственной болезни: антибиотики – 33 % (пенициллины – 58,7 %, бициллины – 18,5 %, стрептомицин – 15 %), сыворотки и вакцины – 22,8 %, транквилизаторы – 13,6 %, гормоны – 10 %, анестезирующие средства – 2,2 %, НПВП – 4,4 %, рентген-контрастные препараты, салицилаты, витамины, спазмолитики, хинин, хинидин, гормоны, препараты золота, витамины и др. – 2,7 % [1].

Глюкокортикоиды способны вызывать до 40 побочных эффектов. Приём аспирина в дозах, рекомендуемых для профилактики заболеваний сердца, у 1-2 % пациентов вызывает нарушения кроветворения, тяжёлые кожные поражения, у 8 % пациентов прием НПВП (нестероидные противовоспалительные препараты) является причиной изъязвления слизистой и кровотечения из верхних отделов пищеварительного тракта. У 10–20 % больных стационаров диагностируются побочные реакции на лекарственные препараты, у 3–12 % – удлинняется срок госпитализации [2].

Из общего числа нежелательных эффектов 20–25 % – аллергические реакции, 75–80 % – неаллергические реакции: поражения органов пищеварения, тромбозы, тромбоэмболии, нарушения гемопозза, свёртываемости крови, изменение электролитного баланса, нарушение психики.

Предрасполагающими факторами побочных реакций являются:

- бесконтрольное применение лекарственных препаратов;
- наличие острого или хронического заболевания;
- генетическая обусловленность некоторых лекарственных поражений;
- полипрагмазия – при одновременном приеме 6 и более средств вероятность побочных эффектов возрастает до 80 %;
- "каскад назначений" – побочные эффекты препарата определяются как признаки болезни, что является основанием новых назначений;
- степень и темп сенсibilизации организма;
- доза, способ, скорость введения препарата;
- форма препарата, его индекс сенсibilизации (индекс сенсibilизации для фениэтилгидантоина – 80–90 %, пенициллина – 0,3–3 %)
- пол;
- возраст;
- питание.

Клиническая картина лекарственной болезни разнообразна [3], на ранних этапах не имеет специфических симптомов, далее проявляется общими реакциями организма и признаками поражения отдельных органов (табл. 2).

Таблица 2 – Клинические проявления лекарственной болезни

Симптом	Клинические проявления	Лекарственные препараты
Повышение температуры от субфебрильных значений до 39–40 °С	Длительно; при высоких цифрах озноб	Антибиотики, сульфаниламиды, барбитураты, кортикостероиды, препараты мышьяка, хинина

Продолжение табл. 2

Симптом	Клинические проявления	Лекарственные препараты
Анафилактический шок, отек Квинке	Поражения кожи, резкое ухудшение состояния: снижение АД, нитевидный пульс, нарушение дыхания, возможна смерть	Антибиотики рентген-контрастные вещества, релаксанты, анестетики, витамины, инсулин, трипсин, гормоны
Поражение кожи	Моно- или полиморфные сыпи	Антибиотики, сульфаниламиды, аспирин, витамины, фенацетин, пиразол, препараты золота, йода, ртути, мышьяка
Поражение суставов	Артралгия, артропатия, артриты, гемартрозы	Мочегонные средства, никотиновая кислота, антибиотики, тиреоидные, анти-тиреоидные препараты, антикоагулянты, НПВП
Изменения крови	Аплазия костного мозга	Антибиотики, сульфаниламиды, индометацин, диакарб, соли золота.
	анемия	Пенициллин, цефалоспорины, сульфаниламиды, инсулин каптоприл
	тромбоцитопения	Цитостатики, аспирин, амидопирин, антибиотики сульфаниламиды, фуросемид, метилдопа, эстрогены, циметидин, гепарин
	гранулоцитопения, агранулоцитоз	НПВП, каптоприл, цепорин, левомецетин, хлортиазид, фуросемид, толбутамид.
	эозинофелия	Канамицин, пролонгированный стрептомицин, наперстянка и ее препараты.
Дисфункция эндокринных желез		Сульфаниламиды, интерфероны
Поражение внутренних органов: <i>легкие</i>	– центральные нарушения дыхания; нарушения функции дыхательных мышц; изменения, обусловленные системными сосудистыми поражениями; изменения легочного кровообращения; изменения в трахеобронхиальном дереве, интерстиции, альвеолах	Аспирин, другие НПВП, кордарон, цефалоспорины, пенициллины, сульфаниламиды, изониазид, препараты нитрофуранового ряда, цитостатики, противосудорожные препараты, гипотензивные средства, гидрокортизон, кокаин, героин
ССС	Приступы стенокардии, аритмии, миокардиты, перикардиты, артериальная гипо-, гипертензия, сердечная недостаточность	Препараты, применяемые для лечения заболеваний сердца, антидепрессанты, диуретики, НВПН, симпатомиметики, антибиотики (эритромицин), эстрагены, оральные контрацептивы
Органы пищеварения	Печень: хронический гепатит, некроз гепатоцитов и печеночно-клеточная недостаточность, фиброз	Парацетомол, НПВП, антибиотики тетрациклинового ряда, эритромицин, сульфаниламиды, салицилаты, кокаин, изониазид, глюкокортикоиды, препараты железа, передозировка вит. А, цитостатики

Окончание табл. 2

Симптом	Клинические проявления	Лекарственные препараты
	Поджелудочная железа: панкреатит	Аминазин, иммуносупрессоры, антибиотики, сульфаниламиды, фуросемид, непрямые антикоагулянты, индометацин, парацетамол, глюкокортикоиды, эстрогены, циметидин
	Кишечник: энтероколит	Неомицин, тетрациклин, хлорамфеникол, пенициллин (в основном на тонкий кишечник); амоксициллин, цефиксим, ампициллин, клиндамицин, цефалоспорины, макролиды, тетрациклин – толстый кишечник; хлорид калия, цитостатики, препараты золота, наперстянки, мочегонные и гипотензивные средства, кортикостероиды
	Желудок: гастриты, язвенная болезнь	НПВП, глюкокортикоиды, гипотензивные препараты
	Пищевод: эзофагит	Доксициклин, клиндамицин, тетрациклин (особенно у детей), напроксен, хлористый калий, аскорбиновая кислота, хинин и хинидин, сульфат железа, аспирин, другие НПВП
Почки	Гломерулонефрит, ОПН, ХПН, острая мочекаменная болезнь	НПВП, рентгенконтрастные вещества, аминогликазиды (гентамицин, канамицин), ампициллин, цефалоспорины, сульфаниламиды, вит. Д, аскорбиновая кислота

В 1968 на 1 международном симпозиуме по побочным действиям лекарственных препаратов осложнения применения медикаментов разделили на группы:

1. Истинные побочные действия лекарственных препаратов (оказываются вместе с основными) – обусловлены структурой или свойствами препарата. Например, поражение слизистой желудка при приеме кортикостероидов, НПВП, анальгетиков, кофеина.

2. Токсические эффекты лекарственных препаратов – чаще обусловлены передозировкой: абсолютной, относительной, кумулятивной.

3. Осложнения, связанные с внезапной отменой препарата – синдром отмены, абстинентный синдром.

4. Индивидуальная непереносимость – извращенная реакция организма на терапевтические дозы лекарственного препарата:

– идиосинкразия – врожденная, генетически обусловленная реакция организма на лекарственный препарат при первом приеме;

– аллергическая реакция – реакции гиперчувствительности иммунной системы, не имеющие защитного значения для организма при повторном приеме препарата.

5. Тератогенное действие – аномалии развития эмбриона или плода под действием некоторых препаратов, назначаемых женщинам во время беременности.

Лекарственная болезнь, как одна из форм лекарственной аллергии, протекает в три фазы:

1. Лекарственный препарат должен превратиться в форму, которая может реагировать с белками организма.

2. Взаимодействие лекарственного препарата с белком – образование полноценного антигена.

3. Ответная (иммунная) реакция организма на антиген [4].

Скорость развития и выраженность симптомов аллергических реакций может быть различной [5]:

I тип – реакции немедленного типа: анафилактический шок, крапивница, отек Квинке. Симптомы появляются от 3 до 30 минут после контакта с аллергеном. Причиной могут быть любые применяемые лекарственные препараты.

II тип – цитотоксические реакции, развиваются медленнее, проявляются в основном гематологическими нарушениями (анемии, тромбоцитопении).

III тип – иммунокомплексные реакции длятся от нескольких часов до нескольких суток: сывороточные реакции, гломерулонефрит, красная волчанка, геморрагический васкулит, поражение кожи – наиболее опасные – синдром Стивенса-Джонсона и синдром Лайелла

IV тип – аллергические реакции замедленного типа. Продолжительность развития реакций 24-48 часов: контактный дерматит, ринит, астма.

V тип – стимулирующие реакции: диффузный зоб, диабетические реакции.

Итак, эффективность современных лекарственных препаратов зачастую намного превышает их возможные нежелательные эффекты, поэтому врачи не могут отказаться от применения лекарственных средств.

В принципе каждый орган или система организма могут быть поражены или стать причиной поражения.

Выздоровление от лекарственной болезни наступает в 81 % случаев, в 13 % отмечается переход в хронические формы (бронхиальная астма, лекарственный гепатит, нефрит и др), смертность больных составляет 6 % (анафилактический шок, геморрагический энцефалит и др.)).

Основными профилактическими мероприятиями лекарственной болезни сегодня являются:

- борьба с полипрагмазией,
- запрещение продажи многих лекарств без рецепта,
- прием лекарственных препаратов строго по показаниям,
- запрет использования лекарственных препаратов в качестве консервантов.

Главным же звеном в профилактике лекарственной болезни является врач, который должен лечить больного, а не болезнь.

Библиографический список

1. Солошенко, Э. Н. Лекарственная болезнь в проблеме побочного действия лекарственных средств: современное состояние / Э. Н. Солошенко // Международный медицинский журнал – 2012. – Т. 18. – № 3. – С. 80–88.
2. Фармакология : учебник / под ред. проф. Р. Н. Аляутдина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 832 с.
3. Внутренние болезни : учебник в 2 т. / под ред. В. С. Моисеева, А. И. Мартынова, Н. А. Мухина. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. – Т. 2. – 896 с.
4. Клиническая фармакология и фармакотерапия : учебник / под ред. В. Г. Кукеса, А. К. Стародубцева – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 840 с.
5. Яблучанский Н. И. Лекарственная болезнь в терапевтической клинике. URL: [medicusamicus.com>index.php?action=edpr-drugdis](http://medicusamicus.com/index.php?action=edpr-drugdis)

Клинические аспекты дифиллоботриоза у серебристых чаек

Куклина М. М. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. Определены гематологические и биохимические параметры у серебристых чаек *Larus argentatus*, зараженных ленточными червями *Diphyllbothrium dendriticum* (Cestoda: Diphyllbothriidae), и у чаек, свободных от инвазии. Установлено, что при паразитировании *D. dendriticum* снижаются активности пищеварительной, кровеносной и иммунной систем, а также изменяются показатели обмена веществ.

Abstract. Hematological and biochemical parameters of uninfected gulls and infected by *Diphyllbothrium dendriticum* (Cestoda: Diphyllbothriidae) gulls were carried out. It was determined that of activities of the digestive system, circulatory system and immune system reduced, parameters of metabolism varied by invasion *D. dendriticum*.

Ключевые слова: серебристая чайка, *Larus argentatus*, *Diphyllbothrium dendriticum*, гематология, биохимия крови, эозинофилы, анемия.

Key words: herring gull, *Larus argentatus*, *Diphyllbothrium dendriticum*, hematology, biochemistry of blood, eosinophils, anaemia.

При исследовании клинических и патологических особенностей гельминтозов чаще всего изучали изменение гематологических и биохимических показателей, так как они позволяют оценить не только особенности влияния того или иного паразита, но и оказать существенную помощь при дифференциальной диагностике болезней, которые протекают со сходной клинической картиной. Изучению цестод *Diphyllbothrium dendriticum* (Cestoda: Diphyllbothriidae) (или "чаечных лентецов") посвящено множество научных публикаций [1–8]. Во многом это связано с тем, что дифиллоботрииды представляют собой потенциальную опасность для здоровья человека. Заражение *D. dendriticum* происходит при заглатывании теплокровными животными инвазионных плероцеркоидов, которые локализуются в мышцах лососевых рыб, например радужной форели [6]. Чайковые птицы, в частности, серебристая чайка *Larus argentatus*, выступают в роли облигатного окончательного хозяина. Однако при употреблении в пищу недостаточно термически обработанной рыбы человек также может заразиться этим видом цестод [7; 8]. Серебристая чайка, как окончательный хозяин для *D. dendriticum*, может служить удобным модельным объектом при изучении процессов, связанных как с влиянием паразитов на обмен веществ хозяев и их пищеварительные

функции, так и с особенностями локализации червей в кишечнике позвоночных животных.

Определение степени влияния инвазии *D. dendriticum* на физиологическое состояние серебристой чайки *L. argentatus* с использованием методов гематологического и биохимического анализа стало целью представленной работы.

Материалы и методы

Материал для исследования собран в ходе береговой экспедиции в районе пос. Дальние Зеленцы в июле 2010 года. 12 особей серебристых чаек *L. argentatus* служили в качестве объектов изучения. Птиц вскрывали, вырезали тонкий кишечник и делили его на три равных отдела – проксимальный, медиальный и дистальный. В каждом отделе кишечника проводили гельминтологическое обследование. Для биохимических анализов использовали кровь, плазму крови и слизистую оболочку тонкого кишечника. В слизистой кишечника определяли активность пищеварительных ферментов: гликозидаз [9] и протеаз [10]. В крови подсчитывали общее количество эритроцитов и лейкоцитов, измеряли концентрацию гемоглобина. Изготавливали мазки крови, по которым после окрашивания по методу Романовского-Гимза рассчитывали лейкоцитарную формулу. В плазме крови измеряли ряд биохимических параметров (общий белок, белковые фракции, модифицированную форму альбумина, циркулирующие иммунные комплексы, мочевую кислоту, мочевины, креатинин, С-реактивный белок, общие липиды, холестерин, триацилглицерины, фосфолипиды, глюкозу, магний) с использованием наборов для биохимического анализа фирм "Абрис+" (Россия) и "Lachema" (Чехия). Статистическая обработка результатов проведена общепринятыми методами, достоверность различий между сравниваемыми значениями биохимических параметров оценивали по t – критерию Стьюдента.

Результаты

В ходе гельминтологического обследования установлено, что пять особей серебристой чайки инвазированы цестодами *D. dendriticum*. В кишечнике каждой из этих птиц обнаружено по 1 экз. половозрелых лентецов длиной 30–90 см. Показатели семи птиц, свободных от заражения, использовали в качестве контрольных значений.

Обнаружено, что у зараженных серебристых чаек значения гематологических показателей имеют существенные отличия от параметров контрольных особей. У инвазированных птиц отмечено снижение концентрации гемоглобина (на 29 %) и общего количества эритроцитов (на 23 %), а также

повышение общего количества лейкоцитов (на 51 %) ($p < 0.05$). При анализе лейкоцитарного состава крови установлено уменьшение количества лимфоцитов (на 12.8 %) и увеличение количества эозинофилов в 1.6 раза у зараженных серебристых чаек по сравнению с контрольными показателями ($p < 0.05$).

Проведен сравнительный анализ биохимических показателей плазмы крови серебристых чаек, свободных от инвазии, и птиц, зараженных ленточными червями *D. dendriticum*. Установлено, что при дифиллоботриозе чаек наблюдаются значительные изменения в метаболизме белков. Снижаются уровень общего белка (на 38.1 %) и содержание белковых фракций (в частности, альбумина на 36.6 %), повышаются концентрации модифицированной формы альбумина (в 1.8 раза) и мочевой кислоты (на 60.2 %) ($p < 0.05$). Кроме того, при изучении углеводного обмена зарегистрировали увеличение концентрации глюкозы в 1.8 раза, а при исследовании липидного обмена – снижение уровней фосфолипидов на 30.9% и триацилглицеринов на 62.5 % ($p < 0.05$). Отмечено снижение содержания магния в плазме крови ($p < 0.05$). Также зафиксировали изменения в деятельности иммунной системы – повышение концентрации ЦИК в 1.5 раза ($p < 0.05$) и появление С-реактивного белка.

Установлено, что ленточные черви *D. dendriticum* паразитируют в медиальном отделе кишечника чаек. Сравнительный анализ показал, что при инвазии *D. dendriticum* снижаются активности гликозидаз в слизистой кишечника в целом на 38.3 % (опыт – 2.9 ± 0.12 , контроль – 4.7 ± 0.4 ммоль/г • мин; $p < 0.05$) и протеаз на 24.1% (опыт – 2.2 ± 0.1 , контроль – 2.9 ± 0.12 ммоль/г • мин; $p < 0.05$). Установлено, что у чаек, инвазированных дифиллоботридами, активность гликозидаз и протеаз уменьшается вдоль всего кишечника по направлению от проксимального к дистальному отделу по сравнению с параметрами незараженных птиц. Следует отметить, что наиболее заметные изменения отмечены для ферментов медиального и дистального отделов. Активность гликозидаз в среднем снижается на 49.5 %, активность протеаз – на 26.9 % для обоих отделов кишечника относительно контрольных значений ($p < 0.05$).

Обсуждение

Ввиду крупных размеров и интенсивной скорости роста и развития, дифиллоботрииды вызывают существенные изменения как в гематологии, так и в обмене веществ хозяев. Как и большинство гельминтозов, дифиллоботриидная инвазия у серебристых чаек сопровождается эозинофилией. Повышенное содержание эозинофилов в крови свидетельствует о проявлении

аллергической реакции организма хозяина. Кроме того, в ходе настоящего исследования у серебристых чаек, инвазированных ленточными червями *D. dendriticum*, зарегистрированы признаки анемии – снижение концентрации гемоглобина и уменьшение общего количества эритроцитов. При экспериментальном заражении дифиллоботридами щенков песцов и птенцов серебристой чайки, сирийского хомячка, кошки установлены факты эритропении и гемоглобинопении [4; 5; 11]. Большинство исследователей проявление анемии у окончательного хозяина при дифиллоботриозе связывают с усиленным поглощением червями витамина В₁₂ [12]. Известно, что витамин В₁₂ стимулирует эритропоэз и принимает активное участие в синтезе гема. Установлено, что очень высокие концентрации витамина В₁₂ накапливают в своем теле дифиллоботрииды *D. latum* [12; 13]. По всей видимости, это связано с тем фактом, что именно в зоне локализации указанных лентецов в кишечнике хозяина – медиальном и дистальном отделах – происходит всасывание витамина В₁₂. Вероятно, изменения гематологии крови чаек, зараженных дифиллоботридами, связаны с активным поглощением лентецами витамина В₁₂ и во многом определяется локализацией цестод в отделе кишечника окончательного хозяина.

При исследовании биохимии крови установлены изменения показателей, которые наглядно свидетельствуют о недостаточном и неполноценном питании, а также о нарушениях процессов пищеварения серебристых чаек. Зарегистрированы отклонение от нормы (снижение уровней общего белка, альбумина и триацилглицеринов, а также увеличение концентрации мочевой кислоты) в плазме крови серебристых чаек, инвазированных *D. dendriticum*, ранее отмечались и у чаек, которых в ходе экспериментальных исследований полностью или частично лишали пищи [14]. Аналогичные результаты продемонстрированы и другими исследователями при анализе последствий для разных окончательных хозяев, экспериментально зараженных дифиллоботридами. Снижение концентрации альбумина установлено в плазме крови инвазированных птенцов серебристой чайки на 9-ый день опыта [4]. Кроме того, о неполноценном питании (низкокалорийная диета с недостаточным содержанием белка) и нарушении процессов пищеварения (абсорбции) свидетельствует снижение концентрации магния в плазме крови серебристых чаек, зараженных *D. dendriticum*. Это в первую очередь связано с тем, что дифиллоботрииды, как достаточно крупные черви, представляют собой мощных конкурентов хозяина за пищевые ресурсы. Понижение активности

пищеварительных ферментов в месте локализации *D. dendriticum* в кишечнике хозяина свидетельствует в пользу данного утверждения.

Снижение активностей пищеварительных ферментов в кишечнике серебристых чаек, инвазированных *D. dendriticum*, связано с особенностями физиологии питания ленточных червей. Цестоды в кишечнике животного способны адсорбировать на своей поверхности часть пищеварительных ферментов хозяина и поглощать питательные вещества, тем самым, выступая в качестве конкурентов птиц за пищевые ресурсы [15]. Наиболее заметные изменения активностей протеаз и гликозидаз, зафиксированные в медиальном и дистальном отделах кишечника чаек, возможно, вызваны локализацией *D. dendriticum* именно в этих участках.

Таким образом, изменения гематологических и биохимических показателей наглядно свидетельствуют о значительном влиянии ленточных червей *D. dendriticum* на организм окончательного хозяина – серебристой чайки (нарушении процессов пищеварения и деятельности иммунной и кровеносной систем). Установленные изменения в физиологическом состоянии птиц также подтверждают наличие острой конкуренции дифиллоботриид и серебристой чайки за пищевые ресурсы.

Библиографический список

1. Фрезе, В. И. Лентецы Европы (экспериментальное изучение полиморфизма) / В. И. Фрезе // Цестоды и трематоды (морфология, систематика и экология): Тр. ГЕЛАН. – М., Наука, 1977. – С. 174–204.
2. Сергеева, Е. Г. Антигенная коадаптация в паразитарных системах лентецы – окончательные хозяева и ее значение в формировании эпизоотологических процессов / Е. Г. Сергеева, В. И. Фрезе // В кн.: ИНПА РАН, 2000. – С. 205–217.
3. Смирнов, Л. П. Роль липидов и белков в становлении биохимических адаптаций у эктотермных организмов / Л. П. Смирнов // Автореф. дис. докт. биол. наук. Петрозаводск: РИО КНЦ, 2005. – 48 с.
4. Мазур, О. Е. Гематологические и иммунологические характеристики птенцов серебристой чайки (*Larus argentatus*) при экспериментальном заражении *Diphyllbothrium dendriticum* (Cestoda: Pseudophyllidae) / О. Е. Мазур, Н. М. Пронин, Л. В. Толочко // Известия РАН. Серия биол. – 2007. – № 4 – С. 420–427.
5. Пронина, С. В. Патоморфология органов пищеварительной системы дефинитивных хозяев при инвазии лентецом чаечным *Diphyllbothrium*

dendriticum в эксперименте / С. В. Пронина, О. Е. Мазур, Н. М. Пронин, Е. В. Комарова, Е. А. Качина // Ветеринарная медицина и морфология животных. – 2009. – № 3 – С. 14–19.

6. Sharp, G. J. E. The laboratory maintenance of *Diphyllbothrium dendriticum* (Nitzsch, 1824) / G. J. E. Sharp, C. J. Secombes, A. W. Pike // Parasitology. – 1990. – V. 101 – P. 153–161.

7. Dick, T. A. Diphyllbothriasis: update on human cases, foci, patterns and sources of human infections and future considerations. / T. A. Dick, P. A. Nelson, A. Choudhary // Southeast Asian J. Trop. Med, Public Health. – 2001. – V. 32 (Suppl. 2) – P. 59–76.

8. de Marvat, F. Imported diphyllbothriasis in Switzerland: molecular methods to define a clinical case of Diphyllbothrium infection as *Diphyllbothrium dendriticum*, August 2010 / F. de Marvat, B. Gottstein, M. Weber, B. Wicht // Euro Surveill. – 2013. – № 3 – P. 1–6.

9. Уголев, А. М. Определение активности инвертазы и других дисахаридаз / А. М. Уголев, Н. Н. Иезуитова // Исследование пищеварительного аппарата у человека (обзор совр. методов). – Л. : Наука, 1969. – С. 187–192.

10. Anson, M. The estimation of pepsin, tripsin, papain and cathepsin with hemoglobin / M. Anson // J. Gener. Phys. – 1938. – № 1 – P. 79–83.

11. Аникиева, Л. В. Дифиллоботриоз песцов / Л. В. Аникиева, А. А. Берестов, В. А. Берестов, С. Д. Гурьянова, В. В. Осташкова ; под общ. ред. В. А. Берестова. – Петрозаводск : Карельский филиал АН СССР, 1988. – 143 с.

12. Леутская, З. К. Витамины у гельминтов / З. К. Леутская // Биохимия и физиология гельминтов и иммунитет при гельминтозах : сб. науч. Тр. – М., Наука, 1984. – С. 79–101.

13. Nyberg, W. The uptake and distribution of Co⁶⁰ labelled vitamin B₁₂ by the fish tapeworm *Diphyllbothrium latum* / W. Nyberg // Exp. Parasitol. – 1958. – № 2 – С. 178–190.

14. Totzke, U. The influence of fasting on blood and plasma composition of herring gulls (*Larus argentatus*) / U. Totzke, M. Fenske, O. Hüppop, H. Raabe, N. Schach // Physiological and Biochemical Zoology. – 1999. – № 4 – P. 426–437.

15. Кузьмина, В. В. Особенности физиологии питания цестод и их хозяев – рыб / В. В. Кузьмина, Г. И. Извекова, Б. И. Куперман // Успехи соврем. биологии. – 2000. – № 4. – С. 384–394.

Оценка эффективности очистки и обеззараживания судовых сточных вод арктических акваторий

Макаревич Е. В., Рогачева И. Н., Титова Е. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В работе проведен комплексный анализ эффективности функционирования судовых установок очистки и обеззараживания сточных вод на основе показателей характеризующих безопасность сбрасываемых стоков. Обоснована необходимость проведения комплексного изучения степени очистки судовых сточных вод по показателям прозрачности, определения результативности очистки сточных вод от органических веществ, анализа эффективности обеззараживания стоков.

Abstract. A comprehensive analysis of the efficiency of the operation of the ship's wastewater treatment and disinfection plants based on the indicators responsible for the safety of the discharged effluents was carried out. The necessity of conducting a complex study of the degree of wastewater treatment by means of transparency indicators, determination of the effectiveness of wastewater treatment from organic substances, analysis of the effectiveness of disinfection of wastewater is substantiated.

Ключевые слова: очистка и обеззараживание сточных вод, водные экосистемы, судовые установки.

Key words: sewage treatment and disinfection, aquatic ecosystems, ship installations.

Состояние водных ресурсов на сегодняшний день вызывают тревогу. Одним из основных источников загрязнения водной среды является морской транспорт. Эксплуатация судов неизбежно связана с возникновением и решением проблем охраны окружающей среды и обеспечения соответствия эмиссии загрязняющих веществ современным нормативным требованиям [2; 5]. В связи с чем, встает острая необходимость в качественной очистки судовых сточных вод.

Международной конвенцией МАРПОЛ 73/78 установлены положения технического, организационного и правового характера, которые предусматривают меры по сокращению и предотвращению загрязнения моря веществами, вредными для обитателей моря, которые перевозятся или образуются в процессе эксплуатации судна [3].

Согласно приложению IV Конвенции "Сточные воды" означают:

– стоки и прочие отходы из всех типов туалетов, писсуаров и унитазов; стоки из медицинских помещений (амбулаторий, лазаретов) через располо-

женные в таких помещениях раковины, ванны и шпигаты; стоки из помещений, в которых содержатся животные;

– прочие сточные воды, если они смешаны с перечисленными выше стоками [3; 6].

За период с 2015 по 2017 года произведены измерения основных, обязательных физико-химических и санитарно-микробиологических параметров, регламентируемых санитарными правилами, а также дополнительных биологических параметров, характеризующих степень очистки и обеззараживания стоков, в 182 пробах судовых сточных вод. Исследование проводились на базе микробиологической и базовой санитарно-гигиенической лабораторий ФБУЗ "Центра гигиены и эпидемиологии в Мурманской области".

В таблице 1 представлены данные о средних объемах сброса стоков контролируемых очистных сооружений морского транспорта в воды арктических морей. Морской транспорт, сточные воды которого были нами исследованы, относился к судам 1 и 2 категорий, совершающим рейсы продолжительностью свыше 24 часов, и более 5 суток. Путем расчета был определен средний объем стоков выбрасываемых за сутки на каждый вид транспорта. Из таблицы видно, что самый большой объем сточных вод приходится на пассажирские суда.

Таблица 1 – Средний объем сброса стоков различными типами морского транспорта

Виды морского транспорта	Количество судов	Среднее количество экипажа и пассажиров, человек	Средний объем сброса стоков, литры сутки, (nх200)*
Грузовые суда	48	23	4600
Ледоколы	11	24	4800
Суда специального назначения	13	14	2800
Научно-исследовательские суда	10	37	7400
Рыболовные суда	9	48	9600
Пассажирские суда	2	150	30000

где n – суммарное количество человек на судне;

200 – минимальное количество сточных вод на 1 человека в сутки для судов I и II категорий.

Качество обработки стоков напрямую зависит от правильной работы судовой установки. За три года был произведен контроль 93 судовых установок (рис 1).

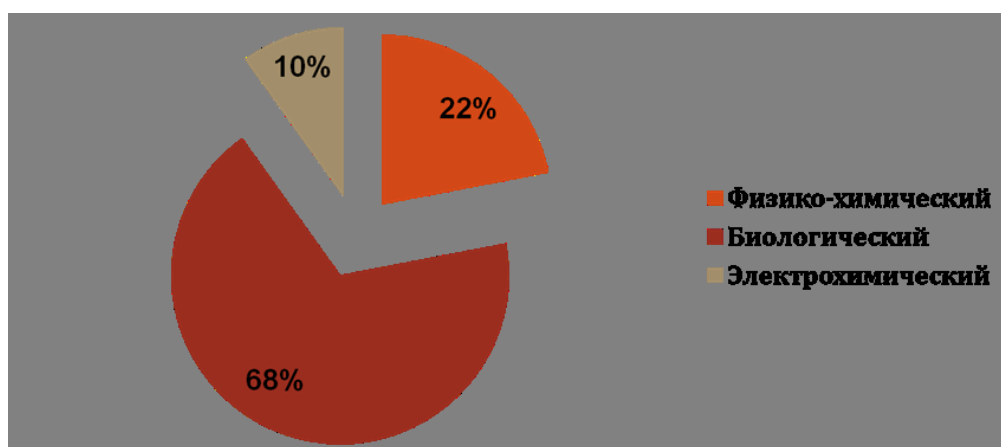


Рисунок 1 – Анализ количества используемых судовых установок по принципу их действия за 2015–2017 годы

В мировой практике применяют различные методы и способы очистки сточных вод, базирующиеся на трех основных методах: физическом, химическом и биологическом [3].

Как видно из рисунка большинство проверяемых установок работает по биологическому принципу.

Биологический метод очистки основан на биохимическом окислении стоков микроорганизмами, основные достоинства этого метода: высокая степень очистки от взвешенных веществ, в отличие от установок использующие физико-химический и электрохимический методы, а так же высокая степень разложения органических веществ стоке и малое количество шлама после очистки, и возможность очистки большого объема сточных вод, что особенно важно для крупных судов.

Перед сбросом за борт сточная вода должна быть качественно очищена и обеззаражена. За эффективность очистки согласно санитарным правилам для морских судов отвечают следующие показатели:

- биохимическое потребление кислорода за 5 суток (это кол-во кислорода мг на л которое требуется для аэробного биохимического разложения органических веществ, содержащихся в воде);

- количество твердых взвешенных веществ, плавающих на поверхности или находящихся во взвешенном состоянии. Это один из важнейших технологических показателей качества воды, позволяющий оценить количество осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод [4];

Безопасность сбрасываемых стоков характеризуют такие показатели, как:

- коли-индекс (количество бактерий на 1 л воды);
- статочный хлор – хлор (хлорноватистая кислота), оставшийся в воде после введенной дозы и после окисления находящихся в воде веществ;
- показатель БПК используется для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода.

Результаты измерения показателей БПК и ТВВ представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Значения биохимического потребления кислорода в пробах судовых сточных вод в период 2015–2017 годы

Год	Количество проб			
	Диапазон значений БПК ₅ мг/л			
	0,5–10	11–30	31–50	51 и более
2015	25	27	4	5
2016	30	17	10	11
2017	24	20	2	3

В целом с увеличением значений показателя БПК диапазона количество проб уменьшается.

По показателю БПК₅ был проведен расчет количества сточных вод в литрах, выбрасываемых в водоем за сутки, с диапазоном значений от 31 до 51 и более.

Определено, что максимальный суточный сброс судовых стоков со значениями БПК₅ свыше 31 мг/л приходился на 2016 год и составил в среднем 114,6 т/сутки (в 1,7 раза выше, чем среднесуточный объем сбросов в 2015 году и в 4 раза выше, чем 2017 году). Согласно требованиям международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года МАРПОЛ 73/78, сброс стоков с диапазоном значений БПК₅ от 31 до 50 разрешен независимо от их объемов, в морских портах, а также в пределах 1 и 2 пояса охраны морских акваторий [6].

Таблица 3 – Значений содержания твердых взвешенных веществ в судовых стоках в период 2015–2017 годы

Год	Количество проб			
	Диапазон значений ВВ мг/л			
	0,5–10	11–30	31–50	51 и более
2015	26	27	5	3
2016	43	14	2	9
2017	26	21	3	5

Расчет массы сбрасываемого в сутки сухого вещества с судовыми стоками показал, что в 2016 году среднесуточная масса сухого вещества в судовых сточных водах была выше, чем в 2015 и 2017 годах и превышала 8 т/сутки (за счет сброса стоков с концентрацией ТВВ более 51 мг/л).

Учитывая значительные суточные объемы сбрасываемых судовых стоков с относительно высоким содержанием органических и твердых взвешанных веществ, можно предположить существенную антропогенную нагрузку на экосистемы северных морей.

Данные по санитарно-микробиологическому контролю эффективности обеззараживания судовых сточных вод свидетельствовали, что большинство проб сточной воды прошло эффективное обеззараживание.

Библиографический список

1. Рабышко Э. В., Рыкалина Н. Б. Санитарно-гигиеническая характеристика сточных вод, отходов производства бета-лактамовых антибиотиков и вопросы их утилизации // Гигиена и санитария. – 1986. – № 12. – С. 75–76.
2. Зубрилов С. П., Ищук Ю. Г., Косовский В. И. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов. – Л. : Судостроение, 1989.
3. Судовые установки очистки сточных вод: способы очистки, устройство, эксплуатация: справ. пособие / Н. Г. Ермошкин [и др.]. – Одесса : ФЕНИКС, 2004. – 56 с. : ил.
4. Проектирование сооружений для очистки сточных вод [Текст] : учебное пособие / А. Ф. Рехтин, Е. Ю. Курочкин, Б. П. Лашкинский. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2016. – 314 с. – ISBN 978-5-93057-623-8.
5. Курников А. С., Мизгерев Д. С., Вопросы проектирования современных судовых систем очистки сточных вод // Вестник государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С. О. Макарова. – 2012. – № 1. – С. 154–164.
6. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененная Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78) (рус., англ.) (с изменениями на 26 сентября 1997 года), приложение IV (пересмотренное) к конвенции "Правила предотвращения загрязнения сточными водами судов", глава 1.

Санитарно-эпидемиологическое состояние озера Нижнее Ваенгское

Обухова Е. А., Литвинова М. Ю. (г. Мурманск, ФГОУВО "Мурманский государственный технический университет" кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В работе приводится анализ данных по санитарно-гигиеническому состоянию озера Нижнее Ваенгское с 2014 по 2016 гг.

Abstract. The work is an analysis of data on the health status of the Lake's Vaengskoe from 2014 to 2016 years.

Ключевые слова: озеро, качество вод, загрязнение.

Key words: lake, water quality, pollution.

Вода – один из главных стратегических ресурсов любого государства, бесприоритетный вариант политического давления и защиты национальных интересов (Зуева, 2003). Злободневной проблемой современности стало ухудшение качества природных вод и состояния водных систем в результате возросшей антропогенной деятельности. Основная причина загрязнения водных ресурсов – сброс в водоемы неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод промышленными предприятиями, а также предприятиями коммунального и сельского хозяйства (Карюхина, 1997). Накопление и рассеяние веществ антропогенного происхождения по всей планете не оставили в стороне пресноводные экосистемы, качество воды которых существенно изменилось за последние десятилетия (Кожова, 1979).

Мурманская область обладает огромными запасами водных ресурсов, однако имеющиеся проблемы санитарного состояния водоисточников питьевого водоснабжения не теряет своей актуальности. На территории ЗАТО Североморск течет река Ваенга. Длина реки Ваенги 25 км, площадь водосбора 143 км. На протяжении 25 километров протекает Ваенга через пять озер. Так, три довольно больших озера, площадью зеркала от 1,6 до 3,38 квадратных километра. На современных картах и в справочниках озера, соответственно, называются Нижнее Ваенгское, Среднее Ваенгское и Черногоубское. Площадь водоёма Нижнее Ваенгское: 1.6 км². Озеро Нижнее Ваенгское – источник питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения г. Североморска (Реки и озера Мурманской области, 2008).

Цель исследования – изучить санитарно-гигиеническое состояние озера Нижнее Ваенгское по санитарно-химическим и микробиологическим показателям с 2014 по 2016 гг.

Материалом для исследований являлась вода озера Нижнее Ваенгское. Пробы исследовались в стационарных сертифицированных лабораториях ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области". Каждую пробу исследовали по бактериологическим (общие (ОКБ) и термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги), а также санитарно-химическим показателям (содержание солей аммония, нитритов, нитратов, железа, перманганатной окисляемости, содержания взвешенных веществ в воде). Качество воды оценивали на соответствие требованиям нормативных документов [1–5; 9–11; 13].

Динамика изменений значений БПК₅ за период исследований представлена на рис. 1. и значений массовой концентрации ионов аммония представлена на рис. 2. Биохимической потребностью в кислороде (БПК) называют количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ аэробными микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности. Обычно определяют биохимическую потребность в кислороде за 5 суток, обозначая ее соответственно БПК₅.

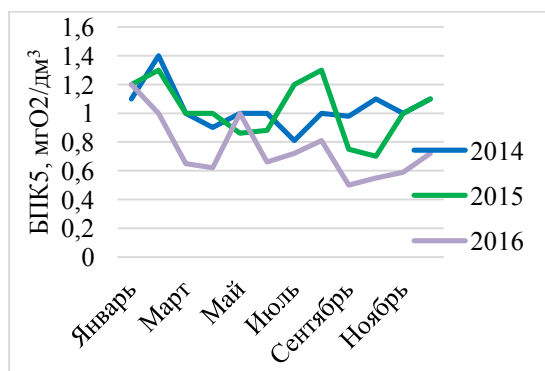


Рисунок 1 – Динамика изменений значений БПК₅ в воде озера Нижнее Ваенгское

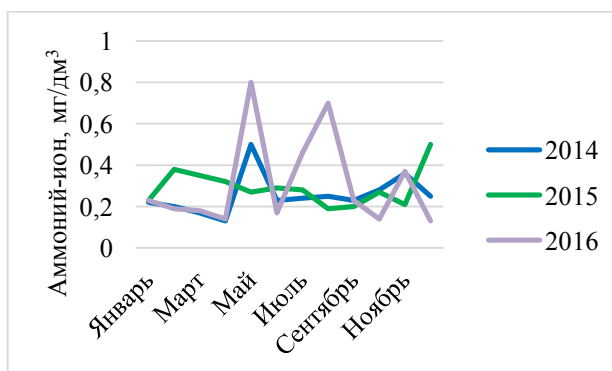


Рисунок 2 – Динамика изменений массовой концентрации ионов аммония в воде озера Нижнее Ваенгское

Обычно за это время происходит окисление органического или аммонийного азота. В период исследования уровень кислорода колебался в небольших пределах и был незначительным, не входил в противоречия с установленными величинами. Минимумы показателей регистрировали с марта по апрель и с сентября по октябрь, что свидетельствует об усилении эвтрофирования в данный период (рис. 1).

Повышенное содержание аммония может свидетельствовать о попадании фекальных стоков или органических удобрений. Однако большая часть

ионов аммония попадает в воду со стоками животноводческих ферм, сельскохозяйственных полей, промышленных предприятий. Высокая плотность содержания аммония может быть в водоёмах, находящихся вблизи от коммунальных очистных сооружений, канализации и выгребных ям. Продуктом распада аммония является аммиак. В воде он связывается с другими элементами и может создавать очень токсичные соединения. По данным СанПин концентрация аммонийного азота не должна превышать показатель 1,5 мг/л. Минимальное содержание ионов аммония отмечается в апреле и составило в 2014 году 0,13 мг/л. Максимальная концентрация аммония 0,8 мг/л наблюдались в мае 2016 года. Концентрация в воде озера Нижнее Ваенгское аммиака и ионов аммония соответствовала нормативам (рис. 2).

Динамика изменения значений массовой концентрации нитритов в воде показана на рис. 3 и содержания нитратов представлена на рис. 4.

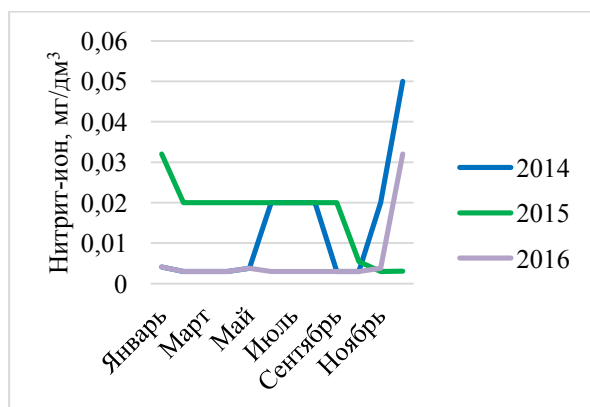


Рисунок 3 – Динамика изменений массовой концентрации нитритов в воде Озера Нижнее Ваенгское

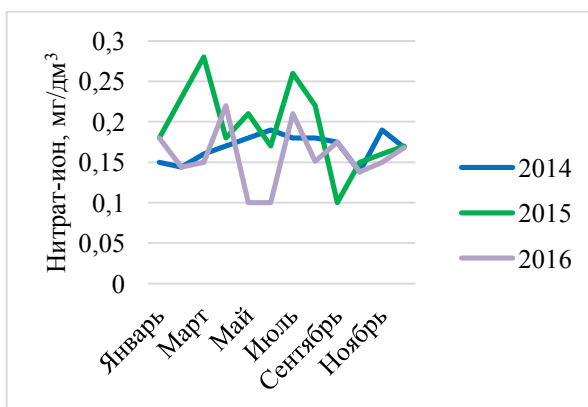


Рисунок 4 – Динамика изменений концентрации нитратов в воде Озера Нижнее Ваенгское

Нитритами называются соли азотистой кислоты. Они являются промежуточными продуктами биологического разложения азотсодержащих органических соединений. В природных водах количество нитрита может увеличиваться, если загрязняющих веществ слишком много и полезные бактерии не успевают их переработать. Однако в основном это происходит по вине человека. Использование азотистых удобрений, стоки промышленных предприятий и животноводческих ферм заметно влияют на повышение концентрации примесей в воде. Минимальное содержание нитрит-ионов отмечено в 2016 году и составило 0,003 мг/л. Максимальная концентрация нитритов 0,05 мг/л наблюдались в декабре 2014 года. Концентрация в воде озера Нижнее Ваенгское нитритов соответствовала нормативам (рис. 3).

По нормам СанПин, безопасной считается концентрация вещества 45 мг/л. Минимальное содержание нитрат-ионов отмечено в мае и июне 2016 года и составило 0,1 мг/л. Максимальная концентрация нитратов 0,28 мг/л наблюдалась в марте 2015 года. Концентрация в воде озера Нижнее Ваенгское нитратов соответствовала нормативам (рис. 4).

Повышенная концентрация железа придаёт воде жёлтую окраску. Такая вода не только не пригодна для питья, но и очень вредна для труб, смесителей, сантехники и бытовой техники. Динамика изменения значений концентрации железа (III) в воде за период исследований представлена на рис. 5. На графике концентрация железа (III) снижалась в конце апреля, начале мая и в летние месяцы с поступлением талых и дождевых вод в открытый водоем. Концентрации железа (III) в воде озера Нижнее Ваенгское превышала ПДК в весенний гидрологический сезон на протяжении всего периода исследования и в летние и осенние месяцы в 2016 году (рис. 5).

Перманганатная окисляемость (ПМО) показывает общее значение загрязнения воды органическими и минеральными веществами. Такими могут быть гуминовые кислоты почв, следы гниения растений и различных химических соединений. Её величина представляет собой миллиграммы кислорода, ушедшего на окисление 1 дм³ воды с такими веществами. По требованиям СанПин норма ПМО – 5 мг/дм³. Динамика изменения значений перманганатной окисляемости в воде за период исследований представлена на рис. 6. В период исследования уровень перманганатной окисляемости колебался в небольших пределах и был незначительным, но в ноябре 2016 года превысил уровень допустимого значения (рис. 6).

Динамику изменений содержания взвешенных веществ в воде озера Нижнее Ваенгское за период исследования можно наблюдать на рис. 7. Содержание взвешенных веществ зависит от времени года. В период паводка и дождей с почвы смываются органические и неорганические вещества, большие количества взвеси попадают в открытый водоём. В глухозимье вода очищается, соли концентрируются. Содержание взвешенных веществ в воде озера Нижнее Ваенгское превышало ПДК в весенний гидрологический сезон в 2014 и 2015 годах. На протяжении остального периода исследования уровень допустимого значения находился в пределах норматива.

Микробиологические показатели ОКБ на протяжении всего периода исследований постепенно увеличивались от минимальных значений зимой к летнему максимуму, при этом находясь в пределах нормы (рис. 8). С наступ-

лением весеннего периода постепенно повышается температура воды в озере, начинается таяние льда, снега, и вместе с паводковыми водами в озеро поступают аллохтонные органические вещества, что создаёт благоприятные условия для размножения и развития бактерий, а это, следовательно, и приводит к повышению их численности (рис. 8).

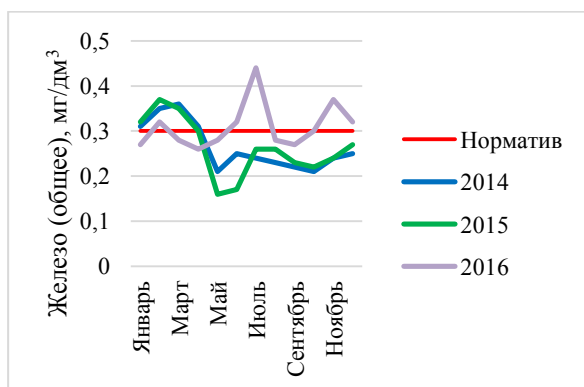


Рисунок 5 – Динамика изменения концентрации железа (III) в воде Озера Нижнее Ваенгское

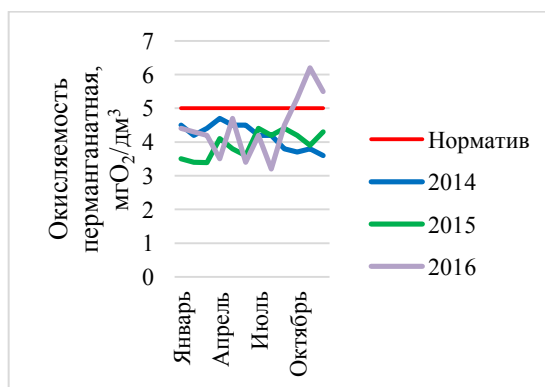


Рисунок 6 – Динамика изменений значений перманганатной окисляемости в воде озера Нижнее Ваенгское

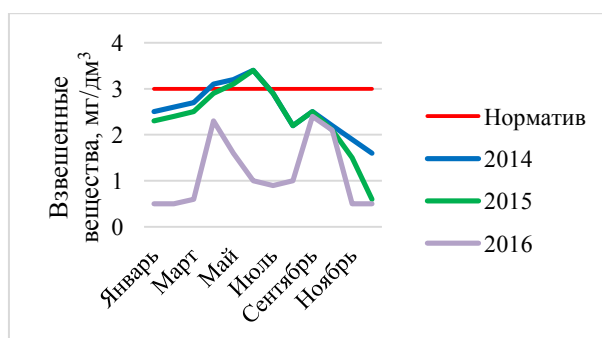


Рисунок 7 – Динамика изменений содержания взвешенных веществ в воде озера Нижнее Ваенгское

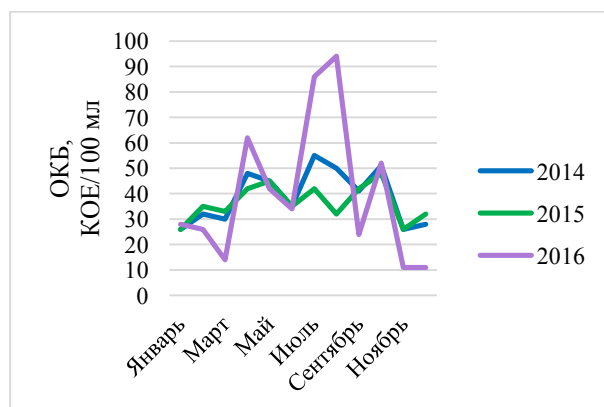


Рисунок 8 – Динамика численности ОКБ озера за 2014 – 2016 гг.

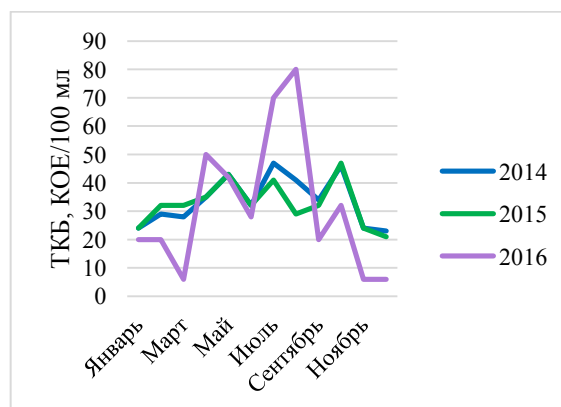


Рисунок 9 – Динамика численности ТКБ озера за 2014 – 2016 гг.

Высокие значения ТКБ наблюдались также с весенний гидрологический сезон, зимой достигая минимума. Это может быть связано с тем, что в осеннее-зимний период температура воды понижается, активность некоторых групп микроорганизмов падает, их численность уменьшается (рис. 9). При этом отмечено, что вода озера содержит допустимое количество ОКБ и ТКБ и соответствуют нормативам и пригодны для хозяйственно-питьевого использования по этим показателям.

Колифаги не обнаружены на протяжении всего периода исследований. Вода озера соответствует нормативам и пригодна для хозяйственно – питьевого использования по этому показателю.

Как видно из анализа результатов исследований вода озера Нижнее Ваенгское в большинстве случаев соответствует государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам по СанПиН 2.1.4.1110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения".

Библиографический список

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – Введ. 15–06–2003. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.
2. ГОСТ 17.1.5.05-85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – Введ. 01–07–1986. – Москва : Изд-во стандартов, 2006. – 12 с.
3. ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. введ. 01–01–2016. – Москва : Изд-во стандартов, 2015. – 12 с.
4. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. – Взамен ГОСТ 4011-48 ; введ. 01–01–1974. Москва : Изд-во стандартов, 2010. – 12 с.
5. ГОСТ Р 55684-2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. – Введ. 01–01–2015. – Москва : Изд-во стандартов, 2014. – 10 с.
6. Зуева Е. Т., Фомин, Г. С. Питьевая и минеральная вода. Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности. – М. : Протектор, 2003. – 320 с.

7. Карюхина Л. Н., Чурбанова И. Н. Контроль качества воды. – М. : Стройиздат, 1997. – 266 с.
8. Кожова О. М. Исследование биологического действия антропогенных факторов, загрязняющих водоемы. – Иркутск : ИГУ, 1979 – 184 с.
9. МУК 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ поверхностных водоёмов методические указания. – Взамен МУ 2285-81 ; введ. 03–04–2004. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 46 с.
10. РД 52.24.420 – 2006. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом. – Введ. 01–11–2006. – Ростов-на-Дону, 2006 – 28 с.
11. Реки и озера Мурманской области: дайджест / МУК Севером. централиз. библиот. система, Информ.-библиогр. Отд ; [сост. О. А. Авраменко]. – Североморск, 2008. – 44с.
12. СанПиН 2.1.5.980–00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы. – Введ. 01–11–2000. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора минздрава России, 2000. – 46 с.

Сравнительная характеристика фракционного состава белков и пептидов мышечной ткани и печени культивируемой речной радужной форели

Овчинникова С. И., Михнюк О. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В статье представлена сравнительная характеристика фракционного состава белков и пептидов мышечной ткани и печени культивируемой речной радужной форели. Для анализа использовался метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ, HPLC). Были проанализированы 4 фракции белков и пептидов мышечной ткани и печени радужной форели, оценена их роль.

Abstract. The comparative analysis of proteins and peptides of muscle tissue and liver of trout, percentage content and biological role of 4 important protein and peptides fractions of muscle tissue and liver of trout are considered in this article.

Ключевые слова: форель, белок, пептиды, мышечная ткань, печень, фракции.

Key words: trout, protein, peptides, muscle tissue, liver, fractions.

Культивируемая радужная форель обладает такими ценными свойствами, как хорошая приспособляемость (по сравнению с другими видами лососевых рыб) к повышенной температуре воды, кормовым объектам в естественных и искусственных условиях, более высокий темп роста, легкость получения гибридных форм, значительный диапазон адаптивности к воде различной солености и минерального состава, весенний нерест, меньшая продолжительность эмбрионального развития, что делает ее привлекательной для рыбоводов [1; 2].

Важным критерием оценки физиологического состояния форели являются исследования аминокислотного и белкового состава [3]. Фракционный состав белковых соединений мышечной ткани и печени культивируемой речной радужной форели был исследован методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC).

На основе данных по хроматографии был проведен анализ полученных белковых и пептидных фракций мышечной ткани и печени культивируемой радужной форели возрастом 1+ и 2+, распределение их по молекулярным массам (ММ).

В мышечной ткани радужной форели нами были определены 4 фракции: ММ 6 и ниже кДа (низкомолекулярные пептиды), ММ 6–32 кДа (среднемолекулярные белки), ММ 32–100 кДа (высокомолекулярные белки), ММ 100 кДа и выше – также высокомолекулярные белки. Для каждой фракции белков мышечной ткани и печени радужной форели было рассчитано процентное содержание от общего количества всех белков (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение содержания белков и пептидов по HPLC-фракциям в мышечной ткани и печени культивируемой радужной форели

Фракция	Диапазон молекулярных масс белковых фракций, кДа	Форель возрастом 1+, мышечная ткань	Форель возрастом 2+, мышечная ткань	Форель возрастом 2+, печень
1	6 и ниже 1	42,51 %	45,33 %	71,8 %
2	6–32	26,0 %	23,85 %	12,02 %
3	32–100	16,40 %	13,85 %	6,41 %
4	Выше 100	15,09 %	16,97 %	6,22 %

Пептиды необходимы для нормализации обмена веществ в миоцитах форели (клетках мышечной ткани) во время роста молоди. Пептиды участвуют в компенсаторных реакциях организма форели к условиям обитания молоди, так как известно, что пептиды снижают утомляемость мышц рыбы при усиленных физических нагрузках. Характерными представителями среднемолекулярных белков рыб являются белки саркоплазматической фракции (миоген, миоглобин, миоальбумин, Х-глобулин), обеспечивающие транспортную функцию, гликолиз, тканевое дыхание. Миоген (миогеновая группа) – биологически полноценный, глобулярный белок. Растворим в воде и солевых средах с низкой ионной силой, высаливается насыщенным раствором NaCl. К миогеновой группе относятся ферменты гликолиза. Миоглобин характерен для красных мышц. Также является биологически полноценным белком, глобулярным по структуре. Миоглобин относится к хромопротеидам, по структуре и биологическим функциям является аналогом гемоглобина. Как и гемоглобин, соединяется с O₂ и депонирует его в мышцах форели для тканевого дыхания, имеет молекулярную массу, равную 16900 Да. Растворим в воде и 10 %-м растворе NaCl. К глобулину Х относятся деполимеризованные молекулы миофибриллярных белков актина и миозина. Глобулин Х – биологически полноценный белок, извлекается при обработке 1,0–1,5 %-м раствором хлорида натрия

после отделения остатка миогеновой фракции. Не растворим в воде. Имеет ИЭТ при рН, равном 6. В нейтральной среде (рН 7) коагулирует при 80 °С, в кислой (рН 6,5) – при 50 °С. В насыщенных растворах NaCl глобулины высаливаются. По сравнению с глобулинами мяса теплокровных животных глобулины мяса рыб, в частности, радужной форели, более устойчивы к нагреву. Миоальбумин составляет 1–2 % мышечных белков форели, является биологически полноценным глобулярным белком, по свойствам напоминает альбумин сыворотки крови. Содержание миоальбумина низкое, особенно в скелетных мышцах. При электрофорезе этот белок является наиболее подвижным. К высокомолекулярным белкам (фракции 3 и 4 по таблице 1) относятся белки миофибриллярной фракции (миозин, актин, актомиозин, тропонин, тропомиозин), обеспечивающие двигательную активность и сокращение мышц форели, а также коллаген и эластин [4].

Анализ данных показывает, что наибольшее процентное содержание было характерно в мышечной ткани форели возрастом 1+ для первой фракции (пептиды – 42,51 %), 2 место занимала фракция 2 (среднемолекулярные белки – 26,00 %), 3 – фракция 3 (высокомолекулярные белки – 16,40 %), 4 – фракция 4 (высокомолекулярные белки – 15,09 %). Для мышечной ткани форели возрастом 2+ наблюдалась иная зависимость. Наибольшая массовая доля была характерна в мышечной ткани форели возрастом 2+ для первой фракции (пептиды – 45,33 %), 2 место занимала фракция 2 (среднемолекулярные белки – 23,85 %), 3 – фракция 4 (высокомолекулярные белки – 16,97 %), 4 – фракция 3 (высокомолекулярные белки – 13,85 %). Тот факт, что доминирующей фракцией являлись пептиды с ММ 6 кДа и ниже можно объяснить тем, что мышечные низкомолекулярные белки активно участвуют в процессах метаболизма в миоцитах в период роста организма форели, активно стимулируют процессы гликолиза и ресинтеза АТФ, активируют фермент аденозинтрифосфатазу.

Содержание фракции 1 (ММ 6 и ниже кДа) в мышечной ткани форели возрастом 2+ было выше по сравнению с массовой долей данной фракции для форели возрастом 1+ на 2,82 %. Более высокое содержание пептидов в мышечной ткани форели возрастом 2 + необходимо, как уже отмечалось, для нормализации обмена веществ в клетках мышечной ткани во время роста молоди. Содержание фракции 2 (среднемолекулярных белковых веществ) в мышечной ткани форели было довольно высоким и находилось в диапазоне 23,25–26,00 %, что можно объяснить высокой двигательной активностью мо-

лоди форели, преодолением влияния потока течения, значительной толщи воды. Массовая доля средномолекулярных белков фракции 2 (6–32 кДа) в мышечной ткани радужной форели возрастом 1+ была выше по сравнению с процентным содержанием данной фракции для форели возрастом 2+ на 2,15 %. Содержание высокомолекулярных белков фракции 3 (32–100 кДа) в мышечной ткани радужной форели возрастом 1+ было более высоким по сравнению с массовой долей данной фракции для форели возрастом 2+ на 2,55 %. Массовая доля фракции 4 у радужной форели возрастом 2+ была больше по сравнению с данным показателем для мышечной ткани форели возрастом 1+ на 1,89 %. В итоге, суммарная массовая доля фракций 3 и 4 – высокомолекулярных белковых соединений (миозин, актин, актомиозин, тропонин, тропомиозин, коллаген, эластин) в мышечной ткани молоди форели уменьшилась с возрастом на 0,67 % (с 31,49 % до 30,82 %).

Методом ВЭЖХ белковый экстракт из печени радужной форели возрастом 1+ был разделен на 4 фракции: низкомолекулярную (с ММ 6 и ниже кДа), средномолекулярную (ММ 6–32 кДа), 2 высокомолекулярные (ММ 32–100 кДа и ММ 100 выше кДа). Для каждой фракции определено процентное содержание от общего количества всех белков. Наибольшая массовая доля была характерна для печени радужной форели возрастом 1+ для фракции 1 (ММ 6 и ниже кДа) – 71,8 %, как и для мышечной ткани (42,51 %), причем для печени массовая доля низкомолекулярной фракции (71,80%) была на 29,29 % выше по сравнению с аналогичным показателем для мышечной ткани. 2 место занимала фракция 2 (ММ 6–32 кДа – 12,02 %), как и для мышечной ткани (26,00 %). Массовая доля средномолекулярных белков (6–32 кДа) в печени была ниже на 13,98 % по сравнению с данной фракцией в мышечной ткани, что свидетельствовало о меньшей роли белков саркоплазмы клеток печени (миоген, миоглобин, миоальбумин, Х-глобулин) в обеспечении гликолиза, транспортной функции и функции тканевого дыхания. На 3 месте в отличие от мышечной ткани (4 место) находились фракция 4 (ММ больше 100 кДа – 9,77 %), массовая доля данной фракции в печени форели возрастом 1+ была ниже на 5,32 % по сравнению с содержанием данной фракции в мышечной ткани (15,09 %). 4 место заняла фракция 3 (ММ 32–100 кДа – 6,41 %), массовая доля 3 фракции в печени была на 9,99 % ниже по сравнению с данным показателем для мышечной ткани (16,40 %). Таким образом, содержание средномолекулярных и высокомолекулярных белков фракций 2, 3 и 4 в печени было меньше по сравнению с данными белковыми фракциями в мышечной ткани культивируемой радужной форели возрастом 1+.

Таким образом, биохимический анализ белковых фракций мышечной ткани и печени культивируемой речной радужной форели дает возможность более глубоко оценить биологическую роль белков в процессах метаболизма в миоцитах и гепатоцитах в период роста организма форели.

Библиографический список

1. Титарев, Е. Ф. Форелеводство / Е. Ф. Титарев. – М. : Пищ. промышленность, 1980. – 165 с.
2. Цуладзе, В. Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб / В. Л. Цуладзе. – М. : Агропромиздат, 1990. – 156 с.
3. Овчинникова, С. И. Сравнительный анализ аминокислотного состава мышечной ткани культивируемой радужной форели / С. И. Овчинникова // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2017 г. : в 2 ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2017. – С. 51–54.
4. Овчинникова, С. И. Биохимические и гидрохимические исследования водных экосистем Северного бассейна. Монография / С. И. Овчинникова, Т. А. Широкая, Л. А. Похольченко, О. В. Михнюк, Е. Б. Смирнова, Л. И. Ти-макова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2010. – 167 с.

Сравнительный биохимический анализ фракционного липидного состава мышечной ткани и печени речной и морской радужной форели разных возрастных групп

Овчинникова С. И., Михнюк О. В., Шашкова Е. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В статье представлен сравнительный биохимический анализ фракционного липидного состава мышечной ткани и печени культивируемой (морской и речной) радужной форели разных возрастных групп. Проанализированы 6 фракций липидов: диацилглицерины, триацилглицерины, стерин (холестерин), эфиры стерина, фосфолипиды (фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин и др.), свободные жирные кислоты.

Abstract. The comparative analysis of main lipids of muscle tissue and liver of trout, percentage content and biological role of 6 important lipid fractions of muscle tissue and liver of trout are considered in this article.

Ключевые слова: форель, липиды, мышечная ткань, печень, фракции.

Key words: trout, lipids, muscle tissue, liver, fractions.

В настоящее время серьезное внимание уделяется вопросам культивирования радужной форели, которая обладает рядом преимуществ – высоким темпом роста, легкостью получения гибридных форм, широким диапазоном адаптивности к температуре, солености, и минеральному составу водной среды. Весенний нерест, меньшая продолжительность эмбрионального развития делает ее привлекательной для рыбоводов [1; 2].

Для оценки физиологического состояния организма форели был проанализирован фракционный липидный состав мышечной ткани и печени культивируемой (морской и речной) радужной форели разных возрастных групп (0+, 2+, 3+). Тканевые липиды экстрагировали по методу Блайя–Дайера. Фракционный состав липидов анализировался методом одномерной тонкослойной хроматографии (ТСХ). Идентификация фракций липидов проводилась на приборе CS-9000 фирмы "Shimadzu" (Япония) с помощью стандартов фирмы "Sigma" (США).

Были определены следующие липидные фракции мышечной ткани и печени культивируемой в садках на реке Тулома радужной форели разных возрастных групп: триацилглицерины, диацилглицерины, холестерин, эфиры стерина, фосфолипиды, в том числе, фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, а также свободные жирные кислоты, рассчитаны их массовые доли в %

от общего содержания липидов. Липидный состав мышечной ткани и печени сеголеток характеризовался доминированием структурных липидных компонентов (фосфолипидов) и запасных (триацилглицеринов (ТАГ)). Наибольшая массовая доля была характерна для триацилглицеринов в мышечной ткани сеголеток (57,0 %). В печени сеголеток процентное содержание ТАГ составило 23,1 % и было ниже на 33,9 % по сравнению с данным показателем для мышечной ткани. Количество диацилглицеринов (ДАГ) в печени сеголеток (2,2 %) было на 0,6 % выше, чем в мышечной ткани (1,6 %). Преобладающей фракцией липидов в печени культивируемой форели (сеголетки) явились фосфолипиды, их массовая доля составила 45,8 % от общего количества липидов. Содержание фосфолипидов в мышечной ткани сеголеток было равно 31,1 % от общего количества липидов. В печени массовая доля фосфолипидов была на 14,7 % выше по сравнению с мышечной тканью. Процентное содержание фосфатидилхолина (лецитина) в печени сеголеток (29,7 %) превышало его количество в мышечной ткани (17,7 %) на 12,0 %. Массовая доля фосфатидилэтаноламина (кефалина) в печени сеголеток (11,3 %) превалировала над его количеством в мышечной ткани (9,9 %) на 1,4 %.

Было рассчитано соотношение количеств фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина (ФХ / ФЭА) для мышечной ткани и печени сеголеток (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Отношения количеств ФХ/ФЭА и ХС/ФЛ в мышечной ткани культивируемой речной радужной форели разных возрастных групп

Возраст форели	ФХ / ФЭА	ХС / ФЛ
0+	1,787	0,215
2+	2,294	0,206
3+	2,367	0,188

Таблица 2 – Отношения количеств ФХ / ФЭА и ХС / ФЛ в печени культивируемой речной радужной форели разных возрастных групп

Возраст форели	ФХ / ФЭА	ХС / ФЛ
0+	2,628	0,325
2+	2,057	0,398
3+	3,441	0,262

Данное отношение характеризует участие мембранных липидов в компенсаторных реакциях организмов рыб. Для печени сеголеток по сравнению с мышечной тканью отношение ФХ / ФЭА было больше в 1,47 раз и составило 2,628, для мышечной ткани – 1,787.

Массовая доля неидентифицированных фосфолипидов для печени форели составила 4,8 % и была больше по сравнению с мышечной тканью (3,5 %) на 1,3 %. Содержание свободных жирных кислот в печени сеголеток (6,5 %) было выше на 5,6 %, чем в мышечной ткани (0,9 %). Было установлено, что концентрация холестерина в печени (14,9 %) превышала данный показатель в мышечной ткани (6,7 %) на 8,2 %. Холестерин наряду с фосфолипидами и мембранными белками обеспечивает избирательную проницаемость клеточной мембраны и оказывает регулирующее влияние на состояние мембраны и на активность мембраносвязанных ферментов. Массовая доля эфиров стерина в печени сеголеток (7,4 %) имела более высокое значение, чем содержание данных соединений в мышечной ткани (1,9 %) на 5,5 %. Было также рассчитано соотношение содержания холестерина и количества фосфолипидов (ХС/ФЛ) (табл.1, 2). Отношение ХС/ФЛ является характеристикой активности мембраносвязанных ферментов. Высокий показатель свидетельствует о повышении устойчивости биомембран клеток мышечной ткани и печени форели к пониженным температурам. Для печени сеголеток ХС / ФЛ составило 0,325 и было выше в 1,5 раза выше по сравнению с данным показателем для мышечной ткани (0,215) [3].

Анализ липидных фракций форели возрастом 2+ показал, что в мышечной ткани из всех идентифицированных фракций преобладали ТАГ (43,3 %) и фосфолипиды (42,2 %), в печени превалирующей фракцией были фосфолипиды (45,4 %).

Содержание ТАГ в мышечной ткани форели возрастом 2+ уменьшилось по сравнению с данным показателем для сеголеток на 13,7 %. Сумма неидентифицированных фосфолипидов для мышечной ткани составила 5,2 %. Массовая доля фосфолипидов в мышечной ткани радужной форели возрастом 2+ возросла на 11,1 %, лецитина на 8 %, кефалина на 1,2 %, неопознанных фосфолипидов на 1,9 % по сравнению с аналогичными показателями для мышечной ткани сеголеток. Было рассчитано соотношение ФХ / ФЭА (табл. 1, 2). Для мышечной ткани двухлеток соотношение составило 2,294, что было в 1,28 раз выше по сравнению с показателем для сеголеток (1,787). Для печени форели возрастом 2+ этот показатель был равен 2,057 и был в 1,28 раз ниже по сравнению с аналогичным отношением для сеголеток. Сумма неидентифицированных фосфолипидов для печени форели возрастом 2+ была равной 3,1 %, т. е. на 1,7 % меньше по сравнению с аналогичным показателем для сеголеток (4,8 %). Содержание холестерина в мышечной ткани двухлеток (8,7 %) было на 2 % выше по сравнению с количеством данного стерола

в мышцах сеголеток (6,7 %). Концентрация холестерина в мышечной ткани двухлеток имела значение ниже на 9,4 % (8,7 %), чем в печени данной форели (18,1 %). Концентрация эфиров стерина в мышечной ткани была ниже на 4,6% (2,5 %), чем в печени (7,1 %). Для форели возрастом 2+ был проведен расчет отношения содержания холестерина к количеству фосфолипидов (ХС / ФЛ) (табл. 1, 2.). Для мышечной ткани форели возрастом 2+ отношение ХС / ФЛ составило 0,206, т. е. в 1,04 раза было меньше по сравнению с ХС / ФЛ для сеголеток (0,215). Для печени форели возрастом 2+ отношение ХС / ФЛ имело значение 0,398 и превышало в 1,225 раз данный показатель для печени сеголеток (0,325).

Анализ липидных фракций форели возрастом 3+ показал, что преобладающей фракцией в мышечной ткани были ТАГ (74,9 %), в печени – фосфолипиды (48,3 %). Для трехлеток по сравнению с сеголетками и двухлетками было характерно более высокое содержание ТАГ в мышечной ткани (в 1,31 раз больше, чем у сеголеток, в 1,73 раз – чем у двухлеток). Для форели возрастом 3+ было рассчитано соотношение ФХ / ФЭА (табл. 1,2). Для мышечной ткани трехлеток отношение ФХ / ФЭА составило 2,367, для печени этот показатель был равен 3,441, т. е. в 1,45 раз выше по сравнению с мышечной тканью. Сумма неидентифицированных фосфолипидов в печени (3,1 %) была выше на 2,6 % по сравнению с содержанием данной фракции в мышечной ткани (0,5 %). Для форели возрастом 3+ концентрации холестерина и эфиров стерина имели более низкие значения в мышечной ткани (3,2 % и 1,5 %), чем в печени (12,7 % и 4,6 %), на 9,5 % и 3,1 %, соответственно. Было рассчитано отношение содержания холестерина к количеству фосфолипидов (ХС / ФЛ) (табл. 1, 2) Для мышечной ткани форели возрастом 3+ ХС / ФЛ составило 0,188, для печени – 0,262, т. е. для печени данный показатель был в 1,4 раза выше. Было установлено, что наибольшее количество ТАГ в мышечной ткани характерно для форели возрастом 3+. Наибольшее содержание ДАГ, свободных жирных кислот, фосфолипидов (кефалина, лецитина), стерина, эфиров стерина было характерно для мышечной ткани форели возрастом 2+, что являлось показателем интенсивности метаболических процессов в период роста форели.

Был проведен сравнительный анализ фракционного состава липидов мышечной ткани культивируемой (морской и речной) радужной форели (сеголетки), рассчитаны массовые доли липидных фракций в % от общего содержания липидов. Мышечная ткань морской форели по сравнению с речной характеризовалась более высоким содержанием ДАГ (на 0,3 %), ТАГ

(на 1,1 %), стерин (на 1,9 %), свободных жирных кислот (на 0,2 %), но меньшим количеством эфиров стерина (на 0,5 %), фосфолипидов (на 2,2 %), особенно, кефалина (на 2,0 %). Отношение ХС/ФЛ для мышечной ткани морской форели составило 0,297, что в 1,38 раз выше по сравнению с ХС/ФЛ для речной форели (0,215). Более высокое значение ХС/ФЛ свидетельствует о повышенной устойчивости биомембран миоцитов морской форели к низким температурам. Для мышечной ткани морской форели было рассчитано отношение количеств фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина (ФХ / ФЭА), которое характеризует участие мембранных липидов в компенсаторных реакциях рыб. Для мышечной ткани морской культивируемой форели (сеголетки) ФХ / ФЭА составило 2,253, что в 1,26 раз было выше по сравнению с данным отношением для мышц речной форели (1,787).

Таким образом, для мышечной ткани речной культивируемой радужной форели с возрастом наблюдалось возрастание ФХ / ФЭА и уменьшение ХС/ФЛ. Для печени речной культивируемой форели с возрастом наблюдалась иная закономерность: понижение значений ФХ / ФЭА для форели возрастом 2+ по сравнению с сеголетками и возрастание данного показателя для форели возрастом 3+; повышение значений ХС / ФЛ для форели возрастом 2+ по сравнению с сеголетками и уменьшение данного показателя для форели возрастом 3+. Для мышечной ткани морской культивируемой форели (сеголетки) значения ФХ / ФЭА и ХС / ФЛ были выше по сравнению с аналогичными показателями для речной форели. Биохимический анализ липидных фракций мышечной ткани и печени культивируемой речной и морской радужной форели разных возрастных групп позволит расширить представление о биологической роли различных групп липидов в развитии организма форели.

Библиографический список

1. Титарев, Е. Ф. Форелеводство / Е. Ф. Титарев. – М. : Пищ. промышленность, 1980. – 165 с.
2. Цуладзе, В. Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб / В. Л. Цуладзе. – М. : Агропромиздат, 1990. – 156 с.
3. Овчинникова, С. И. Липидный состав мышечной ткани и печени форели / С. И. Овчинникова, О. В. Михнюк // "Наука и образование – 2012 [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. / ФГОУ ВПО "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск, 2012. – С. 529–530.

Культивируемые эпифитные бактерии водорослей *Fucus vesiculosus* (Phaeophyta) Баренцева моря

Пуговкин Д. В. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН", лаборатория альгологии)

Аннотация. Показано количественное распределение культивируемых эпифитных бактерий, в том числе, углеводородокисляющих, по таллосу *Fucus vesiculosus* в различающихся по степени загрязнения акваториях. Наименьшее количество отмечено в апикальной части водорослей, максимальное – у основания таллома.

Abstract. The quantitative distribution of the cultivable epiphytic bacteria, including hydrocarbon-oxidizing, on the thallus of *Fucus vesiculosus* in polluted and non polluted areas was shown. The minimal amount was marked on the surface of apical part of the seaweed, the maximum was on the bottom of the thallus.

Ключевые слова: эпифитные бактерии, углеводородокисляющие бактерии, нефтепродукты, таллом, *Fucus vesiculosus*.

Key words: epiphytic bacteria, hydrocarbon-oxidizing bacteria, oil product, thallus, *Fucus vesiculosus*.

Численность и распределение различных групп эпифитных бактерий на поверхности таллома макрофитов зависит от таксономической принадлежности водоросли, расположения участка таллома, сезона года и концентрации органических веществ в среде.

Эпифитные бактериальные сообщества морских растений и водорослей, в отличие от пресноводных, малоизучены. Большая часть опубликованных работ по данному вопросу касается морской травы *Zostera marina* и ряда бурых водорослей. Было показано, что планктонные формы бактерий способны закрепляться на поверхности растения *Zostera marina*. Их количество на различных частях данных макрофитов зависело от многих факторов, но в основном закрепление и дальнейшее развитие эпифитных бактерий контролируется продуктами метаболизма, секретируемыми zostерой [1].

Торнбломом и Сондергаардом были проведены работы с zostерой из фьорда Роскилд (Roskilde) в Дании [2]. Отмечено, что на поверхности листьев находились плотноупакованные палочковидные формы бактерий, "сросшиеся" с растением и образующие сплошной бактериальный слой. В результате, старые листья были покрыты слоем слизистого вещества. Распреде-

ление и форма бактерий в этом слое носили неоднородный характер. Помимо бактерий встречались также и микроскопические водоросли. Численность бактериальных клеток возрастала с увеличением возраста листьев. Значительные различия в численности этих бактерий на молодых и старых листьях отмечались в весенне – летний период. В середине августа наблюдалось увеличение численности бактерий в 4–7 раз.

Для бурых водорослей *Fucus vesiculosus* показано, что на молодой части таллома водоросли численность бактерий обычно минимальна. Максимальное же количество бактерий наблюдается на нижних, старых участках таллома. Объясняется это тем, что либо макрофитами в период роста именно

на этих молодых участках выделяются в среду обитания бактериостатические или бактерицидные вещества, либо они не могут обеспечить благоприятные условия для прикрепления эпифитных организмов. Кроме того, на поверхности макрофитов может снижаться pH, что также может препятствовать развитию бактерий [3; 4].

Различия в численности эпифитных бактерий на различных участках таллома четко прослеживается и при сканировании поверхности баренцево-морской *Saccharina latissima* (ранее – *Laminaria saccharina*). Причем эти различия могут быть как количественными, так и качественными [5]. Минимальные значения численности – $(25 \pm 5,8)$ млн. кл/см² – наблюдались в нижней части пластины, в зоне интенсивного роста. Преобладали клетки округлой формы. По мере удаления от зоны роста численность бактерий увеличивалась до $(46,7 \pm 16,7)$ млн. кл/см² в центральной части и до $(100 \pm 11,5)$ млн. кл/см² – в верхней части.

Исследования *Saccharina latissima* в Северном море [6] показали, что максимальное количество эпифитных бактерий на пластине наблюдалось в ее центральной части и составляло $2,88 \times 10^8$ кл/см². Минимум общей численности бактерий был отмечен на меристематической зоне таллома – $2,09 \times 10^8$ кл/см² [6].

Материалы и методы

Для учета количества культивируемых гетеротрофных бактерий использовали метод предельных разведений (Руководство по методам ..., 1980) с применением жидких питательных сред.

Результаты и обсуждения

Анализ апикальной, центральной частей и основания таллома фукуса, взятого из незагрязненной нефтяными углеводородами акватории показал, что количество эпифитных бактерий увеличивается от верхушечной части таллома к его нижней части. Максимальная численность была обнаружена в нижней части таллома фукуса, она колебалась в различные сезоны года от 9,9 до 14,3 тыс. кл/см². В верхушечной части таллома фукуса наиболее вероятное число (НВЧ) культивируемых бактерий составляло 0,25–1,4 тыс кл/см², а в центральной части таллома – от 1,5 до 11,1 тыс. кл/см².

Причины подобного количественного распределения бактерий по поверхности таллома *F. vesiculosus* заключаются в особенностях его роста. Для фукусовых водорослей характерен апикальный рост, который осуществляется за счет апикальной меристематической ткани [8]. Минимальное количество эпифитных бактерий в этой части таллома можно объяснить тем, что в период роста на этих участках фукус выделяет бактериостатические или бактерицидные вещества [4]. В нижней же части таллома фукуса происходит затухание скорости его метаболической активности и наблюдается распад листовидной структуры, что способствует выделению органических веществ, которые могут служить пищевыми субстратами для гетеротрофных бактерий. По этой причине именно здесь и наблюдается их наибольшая численность. Учитывая высокую погрешность метода предельных разведений можно заключить, что сезонные изменения численности эпифитных бактерий на одних и тех же участках талломов фукусов из губы Зеленецкой были невелики и составляли менее одного порядка.

На фукусе из загрязненной нефтепродуктами акватории (Мурманский морской порт) количество эпифитных сапротрофных бактерий многократно превышало таковое на фукусе из чистой акватории – губа Зеленецкая.

При этом у фукусов из обоих этих местообитаний был отмечен сходный характер количественного распределения бактерий по таллому.

Максимальная численность сапротрофных эпифитных бактерий на поверхности фукуса из акватории Морского порта превышала 17 млн. кл/см² и была обнаружена в нижней части таллома. Минимальное количество этих бактерий отмечено в верхушечной части таллома фукуса – около 2 млн. кл/см².

Количество углеводородокисляющих бактерий на талломе фукуса из акватории морского порта было на два – три порядка меньше, чем сапротрофных бактерий и колебалось от 9,5 тысяч кл/см² до 17,4 тысяч кл/см². Максимальное количество углеводородокисляющих бактерий в этом случае было

обнаружено также на нижнем участке таллома, минимальное – на верхушечном.

Угледородоокисляющие бактерии на поверхности талломов фукусовых водорослей, отобранных из чистой акватории, обнаружить не удалось. Возможно, что их численность оказалась ниже чувствительности использованного метода ее определения – 10 кл/мл смыва с поверхности водорослей.

Библиографический список

1. Куриленко В. В., Иванова Е. П., Михайлов В. В. Зональное распространение эпифитных микроорганизмов на морской траве *Zostera marina* // Микробиология. – 2001. – Т. 70. – №. 3. – С. 427–428.
2. Tornblom E., Sondergaard M. Seasonal dynamics of bacterial biomass and production on eelgrass *Zostera marina* leaves // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1999. – Vol. 179. – P. 231–240.
3. Sieburth J. Mc. The influence of algae antibiosis on the ecology of marine microorganisms // In Advances in Microbiology of the Sea edited by Droop, M. R., Ferguson Wood E. J. – London, New York: Academic Press, 1968. – P. 63–94.
4. Mikulski J. S. Biologia wod srodsladowych // PWN. – Warszawa, 1982. – 491 p.
6. Москвина М. И. Азотфиксация в Баренцевом море: автореферат дис. ... кандидата биол. наук. – М. : Институт микробиологии АН СССР. – 1991. – 24 с.
7. Oberbeckman S., Gerdt G., Wichels A., Laatsch H., Schumann G. Diversity of epiphytic marine bacteria associated with fronds of the brown algae *Laminaria*, Annual Conference of the Association for General and Applied Microbiology, 1–4 April, Osnabrück, 2007 Germany.
8. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. Цыбань А. В. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 191 с.
9. Камнев А. Н., Золотухина Е. Ю., Воскобойников Г. М., Бурдин К. С. Особенности возрастных морфофункциональных изменений филлоидов бурой водоросли *Sargassum pallidum* // Биология моря. – 1989. – № 2. – С. 48–55.

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

Влияние ферментного препарата на оленину как способа по размягчению коллагена

Богдан Е. Г., Туршук Е. Г. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств*)

Введение

В последнее время рынок мяса в России формировался, преимущественно за счёт сырья импортного производства, но при этом, стоит отметить, что одним из вариантов его перспективного развития в будущем может стать использование нетрадиционных видов сырья.

По этой причине рост и развитие северного оленеводства является крайне важной задачей, решение которой сможет обеспечить население Крайнего севера мясом и мясопродуктами высокого качества.

Постановка задачи

В ходе проведения исследования были поставлены следующие задачи:

- определить потери при тепловой обработке мяса одомашненного северного оленя, подвергавшегося воздействию фермента;
- установить реологические показатели мяса одомашненного северного оленя в ходе влияния препарата протеолитического действия.

Материалы и методы

В качестве основного исследуемого образца для проведения эксперимента использовалось мясо одомашненного северного оленя.

Усилие, прикладываемое к объекту при разжевывании, является одним из методов органолептической оценки консистенции продуктов. Взамен этой субъективной оценки, зависящей от индивидуальных сенсорных ощущений дегустатора, объективный показатель "усилие реза" [1].

Определение структурно-механической характеристики исследуемых образцов проводилось на прочностномере "Food Checker" модели 302-B, который представляет собой комплекс испытательного прибора и измерительного устройства, который оснащен регистрирующим приспособлением (самописцем), и который оценивает качество структуры продукта в зависимости от усилия, необходимого для разрезания изделия заданного поперечного сечения.

Результаты и обсуждение

На данном этапе работы с олениной полностью проведено исследование аминокислотного, минерального, витаминного и жирно-кислотного состава сырья.

Оленина относится к пищевому сырью, которое в своем составе имеет значительное количество грубой соединительной ткани, в частности, коллагена, который придает данному виду сырья жесткость, что определяет своеобразные способы приготовления данного вида продукта.

Так как одной из задач нашей работы являлось размягчение грубой соединительной ткани оленины, то наряду со стандартным методом – использованием уксуса в процессе маринования мяса, был исследован новый альтернативный вариант, а именно применение ферментного комплекса из гепатопанкреаса камчатского краба.

Наличие коллагеновых волокон в мясопродуктах, с одной стороны, оказывает благоприятное воздействие на улучшение пищеварения и улучшает работу кишечника человека, в целом, но одновременно с этим, с другой стороны, присутствие жесткого коллагена придает грубый привкус мясным изделиям и, кроме того, ухудшает вкусовые качества продуктов, что делает их наименее привлекательными для потребителя.

Гепатопанкреас является доступным, дешевым и нетоксичным сырьем для получения ферментных препаратов.

Ферментный комплекс из гепатопанкреаса камчатского краба относится к полиферментным препаратам из морского животного сырья и находит широкое применение в биотехнологии, медицине, сельском хозяйстве и в научных исследованиях.

Из-за необходимости создания новейших технологий улучшения качества пищевых продуктов благодаря использованию дешевых ферментных препаратов, в частности получаемых в настоящее время из гепатопанкреаса камчатского краба, был осуществлен ряд исследований по оценке влияния препарата протеолитического действия на качество мясных полуфабрикатов, изготовленных из мяса одомашненного северного оленя.

В процессе проведения эксперимента было выделено три серии опытов, основное отличие которых состояло в длительности воздействия ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба на мясо одомашненного северного оленя перед воздействием тепловой обработки, а именно – 25, 50 и 75 минут соответственно, а также по количеству фермента, добавляемого к мясному полуфабрикату – 2, 2,5 и 3 г соответственно. При этом для

всех опытов постоянной величиной оставалось количество воды, используемое для маринования – 45 мл.

Когда все образцы были подвергнуты обработке в растворе с ферментным препаратом из гепатопанкреаса камчатского краба, исходя из разработанных изначально условий, образцы были направлены на тепловую обработку – припусканию в течение 40 минут. Результаты отражены в таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1 – Сводные результаты потерь при тепловой обработке

Масса фермента, г	Потери при тепловой обработке, %			Среднее значение потерь, %	Количество воды, используемое для маринования, мл			Примечания
	25 мин	50 мин	75 мин		25 мин	50 мин	75 мин	
2	43	36	30	36,3	45	45	45	Время припускания – 40 минут
2,5	28,5	34	30	30,8	45	45	45	
3	33	36	28,3	32,4	45	45	45	

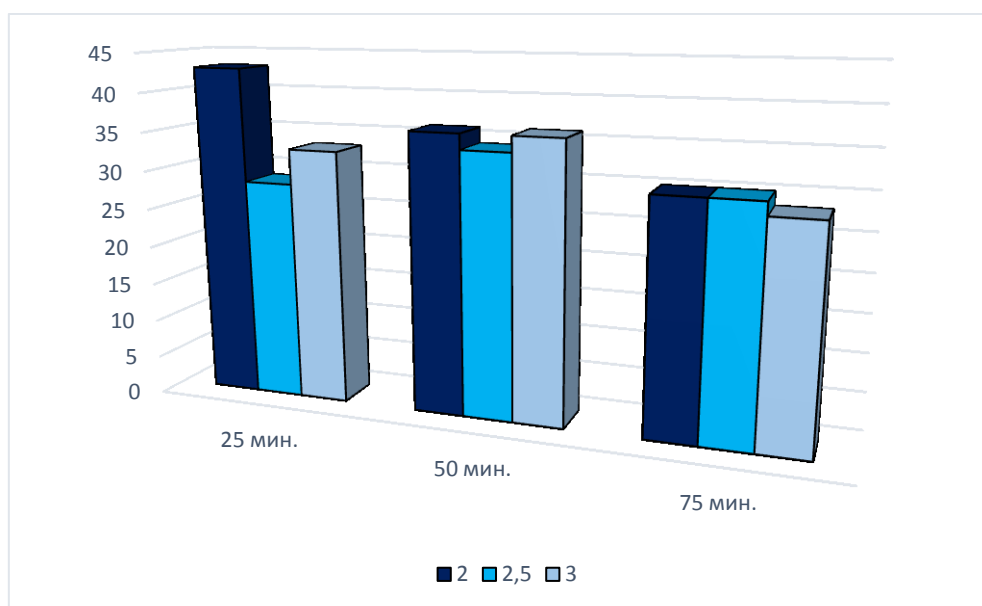


Рисунок 1 – Потери при тепловой обработки

Данные диаграммы наглядно отражают, что наименьшее значение общих тепловых потерь было при воздействии 2,5 г ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба, кроме того, следует обратить внимание, что наиболее длительная продолжительность воздействия фермента на оленину, а именно 75 минут, способствует получению наиболее низких результатов тепловых потерь по всем сериям опытов.

Промежуточные результаты исследований воздействия фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на мясо одомашненного северного оленя

в ходе проведения определения показателя "усилие резания" – в таблице 2. и на рис. 2.

Таблица 2 – Влияние фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на оленину при определении показателя "усилие резания"

Масса фермента, г	Усилие резания			Среднее значение усилия резания
	25 мин	50 мин	75 мин	
2	280	422	335	345,7
2,5	313	470	205	329,3
3	760	540	800	700,0

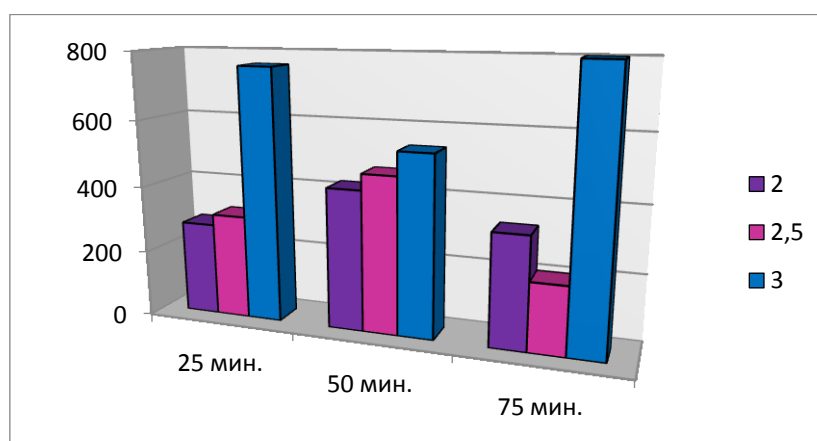


Рисунок 2 – Влияние фермента из гепатопанкреаса камчатского краба на оленину при определении показателя "усилие резания"

Как видно из диаграммы, самое высокое значение усилия резания зафиксировано при воздействии 3 г фермента и при продолжительности ферментации в течение 75 минут, более того, стоит отметить, что при использовании 3 г фермента во всех сериях опытов, данный показатель также имел наиболее высокое значение. Наиболее оптимальное значение показателя "усилие резания" также, как и в случае с потерями при тепловой обработке наблюдалось при использовании 2,5 г фермента.

Подводя итоги вышесказанного, можно прийти к выводу, что в ходе проведения эксперимента было обнаружено, что наиболее благоприятными и оптимальными условиями влияния на мясо одомашненного северного оленя с целью размягчения грубой соединительной ткани являлось использование 2,5 г фермента из гепатопанкреаса камчатского краба, а также длительности маринования с ним в течение 75 минут.

Ещё хотелось бы отметить, что были подготовлены и утверждены технические условия ТУ 10.11.16-047-00471633-2018 "Мясные охлажденные полу-

фабрикаты. Оленина маринованная", технологическая инструкция ТИ 047-2018 по изготовлению мясного охлажденного полуфабриката из оленины, которые были положены в основу разработки ТТК на блюдо "Оленина тушеная с ягодным соусом". Также был получен положительный ответ на выдачу патента.

Заключение

Использование ферментного комплекса из гепатопанкреаса камчатского краба предоставляет новые возможности для размягчения грубой соединительной ткани мясного сырья, что в будущем может стать основой для разработки новых технологий получения полноценных пищевых продуктов с улучшенными качествами из мясного сырья в промышленности, которые могут быть также применены для лечебного и диетического питания.

Библиографический список

1. Куранова, Л. К. Использование прибора "Food Checker" для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов метод. рекомендации / Л. К. Куранова // Наука и образование. – 2011: материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 4–8 апр. 2011 г. / Федеральное агентство по рыболовству ФГОУ ВПО "мурманский государственный технический университет"; Университет Тромсё. – Мурманск, 2011. – С. 908–911. – URL: <http://www.mstu.edu.ru/science/conferences/files/nio2011-9.pdf>. – Загл. с экрана.
2. Тутельян, В. А. Государственная политика здорового питания населения: задачи и пути реализации на региональном уровне: руководство для врачей / В. А. Тутельян, Г. Г. Онищенко, Б. П. Суханов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 288 с.
3. Бараненко, Д. А. Производство нетрадиционных видов мясного сырья как перспективное антикризисное капиталовложение / Д. А. Бараненко // Социально-экономическое положение России в новых геополитических и финансово-экономических условиях: реалии и перспективы развития: сб. науч. ст. / Институт бизнеса и права. – СПб., 2008. – С. 41–43.
4. Altshul, A. M. Foods of the Future / A. M. Altshul and I. Hornstein // Agri. Food Chem. – 1972. – Vol. 20. – P. 5–32.

Майонезный соус с функциональными добавками

Бондаренко А. Г., Гроховский В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Разработана рецептура легкоусвояемого майонезного соуса, с высокой биологической и пищевой ценностью, отличными вкусовыми качествами и стабильного к расслаиванию. Проведено маркетинговое исследование, изготовлены образцы майонезного соуса и проведено их исследования в процессе хранения.

Abstract. The formulation of easily digestible mayonnaise sauce with high biological and nutritional value, excellent taste and stable to delamination. Marketing research, samples of mayonnaise sauce were made and their research was conducted during storage.

Ключевые слова: майонезный соус, маркетинговое исследование, икра морских ежей, ламинария, крапива, рецептурная композиция, показатели качества, хранение.

Key words: mayonnaise sauce, marketing research, sea urchin caviar, kelp, nettle, recipe composition, quality indicators, storage.

Введение

Новым направлением в создании майонезной продукции является введение в рецептуры добавок, особенно полезных для здоровья человека. В соответствии с теорией здорового питания пищевые продукты, потребляемые человеком, должны содержать функциональные ингредиенты, помогающие организму человека противостоять болезням или облегчить их течение, замедлять процессы старения, снижать влияние неблагоприятной экологической обстановки [1].

Среднедушевое потребление соусов, приправ и специй в России составляет 8,2 кг на человека, что является достаточно высоким показателем по сравнению с другими регионами мира. Потребление майонеза составляет 54 % от общего объема розничных продаж всех соусов, приправ и специй в России, кетчупа – до 13 %, имеет место повышение спроса на такие виды соусов, как соевые, соусы для салатов, соусы различных национальных кухонь. Несмотря на тот факт, что тенденция здорового питания на рынке соусов только развивается, россияне уделяют большое внимания полезным характеристикам потребляемым продуктам питания [2].

Анализ потребительских предпочтений майонезной продукции в городе Мурманске. Мурманский государственный технический университет про-

водил исследования, целью которых является выявление опроса потребителей на майонезную продукцию с функциональными добавками, позволяющими позиционировать продукцию как "продукт здорового питания".

Для выявления потребительского спроса на майонезную продукцию с добавлением икры морских ежей, ламинарии и крапивы применен метод маркетинговых исследований – опрос путем письменного анкетирования. Маркетинговое исследование проводилось в городе Мурманск и участвовало 80 респондентов.

Большая часть респондентов – женщины, возрастная группа от около 30 до 50 лет (60 % от общего числа опрошенных респондентов), состоящих в браке (70 % от общего числа респондентов), работающие (85 % от числа опрошенных респондентов). Из них – большинство имеют уровень дохода средний (55 % от общего числа респондентов) и выше среднего дохода (30 % от числа опрошенных респондентов). Приведенными исследованиями установлен имеющийся высокий спрос на майонезную продукцию. 90 % от общего числа респондентов с удовольствием потребляют этот продукт. Большинство респондентов (42 % от общего числа респондентов) высказало желание приобретать продукцию несколько раз в неделю.

В ходе исследования также было выявлено, что предпочитаемые сроки хранения для потребителей 60 суток (64 % от числа респондентов). Следующим по значимости идет фактор регламентирования качества при покупке (55 % от числа респондентов), а из недостатков существования является неоправданная высокая цена (40 % от общего числа респондентов) и недостаток широкого ассортимента (45 % от общего числа респондентов).

Полученные данные позволяют однозначно сделать выводы, что разработка новой технологии майонезного соуса при условии содержания в нем полезных биологических веществ в составе натуральных ингредиентов являются привлекательными как для потребителей, так для производителей.

Целью работы является научное обоснование и создание технологии изготовления нового майонезного соуса с использованием функциональных добавок, таких как икра морских ежей, ламинария, крапива и др.

К майонезному соусу, предназначенному для непосредственного употребления в пищу, предъявляются определенные требования: бактериальная чистота, достаточно вязкая сметанообразная консистенция и способность

не расслаиваться при изготовлении и хранении [3]. В соответствии с этим был подготовлен состав майонезной продукции с различным количественным соотношением ингредиентов и проведена их органолептическая оценка и исследованы его физико-химические свойства.

Количественный состав ингредиентов майонеза и майонезной продукции. Икра морских ежей является ценным морским продуктом и является лечебно-профилактическим средством при раковых заболеваниях, выводит радионуклиды из организма, повышает сопротивляемость организма к различным родам инфекций, при физической и умственной утомляемости, при стрессовых воздействиях и др.

В гонадах морских ежей содержится набор всех не синтезируемых человеческим организмом аминокислот, причем в соотношении, близком к составу "идеального белка", относительно которого производятся оценки качества белковой пищи по методикам ФАО/ВОЗ [4; 5].

Икра морских ежей превосходит черную и красную икру (осетровых и лососёвых видов рыб) по содержанию белка, который легко усваивается организмом (таблица 1).

Таблица 1 – Пищевая ценность икры морского ежа в сравнении с икрой красной (лососёвых) и черной (осетровых видов рыб) [6]

Показатель, г/100г продукта	Икра морского ежа	Красная икра	Черная икра
белок	55	31,6	28,6
жир	22	13,8	9,77
углеводы	3	0	0
калорийность ккал	400	251	203

Для повышения биологической ценности в создаваемых продуктах используют ламинарию, которая содержит набор ценных макро- и микроэлементов, таких как бор, железо, йод, калий, кальций, кобальт, марганец, медь, фосфор, фтор и др. Особенно богата ламинария йодом, который содержится в достаточно редкой органической форме [7].

Блюда с добавлением крапивы имеют пикантный и необычный вкус. Так же, благодаря содержанию фитонцидов в крапиве блюда с ней хранятся значительно дольше.

Крапива – ценное поливитаминное растение, своеобразный природный концентрат витаминов. Аскорбиновой кислоты в ней вдвое больше, чем в пло-

дах черной смородины и лимоне, содержание каротина выше, чем в ягодах облепихи, моркови и щавеле, а всего лишь 20 листьев крапивы обеспечивают наш организм суточной нормой витамина А. Помимо этого, крапива богата витаминами К, Е и В и микроэлементами: среди которых железо, магний, медь, кальций и др. [8].

Таким образом, очень актуальным является создание технологии изготовления нового майонезного соуса с использованием таких ценных ингредиентов, как икра морских ежей, ламинария, крапива и др.

Разработка композиционного (рецептурного) состава майонезного соуса с добавлением крапивы, икры морских ежей и ламинарии. Технический результат достигается тем, что майонезный соус содержит масло растительное рафинированное дезодорированное, сырой белок яйца, горчицу готовую столовую, сахар-песок, соль поваренную пищевую, лимонный свежесжатый сок, предварительно замоченные и измельченные ламинарию и крапиву, размороженную свежую икру морских ежей, воду при следующем соотношении компонентов, при этом температура смешивания и гомогенизации компонентов составляет от + 4,4 до + 21,1 °С.

Состав майонезного соуса, масс. %: масло растительное рафинированное дезодорированное 36; белок яйца сырой 6,0; ламинария, предварительно замоченная и измельченная 9; икра морских ежей 9; крапива, предварительно замоченная и измельченная 2; лимонный свежесжатый сок 3,0; соль поваренная пищевая 0,7; сахар-песок 1,5; горчица готовая столовая 0,84; вода 32,0.

Разработанный майонезный соус обладает уникальными органолептическими характеристиками: характерной структурой, ярко выраженным вкусом и ароматом.

Полученный готовый майонезный соус – однородный продукт жидкой сметанообразной консистенции, слегка тянущейся и желеобразной. Вкус слегка острый, приятно-кисловатый, с привкусом икры морских ежей и ламинарии.

Послевкусие приятное, характерно икре морских ежей и ламинарии. Цвет желтовато-кремовый по всей массе.

Изготовленные образцы нового вида майонезного соуса с добавлением икры морских ежей, ламинарии и крапивы исследовали по ряду физико-химических показателей, результаты которых, приведённые в таблице 2, показали сбалансированность, энергетическую и пищевую ценность.

Таблица 2 – Результаты физико-химических исследований майонезного соуса с добавлением различных ингредиентов (икры морского ежа, ламинарии и крапивы)

№ п/п	Наименование показателя, единица измерения	НД на метод испытания	Результат испытаний
1	Массовая доля золы, %	ГОСТ 7636–85	3,01
2	Массовая доля влаги, %	ГОСТ 30004.2–93	60,1
3	Массовая доля поваренной соли, %	ГОСТ 30004.2–93	0,7
4	Массовая доля жира, %	ГОСТ 30004.2–93	21,0
5	Массовая доля белков, %	ГОСТ 7636-85	1,7
6	Массовая доля углеводов, %	ГОСТ 31469–2012	3,7
7	Кислотность, %	ГОСТ 30004.2–93	0,31
8	Йодное число жиров, г I ₂ /100г	ГОСТ 5475–69	161
9	Стойкость эмульсии	ГОСТ 31762–2012	90

Наиболее важным дефектом майонеза является расслаивание эмульсии, т. е. ее разрушение, в результате чего из массы выделяется жир. Сущность этого процесса состоит в нарушении целостности протеиновых оболочек эмульгатора вокруг диспергированных капелек жира под действием неблагоприятных факторов: резких перепадов температур хранения, несоблюдения температурного режима и др. При этом отдельные капли масла, не ограниченные оболочками эмульгатора, сливаются, выделяется слой масла, а майонез расслаивается [9].

В целях исследования нового майонезного соуса по возможной предрасположенности его к расслаиванию, что является крайне нежелательным процессом, в соответствии с применяемыми методиками были проведены работы по определению таких реологических показателей, как стойкость эмульсионного продукта и его вязкость. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты реологических исследований созданного майонезного соуса

№ п/п	Наименование показателя, единица измерения	НД на метод испытания	Значение показателя по НД	Результат испытаний
1	Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии	ГОСТ 30004.2–93	97	90
2	Вязкость, Па·с	ГОСТ 30004.2–93	–	2,72

Анализ результатов исследований по показателю стойкости эмульсии свидетельствует о том, что полученное значение несколько ниже (на 7 %)

нормативного показателя. Вместе с тем, необходимо отметить, что фактическое значение реологического показателя, вероятно, зависит от введения в рецептуру новых ингредиентов (икры и ламинарии) и ни какому ухудшению консистентных свойств продукта не приводит. Поэтому такое значение стойкости эмульсии для нового продукта будет введено в разрабатываемые нормативные документы.

Что же касается вязкости соуса в соответствии с таблицей 3, то в нормативных документах для данных эмульсионных продуктов по этому показателю нет никаких регламентированных значений.

Поскольку в процессе дегустационных исследований и, в частности, по общей приемлемости продукта не было выражено никаких замечаний, касающихся его вязкости, следовательно, полученное значение следует считать приемлемым для созданного майонезного соуса.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что нами была разработана рецептура легкоусвояемого майонезного соуса, с высокой биологической и пищевой ценностью, отличными вкусовыми качествами и стабильного к расслаиванию.

Выводы:

1. Проведено маркетинговое исследование потребления майонеза и майонезного соуса в г. Мурманске.
2. Обоснована необходимость и целесообразность разработки нового масложирового эмульсионного продукта (майонезного соуса).
3. Проведен подбор и изучение свойств ценных ингредиентов для изготовления нового майонезного соуса.
4. Разработана рецептурная композиция нового продукта.
5. Изготовлены образцы созданного майонезного соуса и проведено их исследование.

Библиографический список

1. Майонез. URL: <http://www.znaytovar.ru/new620.html> (дата обращения: 29.05.2018).
2. О. В. Вакуленко [и др.]. Анализ рынка и оценка потребительских мотиваций при выборе соусов // Новые технологии. –2012. – № 1. – С. 4–9.
3. ГОСТ Р 53595–2009. Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний. Введ. 2011–01–01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 34 с.

4. Левин В. С., Коробков В. А. Морские ежи России : Биология. Промысел. Использование. – СПб. : ДОРН, 2003. – 255 с.

5. Пищевая химия : учебник для студентов вузов / [А. П. Нечаев и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. Изд. 3-е, испр. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 631, [1] с. : ил.

6. Икра, черная и красная, зернистая. Химический состав и пищевая ценность // Мой здоровый рацион : виртуальный тренер и диетолог. URL: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/18102.php (дата обращения: 29.05.2018).

7. Ламинария – идея для создания ламифарэна // Будем здоровее.ру : сайт. URL: http://budemzdorovee.ru/laminarija_ideja_dlja_sozdanija_lamifarjena/ (дата обращения: 30.05.2018).

8. Морская капуста, сушеная. Химический состав и пищевая ценность // Мой здоровый рацион : виртуальный тренер и диетолог. URL: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/578.php/ (дата обращения: 30.05.2018).

9. Крапива // Calorizator : сайт. URL: <http://www.calorizator.ru/product/vegetable/nettle/> (дата обращения: 30.05.2018).

Совершенствование технологии обогащенных кулинарных изделий из рыбного сырья Северного бассейна

Бражная И. Э., Тифанюк А. В., Кудельникова Е. С., Никонова Р. А., Смирнов Н. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Выполнены работы по совершенствованию технологии обогащенных кулинарных изделий из рыбного сырья Северного бассейна на основании оптимизации рецептур блюд с добавлением муки из костей рыб в качестве источника биодоступных форм кальция и фосфора.

Abstract. The works on perfection of technology of the enriched culinary products from fish raw material of the Northern basin on the basis of optimization of recipes of dishes with addition of a flour from bones of fish as a source of bioavailable forms of calcium and phosphorus have been carried out.

Ключевые слова: технология, недоиспользуемые виды рыб Северного бассейна, моделирование рецептур, биодоступный кальций и фосфор.

Key words: technology, underutilized fish species of the Northern Basin, modeling of formulations, bioavailable calcium and phosphorus.

Совершенствование технологий переработки рыбных ресурсов является актуальной производственной и социально-значимой задачей [1]. Одним из направлений интенсификации процессов получения пищевых продуктов является использование малорентабельного рыбного сырья и отходов от его разделки [2; 3]. В настоящее время продукты, образующиеся при комплексной переработке рыбного сырья, используются преимущественно на технические и кормовые цели. Однако, они содержат широкий спектр биологически ценных компонентов и являются перспективным сырьем для получения обогащенных продуктов питания [4]. В частности, кости пикши являются источником биодоступного кальция и фосфора. Кальций – необходимый элемент минерального матрикса кости, регулирует работу нервной системы, мышечных сокращениях. Фосфор является базовым элементом костей и зубов, обладает способностью тормозить окислительные процессы, входит в состав фосфолипидов, нуклеотидов, нуклеиновых кислот [5]. В ходе маркетингового исследования установлено, что около 62 % респондентов заинтересованы в потреблении продуктов питания, обогащенных натуральными нутриентами [6].

Цель данной работы заключалась в оптимизации разработанных рецептур из малорентабельного сырья Северного бассейна с использованием математического моделирования. На кафедре технологий пищевых производств разработана технология получения муки из костей пикши и на базе ГОБВУ "Мурманская облветлаборатория" определен ее минеральный состав. Так содержание кальция в воздушно-сухой муке составляет 13,8; фосфора – 10,73 г/100г. Исходя из полученных результатов, была проведена корректировка рецептуры супа-пюре с добавлением муки из костей рыб. В качестве загустителя была использована мука амаранта [7; 8]. С целью оптимизации рецептуры был разработан план двухфакторного эксперимента [9; 10]. Варьируемые факторы: x_1 (доля вносимой амарантовой муки на 1 кг готового блюда, %) – от 0,5 до 0,9; x_2 (доля вносимой костной рыбной муки на 1 кг готового блюда, %) – от 0,2 до 0,6; основной интервал варьирования для обеих переменных составил 0,1. Функцией отклика являлся обобщенный параметр, $Y_{\text{общ.}}$ [11; 12], который включает в себя органолептическую оценку качества готовой продукции (y_1) в баллах и величину кинематической вязкости готового изделия при температуре 60 °C (y_2) в мм²/с (сСт). Органолептическая оценка готового блюда осуществлялась стандартным методом, реологические свойства – с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-4. Экспериментальные данные обработаны с помощью программы Data Fit 9.0 методом нелинейной регрессии [9; 10]. Полученное уравнение регрессии адекватно описывает влияние изменения количества вносимой муки амаранта и муки из костей рыб на обобщенный показатель качества:

$$Y_{\text{общ.}} = -0,577 + 3,174x_1 - 2,118x_1^2 + 1,703x_2 - 1,868x_2^2.$$

Продифференцировав уравнение, получили следующие значения переменных: $x_1 = 0,75$ %; $x_2 = 0,46$ %, которые позволяют получить продукт высокого качества, обладающий приятным умеренно выраженным вкусом и ароматом без неприятных привкусов муки амаранта и костной рыбной муки; однородной консистенцией светло-кремового цвета с оранжевым оттенком. Также была проведена оптимизация рецептуры кулинарного изделия "Котлеты рыборастворительные "Особые". Варьируемые факторы: x_1 (доля амарантовой муки, %) от 3,0 до 5,0; x_2 (доля муки из костей рыб, %) от 1,1 до 2,0. Функция отклика: обобщенный параметр, $Y_{\text{общ.}}$ [11; 12], который включает в себя органолептическую оценку качества продукции (y_1) в баллах и величину усилия реза (y_2) в кг [13]. Органолептические показатели определяли стандартными методами, показатель "усилие реза" – с помощью проч-

ностнометра "FoodChecher" модели 302-Н [13]. На основании обработки экспериментальных данных получена зависимость, которая адекватно описывает влияние изменения рецептуры на обобщенный показатель качества:

$$Y_{\text{общ}} = -1,6268 + 0,7717x_1 - 0,0924x_1^2 + 0,0644x_2 - 0,0011x_2^2.$$

Решив данное уравнение, получили следующие значения переменных: $x_1 = 4,2 \%$; $x_2 = 1,72 \%$. Данная математическая зависимость позволяет получить максимум качества продукции при дозировке муки амаранта $4,2 \%$ и доле костной рыбной муки $1,7 \%$ от массы нетто фарша. Для кулинарных изделий с учетом результатов по содержанию кальция и фосфора в муке из костей рыб произведен расчет содержания этих макроэлементов (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание минеральных веществ в кулинарных изделиях

Наименование макроэлемента	В 1 порции кулинарного изделия, мг	Процент от адекватного суточного потребления, % (согласно МР 2.3.1.2432-08 [14])
Суп-пюре "Северный"		
Кальций	370	37,0
Фосфор	385	48,1
Котлеты рыба-растительные "Особые"		
Кальций	348	34,8
Фосфор	355	44,5

Оптимальное для всасывания и усвоения соотношение содержания фосфора к кальцию в рационе по данным различных источников колеблется от 1:1 до 1:1,5 [5; 15]. Таким образом, данные изделия можно отнести к обогащенным и рекомендовать их в качестве дополнительного источника биодоступных кальция и фосфора [1; 16]. В работе проведена оптимизация разработанных рецептур кулинарных изделий из путассу с добавлением муки из костей рыб. На основе полученных математических зависимостей установлено оптимальное соотношение вносимых компонентов.

Библиографический список

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р).
2. Самойлова, Д. А. Вторичные ресурсы рыбной промышленности как источник пищевых и биологически активных добавок / Д. А. Самойлова, М. Е. Цибизова // Вестник АГТУ. Серия : Рыб. хоз-во. – 2015. – № 2 – С. 129–136.

3. Палагина, М. В. Функциональные продукты питания, обогащенные биоусвояемым кальцием // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2010. – № 4. – С. 55–57.
4. Помоз, А. С. Состав и свойства отходов от переработки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2012. – С. 116–122.
5. Диетология. 5-е изд. / Под ред. А. Ю. Барановского. – СПб. : Питер, 2017. – 1104 с. : ил. – (Серия "Спутник врача").
6. Тифанюк, А. В. Анализ потребительских предпочтений населения города Мурманска в отношении обогащенных продуктов питания / А. В. Тифанюк, И. Э. Бражная // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств: мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2017 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Мурман. гос. тех. ун-т. – Мурманск : МГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 34–39.
7. Грибова, О. М. Технология рыбных рубленых изделий с мукой амаранта из малорентабельных объектов промысла Северного бассейна / О. М. Грибова, И. Э. Бражная, В. В. Корчунов // Рыб. хоз-во. – 2015. – № 1. – С. 116–119.
8. Грибова, О. М. Разработка технологии производства рыбопродуктовых рубленых изделий / О. М. Грибова, И. Э. Бражная, В. В. Корчунов // Вестник МГТУ. – 2015. – Том 18, №1. – С. 74–79.
9. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
10. Решетников, М. Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: учеб. пособие. – Томск : Изд-во Томс. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2000. – 200 с.
11. Семенов, Б. Н. Технологические исследования обработки тунца и рыб тунцового промысла / Б. Н. Семенов, А. А. Григорьева, В. И. Жаворонков. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 184 с.
12. Чижов, Г. Б. Обобщенные характеристики измельчения мяса при холодильной обработке и хранении / Г. Б. Чижов // Сер. Холодильная пром-сть и транспорт: обзор. информ. / ЦНИИТЭИ, 1976. – № 2. – С. 35.
13. Куранова, Л. К. Разработка инструментальных методов определения реологических показателей качества гидробионтов и фаршевой продукции на приборе "FoodChecker" / 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. НТЦ "Информрегистр" № 0320700491 от 05.03.07.

14. Методические рекомендации МР2.3.1.2432–08 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ". – М. : Издание официальное. Минздрав России, 2008. – С. 20.

15. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс]: решение Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – Режим доступа: <http://www.docs.cntd.ru>. – Загл. с экрана.

16. ГОСТ Р 52349–2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М. : Стандартиформ, 2005. – 12 с.

Разработка технологии кулинарных изделий на основе бланшированного полуфабриката печени трески

Волченко В. И., Ковалева О. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Предложено использование СВЧ-обработанной печени трески, не прошедшей стерилизацию, в качестве основы для кулинарной продукции. Представлен результат экспериментального исследования разработки и выбора оптимальной рецептуры салатов с печенью трески, с помощью органолептической оценки качества, а также разработки технологии зраз с печенью трески.

Abstract. The usage of microwave-cooked cod liver without thermal sterilization process as a basic ingredient of culinary production is advised. The result of an experimental study of the development and choice of the optimal formulation of the salads from the cod liver using an organoleptic quality assessment is presented, as well as the development of technology of zrazy with cod liver.

Актуальной задачей общественного питания является разработка новых видов продукции, а также модификация и адаптация традиционных рецептов с целью повышения пищевой ценности, снижения себестоимости и улучшения привлекательности продукции для потребителей. Одним из способов определения перспективных направлений разработки является изучение спроса потребителей. С этой целью были изучены отдельные методики проведения маркетинговых исследований на соответствующем этапе жизненного цикла пищевого продукта, собранных в ходе опроса методом письменного анкетирования.

Для выявления актуальности выбранного сырья в производстве новых кулинарных изделий опрос был начат с самых простых вопросов: "Присутствует ли в вашем рационе питания печень трески?" и "Как часто в вашем рационе присутствует печень трески?". Было установлено, что печень трески является весьма потребляемым сырьем в наше время (75 % от общего числа респондентов употребляют печень трески), а частота присутствия печени трески в рационе питания в большинстве случаев составляет раз в полгода (31 %) и раз в месяц (27 %).

По результатам опроса, было замечено, что потребителя при покупке продукта из печени трески может заинтересовать: стеклянный вид тары; печень трески во всех термических состояниях; новые кулинарные продукты с печенью трески, такие как рулет из печени трески, блины с печенью трески и салат из печени трески (в большей степени).

Совершенно новый кулинарный продукт на рынке это кулинарный продукт из бланшированной печени трески, не подвергнутой стерилизации, который пробовало очень мало респондентов (3 % от общего числа респондентов), что было замечено по результатам опроса. Данный вид продукта, по сравнению с консервами из печени трески имеет такие преимущества как: большая пищевая и биологическая ценность, более низкая себестоимость продукта.

Так как мало респондентов пробовали нестерилизованную печень трески, и не все знают о ее преимуществах, то новые кулинарные продукты из данного сырья привлекут немало потребителей.

Для исследования был изготовлен салат "Из печени трески", где преимущественно использовалась бланшированная печень трески, с вариацией остальных компонентов в салате. Было решено провести органолептическую оценку качества двух салатов (салат "Из печени трески" (с зеленым горошком) и салат "Из печени трески" (с рисом)). Результаты органолептической оценки качества представлены в таблице 2.

Для органолептической оценки качества были выбраны критерии оценки качества, такие как: вкус, запах, консистенция, внешний вид. Соответственно, для каждого критерия был установлен коэффициент значимости. Также была составлена система балльной оценки качества кулинарного продукта, для этого была составлена десятибалльная шкала (таблица 1).

По органолептической оценке качества было оценено качество для каждого критерия с помощью десятибалльной шкалы.

Таблица 1 – Органолептическая оценка качества

Диапазон баллов	Качество
9–10	Отличное
7–8	Хорошее
5–6	Удовлетворительное
3–4	Плохое
0–2	Очень Плохое

Таблица 2 – Результаты органолептической оценки качества

Критерий оценки качества	Коэффициент значимости	Средняя оценка	Качество
<i>Салат из печени трески с зеленым горошком</i>			
Вкус	1	6,6	Удовлетворительное/хорошее
Запах	1	7,8	Хорошее
Консистенция	0,7	8,6	Хорошее/отличное
Внешний вид	0,9	6,8	Удовлетворительное/хорошее

Окончание табл. 2

Критерий оценки качества	Коэффициент значимости	Средняя оценка	Качество
<i>Салат из печени трески с рисом</i>			
Вкус	1	7,8	Хорошее
Запах	1	8,4	Хорошее/отличное
Консистенция	0,7	9	Отличное
Внешний вид	0,9	9	Отличное

Таким образом, по таблице 2 видно, что салат из печени трески с рисом имеет превосходство над салатом из печени трески с зеленым горошком, по всем критериям оценки качества. Для получения единой оценки был определён уровень качества по формуле (1).

$$Y = ((Cp_1 \cdot K_{31} + Cp_2 \cdot K_{32} \dots + Cp_n \cdot K_{3n}) / ((K_{31} + K_{32} \dots + K_{3n}) \cdot 10))) \cdot 100, (1)$$

где Cp_1, Cp_2, Cp_n – средняя оценка по каждому критерию; K_{31}, K_{32}, K_{3n} – коэффициент значимости для каждого критерия оценки качества; 10 – количество баллов в шкале.

Таблица 3 – Уровень качества

Салат	Уровень качества
Салат из печени трески с зеленым горошком	73,7
Салат из печени трески с рисом	85

Таким образом, по органолептической оценке качества кулинарного продукта математически был определён уровень качества, что позволило выявить наиболее целесообразную рецептуру кулинарного изделия. В данном случае (таблица 2 и таблица 3) была выбрана рецептура салата из печени трески с использованием риса (таблица 4).

Таблица 4 – Рецептура салата из печени трески

Наименование продукта	Ед. изм.	Вес брутто	% отходов холодной обработки	Вес нетто	% отходов горячей обработки	Вес готового продукта
Печень трески бланшированная	Кг	0,593	19	0,480		0,480
Лук зеленый	Кг	0,078	10	0,070		0,070
Яйцо куриное отварное	Кг	0,288		0,288	13,1	0,250
Рис	Кг	0,073		0,073	–175	0,200
Соль	Кг	0,006	2	0,005		0,005
Выход						1
Технология приготовления: Печень трески мелко нарезать, смешать с мелко нарезанным зеленым луком, измельченным яйцом и рисом отварным, с добавлением соли						

Для привлечения потребителей нестерилизованной печени трески также была разработана рецептура кулинарного продукта, такого как – зразы с печенью трески. Рецептура представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Рецептура кулинарного продукта

Наименование продукта	Ед. изм.	Вес брутто	% отходов холодной обработки	Вес нетто	% отходов горячей обработки	Вес готового продукта
Печень трески бланшированная	Кг	0,323	19	0,261		0,261
Яйцо куриное	Кг	0,077		0,077	13,1	0,067
Картофель	Кг	1,148	41	0,677		0,677
Соль	Кг	0,014	2	0,014		0,014
Сухари панировочные	Кг	0,080	2	0,078		0,078
Масло растительное	Кг	0,093	12	0,082		0,082
Выход						1
Технология приготовления: Отварить картофель с добавлением соли, сделать картофельное пюре. Замешать смесь из: мелко нарезанной печени трески и измельченного яйца. Картофельное пюре разделить на равные части. Из каждой части сформировать две лепешки. На середину одной лепешки выложить смесь, закрыв ее второй лепешкой, соединив края. Обвалять в сухарях панировочных, формируя круглую форму. Обжарить на хорошо разогретой сковороде на растительном масле со всех сторон, до золотистой корочки						

В процессе приготовления зраз было установлено, что овальная форма продукта имеет больший процент ужалки (3%), поэтому наши зразы были изготовлены круглой формы с наименьшей ужалкой, чей процент не превышает 1 %. Для данного продукта были определены показатели качества, их коэффициенты значимости, разработаны словесные характеристики каждого уровня качества с присвоением соответствующего балла, и в результате была составлена пятибалльная балльная шкала для органолептической оценки качества продукта. Балльная шкала оформлена в виде таблицы 6.

Таблица 6 – балльная шкала для органолептической оценки качества продукта

Показатель	Балл	Характеристика	Коэффициент значимости
Вкус	5	Приятный, свойственный компонентам данного кулинарного продукта, без посторонних привкусов, без неприятного послевкусия	0,167
	4	Приятный вкус, но несколько ослаблен	
	3	Слабый вкус	
	2	Неприятный или посторонний вкус	
	0-1	Ярко выраженный неприятный вкус	

Окончание табл. 6

Показатель	Балл	Характеристика	Коэффициент значимости
Запах	5	Приятный, свойственный данному кулинарному продукту	0,25
	4	Приятный, но запах несколько ослаблен	
	3	Отсутствие приятного аромата	
	2	Неприятный запах	
	0-1	Ярко выраженный неприятный запах	
Консистенция	5	Соответствует данному кулинарному продукту	0,110
	4	Слегка жестковатая или слегка жидкая	
	3	Слишком слабая	
	2	Твердая, трудно пережевываемая или, наоборот, жидкообразная	
	0-1	Непережевываемая, жидкая	
Цвет	5	Хороший, свойственный данному кулинарному продукту	0,195
	4	Недостаточно равномерный	
	3	Неравномерный	
	0-2	Не соответствует компонентам данного кулинарного продукта	
Состояние продукта	5	Красивый внешний вид, соответствующий цвет и форма данному кулинарному продукту	0,278
	4	Хороший внешний вид, но форма или цвет не совсем соответствуют данному кулинарному продукту	
	3	Неравномерные форма и цвет, не соответствуют данному продукту	
	2	Неравномерные форма и цвет, не соответствуют данному продукту, наблюдается заметное расслоение	
	0-1	Имеются неизмельчённые куски, существенное расслоение	

После проведения дегустации, был рассчитан средний балл и уровень качества. Уровень качества = 90,19 %.

Многих дегустаторов устроил данный продукт, так как средний балл по всем показателям не ниже 4. В результате органолептической оценки и высокого уровня качества, можно сделать вывод о том, что кулинарный продукт, зразы с печенью трески, интересен как новый продукт для потребителей и на рынке будет востребован, что доказывает возможность употребления продукта с нестерилизованной печенью трески.

Для рентабельности на рынке и соответствия данного продукта было решено изначально в нем определить такие физико-химические показатели как: массовая доля влаги, массовая доля поваренной соли.

Массовая доля влаги была определена высушиванием на приборе УВО (устройство для высушивания образцов пищевого сырья и продуктов – аналог прибора Чижовой). Метод основан на выделении воды из продукта при нагревании инфракрасными лучами и определении изменения его массы взвешиванием. Массовая доля влаги в данном продукте составила 56,39 %, что говорит о высокой влажности продукта и невозможности длительного хранения продукта, но, тем не менее для производителей рентабельного продукта.

Массовая доля поваренной соли была определена методом Мора (аргентометрическим методом). Метод основан на образовании нерастворимого хлорида серебра при титровании раствора нитратом серебра. Индикатором служит хромат калия, который с нитратом серебра образует кирпично-красный осадок хромата серебра при условии, что все хлорид-ионы уже прореагировали с ионами серебра. Массовая доля поваренной соли в данном продукте составила 0,88 %.

На основании проделанных работ можно сделать следующие выводы:

1. Благодаря маркетинговым исследованиям, было доказано что имеется спрос потребителей на кулинарный продукт из данного сырья.
2. Разработана технология кулинарных изделий с использованием СВЧ-обработанного полуфабриката печени трески
3. Разработана методика органолептической оценки разработанной продукции, проведена оценка.
4. Определены объективные показатели качества продукции.

Библиографический список

1. Производство комбинированных пищевых продуктов, богатых ω -3 – полиненасыщенными жирными кислотами, с использованием печени трески и её жира / К. С. Швейкина [и др.] // Вестник МГТУ. – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 586–590.
2. Пичкалев А. В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств // Исследование наукограда. 2012. – № 1. – С. 25–28.
3. ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. – М. : Стандартинформ, 2014.

Анализ производства рыбной продукции в Мурманской области

Вотинов М. В.¹, Вотинова Е. М.² (¹г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра автоматики и вычислительной техники; ²г. Мурманск, СЗИ(Ф) АНО ВО МГЭУ, факультет экономики и управления)

Аннотация. В статье проведён анализ производства рыбной продукции в Мурманской области. Выполнено сравнение роли Мурманской области по обеспечению населения России рыбной продукцией относительно субъектов Северо-Западного федерального округа и других рыбообрабатывающих регионов России.

Abstract. The article analyzes the production of fish products in the Murmansk region. The role of the Murmansk region in providing the population of Russia with fish products relative to the subjects of the North-West Federal district and other fish-processing regions of Russia is compared.

Ключевые слова: рыбы, продукты рыбные переработанные и консервированные, производство, Мурманская область.

Key words: fish, fish products processed and canned, production, Murmansk region.

Мурманская область – это один из регионов России, для которых рыбная промышленность является с одной стороны традиционной, а с другой – ведущей отраслью.

Рыбная промышленность включает в себя различные виды деятельности, начиная от прогнозирования сырьевой базы отрасли и заканчивая организацией торговли рыбной продукцией в стране и за рубежом. Мало того, для прибрежных территорий рыбное хозяйство является основой градостроительства, одним из примеров которого является г. Мурманск [1].

В этой связи анализ рыбной отрасли, в частности производства рыбной продукции в Мурманской области, является актуальной задачей. Ведь только статистический анализ развития отрасли позволит принять правильные и обоснованные управленческие решения в этой сфере.

Федеральной службой государственной статистики (Росстат) ежегодно проводятся обследования организаций, составляющих основу рыбохозяйственного комплекса Мурманской области и России в целом [2]. В этой связи интерес вызывает динамика производства рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных в Мурманской области и положение Мурманской области относительно субъектов Северо-Западного федерального округа и других рыбообрабатывающих регионов России.

Рассматривая динамику производства рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных в Мурманской области можно сделать

вывод о том, что в последнее время производство несколько сократилось, рисунок 1. Так, в 2016 году было произведено 519,2 тысяч тонн рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных, хотя в "пиковый" 2013 год было произведено 563,8 тысяч тонн.

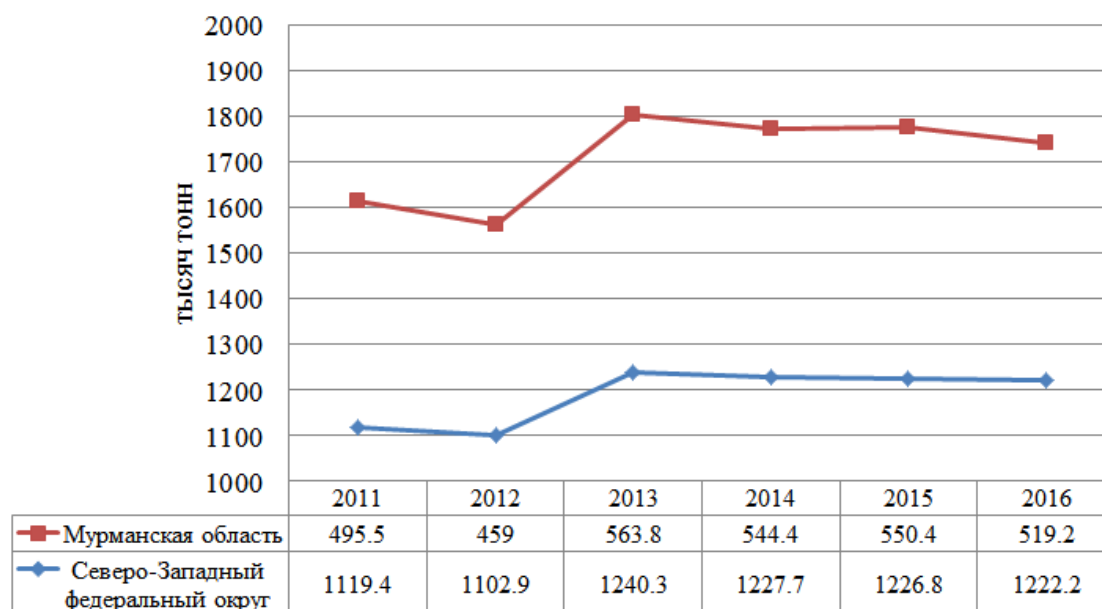


Рисунок 1 – Динамика производства рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных в Мурманской области и Северо-Западном федеральном округе

Стоит отметить, что Мурманская область даёт практически половину объёма производства Северо-Западного федерального округа (42 %), где по состоянию на 2016 год было произведено 1222,2 тысяч тонн рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных.

На втором месте – Калининградская область (341,5 тысяч тонн – 28 %), далее идут г. Санкт-Петербург (117,4 тысяч тонн – 10 %) и Архангельская область (114 тысяч тонн – 9 %). Остальные субъекты Северо-Западного федерального округа в общей сложности производят 130,1 тысяч тонн рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных, доля каждого из них – 5 и менее %.

Производство рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных по регионам Северо-Западного федерального округа приведено на рисунке 2.

Стоит отметить, что в России ежегодно производится 4031 тысяч тонн рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных. Вторым крупным рыбным федеральным округом, помимо Северо-Западного, является Дальневосточный федеральный округ. На его долю приходится 2377,4 тысяч тонн рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных.

Анализируя положение Мурманской области относительно основных рыбообрабатывающих регионов России, можно сделать вывод о том, что область занимает почётное третье место, пропуская вперёд только Камчатский край (780,6 тысяч тонн) и Приморский край (699,1 тысяч тонн). Данные для сравнения приведены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Производство рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных по регионам Северо-Западного федерального округа

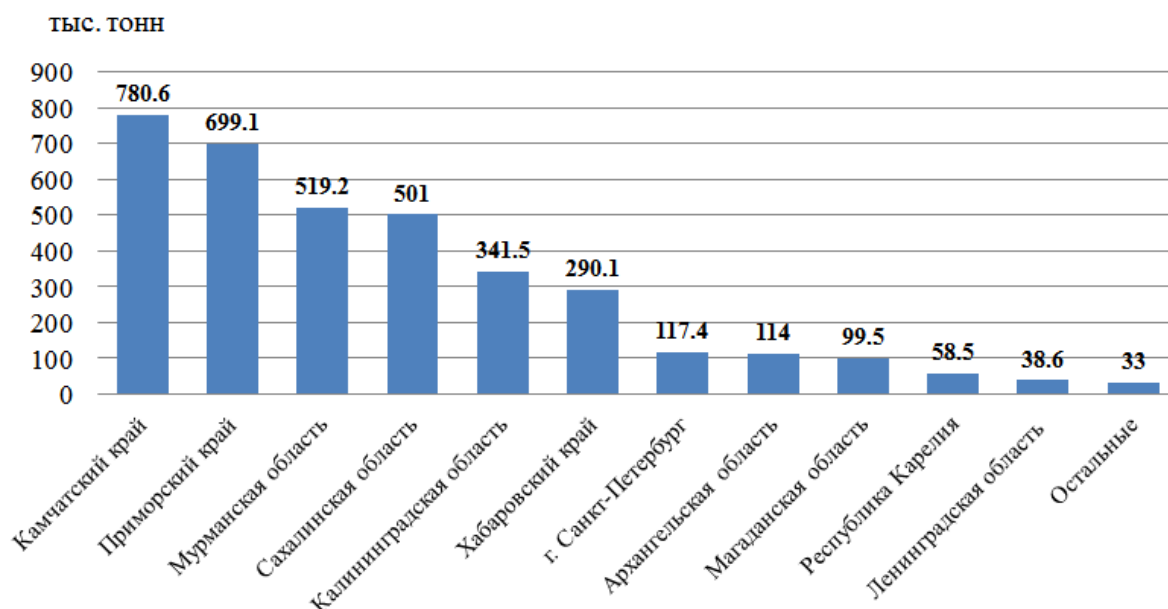


Рисунок 3 – Производство рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных по регионам Северо-Западного и Дальневосточного федеральных округов

Распределение объёмов производства отдельных видов рыбной продукции в Мурманской области приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Производство отдельных видов рыбной продукции в Мурманской области, тонн

Рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные	519183
Филе рыбное, мясо рыбы прочее, печень, икра и молоки рыбы свежие или	1461,3
Рыба (кроме сельди) мороженая, печень, икра и молоки рыбы мороженые	426833,1
Сельдь всех видов обработки	16468,8
Филе рыбное мороженое	38694,9
Рыба (кроме сельди) солёная	2417,2
Рыба пряного посола и маринованная (кроме сельди)	30,1
Рыба (кроме сельди) копчёная	329,3
Рыба сушёная и вяленая	307,1
Продукты из рыбы (кулинарные изделия)	792
Икра	518,4
Морепродукты пищевые	8368,6
Мука тонкого и грубого помола и гранулы из рыбы, ракообразных, моллюсков и других водных беспозвоночных, не пригодные для употребления в пищу	4156,9
Продукты из рыбы, ракообразных, моллюсков и прочих водных беспозвоночных, не пригодные для употребления в пищу, прочие	1138,2
Консервы рыбные всех видов, туб.	16531,8
Пресервы рыбные, туб.	1065,3

По данным таблицы 1 видно, что основу производство продуктов рыбных переработанных и консервированных составляет рыба (кроме сельди) мороженая, печень, икра и молоки рыбы мороженые (426833,1 тонн). Далее следует филе рыбное мороженое (38694,9 тонн) и сельдь всех видов обработки (16468,8 тонн).

Стоит отметить, что наблюдается положительная динамика увеличения объёмов производства технологически сложных и наукоёмких видов продукции. Так, в частности увеличились объёмы производства рыбы сушёной и вяленой. В 2016 году – 307,1 тонн, что на 21,4 тонны больше, чем в 2014 году. Выросло производство консервов рыбных всех видов. В 2016 году – 16531,8 туб, что на 4532,6 туб больше, чем в 2014 году.

Вместе с тем, на 64,6 тонны уменьшились объёмы производства рыбы копчёной (кроме сельди), в 2016 году этот показатель составлял 329,3 тонны, рис. 4.

Как показывает проведённый анализ, Мурманская область занимает одно из ведущих мест среди других регионов по обеспечению населения России рыбной продукцией. Основу объёмов производства рыбной продукции со-

ставляет рыба (кроме сельди) мороженая, печень, икра и молоки рыбы мороженые, а также филе рыбное мороженое.

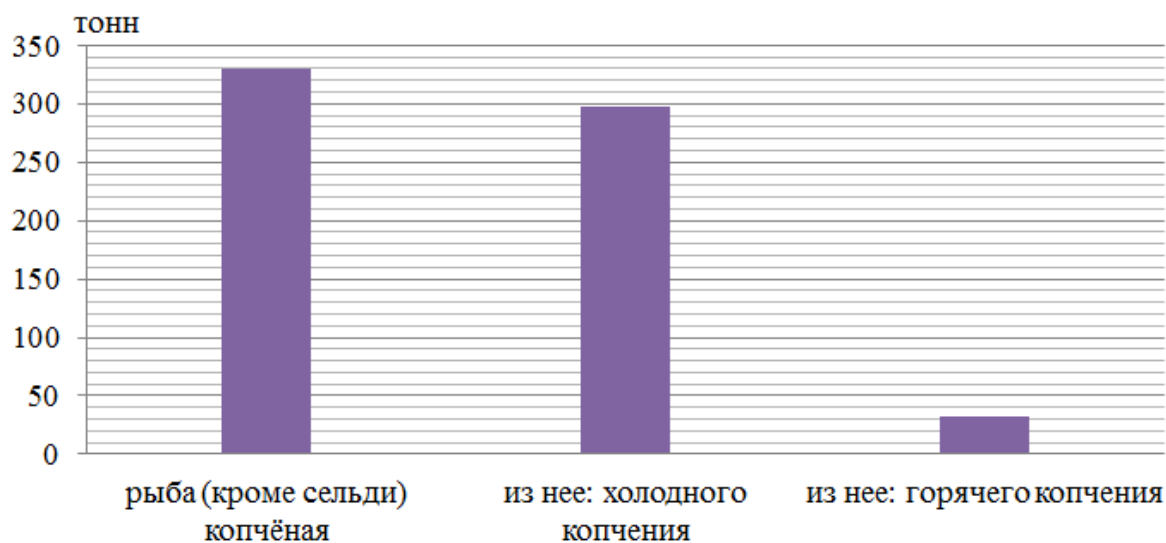


Рисунок 4 – Структура производства рыбы (кроме сельди) копчёной в Мурманской области

Вместе с тем, положительным моментом можно отметить увеличение объёмов производства технологически сложных и наукоёмких видов продукции, таких как рыба сушёная и вяленая и консервы рыбные всех видов.

Таким образом, Мурманская область по праву является регионом, для которого рыбная промышленность – традиционная и ведущая отрасль. Однако дальнейшие исследования необходимы с целью более качественного изучения затронутого в статье вопроса.

Библиографический список

1. Вотинов М. В., Вотинова Е. М. Оценка современного состояния рыбной промышленности: Статистический обзор и анализ ситуации / Вестник АГТУ. Серия "Экономика". – 2017. – № 2. Изд. АГТУ. – С. 50–58.
2. Рыбохозяйственный комплекс Мурманской области / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области / Мурманск-стат, 2017. – 45 с.

Влияние температуры тепловой обработки на качество паштетных консервов из гонад и жира печени трески

Глухарев А. Ю., Куранова Л. К. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Изучены органолептические, физико-химические и структурно-механические свойства паштетных консервов из гонад (икры и молок) и жира печени атлантической трески, изготовленных при различных температурных режимах (стерилизация, пастеризация). В работе использованы микробиологические, органолептические, инструментальные методы исследований. Установлена зависимость структурно-механических свойств (число пенетрации) продукта от температурных режимов тепловой обработки консервов.

Abstract. Organoleptic, physico-chemical and structural-mechanical properties of pate canned food made of gonads (caviar and milt) and cod liver oil, made at different temperature regimes (sterilization, pasteurization), have been studied. We used microbiological, organoleptic and instrumental methods of research. The dependence of the structural and mechanical properties (penetration number) of the product on the temperature conditions of heat treatment of canned food.

Ключевые слова: паштет, атлантическая треска, гонады, молоки, икра, жир печени трески, стерилизация, пастеризация.

Key words: paste, Atlantic cod, gonads, fish milt, caviar, cod liver oil, sterilization, pasteurization.

Рыбное сырье и морепродукты являются наиболее перспективными при производстве продуктов функционального назначения, удовлетворяющих потребности человека в питательных веществах. Проведенными исследованиями неоднократно подтверждалась важная роль рыбы и морепродуктов в питании человека в качестве профилактического и терапевтического средства, улучшающего деятельность сердечнососудистой системы человека за счет содержащихся в рыбном сырье биологически активных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), а также полного комплекса незаменимых аминокислот.

Стоит отметить, что рыба является скоропортящимся продуктом, поэтому наиболее надежным способом его консервирования является изготовление консервов [1; 2].

В свою очередь, высокая температура тепловой обработки консервов в процессе стерилизации оказывает отрицательное влияние на пищевую и биологическую ценность, органолептические и структурно-механические свойства готового продукта. Термостабильность консервов может достигаться снижением термической нагрузки на продукт, что микробиологически небезопасно, поэтому совершенствование технологии консервов направлено

на разработку технологических приемов, которые позволили бы уменьшить воздействие на структуру, пищевую и биологическую ценность продукта с учётом микробиологических рисков [3].

В этой связи актуальным является изучение влияния температуры тепловой обработки на качественные показатели консервов. В 2015–2016 гг. на кафедре технологии пищевых производств (ТПП) Мурманского государственного технического университета (МГТУ) была разработана серия паштетных консервов с использованием мороженных гонад (молоки, икра) и печени трески [4]. Ранее проведённые в МГТУ исследования установили возможность использования СВЧ-обработки печени трески с целью предотвращения отделения излишнего количества жира в консервах, а также с целью улучшения хранения мороженого полуфабриката. Выделившийся при термической обработке жир (полуфабриката жира печени трески) является ценным пищевым сырьём, содержащим полиненасыщенные жирные кислоты группы ω -3 и жирорастворимые витамины, которые являются незаменимыми факторами питания человека [5]. Использование этого побочного продукта в пищевых целях – актуальная задача. По этой причине проведены исследования по изучению возможности использования мороженных икры, молока и полуфабриката жира печени трески для изготовления паштетных консервов, получивших название "Энергия Заполярья".

Предварительными исследованиями был установлен оптимальный рецептурный состав стерилизованных паштетных консервов из гонад и полуфабриката жира печени трески (табл. 1).

Таблица 1 – Оптимальный рецептурный состав стерилизованных паштетных консервов из гонад и жира печени трески

Компонент	Норма закладки на ТУБ, кг
Икра	137,7
Жир печени	67,4
Молоки	140,4
Соль	4,6
Итого	350,0

С целью установления влияния режимов тепловой обработки (стерилизация, пастеризация) на уровень качества, физико-химические показатели и консистенцию разработанных паштетных консервов предстояло решить следующие задачи:

– Выявить влияние тепловой обработки на: органолептические и микробиологические показатели, число пенетрации, массовую долю азота лету-

чих оснований (АЛО), кислотное (КЧ) и перекисное число (ПЧ) жира паштетных консервов.

– Определить пищевую ценность и подтвердить функциональные свойства новых разработанных консервов.

Для решения поставленных задач, были изготовлены образцы паштетных консервов из гонад и полуфабриката жира печени трески по приведённой в таблице 1 рецептуре, расфасованных в банку № 2 (масса нетто 160 г). Консервы стерилизовались на оборудовании учебно-экспериментального цеха (УЭЦ) МГТУ при температурах 85 °С (пастеризация) и 112 °С (стерилизация) по режимам:

$$\frac{15 - 70 - 20}{85},$$

пастеризация водой, охлаждение водой с противодавлением в автоклаве Н-2 ИТА 60;

$$\frac{5 - 15 - 55 - 20}{112},$$

стерилизация паром, охлаждение водой с противодавлением в автоклаве Н-2 ИТА 602.

В процессе тепловой обработки фиксировали: температуру греющей среды в автоклаве и в банках с помощью термодатчиков прибора "Ellab" (рис. 2).

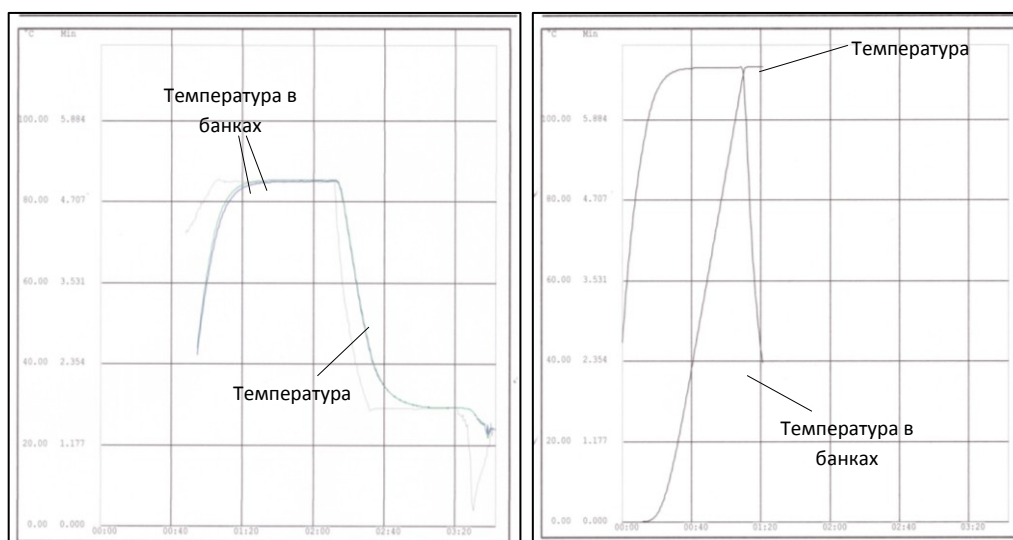


Рисунок 2 – Изменение температуры продукта и греющей среды автоклава при пастеризации (слева) и стерилизации (справа) паштетных консервов

По полученным данным рассчитано значение фактического стерилизующего эффекта – 6,6 усл. мин. и значение фактического пастеризующего эффекта – 136,6 усл. мин.

Готовые образцы пастеризованных и стерилизованных консервов после тепловой обработки направляли на выстойку (0 до 6 °С) для созревания продукта, после выстойки проводились исследования по микробиологическим и физико-химическим показателям безопасности, затем проводили органолептическую оценку и определяли число пенетрации.

Результаты микробиологических исследований показали, что стерилизованные и пастеризованные консервы, соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 "О безопасности рыбы и рыбной продукции", что подтверждает безопасность данной продукции (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты микробиологических испытаний паштетных консервов до тепловой обработки и после тепловой обработки

Наименование показателя, единица измерения	НД на метод определения	Значение показателя по НД	Результат испытаний (до тепловой обработки)	Результат испытаний (после пастеризации)	Результат испытаний (после стерилизации)
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы <i>B.subtilis</i> в 1 г;	ГОСТ 30425-97	не допускаются	–	–	не обнаружены
Мезофильные клостридии, в 1 г; Мезофильные клостридии <i>C.botulinum</i> и <i>C.perfringens</i>	ГОСТ 30425-97	не допускаются	–	–	не обнаружены
Неспорообразующие микроорганизмы и (или) плесневые грибы и (или) дрожжи	ГОСТ 30425-97	не допускаются	–	–	не обнаружены
Спорообразующие термофильные анаэробные, аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы	ГОСТ 30425-97	не допускаются	–	–	не обнаружены

Окончание табл. 2

Наименование показателя, единица измерения	НД на метод определения	Значение показателя по НД	Результат испытаний (до тепловой обработки)	Результат испытаний (после пастеризации)	Результат испытаний (после стерилизации)
Мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (КМАФАнМ), КОЕ в 1,0 г	ГОСТ 10444.15-94	$2,0 \cdot 10^2$	$3,6 \cdot 10^3$	20	—
Бактерии группы кишечной палочки (БГКП), в 0,001 г	ГОСТ 31747-2012	не допускаются	не обнаружены	не обнаружены	—
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1,0 г	ГОСТ 31746-2012	не допускаются	—	не обнаружены	—
Сальмонеллы, в 25 г	ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002)	не допускаются	не обнаружены	не обнаружены	—
Сульфитредуцирующие клостридии, в 1,0 г	ГОСТ 29185-2014 (ISO 15213:2003)	не допускаются	не обнаружены	не обнаружены	—
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы <i>B.cereus</i> и <i>B.polymyxa</i>	ГОСТ 30425-97	не допускаются	—	не обнаружены	не обнаружены
<i>L. monocytogenes</i> , в 25 г	ГОСТ 32031-2012	—	не обнаружены	—	-
<i>V.parahaemolyticus</i> , КОЕ в 25 г	МУК 4.2.2046-06	—	менее 10	—	—

Для изготовления данного вида консервов использовалось сырье на предельных сроках хранения, поэтому было решено определить массовую долю АЛО в исходном сырье и определить изменение массовой доли АЛО в готовом продукте в зависимости от тепловой обработки (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты физико-химических исследований используемого сырья и готовых пащтетных консервов

Исследуемое сырье или продукт	Качественный показатель		
	АЛО, мг%	КЧ, мгКОН/г	ПЧ, ммоль (1/2O)/кг
Мороженые молоки трески	29,53	—	—
Мороженая икра трески	31,62	—	—

Окончание табл. 3

Исследуемое сырье или продукт	Качественный показатель		
	АЛО, мг%	КЧ, мгКОН/г	ПЧ, ммоль (1/2O)/кг
Полуфабрикат жира печени трески	–	1,5	20,20
Паштетные консервы <i>стерилизованные</i>	51,5	8,57	10,70
Паштетные консервы <i>пастеризованные</i>	30,64	9,43	14,14

Результатами физико-химических исследований было установлено, что массовая доля АЛО остается практически на том же уровне, что и в исходном сырье – при пастеризации, при стерилизации массовая доля АЛО существенно увеличивается, что объясняется значительной денатурацией белковых макромолекул. КЧ жира стерилизованных и пастеризованных паштетных консервов находится примерно на одном и том же уровне, но наблюдается существенное увеличение по сравнению с КЧ (исходного) полуфабриката жира печени трески. ПЧ жира паштетных консервов в процессе тепловой обработки снижается. Данные результаты обуславливаются следующим: пероксиды являются первичными продуктами окисления, поэтому они легко распадаются до вторичных (альдегидов, кетонов, оксикислот, эпоксисоединений и т. д.). Поэтому изменение пероксидного числа носит экстремальный характер, и его использование в качестве определяющей характеристики степени окисления (особенно для высоконенасыщенных жиров) проблематично (табл. 3).

Органолептическая оценка готовых изделий проводилась экспертной комиссией, оценивали состояние продукта, методом разжевывания и намазывания оценивали консистенцию, оценивали цвет, запах и вкус, затем по полученным данным рассчитывался уровень качества.

Результаты исследования уровня качества и консистенции паштетных консервов в зависимости от температурной обработки представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследования уровня качества и консистенции паштетных консервов в зависимости от температурной обработки

Исследуемый продукт	Число пенетрации, кПа	Балл по консистенции	Уровень качества, %
Консервы <i>стерилизованные</i> "Паштет Энергия"	25,05	4,31	82,50
Консервы <i>пастеризованные</i> "Паштет Энергия"	16,75	5,00	99,14

Анализ полученных данных показывает, что уровень качества пастеризованных паштетных консервов выше стерилизованных. При органолептической оценке консистенции пастеризованного паштета было отмечено, что она нежная и мажущаяся, консистенция стерилизованного паштета – слегка жесткая и крошащаяся. Данный факт подтверждается инструментальными методами оценки консистенции – число пенетрации [6] пастеризованного паштета на 8,3 кПа меньше, чем стерилизованного.

При проведении дегустации готовой продукции экспертной комиссией было отмечено, что:

– в стерилизованных консервах цвет паштета серо-бежевый, в пастеризованных консервах светло-бежевый (рис. 3);



Рисунок 3 – Цвет паштетных консервов в зависимости от тепловой обработки (слева – стерилизация, справа – пастеризация).

– в стерилизованных консервах ощущается привкус жира печени трески, ощущается легкое неприятное послевкусие через некоторое время после дегустации, в пастеризованных – не ощущается жир печени трески, отмечается гармоничный вкус рыбных паштетных консервов, свойственный используемому сырью, без постороннего привкуса и последующего неприятного послевкусия (рис. 4).

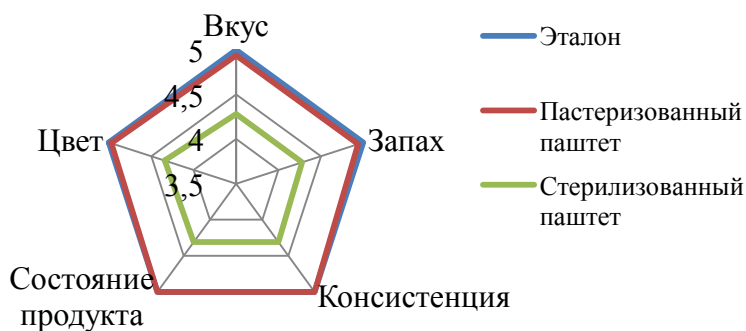


Рисунок 4 – Влияние температуры тепловой обработки на органолептические показатели качества паштетных консервов

С целью подтверждения функциональных свойств новых разработанных консервов был исследован химический состав готового продукта (табл. 5) и аминокислотный (АК) состав белка (табл. 6).

Таблица 5 – Результаты исследования химического состава готового продукта

Показатель	Результаты, %
Массовая доля влаги	62,2
Массовая доля белка	14,3
Массовая доля жира	23,2
Массовая доля хлористого натрия	2,0
Массовая доля золы	2,3
Энергетическая ценность 100 г продукта, кДж (ккал)	1115 (266)

Таблица 6 – Результаты исследования аминокислотного состава белка готового продукта

Незаменимые АК	Белок, мг/г	Аминокислотная шкала "идеального" белка (ФАО/ВОЗ, 2007), мг/г белка	АК Скор, %
1	2	3	4
Треонин	38,42	23,00	167,05
Валин	62,49	39,00	160,24
Метионин (с цистином)*	–	22,00	–
Изолейцин	57,38	30,00	191,27
Фенилаланин (с тирозином)	32,62	38,00	168,78
Лейцин	91,07	59,00	154,36
Лизин	71,72	45,00	159,39
Гистидин	15,51	15,00	103,41
Сумма НАК	376,26	-	-

* Метионин и цистин не определялись из-за отсутствия стандартов на данные аминокислоты.

Качество белков оценивали по сбалансированности их аминокислотного состава в сравнении с эталонным белком. Определено, что белок продукта богат незаменимыми аминокислотами, лимитирующие аминокислоты в белке отсутствуют. Также следует отметить, что данный вид консервов содержит значительную жировую составляющую, представленную в основном мононенасыщенными (МНЖК) и полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), содержащихся в полуфабрикate жира печени трески. Рассчитана энергетическая ценность консервов, которая составила 1115 кДж (266 ккал).

Выводы

Проанализировано влияние режимов тепловой обработки на показатели качества паштетных консервов из мороженых гонад и полуфабриката жира печени трески.

Определены значения фактического стерилизующего эффекта – 6,6 усл. мин. и значение фактического пастеризующего эффекта – 136,6 усл. мин.

Установлено, что температура стерилизации оказывает существенное влияние на органолептические характеристики консервов (уровень качества пастеризованных консервов – 99,1 %, стерилизованных – 82,5 %), консистенцию продукта (число пенетрации стерилизованного паштета на 8,3 кПа выше, чем у пастеризованного) и массовую долю азота летучих оснований, значение которой почти в 1,7 раз выше у стерилизованных консервов, чем у пастеризованных. Значения кислотного и перекисного чисел жира готового продукта практически не зависят от режима тепловой обработки.

Разработанный продукт – консервы "Паштет Энергия" – богат незаменимыми аминокислотами, жировая составляющая данных консервов представлена в основном полиненасыщенными и мононенасыщенными жирными кислотами, что позволяет отнести продукт к группе функциональных. Энергетическая ценность консервов – 266 ккал.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект 15.11168.2017/8.9.

Библиографический список

1. Цибизова, М.Е. Использование рыбного белка в сбалансированном питании / М. Е. Цибизова, Н. Д. Аверьянова // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 166–169.
2. Ефремова, А. А. Разработка технологии рыборастворительных консервов-паштетов из тресковых видов рыб / А. А. Ефремова, Л. К. Куранова, О. А. Николаенко // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 1. – С. 136–139.
3. Панкина, А. В. Композиционные структурорегулирующие добавки для рыбных фаршевых консервов / А. В. Панкина // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 414–420.
4. Гроховский, В. А. Разработка нового ассортимента консервов-паштетов из мороженых гонад и печени трески / В. А. Гроховский, Л. К. Кура-

нова, В. И. Волченко, А. Ю. Глухарев, Ю. Т. Глазунов // Вестник МГТУ. 2016. – Т. 19, № 3. – С. 603–609.

5. Швейкина, К. С. Производство комбинированных пищевых продуктов, богатых ω -3 – полиненасыщенными жирными кислотами, с использованием печени трески и её жира / К. С. Швейкина, В. И. Волченко, Л. К. Куранова [и др.] // Вестник МГТУ. – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 586–590.

6. Куранова Л. К. Использование прибора Food Checker для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов. Наука и образование – 2011. [Электронный ресурс]: междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2011 г. Мурман. гос. техн. ун-т. Мурманск : МГТУ, 2011. – С. 908–911.

Пресервы рыбные с улучшенными свойствами

Грищенко Н. С., Петров Б. Ф. (ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Современное состояние рыбопромышленного комплекса требуют принятия незамедлительных решений возникающих научных проблем, что, в конечном итоге, положительно скажется на устойчивом развитии отечественной рыбной отрасли. В свете рассматриваемой проблематики крайне важно изучение возможности применения новых пищевых для изготовления деликатесных рыбных пресервов, создания технологии их изготовления, изучения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей готового продукта и последующей разработкой научно обоснованных рекомендаций по срокам годности, гарантирующих безопасность и высокое качество изготовленных пресервных продуктов.

Ассортимент выпускаемых закусочных рыбных продуктов, в том числе и пресервов, весьма разнообразен.

Вместе с тем, расширение ассортимента такой продукции, обогащения их уникальными ингредиентами имеет широкие перспективы.

И в частности, научный и практический интерес представляет обогащение рыбных пресервов таким ценным ингредиентом, каким является икра и молоки трески. Именно их высокая пищевая и лечебно-профилактическая ценность предопределяют необходимость использования этих уникальных в ингредиентах пищевом рационе наших сограждан

Поэтому актуальность создания нового пресервного продукта с использованием икры и молок трески с доступным ценовым диапазоном не вызывает никаких сомнений.

В качестве основного сырья выбрана скумбрия атлантическая, относящаяся к хорошо созревающим рыбам и имеющая сбалансированный химический состав, который представлен в таблице 1.

Анализируя данные табл. 1, нельзя не отметить того, что для этой рыбы характерна четкая зависимость содержания жира в мясе от длины тела рыбы, наименьшая жирность (6 %) у рыбы меньших размеров, наибольшая (18 %) у крупной рыбы аналогичного периода лова. Кроме того, прослеживается сезонная изменчивость в содержании жира: наиболее жирной (до 27 %) она бывает.

Таблица 1 – Средний химический состав мышечных тканей скумбрии атлантической различных размерных групп

Размерная группа, см	Влага	Белок	Жир	Зола
22–24	73,7	18,7	6,3	1,3
26–28	71,7	17,9	9,1	1,3
31–32	63,4	16,9	18,5	1,2
36–37	62,6	17,8	18,5	1,1

В августе – декабре. Количество белка в мясе в зависимости от сезона и возраста рыбы изменяется незначительно и в среднем составляет 18 %.

Скумбрия является обычным объектом переработки у производителей и в основном направляется на производство копчёной, провесной, пряной и пресервной продукции.

Результаты экспериментов по установлению оптимального композиционного состава пресервов из филе скумбрии с добавлением икры и молока трески и растительного масла. На первом этапе с использованием действующей технической документации были проведены поисковые работы по изготовлению пресервов из филе скумбрии с добавлением икры и молока трески и растительного масла по следующей технологической схеме: приёмка мороженой рыбы → размораживание рыбы → разделка скумбрии на филе → мойка → посол → стекание и выравнивание солёности → подготовка полимерной тары → подготовка подсолнечного масла → введение филе скумбрии, икры и молока, подсолнечного масла и сорбиновой кислоты в банку → герметичное укупоривание → этикетирование → созревание → хранение.

Созревание проводили при температуре 0 минус 5 °С в течение 15 суток, затем образцы пресервов подвергали органолептической оценке дегустационной комиссией в составе 8–10 человек.

Первые образцы нового вида пресервов в поисковом эксперименте были подготовлены в трёх полимерных банках вместимостью 120 г массы нетто при следующих соотношениях ингредиентов: солёное филе рыбы 70 г (58,33 %); масло подсолнечное 37 г (30,83 %); икра и молоки 13 г (10,83 %).

После изготовления пресервов по указанной рецептуре и созревания в течение двух недель образцы пресервов были подвергнуты органолептическим исследованиям дегустационной комиссией.

Оценка внешнего вида пресервов вызвало неприятие у членов комиссии, поскольку отдельные фрагменты икры жёлтого цвета и растительное

масло плохо сочетались с филе скумбрии. Поэтому было принято решение дальнейшие дегустационные исследования изготовленных пресервов приостановить и рекомендовать автору предварительно готовить эмульсионную смесь икры, молоко и масла, найдя их оптимальное соотношение и затем полученную заливку вводить в банки с филе скумбрии с последующей герметизацией, созреванием и проведением дегустационных исследований.

Применение теории подобия в расчетах релаксационных процессов при обезвоживании рыбы

Ершов М. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты моделирования процессов перераспределения влаги в рыбе (релаксации) при обезвоживании. Исследования проводились с целью изучения длительности релаксации в различные временные интервалы сушки. При моделировании релаксации учитывалось влияние обезвоженного поверхностного слоя. В работе использовались критерии подобия Фурье и Био.

Abstract. The article discusses the results of modeling the processes of redistribution of moisture in fish (relaxation) during dehydration. The duration of relaxation in different time series of drying was studied. In the modeling of relaxation, the effect of the dehydrated surface layer is taken into account. The similarity criteria were used in the paper Fourier and Bio.

Ключевые слова: рыба, кинетика обезвоживания, диффузия влаги, релаксация.

Key words: curve kinetics of dehydration, fish, moisture diffusion, relaxation.

Ограниченность получаемой информации является основным недостатком экспериментального метода. Полученные данные относятся к той конкретной ситуации, в которой эксперимент проводился, и не могут применяться там, где есть отличия в начальных и граничных условиях. При опытном исследовании каждое явление служит самостоятельным объектом экспериментов, что увеличивает их число и сроки проведения экспериментальных работ. Это свойство экспериментального метода становится неудобным при организации серийных опытов во время разработки новых технологий и оборудования.

Единичный экспериментальный опыт нуждается в обобщении для использования в решении многих практических задач. Средством обобщения экспериментальных данных является, так называемая, теория подобия. Значение теории подобия состоит в том, что она сводит огромное многообразие экспериментальных комбинаций, встречающихся на практике, к небольшому числу стандартных схем, которые можно изучить детально.

Поскольку при исследовании и реализации пищевых производств основную роль играют процессы тепло- и массообмена, то необходимо использовать критерии подобия (основные комплексы теории подобия), характеризующие эти процессы. В работе использовались критерии подобия Фурье и Био.

Критерий Фурье (Fo) содержит время, поэтому он появляется при исследовании нестационарных задач. Этот критерий даёт возможность сопоставления во времени температурных и концентрационных полей и играет роль независимой переменной (обобщенного времени).

Критерий Био (Bi) возникает в граничных условиях, описывающих теплообмен между жидкостью или газом и твердым телом. Этот критерий устанавливает связь между температурным полем в твёрдом теле и условиями теплоотдачи на его поверхности [1].

Для процессов перераспределения влаги по толщине значительно обезвоженного приповерхностного слоя для разных моментов времени τ характерны симметричные кривые, плавно возрастающие от внешней поверхности обезвоженного слоя образца к его внутренней части (рисунок 1). Касательные, проведенные к данным кривым, пересекаются в точке B . Если касательные к кривым пересекаются, то эти кривые должны пересечься в некоторой точке A .

Исходными данными для расчета служили левые и правые части кривых 1 и 2 относительно точки A (рисунок 1). Эти кривые получены расчётным путем с использованием метода сеток. Точки на кривой 1 являлись исходными для нахождения значения A_i и μ_i в уравнениях (1) – (4), которые являются частным решением дифференциального уравнения второго порядка с граничными условиями третьего рода.

Для кривой динамики релаксации, расположенной в левой части от точки A , для тел, приближающихся по своей форме к пластине при значении критерия подобия Фурье $Fo \geq 0,5$, используем следующие уравнения.

$$w_{ki(x,\tau)} = w'_0 - A_1 e^{-\mu_i^2 Fo} \cdot \cos(\mu_i x / R) (w'_0 - w_k). \quad (1)$$

Часть кривой, расположенной правее от точки A , рассчитываем по уравнению:

$$w_{ki(x,\tau)} = w'_0 + A_1 e^{-\mu_i^2 Fo} \cdot \cos(\mu_i x / R) (w_n - w'_0). \quad (2)$$

Для тел, приближающихся по своей форме к цилиндру, в расчетах релаксации влаги применяются уравнения (3), (4).

Для левой части релаксационной кривой:

$$w_{ki(x,\tau)} = w'_0 - A_1 e^{-\mu_i^2 Fo} \cdot J_0(\mu_i r / R). \quad (3)$$

Для правой части релаксационной кривой:

$$w_{ki(x,t)} = w'_0 + A_i e^{-\mu_i^2 Fo} \cdot J_0(\mu_i r/R). \quad (4)$$

Здесь w'_0 – влажность в точке пересечения релаксационных кривых (точка A); Fo – критерий Фурье, $Fo = D\tau/R^2$; A_i , μ_i – корни характеристического уравнения: $tg\mu = -\frac{\mu}{Bi-1}$.

Определенные значения величин A_i и корней μ_i выбираются на основе табличных данных, приведенных в литературе [2].

Определение коэффициентов теплопроводности D (коэффициентов диффузии влаги) производили по методике, разработанной ранее [3].

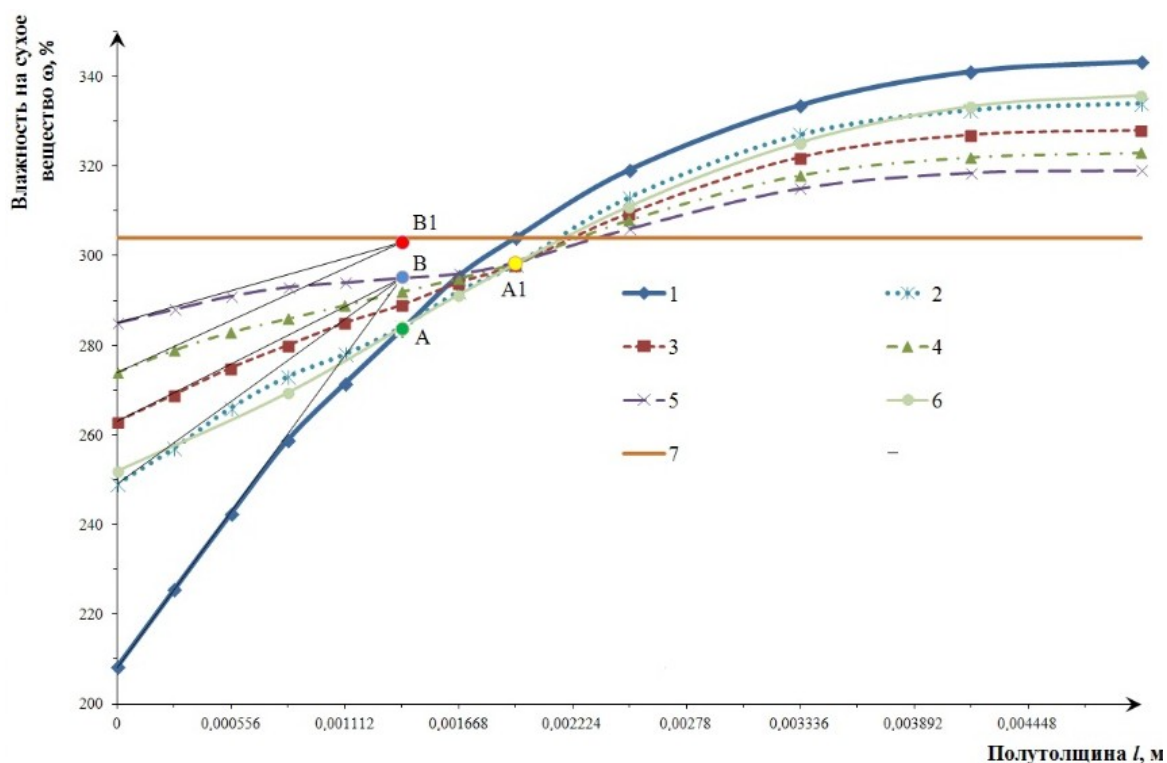


Рисунок 1 – Кривые динамики обезвоживания и релаксации камбалы-ерша:
 кривая 1 – начальный момент релаксации; кривая 2 – 0,5 часа процесса релаксации
 влаги; кривая 3 – 1 час процесса релаксации влаги; кривая 4 – 1,5 часа процесса
 релаксации влаги; кривая 5 – 2,0 часа процесса релаксации влаги;
 кривая 6 – 0,5 часа процесса релаксации, построенная методом сеток;
 прямая 7 – среднее влагосодержание в образце рыбы

Расчетным путем установлено, что критерии Био в процессах релаксации для рассмотренных объектов (путассу, сайка, камбала-ерш) находятся в пределах $Bi = 0,02 \div 1,3$ (рисунок 2). Рост критерия Био при достаточно глубоко обезвоживании показывает, что значительные потери влаги сопровож-

даются уплотнением поверхностных тканей мяса рыбы. Уплотнение тканей в свою очередь приводит к снижению влагопроводных свойств, в частности, коэффициентов влагопроводности λ_m . Снижение λ_m и влечет за собой увеличение критерия Bi .

Результаты определения A_1 и μ_1 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов A_1 и корней μ_1

Объект сушки	Продолжительность обезвоживания τ , часы	Средняя влажность в безразмерных координатах w/w_0	Значения коэффициентов A_1		Значение корней μ_1
			левая часть	правая часть	
Пугасу филе, расчет по уравнениям (1), (2) для тел, приближающихся по своей форме к пластине	2	0,87	0,49	0,45	0,13
	2,5	0,84	0,49	0,70	0,13
	3,5	0,79	0,60	0,85	0,13
	8,5	0,66	0,60	0,92	0,13
	13,6	0,56	0,60	0,95	0,13
	18,7	0,48	0,77	0,98	0,13
	31,4	0,35	0,77	1,0	0,13
	56,8	0,22	0,77	1,0	0,13
Сайка, расчет по уравнениям (3), (4) для тел, приближающихся по своей форме к цилиндру	3	0,71	0,65	0,82	0,13
	5,5	0,60	0,65	0,82	0,13
	15,5	0,39	0,65	0,95	0,13
	20,6	0,33	0,70	0,96	0,13
	25,6	0,29	0,77	0,95	0,13
	50,8	0,16	0,77	0,95	0,13
Камбала-ерш, расчет велся по уравнениям (1), (2) для тел, приближающихся по своей форме к пластине	3	0,86	0,45	0,39	0,13
	5,5	0,78	0,58	0,76	0,13
	10,5	0,68	0,64	1,0	0,13
	15,6	0,60	0,67	1,02	0,13
	20,6	0,54	0,77	1,03	0,13
	25,6	0,49	0,77	1,03	0,13

Коэффициенты A_1 в уравнениях (1-4) в пределах относительных влажностей w/w_0 (отношение текущей влажности к начальной влажности рыбы) от 0,87 до 0,84 равны $A_1 = 0,49$; для относительных влажностей, изменяющихся в пределах $0,55 > w/w_0 \geq 0,47$, коэффициенты $A_1 = 0,6$; при изменении относительных влажностей $0,47 > w/w_0 \geq 0,218$ значения $A_1 = 0,77$. Значения A_1 для правой части кривой динамики обезвоживания плавно увеличиваются от 0,45 до 1.

В заключении стоит отметить, что в работе заложены теоретические основы изучения процесса перераспределения влаги в рыбе при релаксации

с учетом влияния приповерхностного обезвоженного слоя рыбы посредством анализа кривых обезвоживания, полученных расчетным путем с использованием численных методов и аналитических решений дифференциального уравнения второго порядка с граничными условиями третьего рода. Получены значения корней μ_1 и коэффициентов A_1 для расчета перераспределения влаги в рыбе в течение релаксации для объектов обезвоживания по своей форме приближающихся к пластине и цилиндру.

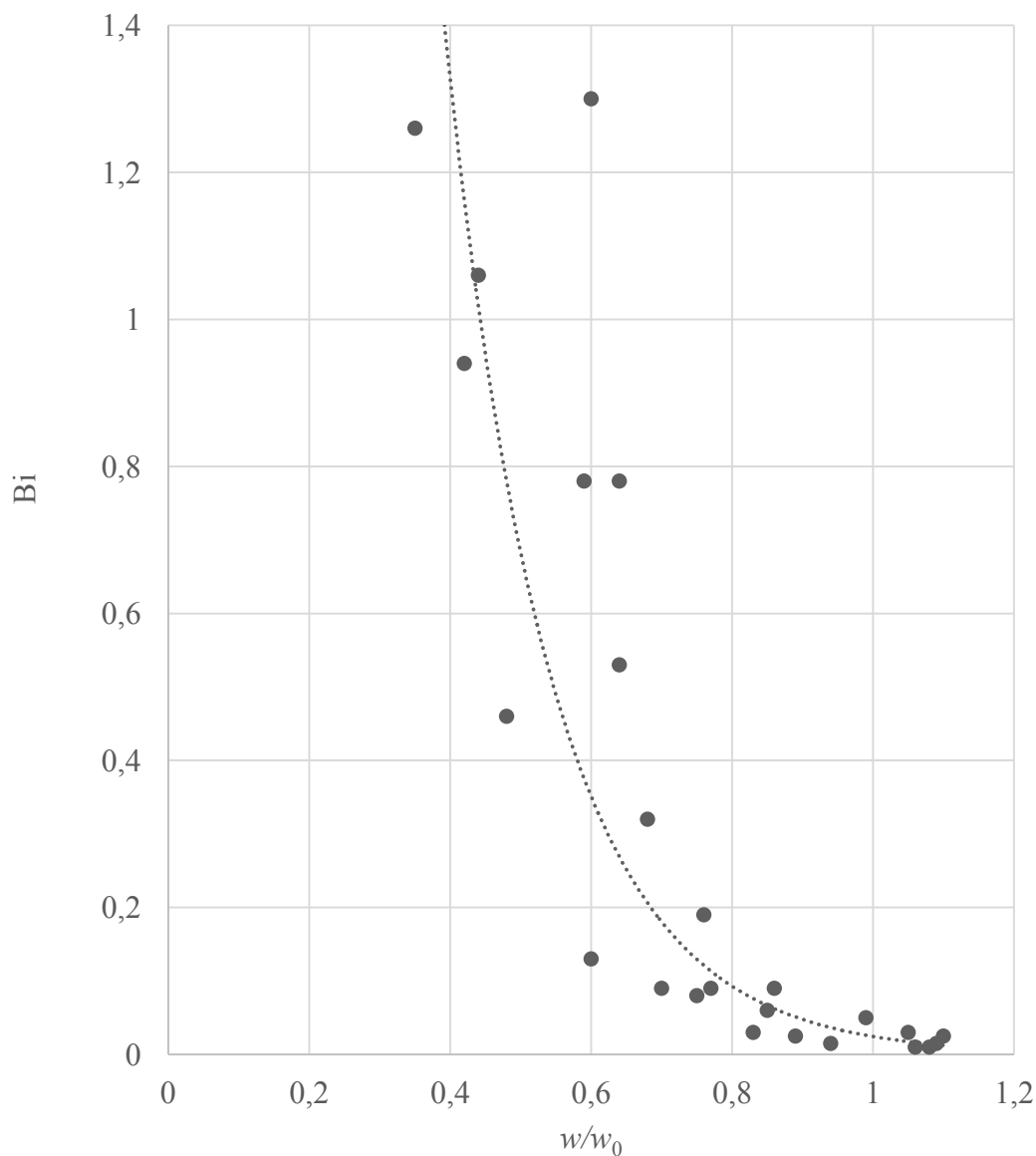


Рисунок 2 – Зависимость критерия Био от средней влажности рыбы
в безразмерных координатах w/w_0

*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки
России, проект № 15.11460.2017/8.9.*

Библиографический список

1. Глазунов Ю. Т. , Ершов А. М., Ершов М. А. Моделирование процессов пищевых производств : учеб. пособие для вузов. – Москва : Колос, 2008. – 358 с.
2. Головкин Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов. – М. : Лег. и пищ. пром-ть, 1984. – 238 с.
3. Ершов А. М., Ершов М. А., Николаенко О. А. Методика расчета кривых кинетики и динамики обезвоживания в процессах вяления и холодного копчения рыбы // Вестник МГТУ. – 2010. – Т. 13, № 4. – Ч. 2. – С. 947–950.

Оценка экономической эффективности производства пептонов из недоиспользованных костно-мышечных отходов переработки рыб семейства тресковых

Живлянцева Ю. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. В статье проведена оценка экономической эффективности производства ферментативного пептона из костно-мышечных отходов переработки рыб семейства тресковых.

Abstract. The article evaluates the economic efficiency of peptone production from bone-muscle cod waste.

Ключевые слова: пептоны, костно-мышечные отходы трески, экономическая эффективность.

Key words: peptone, bone-muscle cod waste, economic efficiency

Разработана технология конкурентоспособных рыбных пептонов из малоценного рыбного сырья и отходов от разделки тресковых [1].

Пептоны с успехом могут быть использованы в качестве легкоусвояемого белкового компонента пищевых продуктов питания, в том числе, спортивного, а также в качестве белковой основы кормов сельскохозяйственных животных, птиц, объектов аквакультуры, питательных и диагностических микробиологических сред, фармацевтической и косметической продукции.

С целью обоснования целесообразности внедрения разработки в производство проведён расчёт экономической эффективности выпуска продукции "Пептон ферментативный".

В связи с тем, что выпуск пептона планируется организовать на площадях учебно-экспериментального цеха МГТУ и, частично, с использованием имеющегося оборудования, капитальные затраты на строительство в расчёте не учитывались.

Для расчета экономического эффекта использованы данные экспериментов, а также нормы, нормативы и цены 2017 года

Принятая к расчету себестоимости готовой продукции технологическая схема представлена на рис. 1.

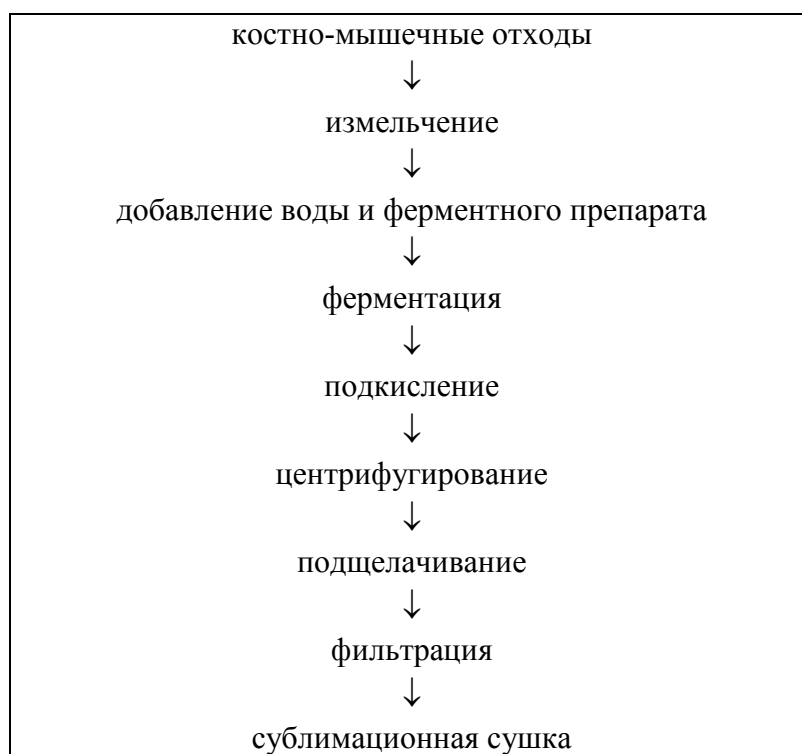


Рисунок 1 – Технологическая схема производства продукта "Пептон ферментативный"

Для односменного режима работы производственного участка (продолжительность смены 8 часов), годовой фонд рабочего времени 250 дня, выпуск продукции (из расчёта 4 кг/сутки ферментативного пептона) составит:

$$4 \cdot 250 = 1000 \text{ кг} = 1,0 \text{ т}$$

Таблица 1 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

Показатели	Единицы измерения	Содержание показателя
Годовой расход сырья	тонны	11,8
Расход воды на технологические цели, годовой	м ³	13000
Расход электроэнергии на технологические цели, годовой	мВт/час	3,226
Водоотведение, годовой объем	м ³ /т	20,6
Годовой фонд рабочего времени	дни	250
Годовой выпуск готовой продукции	тонны	1

В качестве сырья используется костные отходы трески. Закупочная цена: 1,17 руб./кг.

Стоимость сырья с учетом его годового расхода составит, тыс. руб.:

$$Б * В = 1,17 * 11800 = 13806 \text{ руб.} \quad (1)$$

где: **Б** – оптовая закупочная цена за 1 кг сырья, рубли;

В – годовой расход сырья, кг.

Таблица 2 – Затраты на сырье и материалы на 1 т пептона

Сырьё, материалы, тара	Единицы измерения	Нормы расхода на 1000 кг пептона	Стоимость за единицу, руб./кг	Сумма, руб.
Ферментный препарат – протосубтилин	кг	157	660	103620
Натрий едкий сухой	кг	80	80	6400
Кислота соляная (концентрированная)	кг	531	30	15930
Этикетка маркировочная	шт	4000	2	8000
Пластиковая банка по 0,25 кг	шт	4000	4	16000
Итого				149950

Таблица 3 – Расчет заработной платы персонала

Наименование должностей	Количество штатных единиц, чел.	Размер должностного оклада, руб.	Районный коэффициент и северная надбавка	Месячный фонд зарплаты, руб.	Годовой фонд зарплаты, тыс. руб.
Ведущий инженер	1	10500	2,3	24150	289,8
Технолог	2	10000		46000	552
Уборщица	1	9500		21850	262,2
Итого				92000	1104

Резерв на отпуска, праздничные, т. е. полная заработная плата $Z_{пп}$, руб., определяется по формуле:

$$Z_{пп} = Z_{п} \cdot O, \quad (2)$$

где O – коэффициент, учитывающий отчисления на отпуска, праздничные.

$$Z_{пп} = 1104 \cdot 1,2 = 1324800 \text{ руб.}$$

Сумма единого социального налога ЕСН, руб., определяется по формуле:

$$\Phi = N_c \cdot Z_{пп} / 100, \quad (3)$$

где N_c – социальный налог, %.

$$\Phi = 30 \cdot 1324800 / 100 = 397440 \text{ руб.}$$

Фонд оплаты труда в год $\Phi_{ОТ}$, руб., определяется по формуле:

$$\Phi_{ОТ} = Z_{пп} + \Phi \quad (4)$$

$$\Phi_{ОТ} = 1324800 + 397440 = 1324800 \text{ руб.}$$

Итого, фонд оплаты труда работников, занятых на производстве ферментативного пептона, составляет **1324800** рублей.

Таблица 4 – Расчет коммунальных платежей

Наименование платежа	Стоимость единицы	Потребление в мес.	Стоимость в мес., руб.	Стоимость в год, руб.
Отопление, Гкал/м ²	2367,77	0,0219	1814,9	21778,8
Водоснабжение, руб./м ³	26,8	1083	29024,4	348292,8
Водоотведение, т	20,01	1,72	34,42	413
Электроснабжение, мВт	5373,38	0,27	–	17334,5
Вывоз мусора, руб./т	1590,96	0,5	795,48	9545,76
Итого				397440,12

Таблица 5 – Перечень устанавливаемого оборудования

Наименование оборудования	Количество единиц	Стоимость единицы оборудования, руб.			Балансовая стоимость оборудования, руб.
		Ориентировочная оптовая цена	Транспортные расходы (15 % от оптовых цен)	Стоимость монтажа (10 % от оптовых цен)	
Экструдер-измельчитель поршневого типа	1	350000	52500	35000	437500
Реактор с мешалкой	1	60000	9000	6000	75000
Центрифуга осадительная	1	400000	60000	40000	500000
Вакуум – сублимационная установка	1	1400000	210000	140000	1750000
Итого					2762500

Таблица 6 – Перечень устанавливаемого оборудования

Статья затрат	Единицы измерения	Стоимость на годовую программу, тыс. руб
Сырье основное	руб.	13,81
Сырьё дополнительное, вспомогательные материалы и тара	руб.	149,95
Заработная плата	руб.	1324,8
Стоимость воды	руб.	348,7
Стоимость электроэнергии	руб.	17,33
Стоимость оборудования	руб.	2762,5
Амортизация	руб.	267,3
Итого	руб.	4884,39

Общепроизводственные расходы составят:

$$P * 0,1 = C, \quad (5)$$

где P – цеховая себестоимость, тыс. руб.;

0,1 – норматив отчислений на общепроизводственные расходы, %

$$4884,39 * 0,1 = 488,$$

Внепроизводственные расходы составят:

$$(P + C) * 0,1 = T, \quad (6)$$

где **P+C**– производственная себестоимость, тыс. руб.;

0,1 – норматив отчислений на общепроизводственные расходы, %

$$(4884,39 + 488) * 0,1 = 537,2$$

Полная себестоимость составит по базовому варианту

$$(P + C) + T = Y, \quad (7)$$

где **(P + C)** – производственная себестоимость, тыс. руб.,

$$(4884,39 + 488) + 537,2 = 5909,6$$

Расчет прибыли, тыс. руб.:

$$\Pi = D - P, \quad (8)$$

где **D** – доходы, тыс. руб.

P – расходы, тыс. руб.

$$\Pi = (6,5 * 1000) - 4884,39 = 6500 - 4884,39 = 1615,61$$

С учетом налога на прибыль чистая прибыль предприятия определяется, тыс. руб.:

$$\text{ЧП} = \Pi * 0,8 \quad (9)$$

$$\text{ЧП} = 1615,61 * 0,8 = 1292,5$$

Для оценки эффективности и для сравнения работы предприятий используется система показателей рентабельности, которые рассчитываются по формуле [2,3]:

– рентабельность продаж R_s , %

$$R_s = \text{ЧП} / V_{\text{др}} \cdot 100 \%, \quad (10)$$

где $V_{\text{др}}$ – валовый доход, остающийся в распоряжении предприятия

ЧП – годовая чистая прибыль от реализации продукции, тыс. руб.

$$V_{\text{др}} = 6,5 * 1000 \text{ (годов. выпуск г./пр.)} = 6500 \text{ руб.}$$

$$R_s = 1292,5 / 6500 * 100 \% = 20 \%$$

– рентабельность продукции R_a , %

$$R_a = \text{ЧП} / И \cdot 100 \%, \quad (11)$$

где **И** – издержки производства и обращения

$$R_a = 1292,5 / 4884,39 * 100 \% = 26 \%$$

Эффективность капиталовложений Эк , тыс. руб., рассчитываем по формуле:

$$\text{Эк} = \text{ЧП} - (0,15 \cdot \text{Кв}) \quad (12)$$

$$\text{Эк} = 1292,5 - (0,15 \cdot 2762,5) = 1292,5 - 414,3 = 878,2 = 878200 \text{руб.}$$

Срок окупаемости капиталовложений рассчитаем по формуле:

$$\text{Ток} = \text{Кв} / \text{ЧП} \quad (13)$$

$$\text{Ток} = 2762,5 / 1292,5 = 2,1 \text{ года.}$$

Вывод: расчётная годовая эффективность выпуска 1т сухого пептона из отходов от разделки трески на базе учебно-экспериментального цеха МГТУ составит 6500000 тыс. руб. Срок окупаемости вложений – 2,1 года (2 года и 1 месяц).

Библиографический список

1. Гроховский, В. А. Создание спектра высокоценных продуктов питания из недоиспользуемых сырьевых источников арктического региона // В. А. Гроховский., Л. К. Куранова., В. В. Мищенко., А. Ю. Глухарев., Ю. В. Живлянцева // Новации в рыбной отрасли – импульс эффективного использования и сохранения биоресурсов Мирового океана : материалы Нац. очно-заоч. науч.-практ. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2018. – С.120–126.

2. Коршунов, В. В. Экономика организации (предприятия) : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / В. В. Коршунов. – Люберцы : Юрайт, 2016. – 407 с.

3. Шаркова, А. В. Экономика организации : практикум для бакалавров / А. В. Шаркова, Л. Г. Ахметшина. – М. : Дашков и К, 2016. – 120 с.

К разработке технологии вялено-провесной формованной рыбной продукции с улучшенными свойствами

Лыжин Е. В., Гроховский В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Подобрано и изучено основное сырьё (атлантический лосось и сиг) и ценные растительные ингредиенты для создания нового формованного продукта. Показана возможность изготовления нового вялено-провесного формованного рыбного продукта из слабосоленого филе сёмги и филе сига, обогащённого и ароматизированного ценными растительными ингредиентами.

Abstract. Selected and studied the main raw materials (Atlantic salmon and whitefish) and valuable growing ingredients to create a new molded product. The possibility of manufacturing a new dried-sagging molded fish product from salted salmon fillet and whitefish fillet enriched and flavored with valuable plant ingredients is shown.

Ключевые слова: вялено-провесная рыбная продукция, формованные изделия, филе атлантического лосося и сига, слабый тузлучный посол, экстракты ценных растений.

Key words: dried-sagging fish products, molded products, Atlantic salmon fillet and whitefish, weak brine salting, extracts of valuable plants.

Известно, что вяленая и провесная качественная рыбная продукция пользуется неснижающимся спросом в Российской Федерации [1].

Известно также, что данная продукция имеет свою классификацию и подразделяется на солёно-сушёную, вяленую и провесную и пресно-сушеную [2].

Наибольшие объёмы производства приходятся на вяленую и провесную рыбную продукцию, отличия, основном, заключаются в диапазоне конечного содержания влаги (у вяленой 35–50 %, у провесной от 50 до 65 %) [1; 3].

Представляет интерес разработка технологии вялено-провесной формованной рыбной продукции с диапазоном влажности от 48 до 52 %, а также выпускаемой в виде соединённых вместе филе сразу двух видов рыб правильной формы (прямоугольной, квадратной, цилиндрической), причём, предварительно сырьё подвергается специальному слабому посолу в течение нескольких суток с введением в рассол экстрактов лечебных и тонизирующих трав.

Нельзя не отметить того, что учёными и специалистами разработано и предложено большое количество технологий и формованных продуктов,

которые изготавливаются из фаршевых изделий, выработанных из водных биоресурсов.

Такая формованная рыбная продукция в процессе изготовления подвергается чрезмерным механическим и тепловым воздействиям (грубое и тонкое измельчение, горячее и холодное копчение и т. п.), что в конечном итоге снижает её пищевую и биологическую ценность.

Вместе с тем создание комбинированных продуктов из гидробионтов, в которых бы гармонично сочетались щадящее воздействие на объекты переработки (без применения жёстких режимов механической и термической обработки), что приводило бы к сохранению их функциональных свойств (к примеру, нативность и полноценность аминокислотного состава белков), обогащение продукта ценными макро- и микронутриентами (полезнейшими органическими фитовеществами, а также йодом, витаминами, ценнейшими микроэлементами и др.), явилось бы одним из приоритетных направлений в технологии продуктов из водного сырья [4].

Поэтому представляет и теоретический и практический интерес разработка технологии вялено-провесных формованных продуктов на основе филе таких видов рыб, как лосось атлантический и сиг с использованием растительных ингредиентов лечебно-профилактического назначения, таких, к примеру, как травы, морские водоросли (фукусы, ламинария и др.).

Атлантический лосось или сёмга (лат. *Salmon salar*) богат жирами, белками, микроэлементами и витаминами. Химический состав семги в среднем включает в себя 15,0 % липидов, 20,0 белковых веществ, по 1,0 % ненасыщенных кислот и минеральных веществ, 64,0 % воды. Макроэлементный состав мышечной части сёмги (мг/100 г) представлен К – 441, Р – 245, Na – 57, Mg – 28, Ca – 12, холестерином – 66. В составе семги присутствуют такие витамины, как А, В₁, В₂, В₁₂, Е, РР, С, D, имеется и целый набор микроэлементов: Cl, Fe, Zn, F, Cr, Ni, Mo [5; 6].

Ученые провели исследования, по которым оказалось, что люди, часто употребляющие семгу, почти в три раза меньше подвержены онкологическим заболеваниям, депрессивным состояниям, развитию гипертонической болезни. Регулярное употребление семги в пищу способствует тому, чтобы в нашем организме: улучшался обмен веществ, нормализовалась работа печени и органов желудочно-кишечного тракта, стенки кровеносных сосудов становились более прочными, стабилизировалась работа центральной нервной системы а иммунитет значительно повышался [5; 6].

Другая не менее ценная рыба семейства лососёвых – сиг (лат. *Coregonus lavaretus*), содержит в себе полезные микро- и макроэлементы, и богатый витаминный комплекс. В частности, мясо сига содержит в среднем, белковых веществ 17,4 %, липидов 3,0 %, воды 69,0 %, макро- микроэлементы S – 174 мг/100 г, Cl – 164 мг/100 г, Zn – 0,69 мг/100 г, Mo – 3,9 мкг/100 г, Ni – 5,9 мкг/100 г, F – 429 мг/100 г, Cr – 0,69 мкг/100 г, витамина PP – 2,899 мг/100 г.

Мясо сига рекомендуется употреблять людям, страдающим туберкулезом, полезно использовать при профилактике рахита и анемии; а богатый набор минеральных веществ и витаминов благотворно влияет на рост и строение костей, снимает стресс и раздражительность, позитивно влияет на эндокринную систему, эффективно улучшает зрение [7; 8]

В настоящее время всё большую актуальность приобретает использование для лечебно-профилактических и других целей целого реестра трав, цветов и кустарников, их соцветий, почек, плодов, листьев, стеблей и корней. Экстракты, настойки, отвары, фитопрепараты этих представителей растительного мира находят все более широкое применение в технологии продуктов из водных биоресурсов.

При разработке новой технологии вялено-провесной рыбной продукции решено использовать при посоле экстракты следующих растений: ромашки аптечной, золотого уса, липового цвета и бессмертника.

Характеристика этих ценных растений представлена ниже.

Ромашка аптечная. Содержит никотиновую, салициловую, аскорбиновую кислоты, фитостерин, камедь, холин, эфирное масло, дубильные вещества, диоксикумарин, жиры, воска, сахара, гликозид умбеллиферон, глицериды жирных кислот, пектины. Цветы ромашки аптечной содержат до 1,8 % (обычно – 0,3–1,0 %) эфирного масла, имеющего окраску от желто-зеленого до голубого, с характерным запахом, приятном в небольших количествах. В цветках ромашки лекарственной найдены также флавоноиды, производные апигенина, лютеолина и кверцетина, которые также обладают противовоспалительными и противовирусными действиями. Соцветия ромашки аптечной накапливают макроэлементы (мг/г): 41,80; Ca – 8,30; Mg – 3,10; Fe – 0,30; Mn – 0,29; Cu – 0,78; Zn – 0,80; Co – 0,16; Cr – 0,09; Al – 0,27; Ba – 0,20; V – 0,08; Se – 7,20; Ni – 0,24; Pb – 0,07; I – 0,07. Эфирное масло ромашки ("ромашковое масло") обладает дезинфицирующим действием, снимает боли, ослабляет воспалительные процессы, расширяет сосуды головного мозга [9].

Золотой ус. Содержит флавоноиды, которые имеют большое значение для поддержания здоровья организма. В первую очередь следует отметить, что эти биологически активные вещества обладают антиоксидантным действием, т. е. способны нейтрализовать негативное воздействие свободных радикалов, которые образуются в организме в процессе жизнедеятельности.

В соке золотого уса учеными были обнаружены два вещества из группы флавоноидов: кемпферол и кверцетин. Также содержатся стероиды, витамин РР, микроэлементы: железо, медь и хром. Золотой ус замечательно повышает уровень естественной защиты, и оказывает на организм общетонизирующее действие. Примечательно, что из-за своего губительного действия на потогонную микрофлору, продукты, приготовленные на его основе, долго не портятся и могут храниться достаточно долгое время при комнатной температуре [10].

Липовый цвет. В цветках растения содержится аскорбиновая кислота, флавоновые гликозиды, талицин и каротин. Благодаря этому набору компонентов удаётся снять воспалительные процессы и боли. Липовый цвет содержит в себе большое количество эфирных масел. Им свойственны выраженные иммуномодулирующие и бактерицидные свойства. В них также были обнаружены следующие лечебные составляющие: минеральные соли (магний, железо, кальций и калий); полисахариды и сахар; органические кислоты, например: салициловая кислота; дубильные составляющие; флавоноиды; антиоксиданты природного происхождения – сапонины.

Липовый цвет обладает успокаивающим, антибактериальным, ранозаживляющим, жаропонижающим, противомикробным свойствами. Препараты из липового цвета помогают пищеварительной системе переваривать пищу, способствуют ее лучшему усвоению. Липовый цвет успокаивает нервную систему, снимает усталость, накопленную за день и обогащает организм энергией [11].

Бессмертник. Содержит флавоноиды, дубильные вещества, 0,05 % эфирных масел, 1,2 %, сахаров 3,66 % смол, 0,05 % стероидов, 0,25 % флавонов, сапонины, высокомолекулярные спирты, красящие вещества, соли натрия, калия, кальция, железа, марганца, витамины С, К, микроэлементы: свинец, хром, никель, селен, алюминий. К действиям лекарственного сырья относят антибактериальную активность, эффективность в отношении угнетения колоний стафилококков и стрептококков [12].

Нами проведены экспериментальные работы по изготовлению формованной вялено-провесной продукции на основе филе сёмги и сига, обогащённых и ароматизированных экстрактами ценных компонентов ряда растительных ингредиентов.

Особенностью разработанной технологии является слабый тузлучный посол рыбы (филе атлантического лосося и филе сига) с применением кипячёной питьевой воды, соли поваренной пищевой и растительных ингредиентов сухих (ромашки аптечной, золотого уса, липового цвета и бессмертника), помещённых в специальные мешочки из хлопчатобумажной ткани. Посол филе рыбы проводят в ваннах с периодическим перемешиванием в течение 3–4 суток в помещении с температурой от 2 до 7 °С до содержания соли в филе 2 – 3 %, соотношение рыбы и раствора 1:1.

После посола рыбу подвергали стеканию, затем укладывали филе в специальные сетчатые формочки таким образом, чтобы филейчики сёмги и сига были соединены вместе кожным покровом наружу и направляли на обезвоживание в универсальной коптильно-сушильной установке (УКСУ). Процесс обработки формованных филейчиков рыбы воздухом температурой 20–22 °С относительной влажностью 45–50 % и скоростью движения 0,5–1 м/с проводили в течение полутора – двое суток.

По окончании сушки формованный комбинированный продукт – вялено-провесное ароматизированное филе сёмги и филе сига направляли на вакуумирование и последующее хранение при температуре от 0 °С до минус 5 °С для установления сроков годности его.

Готовый продукт имел привлекательный внешний вид в виде прямоугольных брусочков, разных размеров массой от 100 до 300 г, в которых сочетались красное мясо сёмги и белое мяса сига, приятный травянистый аромат, упругая консистенция и аппетитный вкус. Содержание *NaCl* составило 3,2–4,1 %, содержание воды – 49,6–51,7 %.

В последующем планируется проведение исследований по определению в новом вялено-провесном продукте ценных компонентов (микроэлементов, витаминов, органических соединений), а также показателей безопасности и установлению сроков годности. Научные задачи, поставленные исследователями на данном этапе, полностью решены.

Выводы:

1. Проведены аналитические исследования по подбору и изучению качественных характеристик основного сырья (сёмги и сига) и вспомогательных ингредиентов для создания нового формованного продукта.

2. Проведёнными экспериментами показана возможность изготовления нового вялено-провесного формованного рыбного продукта, в котором гармонично сочетается слабосолёное филе сёмги и филе сига, с использованием обогащённого и ароматизированного ценными растительными ингредиентами.

Библиографический список

4. Обзор российского рынка рыбы и морепродуктов. 2018. [Электронный ресурс] / Система межрегиональных маркетинговых центров. Информационный портал межрегионального делового сотрудничества. – Режим доступа: http://www.marketcenter.ru/content/document_r_980DCB49-9CE2-403F-BD77-8CA70BCAE043.html (дата обращения: 31.05.18). – Загл. с экрана.

5. Бессмертная, И. А. Научные основы и технологические аспекты производства вяленых и сушено-вяленых рыбных продуктов : монография / И. А. Бессмертная. – Калининград : Издательство ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2015. – 241 с.

6. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / С. А. Артюхова, В.А. Гроховский [и др.] ; под ред. А. М. Ершова. – 2-е изд. – М. : Колос, 2010. – 1064 с.

7. Гроховский, В. А. Формованные продукты из водных биоресурсов : учебное пособие // В. А. Гроховский, О. Ф. Низковская / Мурманск : ФГБОУ ВПО "МГТУ", 2015. – 152 с.

8. Мартынов, В. Г. Атлантический лосось (*Salmon salar* L.) на Севере России // В. Г. Мартынов. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. – 414 с.

9. Атлантический лосось. 13.05. 2018. [Электронный ресурс]. Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Атлантический_лосось (дата обращения: 15.04.18). – Загл. с экрана.

10. Сиги. 24.04. 2018. [Электронный ресурс] Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сиги> (дата обращения: 31.05.18). – Загл. с экрана.

11. Сиг. 2018. [Электронный ресурс]. Food and Health – Режим доступа: <http://foodandhealth.ru/ryba/sig/> (дата обращения: 31.05.18). – Загл. с экрана.

12. Укрепление здоровья. Эффективные упражнения и способы. 2018. [Электронный ресурс] / Лекарственные растения > Ромашка аптечная – Режим доступа: <http://www.ukzdor.ru/romashka.html> (дата обращения: 10.04.18). – Загл. с экрана.

13. Антонова Л. Золотой ус. Исцеляющие рецепты. [Электронный ресурс] /. Электронная библиотека / Книги / Золотой ус. Исцеляющие рецепты. – Режим доступа: <http://www.universalinternetlibrary.ru/book/37478/ogl.shtml#t6> (дата обращения: 10.04.18). – Загл. с экрана.

14. Энциклопедия медикаментов [Электронный ресурс] / Lekarstva.Guru > Без рецепта > Цветки липы: состав, лечебные свойства и противопоказания – Режим доступа: <https://lekarstva.guru/l/tsvetki-lipy-sostav-lechebnye-svojstva-i-protivopokazaniya.html> (дата обращения: 10.04.18). – Загл. с экрана.

15. Народная медицина [Электронный ресурс] / Главная > Лекарственные растения > Бессмертник – Режим доступа: <http://n-retsept.ru/bessmertnik.html> (дата обращения: 10.04.18). – Загл. с экрана.

Пресервы из скумбрии с добавлением икры морских ежей

Майорова А. А., Гроховский В. А., Куранова Л. К. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Целью данной работы явилась разработка технологии изготовления рыбных пресервов с использованием добавок из икры морских ежей.

Достижение поставленной цели должно осуществляться путем решения следующих задач:

- разработать рецептурную композицию нового пресервного продукта;
- изготовить опытные образцы созданных пресервов;
- исследовать новый продукт в процессе хранения с установлением возможного срока годности.

На первом этапе были разработана рецептура и получен пресервный (скумбрия филе кусочки в масляной заливке) продукт, с введением в его состав икры морских ежей. Наиболее оптимальная рецептура нового продукта с расфасовкой его в стеклянную банку вместимостью 128 г при соотношении (%) филе скумбрии : икра морских ежей : масло 75 : 9,4 : 15,6 представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Рецептура опытных образцов пресервов

Наименование пресервов	Рыба (г)	Икра морских ежей (г)	Мало растительное (г)
Филе скумбрии с добавлением икры морских ежей	96	12	20

Дегустационными исследованиями было установлено, что новый вид пресервной продукции имеют хорошие органолептические показатели, результаты сенсорной оценки представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты органолептических исследований пресервов "Скумбрия филе кусочки с добавлением икры морских ежей в растительном масле"

Показатель качества	Коэф. значимости	Оценки дегустаторов, балл					Средний балл	Ср. балл с учетом коэф.
		1	2	3	4	5		
Вкус (общее впечатление)	1,0	4	5	4	5	5	4,6	4,6
Аромат	0,8	5	5	5	5	5	5	4,0
Консистенция	0,7	4	4	5	5	5	4,6	3,22
Внешний вид	1,0	5	4	4	5	4	4,4	4,4
Общая приемлемость	0,5	5	5	5	5	5	5	2,5
Общий средний балл с учётом коэффициентов значимости								18,72

Данные органолептических исследований нового вида пресервов свидетельствуют о том, что готовый продукт считается отличным (общий балл составляет 18,72, что вписывается в установленную градацию – от 18,6 до 20 баллов).

Все опытные образцы созданного пресервного продукта были направлены на микробиологические исследования для определения ряда показателей безопасности (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus*, дрожжей, плесеней и др.) и соответствия их требованиям, установленным СанПин 2.3.2.1078, а также для установления возможного срока годности. В частности, данная пресервная продукция подвергалась бактериологическим исследованиям сразу же после изготовления, а затем через 15 и 30 суток хранения.

Результаты микробиологических исследований пресервов "Скумбрия филе кусочки с добавлением икры морских ежей в растительном масле" представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты микробиологических испытаний пресервов из филе скумбрии с икрой морских ежей при хранении в течение 30 суток при температуре +2 – –2 °С

Наименование показателей	Нормативное значение	Результаты испытаний		
		0 суток хранения	15 суток хранения	30 суток хранения
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, кое/г, не более	2,0x10 ⁵	7,4x10 ²	2,8x10 ⁴	4,6x10 ⁵
Бактерии группы кишечной палочки (колиформные бактерии)	в 0,01 г не допускаются	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>Escherichia coli</i> , в 0,01г	не нормируется	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>Staphylococcus aureus</i>	в 1,0 г не допускается	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Сальмонеллы	в 25 г не допускаются	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>L. monocytogenes</i>	в 25 г не допускается	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Сульфитредуцирующие клостридии	в 0,01 г не допускаются	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Дрожжи, кое/г, не более	100	60	100	2,9x10 ⁴
Плесени, кое/г, не более	10	менее 10	менее 10	менее 10

Результаты исследований, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что опытные образцы пресервов из филе скумбрии с икрой морских ежей после 15-суточного хранения по комплексу микробиологических показателей соответствовали требованиям СанПин 2.3.2.1078-01 п.1.3.2.3.

Выводы

1. Разработана рецептурная композиция нового пресервного продукта "Скумбрия филе кусочки с добавлением икры морских ежей в растительном масле".

2. Изготовлены опытные образцы созданных пресервов, которые, в соответствии с результатами дегустационных исследований, имели хорошие органолептические показатели.

3. Результатами микробиологических исследований разработанных продуктов в процессе хранения установлены возможные сроки годности для пресервов из филе скумбрии с икрой морских ежей – 15 суток при температурном диапазоне от плюс 2 до минус 2 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 16-16-00076)

О возможности использования протеолитической активности пробиотических микроорганизмов в технологии обработки водных биоресурсов

Макаревич Д. В., Гроховский В. А. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств*)

Аннотация. В работе рассмотрены перспективные свойства молочнокислых микроорганизмов, позволяющие рассматривать их в качестве протеолитически активных агентов в технологии переработки водных биоресурсов. Несомненный интерес представляют группы молочнокислых бактерий, обладающие наряду с протеазной активностью пробиотическими свойствами. Предполагается, что за счет использования молочнокислых пробиотических в технологии переработки гидробионтов, удастся не только сократить продолжительность созревания белоксодержащего сырья, за счет ускорения физико-химических и биохимических процессов, но и получить готовый продукт с функциональными свойствами.

Abstract. The prospective qualities of lactic acid microorganisms are being considered and represented in this work. Allowing them to be considered as proteolytically active agents, in technology, for recycling of water boresources. Unquestionable interest are represented by the groups of lactic acid bacterias, that are having probiotic qualities, in addition to protease activity. It is supposedly due to use of lactic acid bacterias in the technology of recycling hydrobints. It would be possible not to only shorten the duration of the ripening of protein containing raw materials, but to get the end-product with functional qualities and features. The observations mentioned above; could be obtained by speeding up of physicochemical and biochemical processes.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, пробиотические микроорганизмы, протеолитическая активность, переработка водных биоресурсов.

Key words: Lactic acid bacteria, probiotic microorganisms, proteolytic activity, processing of aquatic bioresources.

Одним из важнейших вопросов, стоящим перед современной пищевой биотехнологией, является расширение ассортимента высококачественных пищевых продуктов, способных наряду с удовлетворением физиологических потребностей организма человека в питательных компонентах и энергии, выполнять профилактические и лечебные функции за счет использования натуральных и природных ингредиентов.

Учитывая наличие в составе объектов водных биоресурсов биологически активных веществ, имеющих функциональное действие, с одной стороны,

а также значительный биотехнологический потенциал пробиотических бактерий – с другой, разработка технологий переработки гидробионтов с использованием таких микроорганизмов в качестве факторов интенсификации физико-химических и биохимических процессов является актуальной.

Известно, что ряд микроорганизмов широко используются во многих отраслях народного хозяйства. Наиболее "эксплуатируемым" свойством молочнокислых микроорганизмов является их гликолитическая активность, которая лежит в основе производства большинства кисломолочных продуктов. Вопросы применения молочнокислых бактерий в данной области освещены в многочисленных работах по технологии производства молочных продуктов.

В настоящее время существуют работы, доказывающие технологическое значение гликолиза в производстве продуктов из мясного сырья. Так, например, установлена зависимость органолептических, функционально-технологических и микробиологических показателей сыровяленых продуктов из говядины от состава и дозировки стартовых культур (*Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus xylosus*, *Lactobacillus rhamnosus*). Доказано, что снижение водородного показателя за счет гликолиза влияет на органолептические показатели пресервов из разделанной сельди, а пищевые добавки при производстве, применение которых не обеспечивает в течение срока хранения значения величины рН сельди на уровне 5,2–5,6, имитируют созревание за счет вкусовых веществ и усилителей вкуса [7].

Молочнокислые микроорганизмы, обладающие значительной галотолерантностью, позволяющей им активно размножаться в условиях постепенного обезвоживания соленого продукта интенсифицируя при этом процесс созревания, являются бактериями-антагонистами.

Рост количества микрофлоры приводит к накоплению молочной кислоты, плавному и динамичному снижению уровня рН, и, как следствие, подавлению действия патогенных бактерий. В результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий в среде постепенно вытесняются грамотрицательные бактерии, аэробные гнилостные бациллы, стафилококки [2].

Антагонизм молочнокислых бактерий обуславливается не только сдвигом рН среды в кислую сторону, неблагоприятную для размножения гнилостных и условно-патогенных бактерий, но и выработкой антибиотических веществ белковой природы. Доказано, что белковые продукты обмена веществ симбиотического консорциума микроорганизмов (*Lactobacillus gallinarum*,

Streptococcus thermophilus, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus fermentum*) обладают антимикробным действием по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам: *Escherichia coli*, *Bacillus fastidiosus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* [3].

К не менее значимым свойствам можно отнести также протеолитическую активность, присущую отдельным видам молочнокислых бактерий, которая определяется фильтрующимися протеазами клетки и внутриклеточными ферментами, освобождающимися при автолизе бактерий во время культивирования. Протеолитические штаммы нашли применение в производстве сыров и сыровяленых мясных продуктов. Протеазы бактерий, участвующие в расщеплении белков, способны изменять структуру мышечных волокон, улучшая гистологические свойства готового продукта. Образующиеся свободные аминокислоты служат источником других азотистых соединений, способствующих улучшению качественных органолептических показателей готовых изделий.

Известны технологии применения молочной сыворотки, представляющей собой культуральную жидкость, содержащую активные метаболиты бактерий, для получения белковой массы на основе процесса автопротеолиза фарша из смеси мелких промысловых рыб в качестве реакционной среды. Отмечен, устойчивый консервирующий эффект, создаваемый молочной сывороткой, исключает необходимость применения консервантов при получении белковых масс [6].

Отдельно следует подчеркнуть, что некоторые молочнокислые бактерии обладают пробиотическими свойствами и положительно влияют на организм человека в плане поддержания гомеостаза. Данное качество микроорганизмов-пробиотиков обуславливает широкие перспективы их использования. Пробиотические микроорганизмы хорошо приживаются в технологических средах и продуцируют биологически активные вещества, позволяя производить продукты нового поколения, обладающие физиологически полезными свойствами, с улучшенными органолептическими характеристиками, содержащие антиоксидантные и антимутагенные компоненты.

При разработке технологии ферментированной основы из молочного сырья с использованием консорциума микроорганизмов было установлено, что симбиотический консорциумы на основе дрожжей, ассоциации кефирных грибков и промышленного штамма *L. acidophilus* способны к накопле-

нию витаминов В₁ (0,038 мг/100 г), В₂ (0,071 мг/100 г), фолиевой кислоты (0,085 мг/100 г) [4].

В исследованиях, посвященных теоретическому обоснованию и разработке технологии мясных продуктов с использованием пробиотических микроорганизмов было доказано, что такие микроорганизмы имеют позитивные технологические эффекты при обработке мясного сырья – ускоряют процессы посола и созревания, структурообразования, сохраняют стабильные микробиологические показатели, ингибируют окислительные процессы в готовых продуктах. Экспериментально обосновано, что при ферментации мясного сырья пропионовокислыми бактериями диффузионно-осмотические процессы и перераспределение ионов NaCl в мышечной ткани ускоряются в 1,5–2 раза. Кроме того, биосинтез бактериями полифосфатов, увеличивающих набухание, адгезию и влагоудержание волокон, может позитивно повлиять на структурообразование готовой продукции. Накопление ценных метаболитов в рассоле (летучих жирных кислот, аминного азота, антимутагенных веществ, антиокислительных ферментов, витамина В₁₂) сдерживает окислительные процессы при производстве и удлиняет сроки хранения и способствует повышению потребительских свойств готовой продукции. При этом количество жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий, обладающих высокой биосинтетической способностью, к концу логарифмической фазы при их культивировании в рассоле температурой 4 °С и концентрацией NaCl 7,5 % может составлять $1 \cdot 10^7$ КОЕ/г, а культуральная жидкость характеризуется выраженной каталазной, пероксидазной и супероксидазной активностями [5].

Известны работы, рассматривающие применение различных бактериальных препаратов, обладающих денитрифицирующими свойствами, для производства сыровяленых колбас. Микроорганизмы, продуцирующие молочную кислоту, способны снижать содержание нитритов. Денитрификация нитрита обеспечивает более стабильную окраску и улучшение вкусоароматических свойств продукта.

На основании экспериментальных исследований по использованию штаммов *Lactobacillus gallinarum* и *Enterococcus hirae* в технологии производства сырокопченых колбас показано, что в процессе созревания наблюдается снижение остаточного нитрита натрия до 0 мг/100 г фарша и его полная утилизация без ухудшения окислительных и гидролитических процессов, что положительно влияет на безопасность готового продукта [1].

Таким образом, анализ литературных данных показал, что многие частные технологии переработки белоксодержащего сырья основаны на использовании метаболических особенностей молочнокислых микроорганизмов. Высокий биотехнологический потенциал данной группы микроорганизмов заслуживает внимания, и может являться отправной точкой для начала исследования по обоснованию и разработке технологий переработки водных биоресурсов с применением пробиотических молочнокислых бактерий.

Библиографический список

1. Барсуковская Т. А. Интенсификация технологии сырокопченых колбас с адаптированными пищевыми модулями : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ставрополь, 2016. – 25 с.
2. Здрабова Е. М. Исследование потенциальных гипотензивных свойств сыровяленых продуктов из говядины с использованием стартовых культур : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2015. – 25 с.
3. Крумликов В. Ю. Исследование и разработка технологии получения симбиотической закваски на основе лактобактерий, выделенных из национальных кисломолочных продуктов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2017. – 18 с.
4. Олмоева В. Д. Разработка технологии ферментированной основы из молочного сырья с использованием консорциума микроорганизмов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Улан-Удэ, 2014. – 17 с.
5. Хамаганова И. В. Теоретические и практические аспекты создания мясных продуктов с использованием биологически активных добавок на основе пробиотических микроорганизмов : автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Улан-Удэ, 2012. – 39 с.
6. Цибизова М. Е. Научное обоснование и методология переработки водных биологических ресурсов Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна : автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Москва, 2014. – 48 с.
7. Чернова А. В. Обоснование принципов использования функционально-технологических добавок при производстве пресервов из сельди : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Калининград, 2013. – 24 с.

Разработка новых технологий кондитерских изделий

Минеева Е. Н., Бражная И. Э., Беспалова В. В., Плыгун Е. Д. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Рассмотрены перспективы развития рынка мучных кондитерских изделий Мурманской области. Проведено маркетинговое исследование предпочтений местных жителей в отношении кондитерских изделий. Предложена рецептура пирожного с различными пищевыми добавками.

Abstract. Prospects of development of the market of flour confectionery products of the Murmansk region are considered. A marketing study of the preferences of local residents regarding confectionery products was carried out. A recipe for a cake with various food additives is proposed.

Ключевые слова: Кондитерские изделия, рынок кондитерских изделий, маркетинговое исследование, продукция функционального назначения, метод опроса, Крайний Север, ягель, черника, ламинария.

Key words: Confectionery, confectionery market, marketing research, production function, method of survey, to The Extreme North, reindeer moss, blueberries, kelp.

В условиях современного ритма жизни у населения отмечается повышенный спрос к потребляемой продукции. Потребители все больше внимания стали уделять не только простоте приготовления, но также качеству готовых изделий, их пищевому и витаминно-минеральному составу. Все больший интерес вызывают обогащенные продукты, в состав которых входят натуральные компоненты [1].

Пристальное внимание уделяется кондитерской промышленности, так как потребление мучных и кондитерских изделий с каждым годом только возрастает. Такие изделия отличаются повышенной калорийностью, но скудным витаминно-минеральным составом. Поэтому производители стали активно использовать различные обогащающие компоненты, в частности растительное региональное сырье. Одним из источников биологически активных веществ являются лекарственные растения [2].

Перед синтетическими препаратами лекарственные растения имеют существенные преимущества: в них содержится естественный комплекс биологически активных веществ, макро- и микроэлементов, причем в наиболее доступной и усвояемой форме. Лекарственные растения включают в себя плоды, ягоды, овощи.

Для выявления потребительского спроса на кондитерскую продукцию применен метод маркетинговых исследований – опрос путем письменного и электронного анкетирования. В опросе приняло участие сто человек. Его преимущество заключается в том, что в результате обработки ответов может быть получена количественная, статистическая характеристика, выявлены и смоделированы причинно-следственные связи[3].

Согласно проведенным исследованиям выявлено, что основным потенциальным потребителем кондитерской продукции в Мурманске являются – женщины (77 % от общего числа респондентов), состоящие в браке и с детьми (43 % от общего числа респондентов). Из них – большинство в возрасте от 21 до 40 лет, работают (61 % от общего числа респондентов) и имеют уровень доходов средний и ниже среднего (61,0 и 20,0 % от общего числа респондентов соответственно).

Проведенными исследованиями выявлен неудовлетворенный потребительский спрос на кондитерскую продукцию. Анализ потребительских предпочтений по ассортименту наиболее привлекательной кондитерской продукции показал, что 30 % опрошенных респондентов предпочитали бы покупать печенье, 23 % пирожные и 19 % кексы. Полученные данные позволяют выделить эти группы, как наиболее востребованные продукты кондитерского производства и, следовательно, наиболее привлекательные для разработчиков технологии и производителей.

Также выявилось, что 54 % опрошенных респондентов заинтересовано в пищевом и химическом составе покупаемой продукции и для 78 % повысилась бы привлекательность продукции обогащенной натуральными компонентами, при этом особо уделяется внимание натуральным наполнителям.

Еще анализ опроса показал, что 74 % респондентов положительно относятся к продукции с пониженной калорийностью за счет ягодных добавок, а в отношении продукции обогащенной йодом за счет ламинарии 39 % отнеслись положительно и 41 % – нейтрально.

Таким образом, разработка новых технологий обогащенных продуктов питания на основе новых видов пищевого сырья, богатого эссенциальными микро – и макронутриентами, является весьма актуальной задачей.

В качестве пищевых добавок выбраны ягель, ламинария, ягоды и проработана рецептура пирожного с ягодной и творожной начинкой.

Ягель относится к адаптогенам благодаря усниновой кислоте, обладающей антибиотическим термостабильным свойством.

В тестовый полуфабрикат вводится 1 % ягеля от массы готового изделия. При увеличении закладки происходит ухудшение органолептических свойств – продукт приобретает горечь. Выбрано значение наиболее близкое к пороговому, но не меняющее органолептических свойств. Благодаря такому малому количеству вводимого компонента продукт обладает лучшей влагоудерживающей способностью и медленней черствеет при хранении. Для выявления безопасности использования данной пищевой добавки были проведены сравнительные микробиологические показатели в полуфабрикатах с добавкой ягеля и без него, данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Микробиологические исследования готового полуфабриката

Объект исследования	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более ($1 \cdot 10^4$)	Масса продуктов(г), в которой не допускается			Дрожжи, КОЕ/г, не более (50)	Плесень, КОЕ/г, не более (50)
		БГКП (1,0)	S.aureus (0,1)	Сальмонеллы		
П/ф с добавлением ягеля	$1 \cdot 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	в пределах нормы	в пределах нормы
П/ф без добавления ягеля	$1 \cdot 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	в пределах нормы	в пределах нормы
П/ф с добавлением ягеля 72 часа	$1 \cdot 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	в пределах нормы	в пределах нормы
П/ф без добавления ягеля 72 часа	$1 \cdot 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	в пределах нормы	в пределах нормы
П/ф с добавлением ягеля семидневный	$3 \cdot 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	75	79
П/ф без добавления ягеля семидневный	$3 \cdot 10^4$	2,0	не обн.	не обн.	56	63

Проанализировав приведенные данные можно заметить, что продукт с использованием ягеля при первых исследованиях имеет отличные показатели. При третьем анализе (7 суток хранения) заметное увеличение плесени и дрожжей, причем продукт с использованием ягеля имеет более высокие показатели, это объясняется тем, что ягель представляет собой симбионт, обладающий специфическими морфологическими признаками и строением, который состоит из гриба и водоросли. Исследованный продукт, на протяжении всего срока хранения, не имеет отклонений по микробиологическим показателям.

В качестве пищевой добавки для творожной начинки использовалась сушеная ламинария [5]. Полученная продукция представляет большую цен-

ность в лечении дисбактериоза, снижает всасывание радионуклидов, в ликвидации дефицита йода. Несмотря на полезные свойства, продукт имел не самый привлекательный вид за счет вкраплений бурой водоросли. Поэтому было предложено использовать ламинарию в сочетании с ягодным слоем. Нами выбрана черника, так как эти ягоды являются достаточно традиционным и легко доступным сырьем для жителей Крайнего севера. Эти ягоды отличаются богатым нутриентным составом, а также обладают приятными вкусовыми свойствами.

Для пирожного с начинками предложено готовить ягодный мусс, который дает готовый продукт высокого качества. Чтобы увеличить сроки хранения готового изделия использовали такой способ консервирования как шоковая заморозка, но при размораживании мусса происходит разрушение структуры и изделие теряет внешний привлекательный вид. Поэтому предложено использовать ягодный джем, отличающийся более плотной структурой и отсутствием воздуха. Готовое блюдо, приготовленное с использованием черничного джема, получило высокие дегустационные оценки. При этом вкус ягод прекрасно скрадывал вкус ламинарии.

Полученные образцы отправлены на месячное хранение при температуре -18°C , в течение всего периода проводились микробиологические исследования по таким показателям безопасности, как *Staphylococcus aureus*, БГКП, Сальмонеллы, дрожжи и плесень. При этом наблюдается рост плесени и дрожжей и на пятой неделе показатель дрожжей превышает требования ТР ТС 021-2011. Поэтому для хранения предложено только 4 недели.

При размораживании готовых изделий органолептические показатели практически не изменились, но некоторые образцы деформировались, так как джем не сохранял своей структуры. Для сохранения формы продукта предложено введение структурообразователей [4]. В качестве загустителей использовали только продукты животного или растительного сырья, а именно желатин, пектин и агар-агар.

Разработанные образцы ягодной начинки с различными загустителями использовали не только для пирожного, но и в качестве начинок для других мучных кондитерских изделий. Все ягодные начинки получили высокие органолептические оценки и могут использоваться для оформления готовых изделий. Начинка с желатином не пригодна для тестовых заготовок, используемых для дальнейшей тепловой обработки, так как при нагревании происходит разжижение начинки.

Образцы с пектином в зависимости от вида пектина ведут себя по-разному:

- Нетермостабильный – желеобразное изделие нельзя повторно нагревать, так как продукт становится жидким и больше не загустевает;
- Термостабильный – такие начинки выдерживают последующую термообработку.

Использование агар-агара возможно как для готовых изделий, так и при выпечке заготовок. Начинка не вытекает, хорошо сохраняет форму.

Изделия, полученные с применением ягеля, ягод черники и ламинарии отличаются высокими потребительскими свойствами. Использование шоковой заморозки позволяет сохранить готовое изделие в течение четырех недель без изменения органолептических свойств. Разработаны технологические рекомендации использования ягодной начинки для создания ассортиментной линейки мучных и мучных кондитерских изделий.

Библиографический список

1. Ашалян, Л. Н. Стратегический анализ состояния рынка кондитерских изделий / Л. Н. Ашалян, Р. С. Зебелян, Т. В. Шурухина // Управленческое консультирование. – 2016. – № 6. – С. 81–89.
2. Грибова, Н. А. Применение новой пищевой добавки для приготовления кондитерских изделий / Н. А. Грибова, Н. Л. Султаева // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 2. – С. 109–121.
3. Резниченко, И. Ю. Теоретические аспекты разработки и классификации кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 133–138.
4. Мацейчик, И. В. Разработка технологии и рецептур желеобразных масс функционального назначения / И. В. Мацейчик, И. О. Ломовский, С. М. Корпачева // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 7. – С. 190–195.
5. Свиридов, Т. В. Исследование органолептических, физико-химических и микробиологических показателей обогащенного творога / Т. В. Свиридова, О. А. Орловцева, К. Р. Юсупова // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 1. – С. 186–190.

К вопросу об исследовании структурно-механических свойств хлебобулочных изделий

Несвященко С. С., Волченко В. И., Куранова Л. К. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Структурно-механические свойства являются одними из основных, определяющих качество хлеба. В данной работе рассмотрены изменения этих свойств как объективные показатели черствления хлеба и хлебобулочных изделий. В качестве основных показателей выбраны усилие сжатия и усилие резания.

Ключевые слова: структурно-механические свойства, хлебобулочные изделия, прибор "Food Checker", усилие резания, усилие сжатия.

В настоящее время одним из определяющих показателей при выборе хлеба является его качество и потребительская привлекательность. На полках магазинов представлено огромное разнообразие хлебобулочных продуктов и, чтобы сделать выбор, покупатель доверяет своим сенсорным ощущениям. Он надавливает на хлеб, чтобы по приложенному усилию и тому, как продукт восстанавливается после деформации, оценить его свежесть [1]. Известно, что реологические характеристики продукта – одни из основных показателей, на которые ориентируется потребитель при выборе продукта. Часто эти показатели субъективны, т. е. зависят от индивидуальных особенностей восприятия человека.

Для объективного определения реологических характеристик хлеба, отражающих свежесть и качество хлебобулочных изделий, предлагается использовать прибор "Food Checker". На кафедре ТПП разработана методика исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов с помощью данного прибора, а также методические рекомендации [2–4]. На основе существующих разработок авторами предложена методика определения объективного показателя черствления хлеба. В качестве основных характеристик выбраны усилие сжатия и усилие резания, с помощью которых можно оценить твердость хлебобулочных изделий.

Прибор "Food Checker" – это прочностномер, гелометр, комбинированный прибор, совмещающий в себе испытательный прибор и измерительное устройство с регистрирующим приспособлением (самописцем). В комплект прибора входит набор рабочих насадок – плунжеров (инденторов) и режу-

щих насадок. Исследуемый образец помещается на измерительный столик, который перемещается по направлению к установленной рабочей насадке. Усилие, оказываемое рабочим органом на образец, передается на измерительно-показывающее устройство: стрелочный и цифровой индикаторы и при необходимости фиксируется на бумажном носителе самописца. [2]

Проведены исследования по определению усилия сжатия и усилия резания по отношению к образцам пшеничного и ржано-пшеничного хлеба из торговой сети и выпеченные в лаборатории (в зависимости от продолжительности хранения) В ходе работ были исследованы образцы хлеба как стандартной рецептуры, так и с добавлением хлебопекарных улучшителей окислительного и восстановительного типов.

Проведены испытания по исследованию пенетрации в образцы хлеба различных рабочих органов: цилиндрического плунжера и режущих насадок в виде ножа и в виде струны. Глубина погружения рабочей насадки в образец фиксирована и составила 10 мм. По величине усилия F (г/см²), направленного на сжатие или резание исследуемого объекта можно оценить твердость продукта как объективный показатель черствения хлеба.

Образец продукта с определенными геометрическими параметрами помещается на измерительный столик. По мере перемещения столика с образцом происходит проникновение плунжера, ножа или струны в продукт на заданную глубину. Величина нагрузки, прилагаемой к объекту, отражается на измерительно-показывающем устройстве.

Результаты исследований хлебобулочных изделий представлены в таблицах (1–3).

Таблица 1 – Результаты исследований образцов хлеба из торговой сети

№ п/п	Рабочий орган прибора (плунжер, режущая насадка)	Срединные значения показаний прибора, F (кПа)	Среднее арифметическое значение
Хлеб из пшеничной муки			
1	Цилиндрический плунжер (сдавливание)	18,19,21,24	21
2	Струна (резание)	432, 451, 490	458
3	Нож (резание)	353, 373	363
Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки			
1	Цилиндрический плунжер (сдавливание)	44,51,58	51
2	Струна (резание)	412, 432, 471	438
3	Нож (резание)	451, 467, 516	478

Таблица 2 – Результаты исследований образцов хлеба, выпеченных в лабораторных условиях с добавлением и без добавления хлебопекарных улучшителей

№ п/п	Рабочий орган прибора (плунжер, режущая насадка)	Срединные значения показаний прибора, F (кПа)	Среднее арифметическое значение
Хлеб из пшеничной муки без добавок			
1	Цилиндрический плунжер (сдавливание)	37, 40, 38	38
2	Нож (резание)	1019, 1137, 1118	1091
Хлеб из пшеничной муки с добавлением тиосульфата натрия и жира печени трески			
1	Цилиндрический плунжер (сдавливание)	44,51,58	51
2	Нож (резание)	451, 467, 515	478
Хлеб из пшеничной муки с добавлением дрожжевой суспензии и жира печени трески			
1	Цилиндрический плунжер (сдавливание)	29, 33, 40	34
2	Нож (резание)	1000, 745, 1196	980

Таблица 3 – Результаты исследований образцов хлеба, выпеченных в лабораторных условиях в зависимости от продолжительности хранения

Характеристика образца	Продолжительность хранения, ч					
	19		44		72	
	F ₁ , кПа	F ₂ , кПа	F ₁ , кПа	F ₂ , кПа	F ₁ , кПа	F ₂ , кПа
С добавлением тиосульфата натрия и жира печени трески	1138	44	1255	64	1334	66
С добавлением суспензии инаktivированных дрожжевых клеток	1000	33	1196	44	1039	55
Контрольный образец (без добавок)	1117	38	1098	61	1235	62

Результаты исследований, приведенные в таблице 3, наглядно отражают изменения реологических характеристик в зависимости от продолжительности хранения. По значениям в таблице можно оценить происходящие в продукте процессы, связанные с черствением, проявляющиеся в виде увеличения таких показателей как усилие резания (F₁) и усилие сжатия (F₂).

По итогам работы сделаны следующие выводы:

1. Методика определения структурно-механических характеристик с помощью прибора "Food Checker" применима к исследованию хлебобулочных изделий.

2. Данная методика позволяет по изменениям структурно-механических характеристик объективно оценить происходящие в продукте процессы, связанные с черствением.

3. Наибольшую сходимость и достоверность показали результаты исследования с помощью режущих насадок (ножа и струны), в связи с чем рекомендовано их использовать в качестве определяющих для данного исследования.

5. Полученные в ходе исследований результаты будут учитываться при разработке технических условий для оценки качества продукта.

Библиографический список

1. Ибрагимова И. Е. Реология пищевого сырья, продуктов, полуфабрикатов. Конспект лекций : учебное пособие. – М. : Экон-Информ, 2010. – 144 с.

2. Куранова, Л. К. Разработка инструментальных методов измерения реологических показателей качества гидробионтов и фаршевой продукции на приборе "Food Checker" / Л. К. Куранова // Наука и образование – 2007 [Электронный ресурс] : междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 04–13 апр. 2007 г. / Мурман. гос. техн. ун-т. – Электронный текст. дан. (18 Мб). – Мурманск : МГТУ, 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 899–905.

3. Куранова, Л. К. Использование прибора "Food Checker" для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов. Методические рекомендации/ Л. К. Куранова // Наука и образование – 2011 [Электронный ресурс] : междунар. науч.-техн. конф., (4 – 8 апреля 2011г). / МГТУ. Электрон. текст дан. (43 Мб) Мурманск : МГТУ, 2011. – С. 908–911. – НТЦ "Информрегистр". – № гос. регистрации 0321100504.

4. Куранова Л. К., Корчунов В. В. Реологические показатели качества пищевой продукции и инструментальные методы их оценки на приборе "Food Checker" (Япония) // Молодой учёный. – 2013. – № 2. – С. 39–42.

6. Мачихин Ю. А., Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.

7. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др. ; по ред. А.В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.

К вопросу разработки продукции спортивного питания с использованием сырья водного происхождения и дикорастущих ягод

Прокопченко Ю. А., Ершов М. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Статья посвящена вопросам разработки белковых концентратов на основе рыбных белков и дикорастущих ягод. Автор высказывает предложение о возможности использования белковых концентратов из рыбного сырья для получения продукции спортивного питания. Приведен один из способов получения белкового концентрата из рыбного сырья.

Abstract. The article is devoted to the issues of ensuring the development of protein concentrates based on fish proteins and wild berries, as well as their use in athletes nutrition. The author expresses the proposal to use fish raw materials, pointing to its advantages. One of the ways of producing protein concentrate.

Ключевые слова: рыбное сырье, белковый концентрат, спортивное питание.

Key words: fish, protein powder, protein concentrate, sports nutrition.

Организм человека требует регулярного, своевременного и сбалансированного питания. Современный темп жизни человека зачастую мешает ему питаться правильно и регулярно. Неправильный рацион питания может быть причиной серьезных нарушений здоровья человека. Современная наука о питании развивается в направлении рационализации питания. На сегодняшний день можно обнаружить массу БАДов, пищевых продуктов, которые направлены на восполнение организма человека всеми нужными ему питательными веществами и минералами [1].

Человек, ведущий активный образ жизни, как никто нуждается в правильном, сбалансированном питании. Будь то спортсмен-любитель или же профессиональный атлет, вопрос питания всегда стоит остро.

Взрослому человеку в нормальных условиях жизни требуется в среднем 1,3–1,4 г белка на 1 кг массы тела в сутки, а при физической работе – 1,5 г и более. Это составляет 96–132 г в сутки для мужчин и 82–92 г – для женщин [2].

Спортсменам требуется в среднем от 2,0 до 2,5 г на 1 кг массы тела в сутки. В гимнастике (спортивной и художественной), акробатике, фехтова-

нии, беге на длинные дистанции, плавании, гребле, спортивных играх от 2,0 до 2,3 г. В метаниях, беге на короткие и марафонские дистанции, прыжках, тяжелой атлетике, боксе и борьбе от 2,3 до 2,5 г. В многодневных велосипедных гонках потребность в белках возрастает до 3,0 г на 1 кг массы тела [2].

Изобретение в 20-м веке белковых концентратов существенно упростило спортсменам потребление нужного количества белка в сутки.

На сегодняшний день белковые концентраты довольно популярны среди спортсменов и людей ведущих активный образ жизни. Однако за рубежом они так же популярны среди людей, следящих за своим питанием.

Пищевые белковые концентраты завоевали свою аудиторию благодаря своему простому использованию, а так же высокой питательной ценностью.

Основным сырьем для производства пищевых концентратов является молоко и продукты его переработки. Большую часть на рынке занимает сывороточный протеин, далее идет яичный альбумин, растительные протеины (полученные из пшеницы, гороха), говяжий протеин [3].

Высокое содержание лактозы в сыворотке делает операцию по очистке белков довольно дорогостоящей, так как при сепарировании сыворотка пропускается через керамические мембраны с невообразимо малыми отверстиями. Они свободно пропускают молекулы жиров и углевода лактозы, но задерживают более крупные белковые фракции. Проблема в том, что получить качественный продукт данным способом технически невозможно, поэтому фильтрация не отличается высокой чистотой. На мембране оседает смешанная масса, содержание протеина в которой от 35 до 85 %. Таким образом, сывороточный концентрат – не вполне чистый протеин. Он может содержать довольно значительное количество жиров и лактозы.

Растительный протеин имеет меньшую биологическую ценность в отличие от белков молока.

К сожалению, из-за специфических органолептических показателей рыбное сырье не получило широкого применения при разработке продукции спортивного питания.

Рыба и морепродукты являются важнейшими компонентами пищи человека. Они имеют огромное значение как источники белков, жиров, минеральных веществ, содержат такие физиологически важные элементы, как калий, кальций, магний, железо, фосфор и комплекс необходимых для организма человека витаминов. Белок рыбы отличается хорошей усвояемостью [4].

По скорости перевариваемости рыбные и молочные продукты идентичны и занимают первое место.

Один из простых способов получения белкового концентрата из рыбного сырья – это производство концентрата по аналогии с производством рыбной муки. Однако требования к белковому концентрату существенно отличаются по микробиологическим и функциональным характеристикам. Недостатком можно считать, что для большинства людей полученные органолептические показатели белкового концентрата могут оказаться неприемлемыми [5]. Однако, эту проблему можно решить путем удаления большей части жировой фракции экстрактивных веществ.

Существующие методы экстракции базируются на применении пропанола, этанола, а также дихлорэтана. Обычно растворитель используется многократно.

Возможно получение концентрата рыбного белка путем обезвоживания тощего сырья, например, филе путассу. На рис. 1 представлены кривые конвективного обезвоживания филе путассу. Филе обладает высокой удельной поверхностью, поэтому скорость обезвоживания данного объекта довольно значительная при невысокой температуре сушильного агента 20,5 °С.



Рисунок 1 – Кривая кинетики обезвоживания филе путассу

В качестве вкусовых добавок было предложено использование плодов ягод брусники. В ходе экспериментальных работ произведено сравнение двух способов сушки плодов, конвективным и инфракрасным (ИК). При использовании ИК-метода сырье предварительно подвергается грубому измельчению для увеличения удельной поверхности.

Сравнение кривых кинетики сушки брусники представлено на рис. 2.

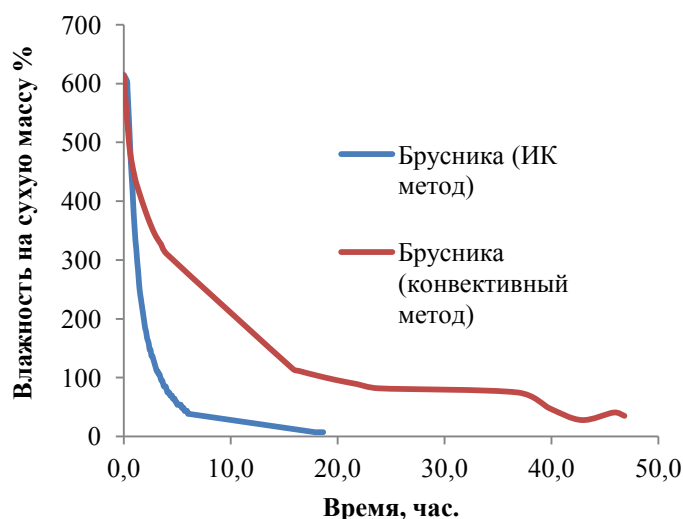


Рисунок 2 – Кривые кинетики сушки брусники с применением инфракрасного и конвективного обезвоживания

На диаграмме видно, что скорость обезвоживания ягод брусники ИК-методом имеет гораздо большее значение. Таким образом, можно судить об экономической целесообразности данного метода.

Предложена технологическая схема производства концентрата рыбного белка с использованием вкусовых добавок из дикорастущих ягод Кольского полуострова (рис. 3).

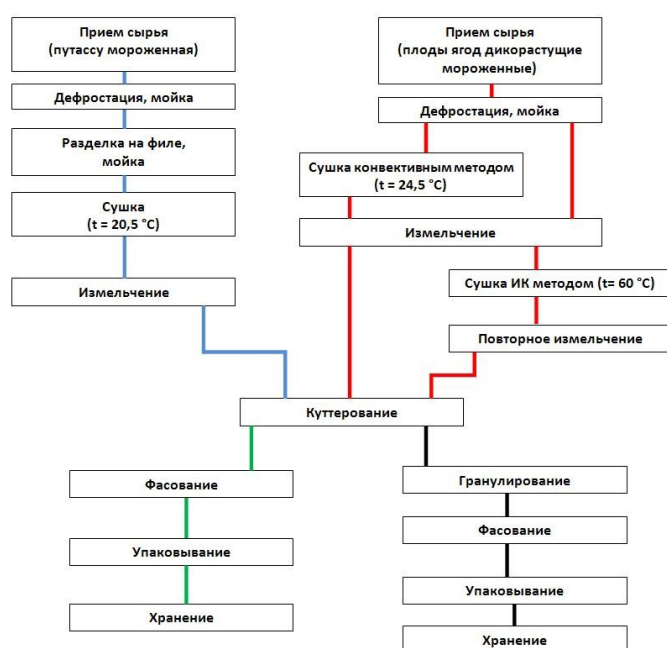


Рисунок 3 – Технологическая схема производства концентрата рыбного белка с использованием вкусовых добавок из дикорастущих ягод Кольского полуострова

В заключение стоит отметить, что разработка продукции спортивного питания из рыбного сырья может стать хорошей альтернативой традиционным продуктам для спортсменов на основе белков молока, яиц, мяса и сои.

Библиографический список

1. Пилат, Т. Л. Биологические активные добавки к пище (теория, производство, применение). – М. : Аввалон, 2002.
2. Суточная норма протеина в диете спортсмена // SportWiki: Спортивная энциклопедия. URL: http://sportwiki.to/Суточная_норма_протеина_в_диете_спортсмена/ (дата обращения: 20.04.2018).
3. Виды протеина по происхождению // SportWiki: Спортивная энциклопедия. URL: http://sportwiki.to/Виды_протеина_по_происхождению/ (дата обращения: 20.04.2018).
4. Константинова, Л. Л. Сырье рыбной промышленности : учебное пособие / Л. Л. Константинова, С. Ю. Дубровин. – СПб. : ГИОРД, 2005.
5. Сафронова, Т. М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции [текст] / Т. М. Сафронова. – М. : Изд-во ВНИРО, 1998.

Оптимизация рецептуры функциональных рыбных фаршевых консервов "Скат и треска в белом соусе" с использованием метода нечеткой логики в программной среде MATLAB

Райбулов С. П., Шокина Ю. В., Дунец В. В., Остаркова П. А. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств*)

Аннотация. Представлены результаты автоматизированного проектирования состава многокомпонентной рецептуры рыбного функционального продукта – стерилизованных фаршевых консервов – с использованием метода нечеткой логики в программной среде MatLab. Установлены оптимальные соотношения компонентов рецептуры, а также количество вводимого в рецептуру физиологически функционального пищевого ингредиента (хондроитинсульфата) в составе сырья – мяса крыльев ската звездчатого.

Abstract. The article briefly represents the results of computer-aided design of the composition of the multi-component formulation of fish functional product – sterilized minced canned food – using the method of fuzzy logic in the software environment MatLab. The optimal ratio of the components of the formulation, as well as the amount of the physiological functional food ingredient (chondroitin sulfate) introduced into the formulation as part of the raw material – Thorny skate.

Ключевые слова: функциональные рыбные фаршевые консервы, автоматизированное проектирование рецептуры, MatLab, скат звездчатый, хондроитинсульфат.

Key words: functional fish meat canned, computer-aided design of the formulation, MatLab, Thorny skate, chondroitin sulfate.

Решение основных задач, поставленных Стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ, перед рыбной отраслью, должно происходить со все более активным вовлечением в промышленную переработку новых и недоиспользуемых объектов промысла. К основным задачам, которые могут и должны быть успешно решены, по указанному пути относятся задачи:

- расширения ассортимента продуктов массового потребления;
- расширение ассортимента продуктов обогащенных ценными компонентами, с функциональными свойствами.

Скат звёздчатый, на сегодня не квотируется, массово присутствует в прилове донных видов рыб, имеет достаточно сбалансированный химический

состав и богат хондроитинсульфатом. С учетом этого, скат звездчатый является наиболее перспективным объектом промысла, среди недоиспользуемых в нашем регионе объектов, для вовлечения в промышленную переработку, в том числе – в производство функциональных пищевых продуктов, направленных на профилактику заболеваний опорно-двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы [1; 2].

Актуальную цель исследований представляет разработка технологии функциональных рыбных фаршевых консервов обогащенных хондроитинсульфатом из недоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна – ската звёздчатого [3].

Задачи исследования:

- оптимизировать рецептуру фаршевых консервов;
- сформулировать критерии оптимальности для параметров оптимизации;
- составить правила для выполнения нечеткого логического вывода;
- выполнить нечеткий логический вывод по поиску оптимальных значений входных переменных с использованием программного пакета MatLab.

Среди работ, посвящённых математическому моделированию рецептур и технологических режимов приготовления продуктов питания, наряду с традиционными регрессионными моделями используется современный математический аппарат нейронных сетей и систем с нечётким выводом [4].

Неоспоримым преимуществом систем с нечётким выводом является то, что математический аппарат нечёткой логики позволяет осуществлять анализ в том случае, если оценка исходных экспериментальных данных не может быть представлена в явной числовой форме и носит субъективный характер.

Применение систем нечёткого вывода состоит из ряда процедур подготовки и обработки данных:

- планирование и постановка экспериментальных исследований (таб. 1);
- обработка массива экспериментальных данных для формулирования правил работы системы (таб. 2);
- построение системы с использованием модуля Fuzzy Logic Toolbox, входящего в пакет MatLab (рис. 1);
- использование построенной системы для проектирования новых рецептур пищевых продуктов.

Таблица 1 – План эксперимента по автоматизированному проектированию рецептуры функциональных рыбных фаршевых консервов "Скат и треска в белом соусе"

Компонент рецептуры	Диапазон исследуемых концентраций компонента, с указанием размерности	Лингвистические термы	Диапазон принимаемых значений для одного лингвистического терма
Входные переменные (влияющие факторы)			
Компонент I1	От 40,7 до 65,7	Много	От 60,7 до 65,7
		Не очень много	От 55,7до 60,7
		Средне	От 50,7 до 55,7
		Не очень мало	От 45,7 до 50,7
		Мало	От 40,7 до 45,7
Компонент I2	От 5 до 30	Много	От 25 до 30
		Не очень много	От 20 до 25
		Средне	От 15 до 20
		Не очень мало	От 10 до 15
		Мало	От 5 до 10
Выходная переменная (параметр оптимизации)			
Компонент J	От 4,25 до 5,0	Очень желательно	От 4,85 до 5,00
		Желательно	От 4,70 до 4,85
		Удовлетворительно	От 4,55 до 4,70
		Не очень желатель- тельно	От 4,40 до 4,55
		Очень нежелатель- но	От 4,25 до 4,40

Таблица 2 – Правила для формулирования нечеткого логического вывода

Правила нечеткого логического ввода	Коэффициент весомости правила ¹
Если I ₁ много, то J не очень желательно	1
Если I ₁ не очень много, то J не очень желательно	1
Если I ₁ средне, то J очень желательно	1
Если I ₁ не очень мало, то J не очень желательно	1
Если I ₁ мало, то J очень нежелательно	1
Если I ₂ много, то J очень желательно	1
Если I ₂ не очень много, то J желательно	1
Если I ₂ средне, то J удовлетворительно	1
Если I ₂ не очень мало, то J не очень желательно	1
Если I ₂ мало, то J очень нежелательно	1
Если I ₁ много и I ₂ не очень мало, то J очень нежелательно	0.8

Окончание табл. 2

Правила нечеткого логического ввода	Коэффициент весомости правила ¹
Если I_1 много и I_2 мало, то J очень нежелательно	0.8
Если I_1 средне и I_2 не очень мало, то J удовлетворительно	0.8
Если I_1 не очень мало и I_2 не очень мало, то J очень нежелательно	0.8
Если I_1 мало и I_2 не очень мало, то J очень нежелательно	0.8
Если I_1 много и I_2 не очень мало, то J очень нежелательно	0.8

Примечание: ¹Правило формулируют с использованием экспертного метода при учете результатов априорной информации и/или результатов экспериментов

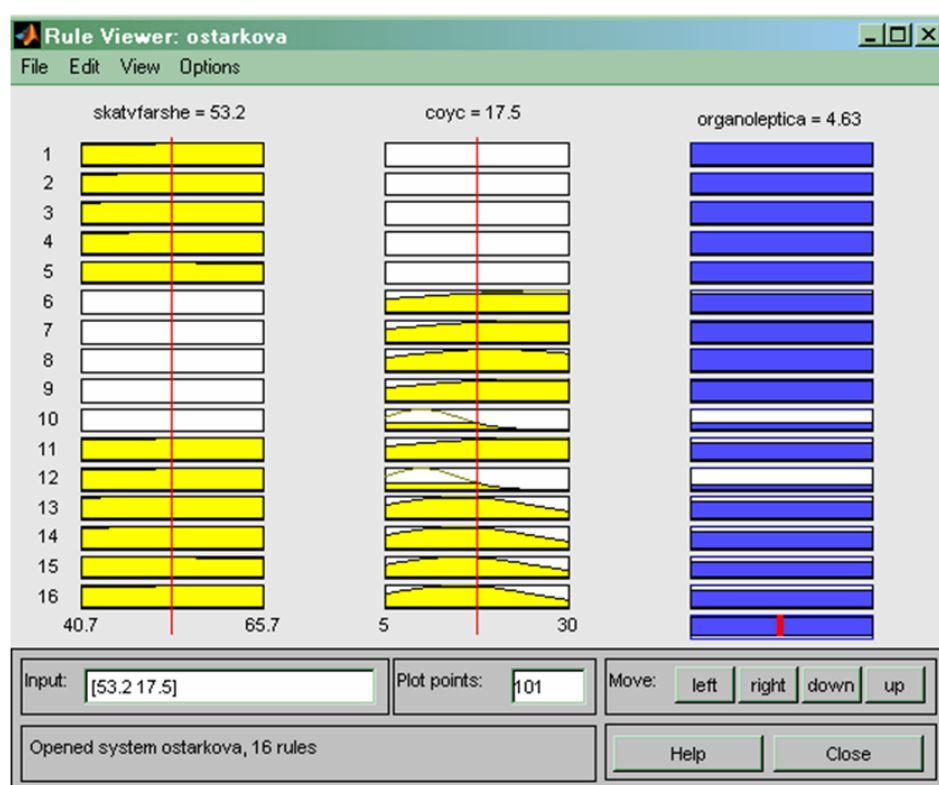


Рисунок 1 – Визуализация нечеткого логического вывода в Rule Viewer

Математически функционирование экспертной системы на основе нечёткого вывода состоит из четырёх основных этапов:

- фаззификации исходных данных;
- вычислении значений истинности для предпосылок каждого из предикатных правил;
- композиции нечётких подмножеств, назначенных для каждой входной переменной;
- приведения к чёткости (дефаззификация) в случае необходимости получения числового ответа.

Преимущества использования систем с нечётким логическим выводом особенно ярко проявляются при проектировании рецептур многокомпонентных пищевых продуктов, качество которых оценивается по результатам сенсорного анализа. Накапливается опыт использования аппарата нечеткой логики для определения оптимального соотношения рецептурных ингредиентов в продуктах питания.

Результаты моделирования представлены в графическом виде с использованием модуля Surface Viewer (рис. 2). Он визуализирует зависимость любой выходной переменной от входных переменных.

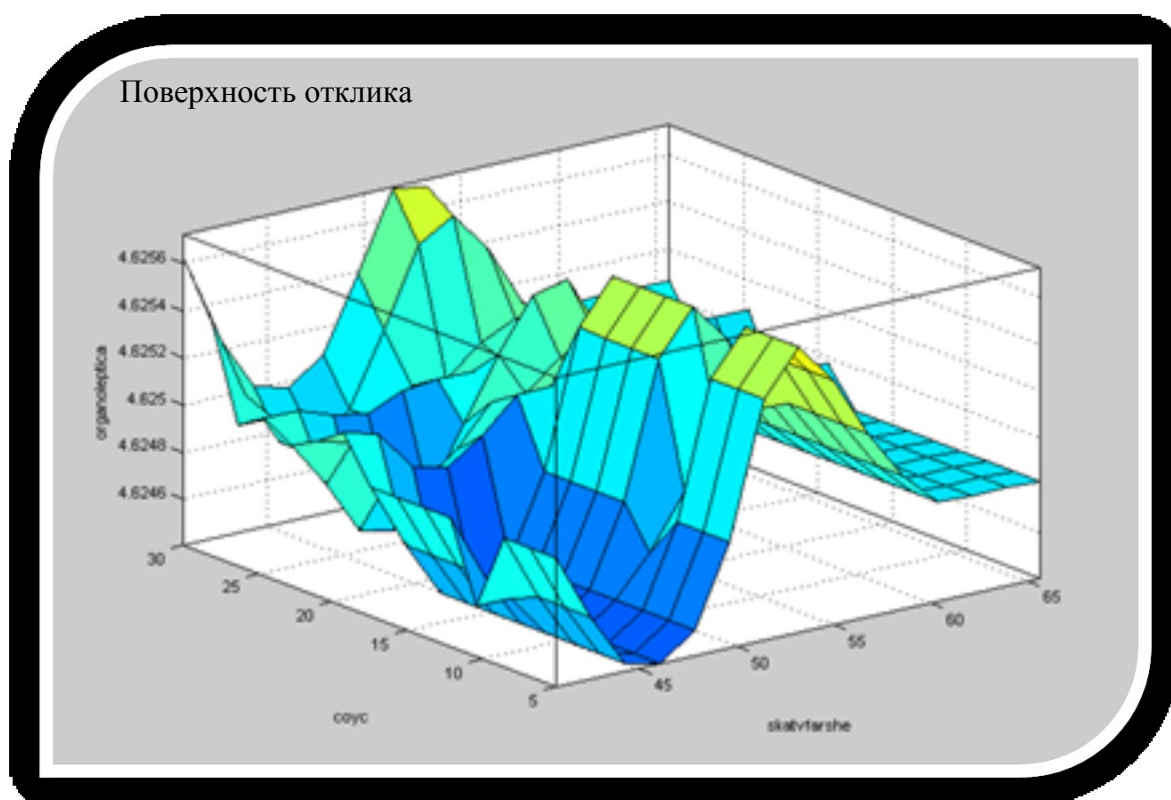


Рисунок 2 – Поверхность отклика

По работе сделаны следующие выводы:

- обоснована целесообразность расширения ассортимента рыбных фаршевых консервов за счет фаршевых консервов специализированного назначения из недоиспользуемых объектов промысла в Арктике;
- сформулированы критерии оптимальности для параметров оптимизации;
- составлены правила для выполнения нечеткого логического вывода;
- оптимизирована рецептура рыбных фаршевых консервов из ската и трески в белом соусе с использованием программного пакета MatLab.

Библиографический список

1. Греков А. А. Сырьевая база ярусного рыбного промысла в Баренцевом море : автореф. диссерт. канд. биол. наук 03.00.01. – Ихтиология : <http://netess.ru/3biologiya/72936-1-sirevaya-baza-yarusnogo-ribnogo-promisla-barencevom-more.php> (дата обращения 05.10.14).
2. Шокина, Ю. В. Исследование кинетики нагрева крыльев ската звездчатого для обоснования режимов предварительной тепловой обработки ИК-бланшированием в технологии консервов с функциональными свойствами / Ю. В. Шокина, С. П. Райбулов // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2015 г. : в 2 ч. : ч. 2 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – С. 59.
3. Шокина, Ю. В. Определение эффективности удаления мочевины из мышечной ткани хрящевых рыб усовершенствованным фотоколориметрическим методом / Ю. В. Шокина, В. В. Щетинский // Техника и технология пищевых производств : тезисы докладов X Международной научн.-техн. конференции, Могилев, 23–24 апреля 2015 г. / Могилев : Могилевский государственный университет продовольствия. – 2015. – С. 53.
4. Муратова, Е. И. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания / Е. И. Муратова, С. Г. Толстых, С. И. Дворецкий, О. В. Зюзина, Д. В. Леонов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2011. – 80 с.

Трёхчетвертные консервы из филе трески подсушенного и мяса креветки с добавлением растительного масла

Сухова Т. А., Гроховский В. А., Куранова Л. К. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Введение. Одними из популярных пищевых продуктов у населения нашей страны являются стерилизованные рыбные консервы, ежегодные объёмы производства которых, в среднем, составляют более 540 млн. условных банок.

В процессе стерилизации должны быть обеспечены микробиологическая безвредность и безопасность для будущих потребителей этой консервированной продукции. Однако жесткие температурные и временные параметры тепловой обработки консервов для обеспечения полной стерильности и, следовательно, их безопасности, приведут в свою очередь к необратимому изменению состава и свойств продукта, снижению пищевой ценности. Поэтому, осуществляя процесс стерилизации, необходимо, с одной стороны, обеспечить надежную микробиологическую безопасность консервов, с другой стороны, не ухудшить качественные показатели продукта.

Как правило, процесс стерилизации рыбных консервов проводится при температуре, значительно превышающей 100 °С, чаще всего, при температурах 112 и 120 °С, с уровнем стерилизующего эффекта от 3,7 до 6,4 условных минут и даже выше.

Для максимального сохранения пищевой и биологической ценности стерилизованной рыбной продукции изготавливают так называемые "полуконсервы" – пищевые продукты из водных биоресурсов в герметично укупоренной упаковке, подвергнутые тепловой обработке, обеспечивающей гибель нетермостойкой, неспорообразующей микрофлоры, уменьшающей количество спорообразующей микрофлоры.

Вместе с тем, заслуживает внимание разработка технологии консервов, которые по температурному воздействию на их содержимое занимают промежуточное положение между полностью стерилизованными пищевыми рыбными пищевыми продуктами и полуконсервами, т. е. стерилизованными на 50 %.

Такие консервы можно назвать трёхчетвертными, т. е. стерилизованными на $\frac{3}{4}$.

В отечественной рыбной промышленности такого типа и вида консервов по указанному уровню термической обработки нет. В то же время в мясной консервной промышленности такие консервы изготавливались и имели

следующие характеристики: стерилизованные на $\frac{3}{4}$ консервы (консервы низкотемпературной стерилизации) получают путём тепловой обработки при температуре 108–112 °С при величине стерилизующего эффекта 0,6–0,8 усл.; срок их хранения при температуре 10–15 °С не превышает 1 год.

Поскольку актуальность создания технологии консервов такого типа очевидна, на кафедре ТПП ФГОУ ВО "МГТУ" решено разработать новый вид трёхчетвертных рыбных консервов.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы является разработка технологии изготовления трёхчетвертных консервов "Филе трески подсушенное с добавлением мяса королевской креветки и растительного масла".

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- установить приемлемый композиционный состав нового вида консервов;
- найти близкие к оптимальным режимы и параметры подсушивания филе трески;

И другие, представленные на слайде

Материалы и методы. Для проведения экспериментов использовали филе трески мороженое, соответствующее требованиям ГОСТ 3940-90 "Филе рыбное мороженое. Технические условия. Кроме того, использовали варёно-мороженые королевские креветки по ГОСТ 20845-2002 "Креветки мороженые. Технические условия" В качестве заливки использовали масло растительное, соответствующее требованиям ГОСТ 1129-2013 [9];

В процессе экспериментальных работ применяли органолептические, физические и микробиологические методы исследований.

Органолептическую оценку качества новых видов консервов определяли по специально разработанной 20 – бальной шкале, указанной в табл 1, включающие коэффициенты значимости, из которых наиболее высокие приходятся на самые характерные органолептические показатели: внешний вид, вкус и аромат.

Таблица 1 – Органолептическая оценка качества нового вида консервов

Показатели качества	Балл	Коэффициент значимости показателей	Оценка с учетом степени значимости
Внешний вид	1–5	1,0	1,0–5,0
Консистенция	1–5	0,7	0,7–3,5
Вкус – общее впечатление	1–5	1,0	1,0–5,0
Аромат	1–5	0,8	0,8–4,0
Общая приемлемость	1–5	0,5	0,5–2,5
Суммарная оценка			4,0–20,0

Готовый продукт считается отличным при общей суммарной оценке качества равной от 18,6 до 20,0 баллов, хорошей – от 17, до 18,5 и удовлетворительной – от 15,6 до 17,0 баллов, неудовлетворительным – ниже 15,5 баллов.

– Физические показатели полуфабриката и готовых консервов определяли стандартными и общепринятыми методами.

– Микробиологические показатели нового вида консервов определяли по ГОСТовским методикам на основании СанПин 2.3.2.1078.

– Стерилизацию консервов проводили в парой среде, с охлаждением водой с противодавлением в автоклавах Н-2 ИТА 602.

– Для определения фактической летальности режима использовались данные, полученные с помощью датчиков и программного обеспечения прибора фирмы "Эллаб" (Дания) в процессе стерилизации продукта.

Поисковыми экспериментами был установлен наиболее приемлемый ингредиентный композиционный состав нового вида консервов "Морское созвездие", который, из расчёта на 1 условную банку (масса нетто 350 г) и на 1 физическую банку № 2 (масса нетто 160 г).

Таблица 2 – Композиционный состав нового вида консервов "Морское созвездие"

Условная банка № 8 (масса нетто 350 г)				Физическая банка № 2 (масса нетто 160 г)			
Ингредиентный состав, г							
Подсушенное филе трески	Мясо варёно- мороженой креветки	Подсолнечное масло	Поваренная соль (NaCl)	Подсушенное филе трески	Мясо варёно- мороженой креветки	Подсолнечное масло	Поваренная соль (NaCl)
218.75	65.63	60.40	5.22	100.0	30.0	27.60	2.40



Рисунок 1 – Внешний вид консервов после подсушивания филе трески и фасования до начала стерилизации представлен на фото

В следующей серии экспериментов решено установить близкий к оптимальному режим подсушивания размороженного филе трески для получения качественных консервов. Для этого после размораживания и зачистки филе трески проводили порционирование и подсушивание с использованием лампы ИК-нагрева поочерёдно в течение 10 мин, 15 мин и 20 мин, причём расстояние от лампы до поверхности филе составляло 10 см.

Потери рыбы при ИК – подсушивании представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные по потерям филе трески в процессе подсушивания ИК-нагревом в зависимости от его продолжительности

Продолжительность ИК-нагрева, мин	Температура филе рыбы по окончании ИК-нагрева, °С	Масса кусков филе до ИК-нагрева, г	Масса кусков филе после ИК-нагрева, г	Кол-во потерь, г	Кол-во потерь, %
10	58±0,5	56,40	50,73	5,57	9,88
15	72±0,5	68,00	56,20	11,80	17,35
20	95±0,5	62,40	47,71	14,69	23,54

В процессе визуальной оценки подсушенных образцов филе трески было установлено, что наилучшие его органолептические признаки, характеризующие его качественную характеристику, выявлены у полуфабриката после 20-тиминутного ИК-нагрева. Куски филе имеют ярко-белый цвет, мясо рыбы проварено и имеет относительно приятный запах варёной рыбы, консистенция плотная. Образцы филе трески после 10 и 15 минутного ИК-подсушивания имели несколько худшие органолептические показатели (мясо рыбы не до конца проварено, ощущается запах сырости). Кроме того, более низкий процент потерь рыбы после ИК-подсушивания даёт основание полагать, что при последующей стерилизации очень вероятен повышенный водный отстой.

Следующим этапом исследования явилось изготовление нового вида трёхчетвертных консервов на основе полученных данных по их композиционному составу, с использованием режима ИК-нагрева, а также установление фактического стерилизующего эффекта по окончании стерилизации. Однако окончательный вывод о близком к оптимальному временному режиму ИК-нагрева филе трески можно сделать только после изготовления консервов.

Изготовление консервов "Морское созвездие" проводили следующим образом. Филе трески подвергали размораживанию, мойке, зачистке, мойке, стеканию влаги, порционированию, ИК-подсушиванию в течение 10, 15 и 20 мин, фасованию в жестяные банки № 2. Креветки королевские подвер-

гали размораживанию, отделяли панцирь от мяса, промывали, подвергали стеканию и размещали в банке между кусочками филе трески. Далее, вводили растительное масло, сухую поваренную соль, герметизировали, закатанные банки подвергали мойке, стерилизации по формуле 5-15-90-20/103 °С, охлаждению и выстойке в течение 11–15 суток.

Органолептическая оценка качества консервов представлена в табл. 4.

Таблица 4 – Органолептическая оценка качества консервов "Морское созвездие"

№/№	Фамилия, инициалы дегустаторов	Органолептическая оценка, баллы		
		Продолжительность ИК-подсушивания филе трески, мин		
		10	15	20
1	Мищенко В. В.	16,8	20	20
2	Иванова Д. А.	16	18,95	16
3	Глухарев А. Ю.	18,5	20	16,7
4	Барабашина С. И.	17	20	17,85
5	Трофимова А. Д.	15	16	18,5
6	Гроховский В. А.	19	20	20
7	Сухова Т. А.	16,7	20	19
8	Волченко В. И.	19	19,2	17,95
9	Какоян С. С	19	17,95	19,2
Среднее значение органолептической оценки консервов, баллы		16,96	17,20	18,40

Анализ данных табл. 4 свидетельствует о том, что наиболее высокую органолептическую оценку консервов "Морское созвездие" получил продукт, в процессе изготовления которого применяли двадцатиминутный режим подсушивания (18,40 баллов, хорошее качество, близкое к отличному).

Перед началом дегустации крышки банок не полностью вскрывали и сливали жидкую составляющую консервов в мерные цилиндры для определения величины водного отстоя в консервах разной продолжительности подсушивания в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 20221. Результаты исследования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты величины водного отстоя в изготовленных консервах "Морское созвездие" в зависимости от продолжительности ИК-нагрева

Продолжительность подсушивания, мин		
10	15	20
Величина водного отстоя, %		
22,61	20,6	14,5

Данные таблицы 6 свидетельствуют о том, что величина водного отстоя в изготовленных консервах "Морское созвездие" только при продолжительности ИК-подсушивания составляет 14,5 %, что ниже предельного значения по этому показателю (15 %) для традиционных консервов в масле, где в соответствии с требованиями того или иного ГОСТ регламентируется величина водного отстоя.

Таким образом, для последующих экспериментов был выбран режим ИК-подсушивания продолжительностью 20 мин, расстояние от лампы до филе рыбы – 10 см, и именно его решено использовать в дальнейшем, как для изготовления очередных образцов консервов "Морское созвездие"

С помощью данного прибора "Эллаб" рассчитан фактический стерилизующий эффект, который равен $\frac{5-15-90-20}{103^0 C} 0,2 \text{ МПа}, F = 1,4 \text{ усл. мин.}$

Это несколько выше рекомендуемых значений стерилизующего эффекта для трёхчетвертных консервов, но значительно ниже полных консервов.

Изготовленные образцы трёхчетвертных консервов после выстойки были подвергнуты микробиологическим исследованиям, результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты микробиологических исследований консервов "Морское созвездие"

Наименование показателей	Нормативное значение	Результат испытаний
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (МАФАНМ) группы <i>B. subtilis</i>	в 1 г не более 11 кл.	не обнаружено
МАФАНМ группы <i>B. cereus</i> и/или <i>polimixa</i>	не допускаются	не обнаружено
Мезофильные клостридии	в 1 г не более 1 кл. (кроме <i>C. Botulinum</i> и <i>C. perfringens</i>)	не обнаружено
Неспорообразующие микроорганизмы и (или) плесневые грибы, и (или) дрожжи	не допускаются	не обнаружено

Результаты исследований, приведённые в табл. 6, свидетельствуют о том, что по показателям безопасности консервы "Морское созвездие" безупречны и о возможной целесообразности и необходимости продолжения экспериментов для их вероятного промышленного внедрения.

В процессе экспериментальных работ при разработке технологии изготовления консервов из подсушенного филе трески с добавлением мяса кре-

ветки и растительного масла были пооперационно установлены временные нормы отходов и потерь и выхода готовой продукции.

Разработанные "Временные нормы..." были утверждены руководством УЭЦ.

Выводы

1. Разработан новый вид трёхчетвертных консервов в масле с использованием подсушенного филе трески и мяса креветки, получивший название "Морское созвездие" Особенностью созданных консервов является оригинальное сочетание белого мяса филе трески и розового – мяса королевской креветки, что придаёт аппетитный вид продукту в сочетании с добавленным маслом.

2. Экспериментально установлен наиболее рациональный режим ИК-подсушивания филе трески для последующего изготовления консервов "Морское созвездие" продолжительностью 20 мин.

3. Определен фактический стерилизующий эффект нового вида трёхчетвертных консервов, равный 1,4 условных минуты, микробиологическими исследованиями установлена безопасность стерилизованного продукта "Морское созвездие".

4. Разработаны временные нормы расхода сырья и выхода готовой продукции при изготовлении нового вида трёхчетвертных консервов в масле с использованием подсушенного филе трески и мяса креветки.

Библиографический список

1. Обзор рынка консервов в России в 2010 – 2017 годах. [Электронный ресурс] / Исследовательская компания ГРИФФОН-ЭКСПЕРТ/ Пресс-центр/ Обзор рынков/ 01.07. 2017. – Режим доступа: <http://grifon-expert.ru/obzory/94-proizvodstvo-myasnyh-konservov-v-rf.html> (дата обращения: 15.04.18). – Загл. с экрана.

2. Колтыкова, Е. Рынок рыбных консервов в России: объём производства растёт. [Электронный ресурс] / ИНДЕКС БОКС (Marketing & Konsalting) / Блоги / Продукты питания и напитки / Рыба и морепродукты / 21.06. 2016. – Режим доступа: <http://www.indexbox.ru/news/obiem-proizvodstva-rybnyh-konservov-v-rossii-rastet/> (дата обращения: 15.04.18). – Загл. с экрана.

3. Технический регламент Евразийского Экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции" (ТР ЭАЭС 040/2016) / Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 г. № 162 / Консорциум "Кодекс", электронный фонд правовой и нормативно-технической документации / М.: 2016, 57 с.
4. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / С. А. Артюхова, В.А. Гроховский [и др.] ; под ред. А. М. Ершова. – 2-е изд. – М. : Колос, 2010. – 1064 с.
5. Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов : в 3 т. / Федеральное агентство по рыболовству, ОАО "Гипрорыбфлот". – СПб. : Судостроение, 2012.
6. Рогов, И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
7. ГОСТ 3948-90 Филе рыбное мороженое. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2010, – С. 57–64.
8. ГОСТ 20845-2002. Креветки мороженые. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2008, – 8 с.
9. ГОСТ 1129-2013. Масло подсолнечное. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014, – 15 с.
10. Сафронова, Т. М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции / Т. М. Сафронова. – М. : Изд-во ВНИРО, 1998. – 243 с.
11. Сенсорный анализ продуктов из гидробионтов : учебник / Г. Н. Ким, И. Н. Ким, Т. М. Сафронова, Е. В. Мегода. – М. : Колос, 2008. – 549, [2] с.
12. Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов. – СПб. : Гипробыбфлот, 1996. – 42 с.

Инновационная технология деликатесного подкопченного филе тресковых рыб с использованием ферментного препарата на основе гепатопанкреаса краба – стригуна *Opilio*

Шкуратова Е. Б., Шокина Ю. В., Васильева Г. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Представлены результаты исследования технологических параметров процесса посола филе тресковых рыб с использованием ферментного препарата из гепатопанкреаса краба стригуна *Opilio* и влияния этих параметров на органолептические свойства и уровень качества готовой продукции. Обобщены результаты биохимических, микробиологических исследований готовой продукции на этапе хранения и результаты оптимизации отдельных технологических параметров процесса посола с использованием метода нечеткой логики в программной среде MatLab.

Abstract. The article briefly represents the results of the study of technological parameters of the process of salting the fillet of cod fish using an enzyme preparation of crab *Opilio* hepatopancreas and the influence of these parameters on the organoleptic properties and the quality level of the finished product. The results of biochemical, microbiological studies of the finished product at the storage stage and the results of optimization of individual technological parameters of the saline process using the fuzzy logic method in the MatLab software environment are summarized.

Ключевые слова: деликатесный копченый рыбный продукт, биохимические, микробиологические исследования, качество продукции, оптимизация технологических параметров, MatLab.

Key words: delicatessen smoked fish product, biochemical, microbiological studies, product quality, optimization of technological parameters, MatLab.

Решение основных задач, поставленных Стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ, перед рыбной отраслью, должно происходить со все более активным вовлечением внедрением в производство инновационных технологий, позволяющих получать продукты питания улучшенных потребительских свойств.

С учетом этого, цель исследования представляет расширение ассортимента канцерогенно безопасной рыбной продукции массового потребления с улучшенными органолептическими свойствами на основе использования нетрадиционных для холодного копчения сырья – тресковых рыб, а также применения ферментного препарата (ФП) из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* [1; 2].

В работе решены задачи:

- выбора сырья, выбора и обоснования технологии изготовления нового рыбного копченого продукта улучшенных потребительских свойств (деликатесного) и повышенной канцерогенной безопасности;
- обоснования целесообразности использования ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (рис. 1) в технологии изготовления нового рыбного копченого продукта;



Рисунок 1 – Краб стригун *Chionoecetes opilio*

- комплексного исследования биохимических и микробиологических изменений в готовой продукции – деликатесном подкопченном филе трески в процессе хранения;

Объектами исследования являлись:

- филе трески атлантической подкопченное деликатесное, изготовленное с использованием ферментного препарата из гепатопанкреаса краба стригуна *Chionoecetes opilio*;
- органолептические показатели филе трески подкопченного деликатесного;
- биохимические и микробиологические процессы, протекающие в продукции.

В процессе работы использованы современные методы исследования:

- органолептические – разработка шкалы органолептической оценки филе тресковых рыб подкопченного деликатесного с последующей оценкой по ГОСТ 7631;
- физико-химические и химические (отбор проб – ГОСТ 31339):
- определение массовой доли фенолов (Ф), мг% (отгонкой дистиллята фенолов с хлористым литием с последующим фотоколориметрированием окрашенных растворов полученных при взаимодействии дистиллята с аминокантипирином);

- определение массовой доли аминного азота (АА), мг%, (формольным титрованием);
- математические – статистическая обработка результатов эксперимента общепринятыми математическими методами.

Разработанная технологическая схема изготовления деликатесного подкопченного филе тресковых рыб представлена на рис. 2.

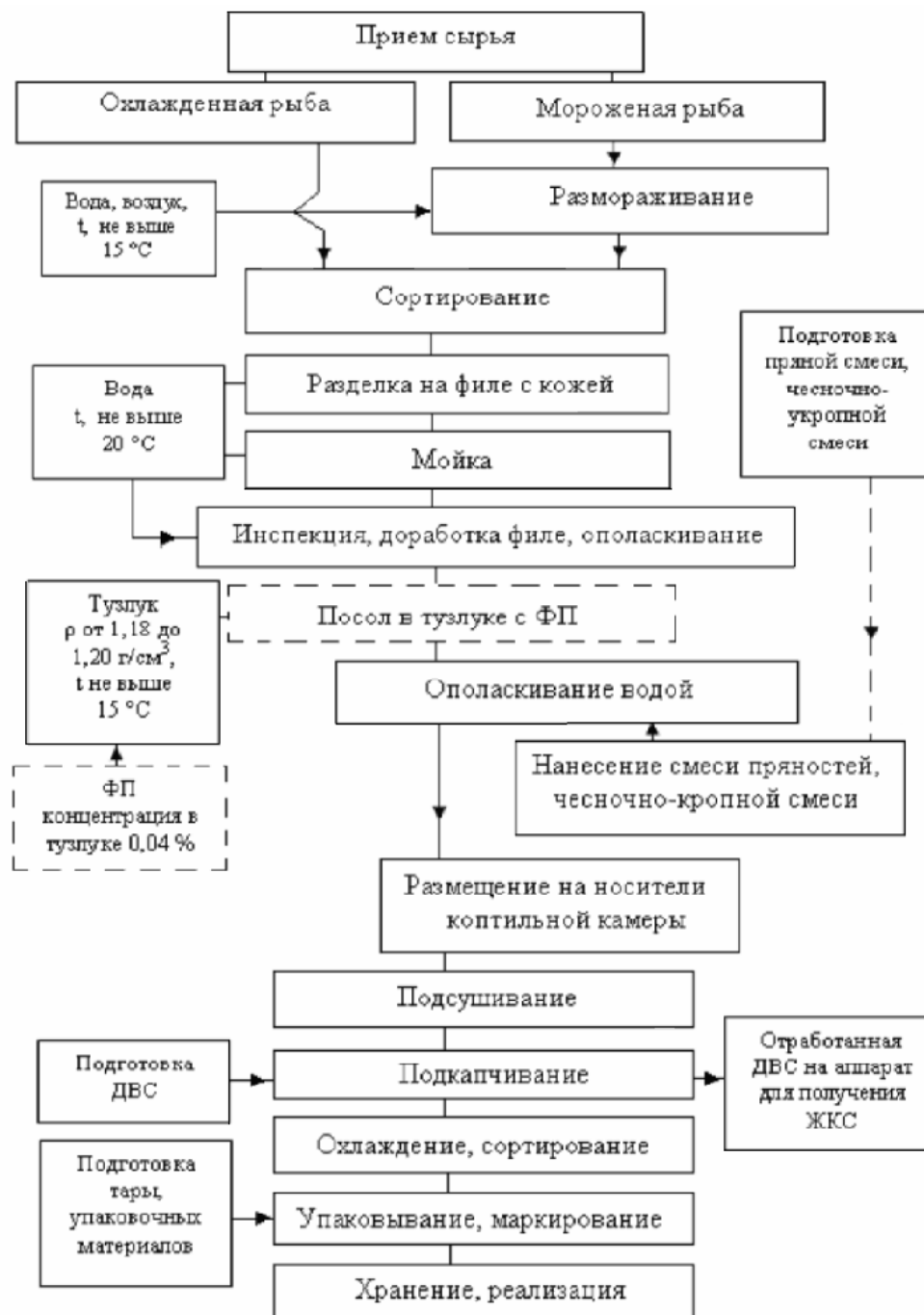


Рисунок 2 – Технологическая схема изготовления деликатесного подкопченного филе тресковых рыб с применением ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio*

Как видно из рисунка, с целью придания готовой продукции деликатесных свойств, особенно для улучшения ее консистенции предложено использовать на этапе тузлучного посола полуфабриката ферментный препарат из гепатопанкреаса краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*). Установленный с применением метода нечеткого логического вывода, реализованного в программной среде MatLab, установлены оптимальные технологические режимы посола филе тресковых рыб: посол осуществляют в тузлуке плотностью от 1,18 до 1,2 г/см³, в который добавляют ферментный препарат в дозировке 0,04 %, время выдержки полуфабриката в тузлуке 15 минут.

Проведенные комплексные исследования органолептических показателей готовой продукции, а также биохимических и микробиологических изменений, протекающих в ней в процессе хранения при температуре (4±2) °С, показали, что обоснованные оптимальные режимы посола позволяют получать продукцию значительно улучшенных потребительских свойств относительно продукции, изготовленной по традиционной технологии – без добавления ферментного препарата (рис. 3).



Рисунок 3 – Филе трески атлантической деликатесное подкопченное, изготовленное с применением ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio*

По работе сделаны следующие выводы:

- обработка рыбного полуфабриката перед копчением ферментным препаратом из гепатопанкреаса краба-стригуна позволяет существенно улучшить органолептические свойства готовой продукции – подкопченного филе, что позволяет позиционировать его как деликатесную продукцию;
- исследование биохимических изменений в подкопченном филе трески показало, что введение ферментного препарата, однозначно способствует более интенсивному формированию основных технологических эффектов копчения в готовой продукции, за исключением антипротеолитического эффекта.

Библиографический список

1. Мухин, В. А. Влияние температуры и pH на активность протеиназ из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* [Текст] / В. А. Мухин, И. И. Лыжов // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 105–107.
2. Шкуратова, Е. Б. Применение ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна в технологии подкопченной рыбопродукции из слабо-созревающего рыбного сырья / Е. Б. Шкуратова, Ю. В. Шокина, В. А. Мухин // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 8 апреля 2016 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – С. 80–84.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ХОЛОДИЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ
И РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

Разработка системы кондиционирования воздуха в составе установки по поиску режимов обезвоживания рыбы

Ионов Н. А.¹, Ерещенко В. В.², Маслов А. А.², Ершов М. А.³ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹кафедра технологического и холодильного оборудования, ²кафедра автоматики и вычислительной техники, ³кафедра технологий пищевых производств)

Аннотация. Статья посвящена разработке системы кондиционирования воздуха для экспериментальной сушильной установки. Применение системы кондиционирования повысит стабильность входящего в установку теплоносителя, позволит расширить диапазон работы сушильной установки в летний и зимний периоды.

Abstract. The article is devoted to the development of an air conditioning system for an experimental drying plant. The use of the air-conditioning system will increase the stability of the coolant entering the installation; will allow expanding the range of operation of the drying plant in summer and winter.

Ключевые слова: сырье, сушильная установка, кондиционирование.

Key words: raw materials, drying plant, air conditioners.

В рамках совместной научно-исследовательской работы кафедр технологического и холодильного оборудования, автоматики и вычислительной техники, технологий пищевых производств ФГОУВО "МГТУ" разработана сушильная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья [1], состоящая из четырех независимых секций (рис. 1).

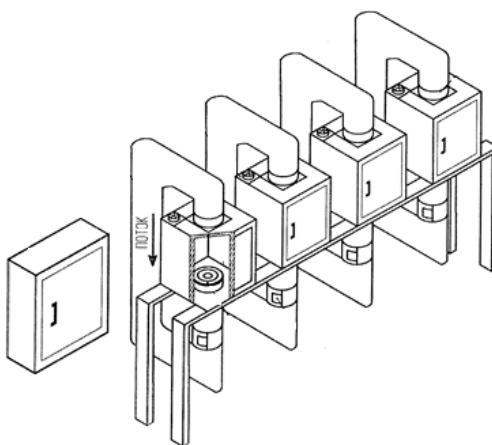


Рисунок 1 – Малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья УПОР-М

Для расширения диапазона относительной влажности и температуры используемого в установке теплоносителя проектируется система подготовки воздуха, основанная на его кондиционировании. Система подготовки воздуха должна реализовывать функции по созданию, поддержанию и автоматическому регулированию в замкнутом контуре установки температуры воздуха, его относительной влажности на заданном уровне с целью обеспечения наиболее благоприятных условий ведения технологического процесса.

Структурная схема установки подготовки воздуха представлена на рис. 2. В установке используется конденсатор и испаритель кондиционера БК-2000 (рис. 3). Технические характеристики кондиционера БК-2000:

- холодопроизводительность 2000 Вт;
- воздухопроизводительность 330/440 м³/ч;
- номинальное напряжение 220 В;
- номинальная потребляемая мощность 960 Вт;
- номинальный ток 5 А;
- наименование хладагента – Хладон-22;
- количество хладагента в системе 0,83 кг;
- масса 49 кг.

Хладон-22 обладает существенными преимуществами перед другими видами хладагентов, в первую очередь низкой стоимостью и стабильностью своих характеристик. Национальная стратегия Российской Федерации в области ограничения использования и производства озоноразрушающих веществ предусматривает вывод из обращения гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ). Хладон-22 попадает под запрещение не столько из-за опасности для озонового слоя, сколько из-за парникового воздействия. В качестве альтернативы Хладону-22 возможен перевод компрессорно-конденсаторного агрегата на R404A, R407A, R407C, R410A, а также на R600a (изобутан), R290, CO₂ и аммоний.

В камере смешения установки непрерывно контролируется величина открытия заслонок подачи свежего, подготовленного и рециркуляционного теплоносителя. Для перемешивания теплоносителя в камере смешения установки предусмотрены вентиляторы.

Регулирование подачи подготовленного теплоносителя в установку поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья осуществляется с помощью системы заслонок, расположенных в подающих воздуховодах. Воздуховоды связывают камеру подготовки теплоносителя и сушильную

установку, данные воздуховоды закрываются в режиме начальной подготовки воздушной смеси. После получения воздуха с заданными параметрами заслонки открываются, и с помощью вентиляторов воздушная смесь циркулирует между сушильной установкой и установкой подготовки воздуха.

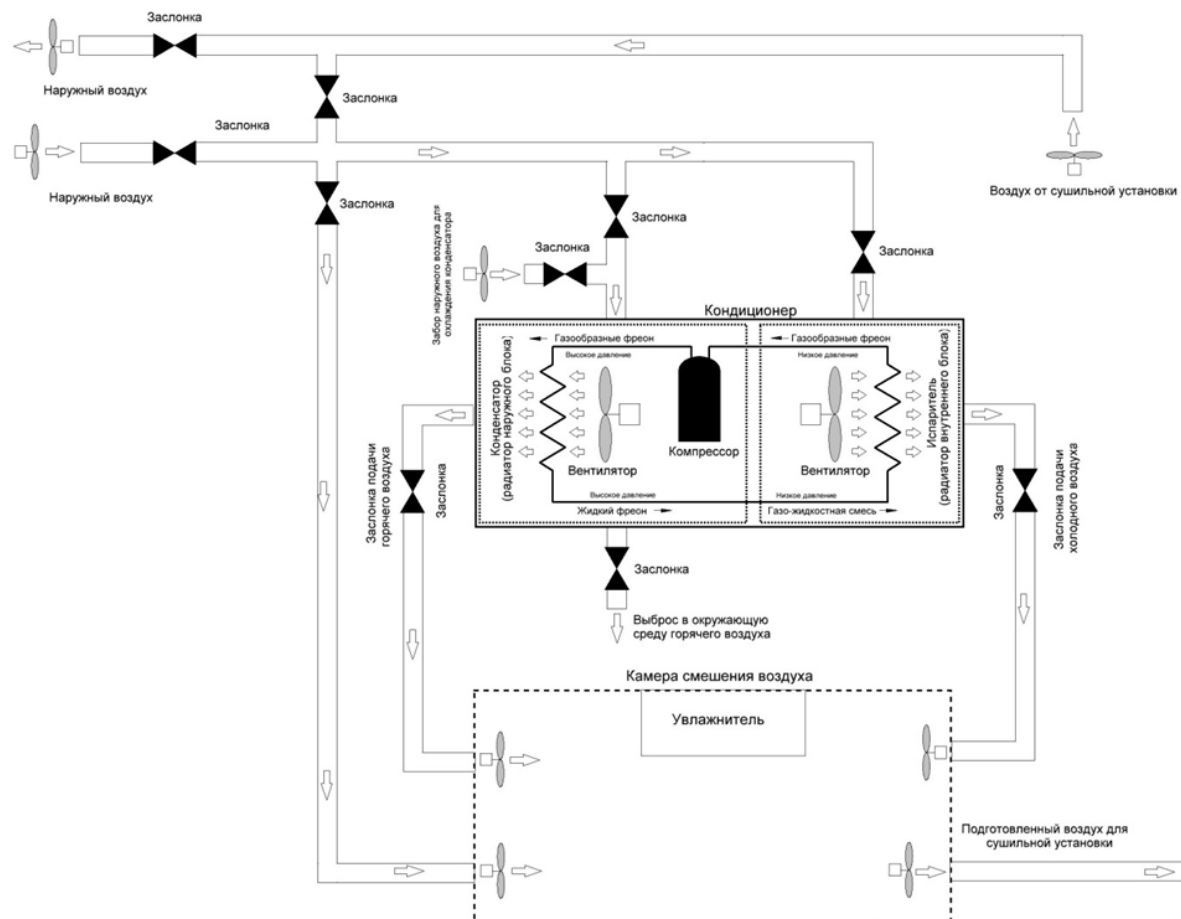


Рисунок 2 – Структурная схема установки подготовки воздуха



Рисунок 3 – Узел осушения воздуха на базе кондиционера БК-2000

Установка подготовки воздуха оснащается ультразвуковыми увлажнителями для увеличения диапазона теплоносителя по относительной влажности, а также для работы установки в режиме релаксации влаги в сырье. Это необходимо для создания дополнительных условий, способствующих к перераспределению влаги по толщине объекта обработки, с целью повышения диффузионных свойств сырья на последующем этапе сушки.

Установка подготовки теплоносителя позволит решить проблемы используемого входящего в сушильную установку цехового воздуха. Температура и относительная влажность цехового воздуха непостоянны во времени (рис. 4, 5).

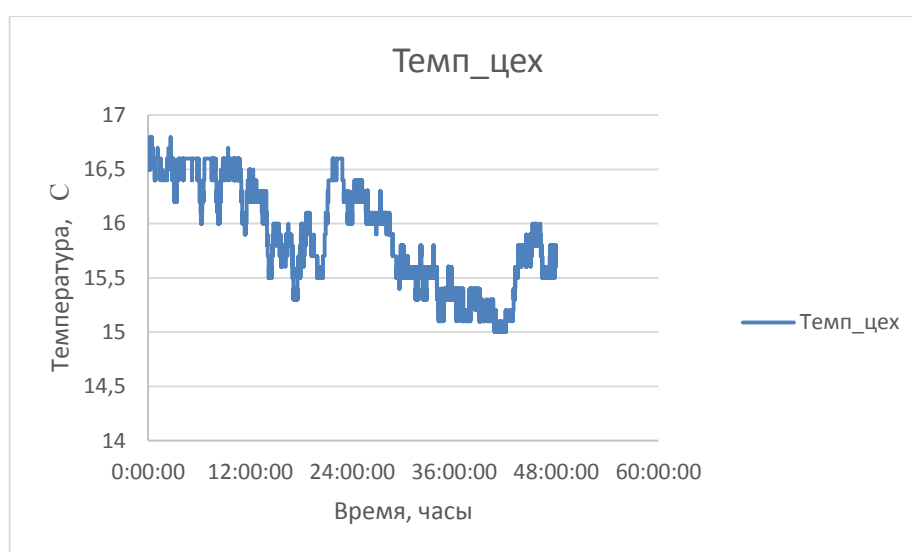


Рисунок 4 – Изменение температуры цехового воздуха



Рисунок 5 – Изменение относительной влажности цехового воздуха

Более того, в летний период сушки относительная влажность воздуха достигает предельных верхних значений и превышает рекомендуемый диа-

пазон относительной влажности, используемый для процессов сушки гидробионтов.

Параметры сушки при изготовлении вяленой рыбы обусловлены химическим составом сырья и его удельной поверхностью. Рекомендации при выборе режимов сушки: чем жирнее сырье и чем больше его удельная поверхность, тем мягче должны быть режимы сушки, т. е. ниже температура и выше относительная влажность воздуха. Массовая доля жира может служить идентифицирующим признаком для рыб разной жирности. По содержанию жира рыбу подразделяют на четыре группы [2]:

- тощие (до 2 %) – тресковые, щуковые и др.;
- средней жирности (от 2 до 8 %) – морской окунь, килька каспийская и др.;
- жирные (свыше 8 %) - осетровые, скумбриевые, сиговые и др.;
- особо жирные (от 15 до 34 %) - миноги, карповые, лососевые, палтус и др.

Для тощего сырья температура вяления составляет от 18 до 32 °С, относительная влажность воздуха от 40 до 50 %. Таким образом, режим сушки для жирного сырья будет составлять: температура воздуха не выше 20 °С, относительная влажность воздуха около 50 %; для среднежирного сырья: температура воздуха не выше 25 °С, при относительной влажности воздуха от 45 до 50 %; для нежирного (тощего сырья): температура воздуха в среднем от 28 до 32 °С, при его относительной влажности около 40 % [2].

Установка подготовки воздуха позволит решить следующие задачи кондиционирования теплоносителя для сушильной установки УПОР-М:

- подготовка теплоносителя для установки УПОР-М в летний и зимний период работы;
- применение рациональных технологических режимов сушки для жирного, средней жирности и тощего рыбного сырья;
- обеспечение стабильности параметров теплоносителя в течение процесса обезвоживания;
- расширение диапазона проводимых экспериментальных работ по обезвоживанию на установке УПОР-М.

Модернизированная малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья позволит задавать условия процесса конвективного обезвоживания (скорость движения теплоносителя, его

относительную влажность и температуру). Таким образом, будет обеспечена возможность разработки режимов обезвоживания с заданными параметрами сушильного агента. Установка позволит минимизировать экспериментальный поиск оптимальных режимов обезвоживания по временным и энергетическим показателям.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, проект № 15.11460.2017/8.9.

Библиографический список

1. Маслов А. А. Малогабаритная сушильная установка для поиска оптимальных технологических режимов [Электронный ресурс] / А. А. Маслов, М. А. Ершов, И. Ю. Селяков, А. В. Кайченев, В. А. Аминов // Наука и образование – 2012: материалы международной научной, конференции (2–6 апреля 2012) / МГТУ. Электронные текстовые Данные (139 Мб). Мурманск : МГТУ, 2012.
2. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / [Артюхова С. А. и др.] ; под ред. А. М. Ершова. – [2-е изд.]. – Москва : Колос, 2010. – 1063 с.

Разработка конструкции агрегата для измельчения и перемешивания пищевых продуктов

Киселева Е. А., Похольченко В. А., Иваней А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологического и холодильного оборудования)

Аннотация. Целью работы была разработка конструкции агрегата для измельчения и перемешивания вязких творожных изделий с равномерным распределением в них измельченных высушенных ягод, позволяющего снизить трудозатраты на процесс за счет механизации процесса обработки, повысить качество и однородность выпускаемой продукции.

Abstract. The purpose of research work was designing the construction of grinding and mixing unit for dense curd products, which provides the uniform distribution of grinded dried berries in mass, allowing to reduce the laboriousness due to the machining process, and improve the quality and uniformity of ready products.

Ключевые слова: сублимационная сушка, брусника, северные ягоды, натуральные пищевые добавки.

Key words: freeze drying, red bilberry, northern berries, natural food additives.

При производстве вязких пищевых продуктов с порошкообразными наполнителями, например, творожных, на практике могут возникать сложности с равномерным распределением вносимых компонентов в общем объеме, снижение качества продукта при длительном перемешивании, а также сохранение витаминов и минеральных веществ в натуральных добавках.

Для решения данных проблем были поставлены задачи, направленные на:

- изучение свойств порошкообразных наполнителей из высушенных различными способами ягод с обоснованием рациональных вариантов обработки;
- изготовление опытных образцов готовой творожной продукции с натуральными ягодными порошками, полученными при различных способах сушки;
- оценку качества полученной продукции и анализ полученных результатов;
- разработку конструкции агрегата для измельчения и перемешивания вязких творожных изделий с оценкой возможности его промышленной реализации.

При проведении экспериментов по высушиванию ягод морошки, черники и брусники способами теплового конвективного обезвоживания и в условиях сублимационной сушки, рациональным вариантом оказался второй, при котором сохраняются необходимые витамины и минеральные вещества, а также получается продукт лучшего внешнего вида и более стойкий при хранении.

При проведении органолептической оценки готовых образцов продукта в зависимости от процентного соотношения в них ягод и творога и способу их добавления были построены профилограммы для определения образца наилучшего качества. Профилограммы исследуемых образцов представлены на рис. 1.

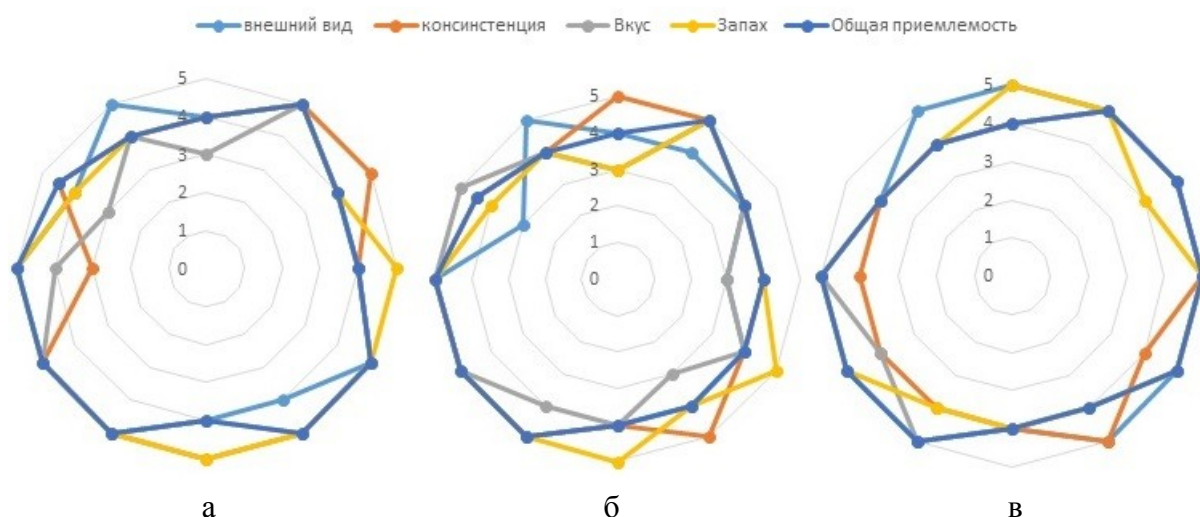


Рисунок 1 – Профилограмма творога 9 % с добавлением:

- а – 34 % восстановленных ягод брусники (6 % порошка сублимированных ягод);
- б – 22 % восстановленных ягод брусники (4 % порошка сублимированных ягод);
- в – 5 % сухого порошка сублимированных ягод

Как видно из графика (рис. 1 а), наименьшую оценку получили показатели "вкус" и "консистенция". Кроме того, дегустаторы отметили, что чувствуется кислый вкус. Творог быстро впитывает цвет и становится неравномерно бледно-розового цвета.

Во втором образце (рис. 1 б) наименьшую оценку получили показатели "вкус" и "внешний вид". Дегустаторы отметили, что цвет неравномерный, но кислый вкус умеренный.

Третий образец (рис. 1 в) по всем показателям получил оценки "хорошо" и "отлично". Дегустаторы высоко оценили внешний вид, умеренно кислый вкус брусники и запах творога с легким ароматом брусники.

Была построена общая профилограмма по трем образцам (рис. 2).

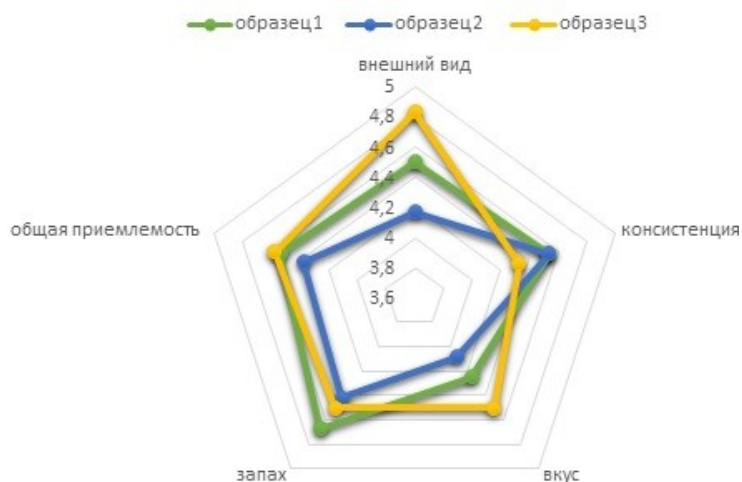


Рисунок 2 – Общая профилограмма

При оценке всех образцов по каждому из критериев получили:

- по внешнему виду высшую оценку получил образец № 3 (5 % сухого порошка)
- по консистенции: образец № 1 и № 2 (восстановленные ягоды);
- по вкусу: образец № 3;
- по запаху: образец № 1 (6 % порошка восстановленных ягод);
- по общей приемлемости: образец № 1 и № 3.

Таким образом, образец № 3 является наиболее приемлемым из представленных образцов.

Проведенные на предварительном этапе литературный анализ и патентный поиск наиболее приемлемых технических решений для равномерного смешивания творожного зерна с порошком из сублимированных ягод брусники показали следующее. Для равномерного распределения требуется относительно длительное перемешивание, что разрушает зерно, снижает качество, особенно, внешний вид и консистенцию готового продукта [1, 2, 3].

В итоге было принято решение разработать оригинальную конструкцию агрегата, позволяющей измельчать сушеные ягоды в порошок и равномерно их распределять в массе творога.

Следующим этапом разработан эскизный проект конструкции агрегата для перемешивания вязких пищевых сред с одновременным равномерным распределением в них порошкообразного материала. Агрегат включает в конструкцию измельчитель, к выходному патрубку которого фиксируется под-

пружиненное сито, принимающее вибрационное воздействие от работы измельчителя. Сито расположено над дежой, в которой посредством рамной мешалки осуществляется процесс перемешивания вязкой пищевой среды (творога). Сушеные ягоды загружаются в загрузочный бункер измельчителя, где с помощью ножей измельчаются в порошок и через выходной патрубок попадают на сито. Благодаря вибрации, принимаемой подпружиненным ситом от измельчителя, измельченные ягоды слоем распределяются на поверхности творога, и посредством мешалки равномерно, без сгустков, перемешивается в объеме дежи. По окончании процесса мешалка отсоединяется от муфты и дежа опрокидывается для опустошения. Произведены инженерные расчеты агрегата [3, 5]. Конструкция спроектированного агрегата для измельчения и перемешивания вязких пищевых сред представлена на рисунке 3.

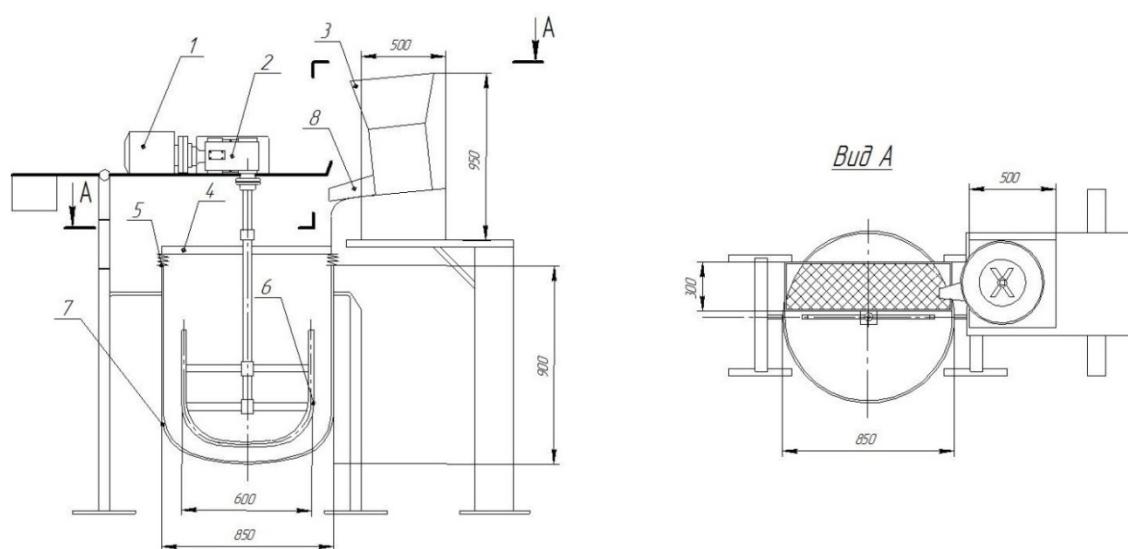


Рисунок 3 – Конструкция агрегата для измельчения
и перемешивания вязких пищевых сред:

1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – загрузочный бункер измельчителя;
4-сито; 5 – пружинные амортизаторы; 6-рамная мешалка; 7 – дежа

Заключение

В результате проведенной научно-исследовательской разработки изучены свойства ряда ягодных порошкообразных наполнителей полученных сублимационной сушкой, которая оказалась целесообразной для сохранения в натуральных добавках витаминов и минеральных веществ, а также положительно отразилась на физико-механических свойствах сушеных ягод. Произведена оценка качества полученных опытных образцов готовой тво-

рожной продукции с натуральными ягодными наполнителями, проанализированы полученные результаты. Разработана конструкция универсального агрегата для измельчения и перемешивания вязких пищевых материалов. Отмечена целесообразность использования агрегата на малых предприятиях, специализирующихся на выпуске творожных изделий с измельченными пищевыми наполнителями.

Библиографический список

1. Поповский, В. Г. Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного происхождения / В. Г. Поповский, Л. А. Бантыш, Н. Т. Ивасюк, Н. Х. Гринберг, Г. Б. Горшунова. – Москва : Изд-во Пищевая промышленность, 1975 – 329 с.
2. Антипов, С. Т. Современные технологии при получении плодово-ягодных порошков / С. Т. Антипов, А. А. Жашков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16. – № 2. – С. 332–336.
3. Буянова, И. В. Использование растительного сырья в производстве продуктов функционального назначения / И. В. Буянова, Е. М Чмаро // Продовольственный рынок и проблемы здорового питания: Тезисы докладов научно-технической конференции. – Орел, 2000. – С. 61.
4. Кошевой, Е. П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств / Е. П. Кошевой. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 232 с: ил.
5. Соколов, В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств : Учебник для вузов по специальности "Машины и аппараты пищевых производств" – М. : Машиностроение, 1983. – 447 с., ил.

Устройство для тузлучного посола пищевого сырья и регенерации тузлука

Тепляшина С. И., Иваней А. А., Никонова А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологического и холодильного оборудования)

Аннотация. В данном докладе описывается устройство для тузлучного посола пищевого сырья и регенерации тузлука в технологии производства солено-сушеной продукции из морских беспозвоночных.

Abstract. In this report we describe the plant for salting of food raw materials and the regeneration of brine in the technology of clipfish products from marine invertebrates.

Ключевые слова: технология производства солено-сушеной продукции, гидробионты, посол, очистка отработанных тузлуков, ультразвук, генератор ионов серебра, бентонитовая глина.

Key words: technology of clipfish products, aquatic, salting, purification of waste brine, ultrasound, silver ion generator, bentonite clay.

Устройство для тузлучного посола пищевого сырья и регенерации тузлука относится к пищевой промышленности и может быть использовано для посола пищевого сырья.

Сырьем для производства сушеной продукции служат охлажденные или мороженые гидробионты.

Устройство состоит из бункера для пищевого сырья, посольной ванны, транспортера для вывода продукта из зоны посола, ультразвуковых устройств для интенсификации процесса посола, бункера для регенерации тузлука, охладителя, ультразвуковых устройств для интенсификации процессов коагуляции жира-белковых включений отработанного тузлука, емкостей, снабженных циркуляционными насосами, с водой, насыщенной ионами серебра, емкостей, снабженных циркуляционными насосами для вязких жидкостей, с суспензией бентонитовой глины, фильтра-отстойника для сбора шлама, солеконцентратора, трубопровода подачи регенерированного тузлука, снабженного циркуляционным насосом, транспортера, подающего пищевое сырье. Схема установки представлена на рисунке 1.

Установка работает следующим образом. В бункер 1 подается тузлук по трубопроводу 21 посредством насоса 23 при открытых ventилях 20 и 24

через калиброванное отверстие в течение заданного промежутка времени (в зависимости от видового и химического состава сырья и его размерно-массовых характеристик).

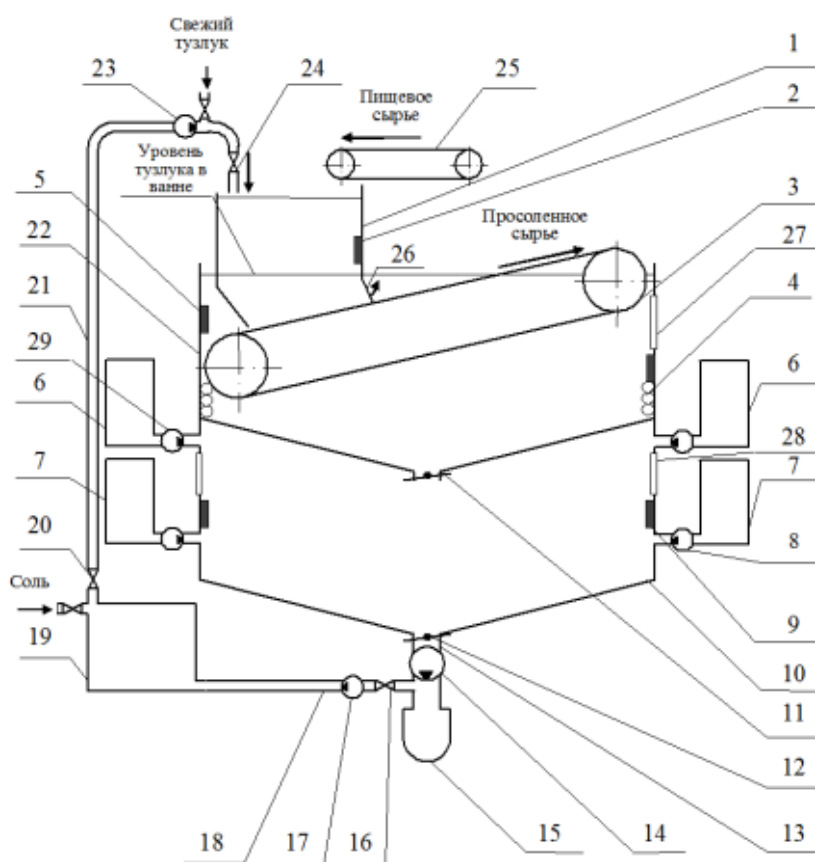


Рисунок 1 – Схема установки для тузлучного посола пищевого сырья и регенерации тузлука: 1 – бункер для посола; 2 и 5 – ультразвуковые устройства; 3 – транспортер для вывода продукта из зоны посола; 4 – охладитель; 6 – емкость, насыщенная ионами серебра; 7 – емкости, снабженные насосами для вязких жидкостей; 8 – насосы для вязких жидкостей; 9 – генератор ультразвуковых колебаний высокой интенсивности; 10 – бункер для регенерации тузлука; 11 и 12 – задвижки; 13, 18 и 21 – трубопроводы; 14, 17, 23, 29 – насосы; 15 – сборник шлама; 16, 20 и 24 – вентили; 19 – солеконцентратор; 22 – ванна для тузлука; 25 – транспортер, подающий пищевое сырье; 26 – наклонная грань; 27 и 28 – технологические окна

По транспортеру 25 подается порция исходного сырья. Напор насоса 23, площадь поперечного сечения трубопровода 21, живое сечение сетки транспортера 3, которая перекрывает дно бункера 1, подобраны так, чтобы обеспечить образование в бункере 1 взвешенного рыбного слоя. Создание в устройстве взвешенного слоя способствует интенсификации посола рыбы.

По завершению процесса посола, который интенсифицируется с помощью распространения ультразвуковых колебаний устройствами 5 в смесь

тузлук-рыба, находящуюся в бункере 1, подача тузлука по трубопроводу 21 прекращается посредством выключения насоса 23 и перекрытия вентилей 20 и 24. При открытой задвижке 11 происходит слив отработанного тузлука в бункер для регенерации тузлука 10.

С помощью переключателя осуществляется подъем прилегающей к полотну транспортной сетчатой ленты наклонной грани бункера 1, после чего включается транспортер 3. Порция соленой рыбы, оставшаяся при сливе тузлука на транспортной ленте, перемещается вверх по транспортеру на следующую технологическую операцию.

При закрытой задвижке 12 в отработанный тузлук, заполнивший бункер 10 с двух сторон происходит впрыскивание суспензии бентонитовой глины из емкостей 7, снабженных насосами для вязких жидкостей. За счет двустороннего впрыска жидкости с происходит ее более равномерное распределение в тузлуке. Включается генератор ультразвуковых колебаний высокой интенсивности 9. Происходит эффективное осветление отработанного тузлука, коагуляция жира-белковых включений, уменьшение степени обсемененности раствора микроорганизмами вследствие стерилизующего воздействия ультразвука.

При озвучивании системы растут удельная поверхность и степень дисперсности частиц глинистого минерала. Мелкодисперсная суспензия бентонита при оседании образует в жидкости облако высокой плотности. Частицы облака во время движения адсорбируют на своей поверхности белки, коллоиды, твердые включения органического и неорганического происхождения, хлопья и т. д., которые слипаются во флоккулы, утяжеляются, быстро седиментируют. Этому же способствует и сам ультразвук, собирая в зонах пучностей посторонние включения, электризуя их и заставляя частицы коагулировать.

При озвучивании системы растут удельная поверхность и степень дисперсности частиц глинистого минерала. Мелкодисперсная суспензия бентонита при оседании образует в жидкости облако высокой плотности. Частицы облака во время движения адсорбируют на своей поверхности белки, коллоиды, твердые включения органического и неорганического происхождения, хлопья и т. д., которые слипаются во флоккулы, утяжеляются, быстро седиментируют. Этому же способствует и сам ультразвук, собирая в окнах пучностей посторонние включения, электризуя их и заставляя частицы коагулировать.

После завершения процесса осветления тузлука происходит впрыск воды из емкостей 6, насыщенной ионами серебра, что также способствует снижению уровня микробиологической обсемененности жидкости.

Затем открывается задвижка 12, и образовавшийся бентонитовый осадок по трубопроводу 13 посредством насоса 14 удаляется из установки в сборник шлама 15, после чего открывается вентиль 16 и осветленный тузлук по трубопроводу 18 насосом 17 подается в солеконцентратор 19.

В следующем цикле работы регенерированный тузлук по достижении требуемой плотности при открытых вентилях 20 и 24 по трубопроводу 21 при включенном насосе 23 подается в бункер 1. Описанные операции повторяются. Установка может работать в непрерывном режиме. При необходимости к регенерированному тузлуку добавляются порции свежего.

Для визуального осмотра и технического обслуживания предусмотрены технологические окна.

Предложенный способ регенерации позволяет очистить тузлук сильной степени загрязненности, полученный после посола таких видов рыб как ерш, сельдь. На рисунке 2 представлены фотографии тузлука до и после очистки.



Рисунок 2 – Тузлук до и после очистки

Прозрачность отработанных солевых растворов в среднем составила 50 люкс, после очистки – 620 люкс. Содержание сухих веществ очищенного тузлука $C_b = 6,5 \%$; угол преломления $n_D = 1,3426$, что близко к значениям чистого солевого раствора такой же плотности: $C_b = 6,4 \%$; $n_D = 1,3424$. Показатели отработанного тузлука: $C_b = 7,2 \%$; $n_D = 1,3438$.

Технический результат, на достижение которого направлена заявляемая полезная модель, состоит в повышении интенсивности процесса посола пищевого сырья за счет воздействия ультразвукового поля на систему "тузлук-пищевое сырье", создания условий для осуществления процесса посола пищевого сырья во взвешенном слое, улучшение санитарно-гигиенического состояния системы "тузлук-пищевое сырье" за счет отвода теплоты, а также в увеличении эффективности регенерации тузлука за счет адсорбции жиробелковых включений отработанного тузлука суспензией бентонитовой глины, обеззараживании тузлука как за счет дезинфицирующего действия ультразвуковых колебаний, так и за счет добавления насыщенной ионами серебра воды. Преимущество предлагаемой установки состоит в том, что процесс подготовки тузлука и его подкрепление осуществляется непосредственно в устройстве.

Библиографический список

1. Недбайлова, С. И. Совершенствование традиционной технологии производства солено-сушеной продукции из морских беспозвоночных / С. И. Недбайлова, А. А. Иваней // Сборник научных трудов SWorld. Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013 : материалы международной научно-практической конференции. – Выпуск 1. Том 4. – Одесса : КУПРИЕНКО, 2013 – С. 50–52.

2. Пат. 128821 Российская Федерация, МПК A23B4/00. Устройство для регенерации тузлука с использованием ультразвука / Иваней А. А., Никонова А. С., Недбайлова С. И. ; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Мурм. гос. техн. ун-т". – № 2012154005/13 ; заявл. 13.12.2012 ; опубл. 10.06.2013. – 3 с. : ил.

3. Пат. 135233 Российская Федерация, МПК A23B4/00. Устройство экспресс-очистки тузлука / Иваней А. А., Недбайлова С. И., Ильин А. Ю., Никонова А. С. ; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Мурм. гос. техн. ун-т". – № 2013131848/13; заявл. 09.07.2013 ; опубл. 09.07.2013. – 3 с. : ил.

Экономическая эффективность производства рыбного криофарша

Титова С. А., Голубева О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологического и холодильного оборудования)

Аннотация. В статье изложены результаты проведения оценки экономической эффективности внедрения в производство технологии кормового рыбного фарша на основе метода криоэкструзии с использованием экструдера – измельчителя поршневого типа с охлаждаемыми рабочими органами.

Abstract. The article presents the results of the evaluation of economic efficiency of introduction in the production technology of cryo minced fish feed based on the method of cryoextrusion with the use of a grinder – extruder piston type cold working bodies.

Ключевые слова: кормовой рыбный фарш, криоэкструзия, экономическая эффективность.
Key words: cryo minced fish feed, cryoextrusion, economic efficiency.

В настоящее время не теряют актуальности вопросы разработки новейших комплексных технологий производства рыбной продукции в целях наиболее полного и эффективного использования добываемых рыбопромысловыми флотами Мурманской области водных биологических ресурсов.

Кроме этого важно не только внедрять малоотходные и безотходные технологии переработки традиционных промысловых видов рыб, но и обеспечивать комплексное освоение неиспользуемых или недоиспользуемых объектов водного промысла (малоценные, мелкие виды рыб и пр.), а также отходов производства рыбной продукции.

Высокий уровень содержания протеина в рыбе и рыбной продукции обуславливает повышенный спрос на кормовые продукты из гидробионтов.

Разработана технология кормового рыбного криофарша из малоценного рыбного сырья и отходов от производства рыбной продукции на основе метода криоэкструзии.

С целью обоснования целесообразности внедрения разработки в производство проведён расчёт экономической эффективности выпуска продукции "Кормовой рыбный криофарш".

При осуществлении расчетов и определении показателей экономической эффективности использованы данные экспериментов, а также нормы, нормативы и цены 2017 года.

Принятая к расчету себестоимости готовой продукции (продукта "Кормовой рыбный криофарш") технологическая схема представлена на рис. 1.

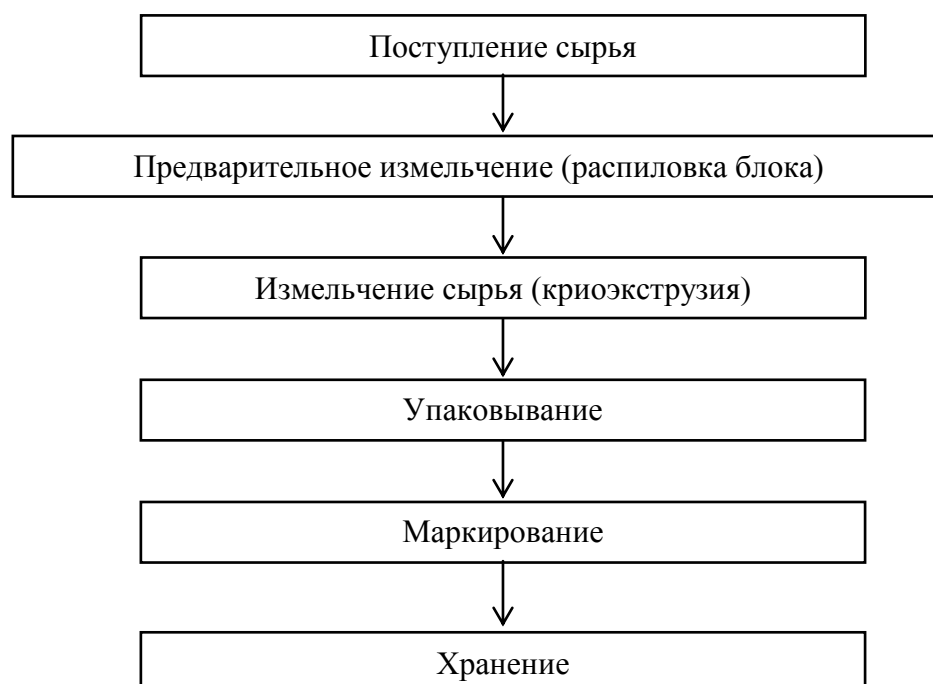


Рисунок 1 – Схема технологического процесса производства кормового рыбного фарша (криофарша)

Для односменного режима работы производственного участка продолжительность 8 часов при годовом фонде рабочего времени 252 дня, выпуск продукции из расчёта 560 кг/сутки кормового рыбного криофарша составит:

$$560 * 252 = 141120 \text{ кг, или } 141,12 \text{ т}$$

Таблица 1 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

Показатели	Единицы измерения	Содержание показателя
Годовой расход сырья	тонны	144
Расход воды на технологические цели, годовой	м ³	1020,1
Расход электроэнергии на технологические цели, годовой	мВт/час	3,226
Водоотведение, годовой объем	м ³ /т	20,6
Годовой фонд рабочего времени	дни	252
Годовой выпуск готовой продукции	тонны	141,12

В качестве сырья могут быть использованы малоценные, неиспользуемые либо недоиспользуемые объекты промысла, мелкие виды рыб, рыба, пораженная гельминтами, отходы производства рыбной продукции.

Приобретение каких-либо дополнительных компонентов сырья и вспомогательных материалов не требуется.

Применяем сдельную оплату труда. При средней заработной плате 22000 рублей, и персонале из 2 человек имеем фонд заработной платы 44000 рублей в месяц или 528000 рублей в год.

С учетом полярных надбавок расходы на заработную плату за год Z_{Π} , руб., определяются по формуле:

$$Z_{\Pi} = \Phi ЗП * K, \quad (1)$$

где $\Phi ЗП$ – фонд заработной платы;

K – коэффициент на полярные надбавки и районный коэффициент.

$$Z_{\Pi} = 528000 * 2,3 = 1214400 \text{ руб.}$$

Резерв на отпуска, праздничные, т. е. полная заработная плата $Z_{\Pi\Pi}$, руб., определяется по формуле

$$Z_{\Pi\Pi} = Z_{\Pi} \cdot O, \quad (2)$$

где O – коэффициент, учитывающий отчисления на отпуска, праздничные.

$$Z_{\Pi\Pi} = 1214400 * 1,2 = 1457280 \text{ руб.}$$

Сумма единого социального налога ЕСН, руб., определяется по формуле

$$\Phi = N_C \cdot Z_{\Pi\Pi} / 100, \quad (3)$$

где N_C – социальный налог, %.

$$\Phi = 30 * 1457280 / 100 = 437184 \text{ руб.}$$

Фонд оплаты труда в год $\Phi ОТ$, руб., определяется по формуле

$$\Phi ОТ = Z_{\Pi\Pi} + \Phi \quad (4)$$

$$\Phi ОТ = 1457280 + 437184 = 1894464 \text{ руб.}$$

Итого, фонд оплаты труда работников, занятых на производстве кормового рыбного криофарша, составляет 1894464 рублей.

Таблица 2 – Расчет коммунальных платежей

Наименование платежа	Стоимость единицы	Потребление в мес.	Стоимость в мес., руб.	Стоимость в год, руб.
Отопление, Гкал/м ²	2367,77 Гкал	0,0219 Гкал /м ²	1814,9	21778,8
Водоснабжение, руб./м ³	26,8	85	2278	27336
Водоотведение, т	20,01	1,72	34,42	413
Электроснабжение, мВт	5373,38	0,27	–	17334,5
Вывоз мусора, руб./т	1590,96	0,5	795,48	9545,76
Итого				76408,06

Затраты на оборудование составили 1556901 руб.

В связи с тем, что выпуск кормового рыбного криофарша планируется организовать в уже открытых и действующих рыбоперерабатывающих предприятиях и цехах, а также частично с использованием имеющегося оборудования, капитальные затраты на строительство в расчёте не учитывались.

Таблица 3 – Годовые эксплуатационные издержки производства (текущие затраты)

Статья затрат	Единица измерения	Стоимость на годовую программу, тыс. руб.
Сырье основное	руб.	864
Вспомогательные материалы и тара	руб.	140,168
Заработная плата	руб.	1894,464
Стоимость воды	руб.	27,34
Стоимость электроэнергии	руб.	17,33
Амортизация	руб.	155,96
Итого	руб.	3099,262

Общепроизводственные расходы составят

$$P * 0,1 = C, \quad (5)$$

где P – цеховая себестоимость, тыс. руб.;

0,1 – норматив отчислений на общепроизводственные расходы, %

$$3099,262 * 0,1 = 309,926.$$

Внепроизводственные расходы составят

$$(P + C) * 0,1 = T, \quad (6)$$

где P + C – производственная себестоимость, тыс. руб.;

0,1 – норматив отчислений на общепроизводственные расходы, %;

$$(3099,262 + 309,926) * 0,1 = 340,92.$$

Полная себестоимость составит по базовому варианту

$$(P + C) + T = Y, \quad (7)$$

где (P + C) – производственная себестоимость, тыс. руб.,

$$(3099,262 + 309,926) + 340,92 = 3750,108.$$

Расчет прибыли, тыс. руб.

$$\Pi = Д - P, \quad (8)$$

где Д – доходы, тыс. руб.

Р – расходы, тыс. руб.

$$\Pi = (31,86 * 141120) - 3099,262 = 4496,08 - 3099,262 = 1396,818.$$

С учетом налога на прибыль чистая прибыль предприятия определяется, тыс. руб.

$$\text{ЧП} = \Pi * 0,76 \quad (9)$$

$$\text{ЧП} = 1396,818 * 0,76 = 1061,582.$$

Для оценки эффективности и для сравнения работы предприятий используется система показателей рентабельности, которые рассчитываются по формуле:

– рентабельность продаж R_s , %

$$R_s = \text{ЧП} / V_{\text{др.}} * 100 \%, \quad (10)$$

где $V_{\text{др}}$ – валовый доход, остающийся в распоряжении предприятия

ЧП – годовая чистая прибыль от реализации продукции, тыс. руб.

$$V_{\text{др}} = 31,86 * 141120 \text{ (годов. выпуск г./пр.)} = 4496,08 \text{ тыс. руб.}$$

$$R_s = 1061,582 / 4496,08 * 100\% = 23,61 \%$$

– рентабельность продукции R_a , %

$$R_a = \text{ЧП} / \text{И} * 100 \%, \quad (11)$$

где И – издержки производства и обращения;

$$R_a = 1061,582 / 3099,262 * 100 \% = 34,25 \%.$$

Эффективность капиталовложений $\mathcal{E}_k$, тыс. руб., рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E}_k = \text{ЧП} - (0,15 * K_b) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_k &= 1061,582 - (0,15 * 1556,901) = \\ &= 1061,582 - 233,535 = 828,047 \text{ тыс. руб.} = 0,83 \text{ млн. руб.} \end{aligned}$$

Срок окупаемости капиталовложений рассчитаем по формуле:

$$T_{\text{ок}} = K_b / \text{ЧП} \quad (13)$$

$$T_{\text{ок}} = 1556,901 / 1061,582 = 1,466 = 1,5 \text{ года.}$$

Таким образом, рентабельность выпуска продукции "Кормовой рыбный криофарш" составляет 34,25 %, срок окупаемости вложений 1,5 года.

Анализ и практическое подтверждение обобщенного уравнения теплообмена при охлаждении рыбы во взвешенном слое

Шутов А. В., Похольченко В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологического и холодильного оборудования)

Аннотация. Применение водолеяной смеси способствует интенсификации процесса предварительного охлаждения рыбы и, как следствие, улучшает показатели качества продукции. Результаты обработки экспериментальных данных, позволили определить частные эмпирические зависимости для взвешенного слоя, отражающие влияние отдельных факторов. Подтверждено обобщенное уравнение теплообмена при охлаждении рыбы во взвешенном слое с использованием водолеяной смеси.

Abstract. Using water-ice mixture provides the intensification of the fish preliminary cooling process and therefore improves the factors product quality. The analysis of experimental results allowed determining the weighted layer empirical dependencies including the basic parameters influence. The generalized equation of heat exchange at the weighted layer fish cooling by water-ice mixture using was proven.

Ключевые слова: предварительное охлаждение, взвешенный слой, интенсификация, водолеяная смесь, теплообмен.

Key words: preliminary cooling, weighted layer, intensification, water-ice mixture, heat exchange.

В условиях промысла наилучшим способом сохранения выловленной рыбы является холодильное консервирование. Холодильная цепь обработки рыбы на рыбопромысловых судах состоит из нескольких звеньев: предварительного охлаждения в судовых рыбоохладителях, замораживания в скороморозильных аппаратах, хранение замороженной рыбы в трюме. Качество работы каждого из звеньев холодильной цепи определяет качество конечной продукции. Обработка свежей рыбы холодом и холодильное хранение сырья и полуфабрикатов обеспечивают возможность осуществить другие способы обработки рыбы с целью промышленной выработки продукции широкого ассортимента (копченые и кулинарные изделия, полуфабрикаты и т. п.). Первичным звеном холодильной цепи является предварительное охлаждение рыбы. Своевременное и качественное предварительное охлаждение обеспечивает сохранения качества конечной продукции, снижение потерь улова, снижение затрат холода на последующее замораживание рыбы в скороморозильных аппаратах [1; 5].

В настоящее время наиболее распространенным является способ охлаждения путем погружения рыбы в воду. Такой способ обеспечивает, в сравнении с другими традиционными способами, наибольшую скорость охлаждения и хорошее качество охлажденной рыбы. Анализ работы судовых рыбоохладителей и работ, посвященных исследованиям процесса охлаждения рыбы, говорит о возможности повышения интенсивности процесса и о некоторых существенных недостатках систем предварительного охлаждения рыбы. Поэтому повышение эффективности процесса охлаждения рыбы и совершенствование систем предварительного охлаждения являются актуальными до настоящего времени. Качество охлажденной рыбной продукции в значительной мере зависит от скорости охлаждения. В настоящее время наиболее распространенным является способ охлаждения путем погружения рыбы в воду. Такой способ обеспечивает, в сравнении с другими традиционными способами, наибольшую скорость охлаждения и хорошее качество охлажденной рыбы.

Экспериментальные исследования гидродинамики слоя показали, что взвешенный рыбный слой характеризуется равномерностью распределения рыбы по объему слоя, порозность слоя зависит от соотношения количества воды и рыбы, которое в производственных условиях поддерживается равным 1 или 2. Для этого случая порозность меняется от 0,3 до 0,55. Анализируя опытные данные можно констатировать, что наилучшие показатели достигаются при значении порозности $\varepsilon = 0,52$ [2; 3].

На основании этих исследований можно сделать вывод, что изменение порозности взвешенного слоя в зависимости от скорости потока для заданных условий не значительно. Поэтому в данном случае влиянием порозности на теплообмен при охлаждении можно пренебречь, приняв ее как константу.

На рисунке 1 представлена схема экспериментальной установки для исследования процесса охлаждения рыбы.

Своеобразие рыбного слоя в воде состоит в том, что плотность рыбы и воды отличаются друг от друга не значительно, частицы (рыба) имеют большие размеры. Поэтому состояние взвешенного рыбного слоя несколько отличается от классических представлений.

Проведенные ранее исследования процесса охлаждения рыбы в воде во взвешенном слое дают следующее обобщенное уравнение [2; 4]

$$Nu = 0,483 Re^{0,66} \varepsilon^{-0,33}, \quad 300 < Re < 700, \quad 0,35 < \varepsilon < 0,55 \quad (1)$$

Предлагаемый способ охлаждения предполагает использовать водоледяную смесь. Поэтому для уточнения расчетных уравнений, описывающих

теплообмен при охлаждении рыбы, необходимы дополнительные исследования.

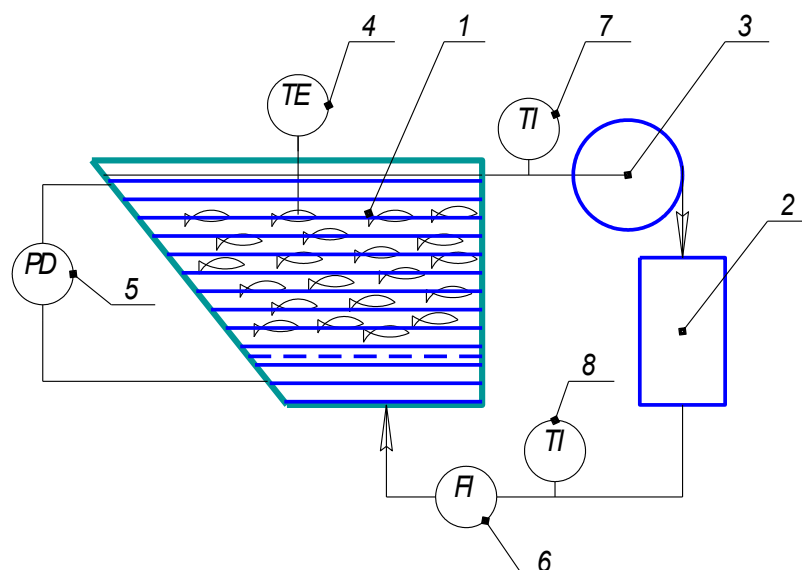


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования процесса охлаждения рыбы:
 1 – рыбы (модели рыб); 2 – водоохладитель – льдогенератор; 3 – циркуляционный насос; 4 – термopаpa; 5 – дифманометр; 6 – расходомер; 7, 8 – термopаpa

Для определения общего вида критериального уравнения, описывающего теплообмен при охлаждении рыбы во взвешенном слое, использовался метод анализа размерностей. В результате получено следующее обобщенное уравнение:

$$Nu = CRe^n Pr^d (M_n/M_6)^m, \quad (2)$$

где Nu – критерий Нуссельта;

Pr – критерий Прандтля.

Для данного случая критерий Прандтля в заданном интервале изменения температур меняется незначительно, для подтверждения и уточнения результатов была использована измерительная станция собранная на основе микропроцессорного прибора ТРМ-138. Проведенные замеры подтвердили предположение о незначительности влияния критерия Прандтля в заданном интервале температур. В результате полученные уравнения могут быть применены без изменений. Уравнение подобия будет иметь следующий вид.

$$Nu = CRe^n (M_n/M_6)^m, \quad (3)$$

После обработки результатов экспериментов были построены частные графические зависимости, показывающие влияние каждого первичного фактора на величину Nu для взвешенного рыбного слоя. Математическая обработка графиков методом выравнивания позволила получить частные эмпири-

ческие зависимости для взвешенного слоя, отражающие влияния отдельных факторов, из которых определено обобщенное уравнение теплообмена при охлаждении рыбы во взвешенном слое с использованием водолеяной смеси.

$$Nu = 0,678Re^{0,66}(M_x/M_g)^{0,25}, \quad 300 < Re < 700, \quad 0,4 < (M_x/M_g) < 1 \quad (4)$$

В уравнении в качестве определяющего размера принят эквивалентный диаметр моделей (рыбы), в качестве определяющей температуры – средняя температура рыбы в процессе охлаждения.

Заключение

На основе экспериментальных исследований проведено практическое подтверждение обобщенного уравнения теплообмена при охлаждении рыбы во взвешенном слое с использованием водолеяной смеси. Усовершенствована ранее разработанная экспериментальная установка для изучения процесса теплообмена при охлаждения рыбы льдоводяной смесью во взвешенном слое на рыбопромысловых судах. Полученные эмпирические зависимости и обобщенное уравнение теплообмена будут использованы при разработке методики инженерного расчета судовых систем предварительного охлаждения рыбы.

Библиографический список

1. Артюхова С. А. [и др.]. Технология продуктов из гидробионтов. – М. : Колос, 2001. – 496 с.
2. Глазунов Е. А. Разработка методов интенсификации и конструктивного совершенствования рыбоохладителей : дис. ... канд. техн. наук. Калининград, 1995.
3. Голиков Ф. Д. Исследование предварительного охлаждения рыбы в комплексе с судовыми морозильными аппаратами : дис. ... канд. техн. наук. – Астрахань, 1977.
4. Голубев Б. В., Шутов А. В., Кобылянский И. Г. Исследование гидродинамики потока охлаждающей морской воды в судовых рыбоохладителях методом электрогидравлических аналогий // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. "Техника и технологии переработки гидробионтов и сельскохозяйственного сырья", посвящ. памяти проф. Н. Н. Рулёва, 24–25 апреля 2008 г. – Мурманск, МГТУ, 2008. – 125 с.
5. Семенов Б. Н. [и др.]. Современные технологии холодильной обработки рыбы // Материалы научно-практической конференции "Техника и технологии пищевых производств на рубеже 21 века". – Калининградский ГТУ, 2002.

ХИМИЯ

Биохимические исследования и развитие биотехнологии в Мурманске

Барышников А. В. (г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича" (ПИНРО))

Аннотация. Сделан анализ развития биотехнологических разработок в области переработки морских организмов арктических морей. Показаны результаты исследований и организации производств ферментативных белковых гидролизатов и ферментных препаратов из ракообразных.

Abstract. The development of biotechnological developments in the field of processing sea organisms of the Arctic seas was analyzed. The results of research and organization of the production of enzymatic protein hydrolysates and enzymatic preparations from crustaceans was shown.

Ключевые слова: ферменты, белковые гидролизаты.

Key words: enzymes, protein hydrolysates

История открытия, исследований и разработки нетрадиционных технологий переработки морских гидробионтов Баренцева моря берет начало в Мурманской области с 70-х годов XX века. В то время технологи Лобова Е. И. (ВРПО "Севрыба") и Орлова Т. А. (ПТО "Севтехрыбпром") занимались исследованиями в области получения кислотных и ферментативных гидролизатов белков морских рыб на основе использования ферментного препарата протосубтилина Г-10х. Результаты их исследований были внедрены на ОПЗБК (опытно-промышленный завод белковых концентратов), где в 1985 году на основе гидролизатов было начато производство бульонного концентрата "Рыбацкий" производительностью 25 млн. шт. таблеток в год [1]. Позднее в период перестройки предприятие прекратило работу. Были закрыты производства не только бульонных концентратов, но и хорошо известных крабовых палочек, которые также начали выпускать в 80-е годы.

Некоторый застой был преодолен в 90-е-начале 2000-х годов, когда на ОАО "Протеин", расположившимся на территории бывшего ОПЗБК, по инициативе Государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии "Питательные среды" (п. Оболенск, Московская область) ученым П. Б. Василевским было организовано производство ферментативных белковых гидролизатов ПГРМ для микробиологических сред. Технология

включала ферментативную обработку малоценных видов рыб (сайки и т. п.) ферментным препаратом панкреатином. Некоторые просчеты в реализации технологии высушивания гидролизата не позволили опытно-промышленному участку выйти на запланированную мощность. Предприятие впоследствии было закрыто и демонтировано.

Новый виток исследований в области получения ферментативных белковых гидролизатов был начат в ПИНРО, сотрудники которого подхватили инициативу П. Б. Василевского и прошли путь от начала исследований до выпуска опытных образцов [2; 3].

Была сделана попытка получения ферментного препарата взамен импортного. На основе работ А. Z. Eisen et al. [4] и Сахарова [5] в лаборатории биохимии и технологии ПИНРО были проведены НИР по выделению, очистке и изучению свойств комплекса ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба, акклиматизированного в Баренцевом море [6]. Позднее были исследованы ферментные препараты из гепатопанкреаса краба-стригуна [7; 8] и других беспозвоночных [3].

В дальнейшем, при разработке технологии получения ферментативного белкового гидролизата, способ получения ферментного препарата совершенствовался, а технология приобрела черты опытно-промышленного производства на материальной базе ПИНРО, ООО "НТЦ Экобиотек-Мурманск" и ООО "Биомарин".

Было реализовано два способа получения ферментного препарата: первый из них представлял очистку белков гепатопанкреаса от липидов и липидорастворимых соединений промывкой ацетоном и бутанолом, а второй заключался в выделении фракции активных протеолитических ферментов с помощью ультрафильтрации [9; 10] и обезжиривания хитозаном [11].

В производстве ферментативного белкового гидролизата оказалось достаточным использование неочищенного препарата, полученного по способу Сахарова [11] и даже необработанного гепатопанкреаса краба.

Предлагалось использование ферментных препаратов из гепатопанкреаса краба в следующих направлениях:

- получение белковых ферментативных гидролизатов;
- улучшение потребительских свойств пищевых продуктов;
- применение в медицине и косметологии.

При совершенствовании технологии получения ферментативных белковых гидролизатов были определены оптимальные условия гидролиза сырья [12], способы обезжиривания [13–15], очистки и высушивания.

Исследованы ферментативные белковые гидролизаты из различных источников морского происхождения: мускула исландского гребешка [12], тканей ракообразных [16; 17], малоценных видов рыб.

При разработке технологии специалисты ПИНРО сотрудничали в 2000–2002 г. с ООО "Рыбная гавань" (А. А. Макин). Были разработаны технологии ферментативных белковых гидролизатов разного назначения: для микробиологических сред [19], для добавок в корма птице и молоди рыб, для зондового питания пациентов, проходящих послеоперационную реабилитацию. Проведены испытания гидролизата в составе питательных сред для микробиологии [19], кормовых добавок на птицефабрике "Снежная" [20], при выращивании молоди семги [3], в Мурманском онкологическом центре для питания больных [21].

Позднее инициатива организации промышленного выпуска ферментативных белковых гидролизатов перешла к ООО "Экобиотек-Мурманск" и его преемнику ООО "Биомарин" (руководитель Ю. Б. Рипак). В настоящее время с целью расширения ассортимента проводится исследования по гидролизу различного сырья из морских гидробионтов и отходов их промпереработки – работы по получению коллагена и гидролизата коллагена из кожи рыб и тканей морских беспозвоночных.

Совместно с ПИНРО и МГТУ продолжаются исследования по совершенствованию ферментативного гидролиза белков гидробионтов [22–24], поиску новых ферментных препаратов из морских организмов [8; 25], изучению пригодности гидролизатов для использования в микробиологических средах [26].

Библиографический список

1. Орлова, Т. А. Технология получения продуктов и биологически активных веществ из морских гидробионтов / Т. А. Орлова, В. С. Зензеров. – Апатиты : КНЦ РАН, 2004. – 277 с.
2. Мухин, В. А. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2001. – 97 с.
3. Мухин, В. А. Протеолиз и протеолитические ферменты в тканях морских беспозвоночных / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2002. – 118 с.

4. Eisen A. Z. A collagenolytic protease from the hepatopancreas of the fiddler crab, *Uca pugzlator*. Purification and properties / A. Z. Eisen, K. O. Henderson, J. J. Jeffrey, R. A. Bradshaw // Biochemistry. – 1973. – Vol. 12, No. 9. – P. 1814–1822.

5. Сахаров И. Ю. Выделение и исследование ферментов из морских организмов и некоторые аспекты их применения : автореф. дис.... д-ра хим. наук. – М., 1992. – 47 с.

6. Мухин, В. А. Выделение, очистка и характеристика комплекса протеиназ из гепатопанкреаса камчатского краба *Paralithodes camtschaica* / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков // Тез. докл. 10-й научн.-техн. конф. профес.-препод. состава МГТУ. – Мурманск: МГТУ, 1999. – Т. 125. – С. 249–253.

7. Mishchenko, E. S. Comparative characteristic of hydrolytic enzymes of the Barents Sea introduced crabs *Chionoecetes opilio* and *Paralithodes camtschaticus* / E. S. Mishchenko, K. S. Rysakova, I. I. Lyzhov // В сборнике: Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Сборник научных статей I Международной школы-семинара для молодых ученых. – 2010. – С. 68–70.

8. Использование гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в получении белковых гидролизатов из отходов переработки трески / И. И. Лыжов, К. С. Рысакова, В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, А. Ю. Широнина // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Материалы XXVIII Международной конференции 5–8 октября 2009 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2009. – С. 337–340.

9. Рысакова, К. С. Изучение фракционного состава ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* методом ультрафильтрации / К. С. Рысакова, В. Ю. Новиков // Материалы международной научно-технической конференции "Наука и образование – 2008", Мурманск, МГТУ, 2–10 апреля 2008 г. – Мурманск: МГТУ, 2008. – С. 637–640.

10. Рысакова, К. С. Очистка ферментного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* методом ультрафильтрации / К. С. Рысакова, В. Ю. Новиков // Техника и технология переработки гидробионтов и сельскохозяйственного сырья, посвященная памяти профессора Н. Н. Рулева: Материалы Международной научно-практической конференции (Мурманск, 24–25 апреля 2008 г.). – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. – С. 49–52.

11. Артюков, А. А. Способ получения коллагеназы / А. А. Артюков, И. Ю. Сахаров // Патент RU 2039819, МПК С 12 N 9/48, 9/46. Заявл. 29.03.1990; № 4806987/13; Оpubл. 20.07.1995.

12. Мухин, В. А. Ферментативный белковый гидролизат из отходов промысла исландского гребешка *Chlamys islandica* / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, Л. С. Рыжикова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 338–343.

13. Новиков, В. Ю. Использование растворов хитозана для обезжиривания и осветления белковых гидролизатов / В. Ю. Новиков, В. А. Мухин // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37, № 6. – С. 733–738.

14. Новиков, В. Ю. Способ осветления и обезжиривания растворов белковых ферментативных гидролизатов / В. Ю. Новиков, В. А. Мухин // Патент RU 2193330 RU, МКП7 А 23 J 3/30. Заявл. 19.05.2000; № 2000112593/13; Оpubл. 27.11.2002. – 5 с.

15. Коновалова, И. Н. Исследование растворов хитозана для извлечения веществ липидной природы из водных дисперсий / И. Н. Коновалова, В. Ю. Новиков, Н. В. Степанова, К. В. Реут // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т. 77, № 2. – С. 259–264.

16. Мухин, В. А. Ферментативный гидролиз белков ракообразных Баренцева моря / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37, № 5. – С. 633–638.

17. Новиков, В. Ю. Комплексная переработка панциря ракообразных / В. Ю. Новиков, В. А. Мухин, Л. П. Харзова // Журнал прикладной химии. – 2000. – Т. 73, № 9. – С. 1533–1537.

18. Новиков, В. Ю. Способ получения ферментативных белковых гидролизатов из гидробионтов для микробиологических и/или кормовых целей / В. Ю. Новиков, В. А. Мухин, А. А. Макин // Патент RU 2215425 RU, МКП7 А 23 J 1/4, 3/30, 3/34. Заявл. 04.06.2001; № 2001115122/13; Оpubл. 10.11.2003. – 7 с.

19. Шмыгалева, Т. П. Использование новых белковых основ в питательных средах для *Candida albicans* / Т. П. Шмыгалева, О. Б. Горобец, Л. П. Блинова, В. А. Мухин, В. Ю. Новиков // Успехи медицинской микологии. – 2004. – № 4. – С. 268–269.

20. Новиков, В. Ю. Перспективы получения кормовых белковых продуктов из отходов промысла и переработки гидробионтов Баренцева моря / В. Ю. Новиков, В. А. Мухин // Прибрежное рыболовство – XXI век: Тез.

докл. Международной научно-практической конференции, 19–21 сентября 2001 г. – Южно-Сахалинск, Сахалинское областное книжное изд-во, 2001. – С. 176–177.

21. Мухин, В. А. Разработка стратегии получения ферментативных белковых гидролизатов из тканей морских гидробионтов: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.23; 03.00.04 / Мухин Вячеслав Анатольевич. – Москва, 2003.

22. Кучина, Ю. А. Кинетика ферментативного гидролиза сложных белковых систем / Ю. А. Кучина, А. Ю. Широнина, И. Н. Коновалова, В. Ю. Новиков, С. Р. Деркач // Наука и образование 2011 : Материалы межд. науч.-техн. конф., Мурманск, 4–8 апреля 2011. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2011. – С. 351-357.

23. Новиков, В. Ю. Кинетические закономерности ферментативного гидролиза белков тканей гидробионтов: эффект способа внесения фермента / В. Ю. Новиков, С. Р. Деркач, А. Ю. Широнина, В. А. Мухин // Вестник МГТУ. – 2015. – Vol. 18, No. 1. – P. 100–109.

24. Novikov, V. Yu. Kinetics of enzymatic reactions in the production of fish protein hydrolysates / V. Yu. Novikov, S. R. Derkach, Yu. A. Kuchina, A. Yu. Shironina, V. A. Mukhin // Journal of Dispersion Science and Technology. – 2018. – 8 p.

25. Мищенко, Е. С. Эффективность различных ферментных препаратов при получении ферментативных белковых гидролизатов / Е. С. Мищенко, В. Ю. Новиков, В. А. Мухин // V Российский симпозиум "Белки и пептиды" : Тезисы докладов. 8–12 августа 2011 г., Петрозаводск. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2011. – С. 403.

26. Узбекова, О. Р. Оценка пригодности гидролизатов из отходов филетирования трески *Gadus morhua* для роста микроорганизмов *Salmonella* sp. и *Escherichia* sp. / О. Р. Узбекова, В. А. Мухин, В. Ю. Новиков // Научная неделя молодых ученых и специалистов в области биологических наук-2017 : Материалы Международной конференции. 20–25 ноября 2017 г. Петрозаводск, Карелия, Россия. – Петрозаводск, 2017. – С. 532–539.

Анализ пролина и 4-гидроксипролина в коллагенсодержащем сырье животного происхождения методами ВЭЖХ и масс-спектрометрии

Барышников А. В., Новиков В. Ю., Мухин В. А. (г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича"(ПИНРО))

Аннотация. Разработана методика анализа пролина и 4-гидроксипролина в белках соединительной ткани животного происхождения с применением хромато-масс-спектрометрии (HPLC-MS APCI). Показана возможность количественного анализа пролина и 4-гидроксипролина в коллагенсодержащем сырье, мышечной ткани некоторых видов рыб Баренцева и Карского морей.

Abstract. The technique of the analysis of proline and 4-hydroxyproline in proteins of connecting tissue of animal origin with application of HPLC and mass spectrometry (HPLC-MS APCI) was developed. The possibility of the quantitative analysis of proline and 4-hydroxyproline in collagen containing raw materials, muscular tissue of some species of fish of the Barents and Kara seas was shown.

Ключевые слова: коллаген, эластин, соединительная ткань, высокоэффективная жидкостная хроматография, масс-спектрометрия.

Key words: collagen, elastin, connecting tissue, high performance liquid chromatography, mass spectrometry.

Введение

Гетероциклическая аминокислота пролин (пирролидин- α -карбоновая кислота), и её производное 4-гидроксипролин (4-гидрокси-пирролидин- α -карбоновая кислота), отличающаяся наличием гидроксильной группы, являются протеиногенными и в значительных количествах, относительно других аминокислот, присутствуют в коллагене – основном белке соединительной ткани. Анализ пролина и 4-гидроксипролина имеет важное значение в диагностике заболеваний, связанных с патологией коллагена – белка, который выполняет опорные, защитные и другие функции в организме. 4-гидроксипролин встречается только в коллагене и элластине, и по его количеству можно оценивать содержание этих белков.

Существует много методов анализа аминокислот в виде производных: например, реакция с ортофталевым альдегидом и меркаптоэтанолом и получением флюоресцирующих производных [1] или нингидриновая реакция [2], применяемая в аминокислотных анализаторах. Обычно эти методы достаточно трудоемки и продолжительны по времени, в случае пролина и 4-гидроксипролина имеют трудности методического характера: так как в реакции с ортофталевым альдегидом участвуют только первичные аминокислоты.

Для анализа пролина и 4-гидроксипролина, не являющимися первичными, предполагается использовать другие дополнительные дериватизационные агенты, например, флюоренилметилхлороформат (FMOС-Cl) [3], что усложняет проведение анализа.

Методы анализа без дериватизации с применением хромато-масс-спектрометрии более просты, менее продолжительные и применяется часто для анализа свободных аминокислот [4]. В данной работе показана возможность использования хромато-масс-спектрометрии для анализа пролина и 4-гидроксипролина в предварительно гидролизованных белках.

Объекты и методы исследований

Объектами для апробации методики анализа являлись мышечная ткань некоторых рыб: остроносый триглопс *Triglops pingeli* (выловлен в Баренцевом море в районе мыса Желания в октябре 2016 г); чёшско-печорская сельдь *Clupea pallasii suworowi*, азиатская корюшка *Osmerus mordax dentex* и навага *Eleginus nawaga* (выловлены в Карском море в октябре 2017 г); менек *Brosme brosme* и сайда *Pollachius virens* (Баренцевом море, Кильдинская банка в мае-июне 2017 г); пинагор *Cyclopterus lumpus*, (Баренцевом море, Восточный Прибрежный район, в весенний период 2017 г). Анализировали также образцы коллагена из сухожилий крупного рогатого скота и желатина холодноводных рыб фирма SIGMA и образец высушенного и обезжиренного белка куриного яйца – для проверки соответствия результатов эксперимента литературным данным.

Для градуировки использовали стандартные образцы L-пролина (Pro) и L-4-гидроксипролина (Hyp) фирмы Fluka с содержанием основного вещества 99 %, которые растворяли в 0,05 моль/дм³ уксусной кислот. Градуировку осуществляли по площади пика сигнала детектора на заданной m/z (масса/заряд) и контролем времени удерживания.

Анализ пролина и 4-гидроксипролина в образцах выполняли после проведения кислотного гидролиза по классической методике [2]. Для этого среднюю пробу мышечной ткани рыбы массой примерно 2-3 г помещали в фарфоровую чашку и высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Высушенную массу измельчали в фарфоровой ступке и помещали в двойной пакет из фильтровальной бумаги, затем удаляли липиды диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета. Образцы коллагена и желатина предварительно не высушивали и не обезжиривали – гидролизу подвергали в исходном виде.

Образцы далее измельчали с помощью шаровой мельницы, затем отбирали среднюю пробу массой от 7 до 10 мг с точностью 0,01 мг и помещали в стеклянную ампулу. К пробе добавляли 2 см³ раствора 6 моль/дм³ HCl, ампулу запаивали. Гидролиз проводили в течение 24 ч при температуре 110 °С. Гидролизат из ампулы количественно переносили в мерную колбу (50 см³) и разбавляли дистиллированной водой. Соляную кислоту из 5 см³ этого раствора отгоняли на вакуумном испарителе. Остаток от испарения растворяли в 5 мл 0,05 моль/дм³ уксусной кислоты. После перемешивания полученный раствор фильтровали через фторопластовый фильтр (Владипор) с диаметром пор 0,2 мкм, затем 10 мм³ фильтрата вводили в хроматографическую систему с помощью автосамплера.

Количественное содержание аминокислот определяли с помощью хромато-масс-спектрометра LCMS-QP8000a (Shimadzu, Япония) с использованием обращенно-фазной ВЭЖХ на колонке Supelkosil LC-18 (25 см x 4 мм) с диаметром частиц 5 мкм. Для ионизации применяли модуль ионизации APСI (химическая ионизация при атмосферном давлении) в режиме положительной ионизации. Детектирование осуществляли по параметру m/z в режиме SIM (m/z = 116,1; 132,1). В качестве элюента использовали смесь воды и ацетонитрила с добавлением муравьиной кислоты (C = 0,01 моль/дм³). Разделение проводили в градиентном потоке элюента со скоростью 0,75 см³/мин с изменением объемной доли ацетонитрила от 10 до 90 % в течение 18 минут.

Для каждой аминокислоты определяли площадь пика, затем с использованием градуировочного графика определяли содержание пролина и гидроксипролина в образцах. Для расчета содержания аминокислот в образцах рыб в том числе в пересчете на белок предварительно определяли массовые доли воды, липидов и белка стандартными методами.

Результаты исследований

Для определения параметра детектирования с помощью масс-спектрометра (APСI в режиме положительной ионизации) были получены масс-спектры пролина и 4-гидроксипролина, показанные на рис. 1.

На масс-спектрах наблюдаются два характерных пика, соответствующие протонированному иону аминокислоты и иону, получающемуся в результате декарбоксилирования в процессе ионизации при высокой температуре. Для количественного анализа пролина и 4-гидроксипролина целесообразно проводить детектирование по параметрам m/z = 116,1 и m/z = 132,1.

По результатам измерений для стандартных образцов пролина и 4-гидроксипролина строили градуировочные графики, которые использовали затем для количественного анализа (рис. 2).

Для масс аминокислот в объеме ввода в хроматографическую систему: пролин – до 350 нг, гидроксипролин – до 450 нг наблюдается линейная зависимость с коэффициентом корреляции 0,99.

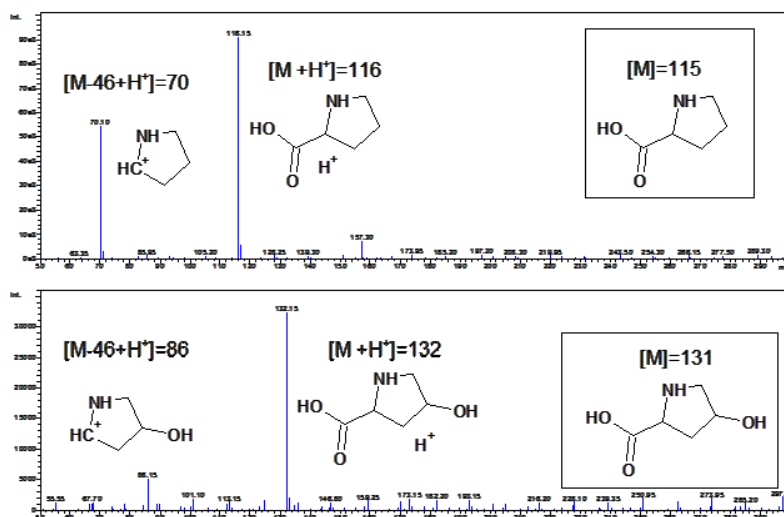


Рисунок 1 – Масс-спектры L-пролина и L-4-гидроксипролина (MS APCI, положительная ионизация)

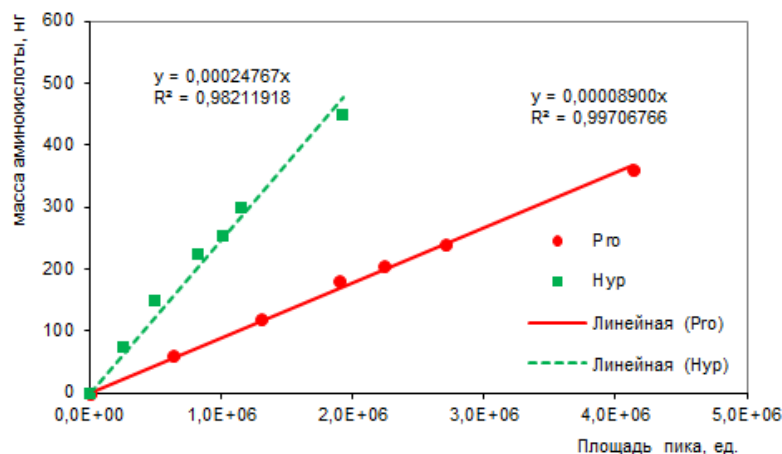


Рисунок 2 – Градуировочные графики для пролина и 4-гидроксипролина (MS APCI, положительная ионизация)

Пример хроматограмм, полученных в результате анализа желатина, показан на рис. 3, аналогичные хроматограммы получены и для других объектов исследования.

Посредством ВЭЖХ в условиях проведения эксперимента пролин и 4-гидроксипролин разделяются плохо и имеют близкие времена удерживания (6,00 и 5,24 минут соответственно), но имеют разную молекулярную массу

образующихся при ионизации ионов, что позволяет выполнить интегрирование пиков по отдельности. Не мешает анализу пролина и присутствие в образцах таких аминокислот как лейцин и изолейцин, имеющих близкую по значению молекулярную массу, так как их время удерживания значительно отличается от такового у 4-гидроксипролина и равно примерно 12–13 минутам.

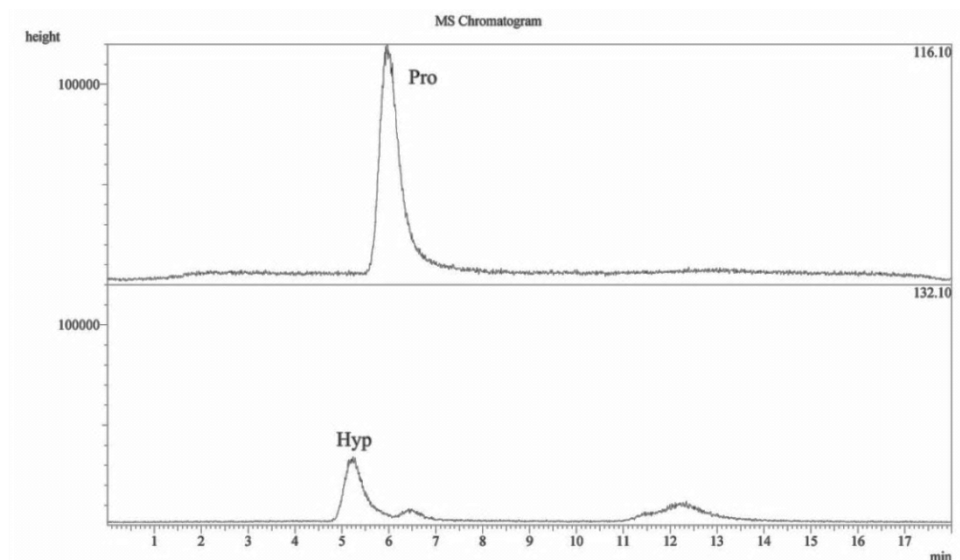


Рисунок 3 – Хроматограммы образца желатина из кожи холодноводных рыб (MS APCI, положительная ионизация)

Результаты анализа пролина и 4-гидроксипролина в исследуемых образцах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание пролина и 4-гидроксипролина в исследуемых образцах

Объект	Пролин		4-гидроксипролин	
	содержание, мг/100 г	массовая доля в белке, %	содержание, мг/100 г	массовая доля в белке, %
Куриный белок	3205,2	3,89	157,2	0,19
Желатин рыбный SIGMA	13961,3	13,96	10415,3	10,42
Коллаген бычий SIGMA	9309,6	9,31	7808,5	7,81
Остроносый триглопс	670,1	3,33	45,2	0,22
Сайда	699,1	3,97	56,3	0,32
Пинагор	339,1	4,58	75,5	1,02
Менёк	818,1	3,54	65,3	0,28
Сельдь чёско-печорская	537,4	3,22	25,6	0,15
Навага	663,6	3,44	65,3	0,34
Корюшка азиатская	704,1	3,71	55,2	0,29

Содержание пролина и 4-гидроксипролина в сухом курином белке согласно справочнику [5]: 3059 мг/100 г и 100 мг/100 г соответственно. Массовые доли пролина и 4-гидроксипролина относительно белка в образцах

коллагена и желатина согласно литературным данным [6] находятся в пределах 14–15 %. Значения определенные экспериментально близки к литературным данным.

Содержание пролина в белках мышечной ткани рыб мало отличается и находится в пределах от 3,22 (сельдь чёшско-печорская) до 4,58 % (пинагор). Содержание 4-гидроксипролина в мышечной ткани рыб ожидаемо мало и составило менее 1 %, что свидетельствует о малой доли соединительной ткани и, соответственно, коллагена. Наибольшее количество 4-гидроксипролина было обнаружено в мышцах пинагора.

Выводы

Разработана методика количественного анализа пролина и 4-гидроксипролина в образцах животного происхождения для оценки аминокислотного состава коллагеноподобных белков соединительной ткани с применением кислотного гидролиза и хромато-масс-спектрометрии. Показана применимость методики для количественного определения содержания пролина и 4-гидроксипролина в белках мышечной ткани некоторых видов рыб Баренцева и Карского морей.

Библиографический список

1. Roth, M. Fluorescence reaction for amino acids / M. Roth // Anal. Chem. – 1971. – Vol. 43. – P. 880–882.
2. Moore, S. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment / S. Moore, W. H. Stein // Methods Enzymol. – 1963. – Vol. 6. – P. 819–831.
3. Einarsson, S. B. Determination of amino acids with 9-fluorenylmethyl chloroformate and reversed-phase high-performance liquid chromatography / S. B. Einarsson, B. Josefsson, S. Lagerkvist // J. Chromatogr. – 1983. – Vol. 282. – P. 609–618.
4. Sureyya, O. Improved and simplified liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry method for the analysis of underivatized free amino acids in various foods / O. Sureyya, Z. S. Hamide // J. Chromatogr. A. – 2006. – Vol. 1135, Iss. 2. – P. 179–185.
5. Химический состав пищевых продуктов : справочник. Кн. 2 / под. ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 360 с.
6. Tristram, G. R. The amino acid composition of proteins / G. R. Tristram // In The proteins: chemistry, biological activity, and methods. Vol. 1 / Eds by H. Neurath, K. C. Bailey. – Academic Press, 1953. – P. 181–233.

Определение молярной рефракции молекул-изомеров

Гладченко Д. В.¹, Долгопятова Н. В.¹, Путинцев Н. М.¹, Путинцев Д. Н.²
(¹г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра химии, ²г. Москва, Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН)

Аннотация. Рассчитаны значения молярной рефракции и электронной поляризуемости некоторых молекул-изомеров в жидком состоянии при 20°C. Относительная погрешность предложенного метода является вполне пригодной для прогнозирования рефракции молекулярных систем и оценки строения молекул.

Ключевые слова: молярная рефракция вещества, метод аддитивности, показатель преломления, строение молекулы.

В работах по теории поляризации молекулярных систем [1-4] показано, что молекулярная рефракция вещества должна определяться из выражения

$$R_M = (n_v^2 - 1) \frac{M}{\rho} = \frac{N_A}{\varepsilon_0} \alpha_{эл}, \quad (1)$$

где R_M – молекулярная рефракция исследуемого вещества, n_v – абсолютный показатель преломления вещества на частоте ν , $\alpha_{эл}$ – среднее значение электронной поляризуемости молекулы данного вещества, ρ – плотность вещества, $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹), M – молярная масса, $\varepsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Рефрактометрия в основном используется как дополнительное исследование к спектроскопическим методам определения структуры молекул [5]. При этом предполагается, что молекулярная рефракция может быть представлена в виде суммы молекулярных рефракций химических связей $R_{Mi}(X - Y)$ или в виде суммы молекулярных рефракций атомов, образующих молекулу. При этом в справочной литературе вклады в молекулярную рефракцию вещества определены из формулы Лорентц-Лоренца и табулированы [6].

В настоящей работе разрабатывается рефрактометрический метод аддитивности, базирующийся на определении молекулярных рефракций химических связей, а значения молекулярной рефракции R_M определяются для желтой линии натрия (589.26 нм) из соотношения (1). При этом расчет значений R_M ведется при постоянной для всех веществ температуре (20°C) и учитывается гибридизация атомов углерода, входящих в молекулу. Этот прием

позволяет частично учесть ближнее окружение атомов, образующих исследуемую связь и энергетическое состояние молекул [5], что, в конечном итоге, позволяет избавиться от "экзальтаций".

Из формулы (1) следует, что для нахождения молекулярных рефракций химических связей необходимо иметь данные о значениях абсолютного показателя преломления и молярном объеме ($V_0 = M/\rho$) и знать структурные формулы, использующихся для этих целей молекул. Далее предполагается, что молекулярные рефракции химических связей остаются неизменными при переходе к другим молекулам и, что молекулярная рефракция исследуемых в данном методе веществ равна алгебраической сумме молекулярных рефракций химических связей, входящих в молекулы

$$R_M = \sum_i^n R_{M\text{ св}}(X - Y). \quad (2)$$

Естественно, что строгой аддитивностью данный метод не обладает, так как он не учитывает все "ближнее" окружение данной связи. Однако простота метода и высокая точность определения значений n_v и V_0 позволяют определять значения молекулярной рефракции вещества R_M и среднее значение электронной поляризуемости молекул, а разрабатываемый нами метод аддитивности молекулярной рефракции по связям в теоретическом смысле оказывается предпочтительнее других методов аддитивности.

Значения R_M^{20} химических связей приведены в работе [7] (табл. 1).

Таблица 1 – Значения молярных рефракций некоторых химических связей

Связь	R_M (связи), $10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$	Связь	R_M (связи), $10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$
$x_0 = R_M^{20}(\text{O} - \text{H})$	7.005	$x_7 = R_M(\text{C}_{\text{sp}^3} - \text{C}_{\text{sp}^2})$	9.364
$x_1 = R_M^{20}(\text{C}_{\text{sp}^3} - \text{H})$	5.627	$x_8 = R_M(\text{C}_{\text{ar}} - \text{C}_{\text{ar}})$	18.160
$x_2 = R_M^{20}(\text{C}_{\text{sp}^3} - \text{O})$	7.166	$x_9 = R_M(\text{C}_{\text{ar}} - \text{H})$	0.404
$x_3 = R_M^{20}(\text{C}_{\text{sp}^3} - \text{C}_{\text{sp}^3})$	7.516	$x_{13} = R_M(\text{C}_{\text{sp}} - \text{C}_{\text{sp}^3})$	7.148
$x_4 = R_M(\text{C}_{\text{sp}^2} - \text{O})$	8.021	$x_{15} = R_M(\text{C}_{\text{sp}} \equiv \text{C}_{\text{sp}})$	27.371
$x_5 = R_M(\text{C}_{\text{sp}^2} = \text{O})$	9.583	$x_{16} = R_M(\text{C}_{\text{sp}^2} = \text{C}_{\text{sp}^2})$	9.122
$x_6 = R_M(\text{C}_{\text{sp}^2} - \text{H})$	8.142	$x_{17} = R_M^{20}(\text{C}_{\text{ar}} - \text{N}_{\text{ar}})$	14.184

В табл. 2–4 рассчитаны значения молярных рефракций и электронной поляризуемости молекул-изомеров с химическими формулами $C_4H_8O_2$, $C_3H_8O_2$ и $C_5H_8O_2$.

Таблица 2 – Значения показателя преломления, плотности ρ , молярной рефракции, электронной поляризуемости, диэлектрической проницаемости и температуры плавления изомеров

Молекула, $C_4H_8O_2$, $M = 88.106 \times 10^{-3}$ кг/моль	n_D^{20}	d , кг/м ³	R_M , (10^{-6} м ³ /моль)	α_D^{20} , (10^{-42} Кл м ² /В)	ϵ_S^{20}	$t_{пл}$ (0 °C)
Масляная кислота [8], [9] [10]	1.39800; 1.39906; 1.3980	958.20; 958.7; 957.7	87.757; 87.984; 87.803	1290.297; 1293.630; 1290.970	2.97	–5.20
1,3-диоксан [8], [10]	1.41650; 1.4165	1034.20; 1034	85.744; 85.760	1260.697; 1260.941	–	–42.00
1,4-диоксан [8] [9]	1.42281; 1.42241	1033.61; 1033.75	87.320; 87.211	1283.871; 1282.271	2.218	11.80
Этилацетат, [8]; [10]	1.37239; 1.3723	900.63; 900	86.426; 86.462	1270.724; 1271.258	6.09	–88.55
Изомасляная кислота [8]	1.3930	950.4	87.184	1281.865	–	–47.0
Метилпропионат [8]	1.37750	915.00	86.422	1270.662	6.206	–87.50
Пропилформиат, [8]	1.37693	905.50;	87.175	1281.747	$\epsilon_S^{19} = 7.72$	–92.90
$\Delta\alpha_{el}^{20} = \alpha_{el\ max}^{20} - \alpha_{el\ min}^{20} = 30.273 \times 10^{-42}$ Кл м ² /В						

Таблица 3 – Значения показателя преломления, плотности ρ , молярной рефракции, электронной поляризуемости, диэлектрической проницаемости и температуры плавления изомеров

Молекула, $C_3H_8O_2$, $M = 76.095 \times 10^{-3}$ кг/моль	n_D^{20}	d , кг/м ³	R_M , (10^{-6} м ³ /моль)	α_D^{20} , (10^{-42} Кл м ² /В)	ϵ_S^{20}	$t_{пл}$ (0 °C)
Диметоксиметан [9]	1.3534	856.0	73.934	1087.058	2.645	–5.20
2-метоксиэтанол, [9]; [8]	1.40238; 1.40210	966.0; 964.59	76.148; 76.197	1119.606; 1120.332	– 16.93	– –85.100
1,2-пропандиол [8], [11]	1.43290; 1.4328	1036.20 1036.4	77.344; 77.304	1137.188; 1136.615	30	–60
1,3-пропандиол, [8]	1.43960	1053.80	77.442	1138.629	35	–27.700
$\Delta\alpha_{el}^{20} = \alpha_{el\ max}^{20} - \alpha_{el\ min}^{20} = 30.273 \times 10^{-42}$ Кл м ² /В						

Таблица 4 – Значения показателя преломления, плотности ρ , молярной рефракции, электронной поляризуемости, диэлектрической проницаемости и температуры плавления изомеров

Молекула, $C_5H_8O_2$, $M = 100.117 \times 10^{-3} \text{ кг/моль}$	n_D^{20}	d , кг/м^3	R_M , $(10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль})$	α_D^{20} , $(10^{-42} \text{ Кл м}^2/\text{В})$	ε_S^{20}	$t_{\text{пл}}$ (0°C)
Аллиловый эфир уксусной кислоты [9]	1.40448	928	100.879	1483.234	–	–
Этилакрилат [9]; [8]	1.405; 1.40600	924; 924.34	105.537; 105.803	1551.722; 1555.628	– $\varepsilon_S^{28} = 5.85$	– –71.20
Метилметакрилат [8]	1.41460	943.31	106.25	1562.198	6.16	–48.20
Тетрагидрофурфурол, [9]	1.43658	1072.7	99.283	1459.762	35	–27.700
$\Delta\alpha_{\text{el}}^{20} = \alpha_{\text{el max}}^{20} - \alpha_{\text{el min}}^{20} = 30.273 \times 10^{-42} \text{ Кл м}^2/\text{В}$						

Таблица 5 – Значения молярной рефракции и электронной поляризуемости молекул-изомеров

Молекула, C_3H_6O	$R_M, (10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль})$		$\Delta R_M (\text{max}) = \langle R_M \rangle - R_{Mi},$ $(10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль})$	$\langle \alpha_{\text{эл}}^{20} \rangle,$ $(10^{-42} \text{ Кл м}^2/\text{В})$	$\varepsilon, \%$
	$\langle R_M \rangle$	$R_M^{\text{теор}}$			
Ацетон	62.175	62.073	0.110	914.164	0.18
Пропен-1-ол (аллиловый спирт)	67.842	68.337	0.059	997.489	0.09
Молекула, $C_2H_4O_2$					
Метилформиат	49.609	49.793	0.055	729.407	0.11
Уксусная кислота	50.464	50.854	0.015	741.975	0.03
Молекула $C_3H_6O_2$					
Ацетол	71.495	70.617	0.079	1051.196	0.11
Этилформиат	68.414	68.563	0.370	1005.894	0.54
Метилацетат	67.416	67.896	-0.258	991.225	0.38
Пропионовая кислота	68.877	69.624	-0.191	1012.696	0.28

Выводы

Теоретические значения молярной рефракции R_M в случае изомеров C_3H_6O , $C_2H_4O_2$ и $C_3H_6O_2$ (табл. 5) существенно ближе к своим экспериментальным величинам, что подтверждает возможность прогнозирования структурных свойств молекул. Например, теоретическое значение R_M ацетона ($62.073 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$) отличается от экспериментальных значений (62.175 и $67.842 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$) на $-0.102 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ (ацетон) и на $-5.769 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ (аллиловый спирт). В случае ацетол ($R_M^{\text{теор}} = 70.617 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$) разность между "своими" значениями R_M ($-0.878 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$) также существенно меньше, чем $\Delta R_M = R_M^{\text{теор}}(\text{ацетол}) - R_{Mi}^{\text{экс}}$ у этилформиата, метилацетата и пропионовой кислоты.

Библиографический список

1. Путинцев, Н. М. Классическая теория поляризации молекулярных систем / Н. М. Путинцев, Д. Н. Путинцев. – М. : Физматлит, 2011. – 176 с.
2. Путинцев, Н. М. О молярной поляризации и рефракции вещества / Н. М. Путинцев, Д. Н. Путинцев // Журнал физической химии. – 2006. 80. – 2188–2191.
3. Putintsev, N. M. A method for calculating the molecular refraction of binary solvent mixtures / N. M. Putintsev, N. V. Dolgopyatova, D. V. Gladchenko, D. N. Putintsev // J. Chem. Phys. A. – 2016. – Vol. 90. – № 2. – P. 507–510.
4. Putintsev, N. M. Calculating the Polarizability and Dielectric Permittivity of Liquid Helium / N. M. Putintsev, D. N. Putintsev // Russian J. Chem. Phys. A. – 2014. – Vol. 88. – № 4. – P. 562–565.
5. Иоффе, Б. В. Рефрактометрические методы химии / Б. В. Иоффе. – 2-е изд. испр., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1974. – 400 с.
6. Справочник химика: общие сведения : в 6 т. Т 1. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника. – Л. : Химия, 1971.
7. Гладченко, Д. В. Определение молекулярных рефракций углерод-углеродных химических связей / Д. В. Гладченко, Н. М. Путинцев, Н. В. Долгопятова, Д. Н. Путинцев // Успехи современного естествознания. 2018. – № 3. – С. 7–12.
8. Ахадов, Я. Ю. Диэлектрические параметры чистых жидкостей : Справочник химика: общие сведения : в 6 т. / Я. Ю. Ахадов. Т. 1. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника / Б. П. Никольский [и др.]. – 3-е изд., испр. – Л. : Химия, 1971. – 1070 с.
9. Справочник химика: общие сведения : в 6 т. Т 4. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника / под ред. Б. П. Никольского и др., 2-е изд. испр. – Л. : Химия, 1967.
10. Гордон, А. Спутник химика / А. Гордон, Р. Форд. – М. : Мир, 1976. – 541 с.
11. Прельман В. И. Краткий справочник химика, 7-е изд. М.- Л. : Химия, 1964. – 620 с.
12. Гороновский И. Т., Назаренко Ю. П., Некрич Е. Ф. Краткий справочник по химии / под общей ред. О. Д. Куриленко. – 3-е изд. испр. и доп., – Киев : Наукова Думка, 1965.
13. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. Ф. Ф. Равделя и А. М. Пономаревой, 8-е изд., перераб. – Л. : Химия, 1983.

Реологические свойства обратных водонефтяных эмульсий, стабилизированных природными ПАВ

Колотова Д. С., Деркач С. Р. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра химии)

Аннотация. Методом сдвиговой реологии в работе исследовано реологическое поведение обратных водонефтяных эмульсий на основе сырой нефти Северного моря, стабилизированных природными ПАВ, в широком диапазоне концентраций эмульсий и температур. Показано, что реологическое поведение водонефтяных эмульсий существенно зависит от содержания воды в образце и температуры.

Abstract. In this study, the rheological behavior of North Sea crude oil and water-in-crude oil emulsions stabilized by natural surfactants in a wide range of the emulsion concentrations and temperatures was studied by shear rheology method. It was shown that rheological behavior of water-in-crude oil emulsions depends significantly on the water content in emulsion and temperature.

Ключевые слова: сырая нефть, эмульсии вода-в-нефти, реология.

Key words: crude oil, water-in-oil emulsions, rheology.

Введение. Обратные водонефтяные эмульсии типа вода-в нефти образуются на этапах добычи и транспортировки нефти в результате перемешивания в трубопроводе смеси нефти и пластовой воды [1; 2]. Содержание воды в обратных водонефтяных эмульсиях может варьироваться от десятых долей до 90 % и более. В процессе смешивания на поверхности капель воды адсорбируются частицы эмульгатора и образуют тонкую пленку, которая способствует предотвращению коалесценции капель воды [3; 4]. Образование стабильных эмульсий вода-в-сырой нефти возможно за счет присутствия в нефти полярных соединений, таких как асфальтены и смолы, которые играют роль природных поверхностно-активных веществ (ПАВ) [5]. Кроме того, сырая нефть может содержать гидрофильные частицы, такие как диоксид кремния, глина, оксиды железа и т. д. Эти компоненты вызывают экстремальное сопротивление течению в арктических условиях из-за чрезвычайно высокой вязкости или сложного реологического поведения [6].

Вязкость эмульсии в первую очередь зависит от вязкости самой нефти, а также от температуры, при которой образуется эмульсия, содержания воды, размера капель, наличия механических примесей и значения pH водной фазы. Вязкость эмульсий резко возрастает, когда содержание воды превышает 20 %.

Вязкость достигает максимального значения при некоторой критической характеристике концентрации воды для каждого конкретного резервуара [4].

В нефтяной промышленности управление реологическими свойствами эмульсий типа "вода-в-сырой" очень важно для моделирования технологического оборудования и трубопроводов, а также оценки качества потока. Особенно важно исследование реологических свойств эмульсий вода-в-сырой нефти при низких температурах, что особенно актуально при работе с тяжелыми и сверхтяжелыми нефтями в районах Крайнего Севера. Этот регион подвержен целому ряду экологических рисков, в частности токсическим загрязнениям акватории морей, поскольку биodeградация таких загрязнений происходит чрезвычайно из-за холодных климатических условий.

Материалы и методы. В качестве масляной фазы в работе использовали сырую нефть Северного моря с плотностью 19 ° API. Содержание насыщенных углеводородов, ароматических соединений, смол и асфальтенов в образце нефти составляет 37,4; 44,1; 16,1 и 2,54 масс.% соответственно. В качестве водной фазы использовали дистиллированную воду.

Эмульсии вода-в-сырой нефти готовили путем диспергирования водной фазы в дисперсионной среде с использованием диспергатора Ultra-Turrax T25 Digital (IKA, Германия) со скоростью 8000 об/мин в течение 5 мин. Концентрация эмульсий составила 1, 5, 10, 20, 30 и 40 об. %.

Для получения микрофотографий свежеприготовленных образцов эмульсий использовали оптический микроскоп CX43 (Olympus, Япония) при 40-кратном увеличении.

Реологические свойства эмульсий вода-в-сырой нефти в интервале температур от 0 до 30 °C исследовали с использованием реометра Physica MCR 302 (Австрия) с измерительной ячейкой конус-плоскость. Кривые течения были получены в диапазоне скоростей сдвига от 0,01 до 100 с⁻¹. Амплитудные зависимости получены при постоянной частоте 1 Гц в диапазоне амплитуд от 0,01 до 100 %. Частотные зависимости были получены в режиме периодических гармонических осцилляций в области линейной вязкоупругости при значении амплитуды 0,1 %. Диапазон частот составлял от 0,1 до 100 с⁻¹.

Результаты. Наиболее важным свойством эмульсий является их дисперсность, так как она может оказывать влияние на стабильность эмульсий, а также их реологические свойства. На рис. 1 представлены микрофотографии эмульсий различной концентрации. Средний диаметр капель в образцах эмульсий вода-в-сырой нефти составляет приблизительно 4 мкм и не зависит

от содержания водной фазы в образце. В наших предыдущих работах [7; 8] была исследована стабильность эмульсий вода-в-сырой нефти. Было показано, что эмульсии со средним диаметром капель 3-4 мкм остаются стабильными в течение как минимум 96 часов без разделения фаз и коалесценции.

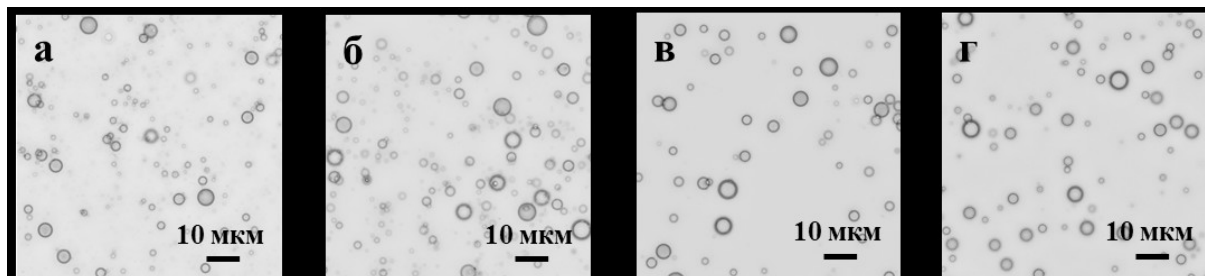


Рисунок 1 – Микрофотографии эмульсий вода-в-сырой нефти.
 Концентрация эмульсий (ϕ , об.%): а – 5, б – 10, в – 20, г – 30. Увеличение 40X

На рис. 2 представлены зависимости вязкости от скорости сдвига для образцов эмульсий с концентрацией 1–40 об.%, полученные в режиме увеличения скорости сдвига при наиболее низкой температуре (0 °C). Показано, что вязкость образцов эмульсии с концентрациями 1, 5 об.% практически не зависит от скорости сдвига даже в области низких сдвиговых деформаций (от 0.01 до 0.03 с⁻¹), т.е. эти эмульсии демонстрируют Ньютоновское поведение (рис. 2). Такое поведение характерно для тяжелой сырой нефти Северного моря, не содержащей воды. По мере увеличения содержания водной фазы, наблюдается отклонение от Ньютоновского поведения в области малых скоростей сдвига.

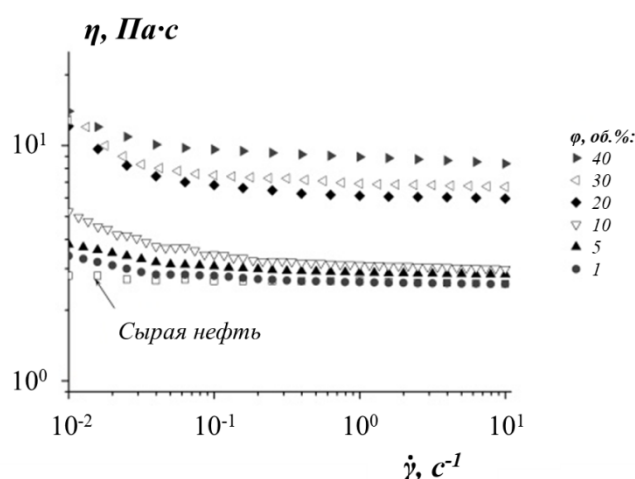


Рисунок 2 – Кривые вязкости эмульсий вода-в-сырой нефти. T = 0 °C (а).
 Концентрация эмульсий (ϕ) указана на рисунке

Кроме того, вязкость эмульсий возрастает с увеличением содержания воды по закону, близкому к экспоненциальному. При этом чем ниже температура, тем сильнее проявляется эта зависимость (рис. 3). Вязкость дисперсионной среды играет определяющую роль в значении вязкости эмульсий. Однако чем выше содержание водной фазы, диспергированной в сырой нефти, тем менее значительным оказывается влияние вязкости дисперсионной углеводородной среды на вязкость обратных эмульсий. При этом относительная вязкость зависит лишь от концентрации эмульсии и практически не зависит от температуры (рис. 3).

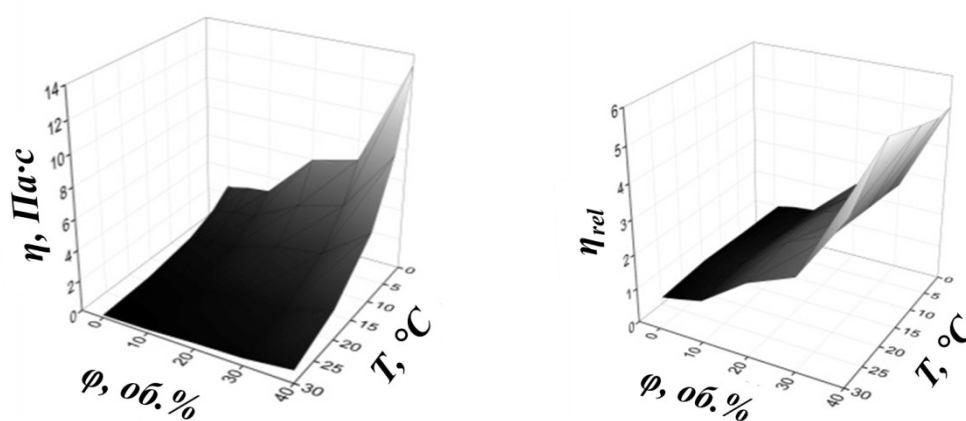


Рисунок 3 – Температурно-концентрационные зависимости вязкости (η) и относительной вязкости (η_{rel}) эмульсий вода-в-сырой нефти

Вязкоупругие свойства эмульсий представлены амплитудно-частотными зависимостями модуля модуляции динамического модуля (G') и модуля потерь (G''), где модуль сохранения G' определяется как:

$$G' = \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \cos \delta,$$

а модуль потерь G'' :

$$G'' = \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \sin \delta,$$

где G^* – комплексный модуль упругости, δ – угол механических потерь или угол сдвига фаз, γ_0 – амплитуда деформации и σ_0 – амплитуда напряжения.

Показано, что на амплитудных зависимостях вязкоупругих модулей эмульсий вода-в-сырой нефти существует область линейного вязкоупругого поведения (рис. 4). При этом чем выше концентрация эмульсии, тем уже область линейной вязкоупругости (где значения G' и G'' не зависят от прило-

женной деформации). Кроме того, модуль потерь существенно превышает модуль хранения во всем диапазоне амплитуд, что характерно для жидкообразного состояния материала.

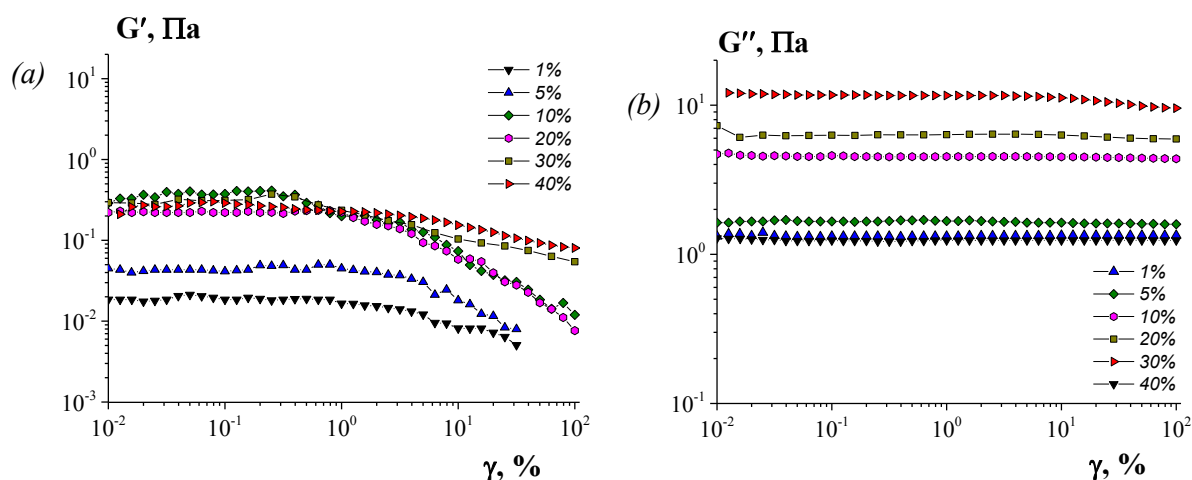


Рисунок 4 – Амплитудные зависимости модуля сохранения (G') и модуля потерь (G'') при 30°C и частоте $f = 1$ Гц. Концентрация эмульсий показан на рисунке

Частотные зависимости динамического модуля были получены при значении амплитуды, лежащем в области линейной вязкоупругости (рис. 5). Видно, что G'' значительно превышает G' во всем частотном диапазоне, что свидетельствует о том, что текучесть доминирует над эластичностью даже при низких температурах. Разница между G' и G'' больше увеличивается с ростом температуры от 0 до 30 °C. При этом, значение модуля накопления растет с увеличением концентрации эмульсии, что указывает на усиление твердообразных свойств. Однако пересечения вязкоупругих модулей не наблюдается в исследуемом частотном диапазоне.

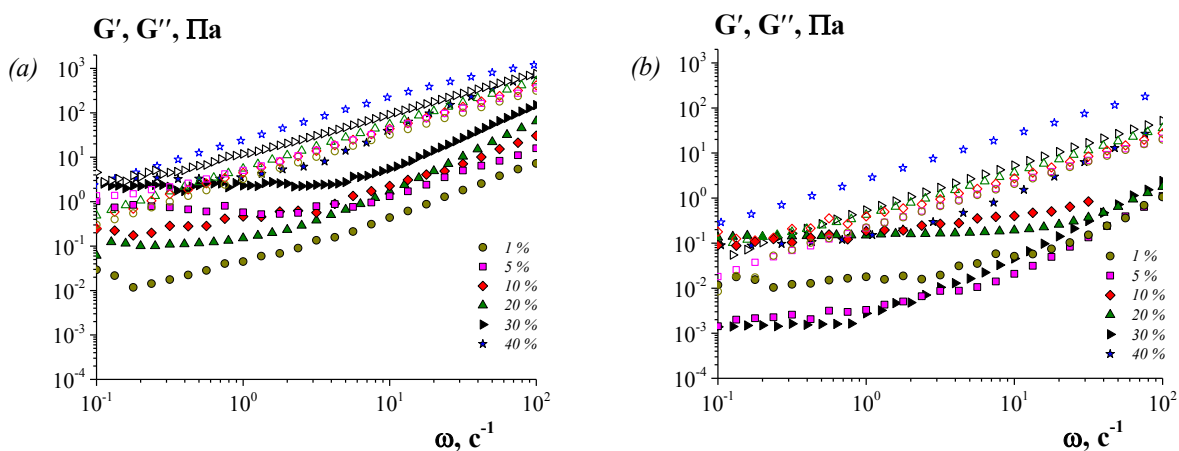


Рисунок 5 – Частотные зависимости модуля сохранения (G') и модуля потерь (G'') при 30 °C $\gamma = 0.1$ %. $\Phi = 30$ %.

Закключение. Реологические свойства эмульсий вода-в-сырой нефти зависят от концентрации эмульсии (или содержания водной фазы в образце) и температуры. Вязкость эмульсий растёт с увеличением содержания водной фазы, при этом, чем ниже температура, тем сильнее проявляется эта зависимость. Динамические испытания показали, что обратные водонефтяные эмульсии демонстрируют жидкообразное поведение даже при низких температурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 16-58-20008.

Библиографический список

1. Wong S. F., Lim J. S., Dol S. S. Crude oil emulsion: a review on formation, classification and stability of water-in-oil emulsions // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – № 135. – P. 498–504.
2. Langevin D., Poteau S., Hénaut I., Argillier J. F. Crude Oil Emulsion Properties and their Application to Heavy Oil Transportation // Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP. – 2004. – Vol. 59. – № 5. – P. 511–521.
3. Hart A. A. A review of technologies for transporting heavy crude oil and bitumen via pipelines // J. Petrol. Explor. Prod. Technol. – 2014. – № 4. – P. 327–336.
4. Malkin A. Ya., Zadymova N. M., Skvortsova Z. N., Traskine V. Yu., Kulichikhin V. G. Formation of concentrated emulsions in heavy oil // Colloids Surf. A. – 2016. – № 504. – P. 343–349.
5. Raman A. K. Y., et al. Emulsion stability of surfactant and solid stabilized water-in-oil emulsions after hydrate formation and dissociation // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2016. – № 506. – P. 607–621.
6. Keleşoğlu S., Pettersen B.H., Sjöblom J. Flow properties of water-in-North Sea heavy crude oil emulsions // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2012. – № 100. – P. 14–23.
7. Kolotova D., Brichka K., Simonsen G., Simon S. C., Derkach S., Paso K. G., Sjöblom J. Droplet crystallization in water-in-crude oil emulsions: influence of salinity and droplet size // Energy & Fuels. – 2017. – № 31. – P. 7673–7681.
8. Derkach S. R., Kolotova D. S., Simonsen G., Simon S. C., Sjöblom J., Andrianov A. V., Malkin A. Ya. Kinetics of crystallization of aqueous droplets in water-in-crude oil emulsions at low temperatures // Energy & Fuels. – 2018. – Vol. 32. – № 2. – P. 2197–2202.

Влияние условий получения на свойства желатины из кожи трески

Кучина Ю. А.,¹ Деркач С. Р.,¹ Барышников А. В.² (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра химии, ²ФГБНУ "Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО))

Аннотация. Получена желатина из кожи северной рыбы. Изучено влияние условий обработки на свойства конечного продукта. Полученная желатина в основном состояла из белка (~90 %), с низким содержанием золы и влаги. Аминокислотный состав желатина выявил высокую долю глицина и остатков иминокислоты. ИК-спектр желатин содержал пики поглощения в области амидных зон (амид А, am-ide B, амид I, амид II и амид III).

Abstract. Gelatin was extracted from the skin of north fish. The effect of processing conditions to the properties of final product had been studied. Gelatin was mainly composed by protein (~90 %), while ash and moisture contents were low. The amino acid profile of the gelatin revealed a high proportion of glycine and imino acid residues. The absorption bands of gelatin in FTIR spectra were situated in the amide band region (amide A, amide B, amide I, amide II and amide III).

Ключевые слова: рыбный желатин, условия экстракция, аминокислотный состав, ИК-спектроскопия.

Key word: fish gelatin, extraction conditions, amino acid profile, IR-spectroscopy.

Желатина является природным биополимером, который широко используется в пищевой и фармацевтической промышленности. Коммерческие желатины обычно получают из коллагена животного происхождения, что ограничивает их использование в связи с культурными и религиозными аспектами, запрещающими употреблять в пищу продукты животного происхождения. Кроме того, вспышка губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота, которая произошла в 90-е годы прошлого века, также повлияла на снижение потребления [1]. Желатину из морских биоресурсов можно рассматривать как возможную альтернативу данному продукту животного происхождения. В настоящее время появилось много исследований, направленных на изучение физико-химических свойств желатин, выделенных из отходов переработки водных биоресурсов [2–4].

Традиционно желатину получают кислотной или щелочной деструкцией коллагена при температуре 50–70 °С. Известно, что свойства желатины зависят не только от вида сырья, из которого она получена, но и от условий

экстракции (рН, температура и время обработки и др.), поэтому целесообразно изучить влияние условий обработки коллагенсодержащего сырья на физико-химические свойства конечного продукта.

Основными стадиями получения желатины являются: измельчение сырья, предварительная обработка коллагенсодержащего сырья, экстракция желатины, фильтрация и сушка фильтрата.

Объекты и методы

В качестве сырья использовали кожу рыб тресковых пород Арктического региона. Для сравнения в работе использовали желатину из кожи холодноводных рыб (*Gelatin from cold water fish skin*) производства Sigma-Aldrich (Канада).

За основу технологии получения желатины был взят способ, предложенный в работе [5]. Исходное сырьё предварительно промывали холодной водой для удаления остатков мышечной ткани, измельчали до размера частиц 0,5 см и обезжиривали. Измельченную обезжиренную желатину смешивали с дистиллированной водой в соотношении 1: 3 (вес./об.) и суспендировали 10 минут. Экстракцию проводили в течение 3 часов при различных значениях рН водной фазы (от 3,0 до 9,0). Регулирование рН суспензии до значений от 3,0 до 5,0 осуществляли с помощью ледяной уксусной кислоты, до значений 8,0 и 9,0 – раствором гидроксида натрия с концентрацией 4 моль/л. Экстрагирование осуществляли при постоянном перемешивании и температуре 50 ± 1 °С.

После окончания экстракции реакционную смесь нейтрализовали до значений рН = 5,5–6,0 и фильтровали для удаления высокомолекулярных фрагментов (коллагена). Фильтрацию желатинсодержащего раствора осуществляли методом вакуумной фильтрации при температуре не ниже 30°С, фильтрующий материал – бумажный фильтр "белая лента". Фильтрат (раствор желатины) сушили в лиофильной сушке FreeZone ("Labconco", США) при температуре минус 50 °С и остаточное давление 3,0 Па.

Для оценки качества полученных образцов желатин определяли их компонентный состав: содержание влаги, жира, белковых веществ (общий и аминный азот), минеральный остаток [6; 7].

Содержание аминокислот определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Метод основан на хроматографическом разделении аминокислот, модифицированных ортофталевым альдегидом и β-меркаптоэтанолом, с последующей регистрацией спектрофлуориметрическим детекто-

ром (8). Разделение производных аминокислот проводили на хроматографическом оборудовании LC-10A ("Shimadzu", Япония), колонка SUPELCOSIL LC-18 (4,0 мм × 30 см, 5 мкм). Для калибровки колонки использовали стандартные образцы аминокислот фирмы Sigma-Aldrich.

Спектры поглощения в ИК-области записывали на инфракрасном спектрофотометре с Фурье-преобразованием IRTracer-100 ("Shimadzu", Япония) в диапазоне частот от 4000 до 800 см⁻¹, при разрешении 4 см⁻¹ (число сканирований – 250). Для приготовления таблеток использовали смесь образца и KBr в массовом соотношении 1:220. Навеску смеси массой 150 мг прессовали под давлением 650 кгс/см² в течение 1 мин. при комнатной температуре. ИК-спектры записывали сразу после прессования.

Результаты и обсуждение

Химический состав образцов желатины, полученных из кожи трески при различных pH представлен в таблице 1. В качестве контрольного образца использовали рыбную желатину фирмы Sigma-Aldrich.

Из данных, представленных в таблице 1 видно, что условия экстракции влияют на химический состав и выход продукта. Содержание белка в образцах желатин варьируется от 85,2 % до 92,5 %. Образцы, полученные в мягких условиях (при pH 5 и pH 8) имеют более высокое содержание белка 92,5 и 91,0 % соответственно, а желатины, экстракцию которых проводили при низких значениях pH (pH 3–4) – 85,2–85,8 %. Возможно, в кислой среде идет не только деструкция коллагена, но и химический гидролиз, который приводит к расщеплению молекул коллагена на более короткие (низкомолекулярные) пептидные фрагменты, что подтверждается более высоким содержанием аминного азота в образцах № 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав образцов желатины, полученных из кожи трески при различных условиях экстракции

№	Условия экстракции, (pH среды)	Массовая доля влаги, %	Массовая доля азота, N _{общ} , %	Массовая доля белка*, %	Массовая доля аминного азота, N _{aa} , %	Минеральный остаток, %
1	3,0	8,5 ± 0,5	15,6 ± 0,1	85,8 ± 0,5	0,96 ± 0,03	4,8 ± 0,2
2	4,0	8,0 ± 0,5	15,5 ± 0,1	85,2 ± 0,5	1,14 ± 0,03	2,0 ± 0,1
3	5,0	6,0 ± 0,5	16,8 ± 0,1	92,5 ± 0,5	0,76 ± 0,03	0,6 ± 0,1
4	8,0	7,0 ± 0,5	16,5 ± 0,1	91,0 ± 0,5	0,70 ± 0,03	2,3 ± 0,1
5	9,0	7,0 ± 0,5	16,2 ± 0,1	89,0 ± 0,5	0,69 ± 0,03	2,4 ± 0,1
6	Sigma-Aldrich	5,5	17,0	93,5	0,53	–

*Массовую долю белка рассчитывали как N_{общ} × 5,5 [6].

Поскольку, желатин в основном состоит из белка, то содержание влаги, жира и золы влияет на качество продукта, а значит и на потребительские свойства. Исследование показало, что полученные желатины содержат большее количество влаги, по сравнению с контрольным образцом, но это связано не с условиями экстракции, а с процессом сушки. Во всех представленных образцах содержание влаги не превышало 9 % массы, что является допустимым значением для коммерческих желатин [6]. Кроме того, полученные желатины не содержат жиров (возможно, содержание жира находилось ниже предела обнаружения аналитического метода).

Полученные желатин характеризуются повышенным количеством золы. Так, желатина фирмы Sigma-Aldrich не содержит минерального остатка, а желатина, выделенная при pH 5 содержит 0,6 % масс. золы. Количество золы в образцах, выделенных при более жестких условиях экстракции (pH 4, pH 8 и pH 9), увеличивается в 3–4 раза и составляет 2,0–2,4 % масс. Возможно, избыток минеральных солей образуется на стадии нейтрализации, что связано с необходимостью придания желатине свойств, необходимых для её дальнейшего использования. Количество золы в желатине, выделенной при pH 3, значительно превышает данный показатель по сравнению с другими образцами. Возможно, повышенное содержание золы связано не только с нейтрализацией, но и с высоким содержанием минеральных веществ в исходном сырье (фрагменты чешуи), которые легко растворяются в кислой среде.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии условий экстракции (pH реакционной среды) на химический состав желатин, выделенных из кожи трески.

Аминокислотный состав желатин, экстрагированных из кожи трески при различных значениях pH представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Аминокислотный состав желатин, полученных при различных pH

Аминокислота	Содержание, г/100 г белка					
	pH 3	pH 4	pH 5	pH 8	pH 9	Sigma-Aldrich
Глицин	20,5	20,2	18,5	15,2	14,9	18,6
Пролин	11,8	13,0	12,2	13,8	13,9	12,9
Гидроксипролин	6,9	7,2	7,5	14,6	11,5	9,6
Аспарагиновая кислота	6,2	6,1	5,6	6,2	6,2	5,6
Глутаминовая кислота	9,5	9,4	9,1	9,4	9,6	9,3
Серин	6,7	6,7	6,6	6,3	6,6	6,3
Гистидин	1,6	1,6	1,9	1,3	1,5	1,7
Треонин	2,6	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6

Окончание табл. 2

Аминокислота	Содержание, г/100 г белка					
	pH 3	pH 4	pH 5	pH 8	pH 9	Sigma-Aldrich
Аргинин	7,7	7,9	7,7	7,6	7,9	7,6
Аланин	9,5	9,1	9,3	8,5	9,0	9,4
Таурин	3,4	3,1	3,7	1,8	2,5	2,9
Тирозин	0,9	0,7	1,0	0,8	0,9	0,8
Валин	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1
Метионин	1,4	1,5	1,8	1,3	1,4	1,6
Изолейцин	1,4	1,3	1,6	1,4	1,6	1,5
Лейцин	2,8	2,7	2,9	2,6	2,8	2,8
Лизин	2,8	2,9	3,5	2,4	2,6	2,3
Фенилаланин	2,3	2,0	2,3	2,1	2,3	2,4

Характерной особенностью аминокислотного состава коллагена является более высокое содержание глицина и пролина. Эти аминокислоты формируют повторяющуюся последовательность: глицин – пролин – X, где X – другая аминокислота, которая и обуславливает спиралевидную структуру коллагена [2; 4; 9].

Все желатины, независимо от условий экстракции характеризуются высоким содержанием глицина, пролина, аланина и глутаминовой кислоты. Однако, в образцах, полученных при pH 8 и pH 9, глицина меньше (~15,0 г / 100 г), чем в желатинах, полученных при низких значениях pH (~20,0 г / 100 г). Возможно, при обработке кожи трески щелочным раствором происходит не только деструкция коллагена, но и щелочной гидролиз, который приводит к рацемизации некоторых аминокислот (глицина, гистидина, лизина и таурина). Кроме того, было установлено, что желатины, полученные при щелочных значениях pH, содержат большее количество гидроксипролина (~ 12,0–14,0 г / 100 г), чем образцы, выделенные при низких значениях pH (~ 6,9–7,5 г / 100 г). Считается, что именно гидроксипролин играет ключевую роль в стабилизации тройных спиралей молекулы коллагена [9]. Содержание других аминокислот в желатинах, выделенных из кожи трески при различных значениях pH, практически не изменялось. Контрольный образец желатины фирмы Sigma-Aldrich по аминокислотному составу близок к желатине, выделенной из кожи трески при pH 4.

Идентификацию полученных образцов желатины проводили методом ИК-спектроскопии (см. рис. 1).

Для ИК-спектра желатины характерно наличие нескольких основных полос поглощения, соответствующие колебательным переходам в пептид-

ной цепи: область Амид А (валентные колебания атомов связи N-H), Амид В, Амид I (валентные колебания связи C = O), Амид II (деформационные колебания связи N-H) и Амид III [4]. Эти полосы легко зарегистрировать, поскольку каждое пептидное звено дает вклад в их интенсивность.

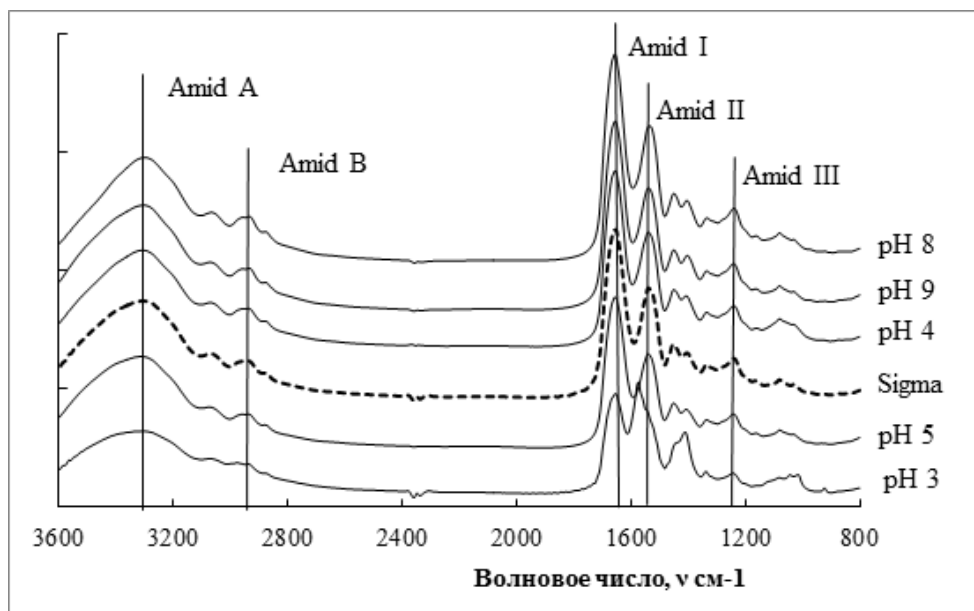


Рисунок 1 – ИК-спектры образцов желатины, полученных при различных значениях pH

Анализ ИК-спектров показал, что полученные образцы желатины имеют пики поглощения на соответствующих волновых числах.

Выводы

Результаты исследования показали, что условия экстракции влияют на химический состав желатин, выделенных из кожи трески. Так, желатина, выделенная при pH 3, характеризуется более низким содержанием белка и высоким содержанием золы. Все желатины, независимо от условий экстракции характеризуются высоким содержанием глицина, пролина, аланина и глутаминовой кислоты. ИК-спектры образцов желатин, полученных при различных pH, полностью совпадают с ИК-спектром желатины фирмы Sigma-Aldrich. Т. е. регулирование условий процесса экстракции позволяет получить продукт с заданными свойствами для дальнейшего использования в пищевой и фармацевтической промышленности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 16-16-00076)

Библиографический список

1. Gomez-Guillen, M. C. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review / M.C. Gómez-Guillén [et al.]. // Food hydrocolloids. – 2011. – № 25. – P. 1813–1827.
2. Karim, A. A. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins / A. A. Karim, R. Bhat // Food Hydrocolloids. – 2009. № 23. – P. 563–576.
3. Lin, L., Regenstein, J. M., Lv, S., Lu, J., Jiang, S., An overview of gelatin derived from aquatic animals: Properties and modification, Trends in Food Science & Technology, 2017.
4. Weng, W., Zheng, H., & Su, W. Characterization of edible films based on tilapia (*Tilapia zillii*) scale gelatin with different extraction pH / Food Hydrocolloids. – 2014. – № 41. P. 19–26.
5. Способ получения желатина из коллагенсодержащего сырья : пат. 2126434 Рос. Федерация : МКИ⁶ C09H3/02, C09H1/00, A23J1/10 Матс Лилья (SE), Матс Ларссон (SE) ; патентообладатель Элько Фунд АБ (SE). – № 95122435 заявл. 31.01.94 ; опубл. 20.02.99.
6. ГОСТ 11293-89. Желатин. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 23 с.
7. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 123 с.
8. Brent, L. A method for quantitative amino acid analysis using precolumn o-phthalaldehyde derivatization and high performance liquid chromatography / L. Brent, W. Frederick // J. Chromatographic Science. – 1991. – V. 19 (5). – P. 259–265.
9. Veis, A. The Macromolecular Chemistry of Gelatin / A. Veis. – New York, London : Academic Press, 1964. – 478 p.

Разработка технологической схемы комплексной экстракции ценных биополимеров из тканей морского огурца *Molpadia borealis*

Лыжов И. И., Узбекова О. Р., Новиков В. Ю. (г. Мурманск, ФГБНУ "Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича" (ПИНРО), лаборатория биохимии и технологии)

Аннотация. В статье рассматривается возможность комплексного получения биополимеров как углеводной, так и белковой природы при минимизации потерь конечных продуктов и наиболее полном использовании голотурии *Molpadia borealis*.

Abstract. The possibility of complex extraction of biopolymers (polysaccharides and proteins) with minimization of losses of final products and the most complete use of sea cucumber *Molpadia borealis* is considered in this article

Ключевое слова: комплексное получение, биополимеры, иглокожие, полисахариды, коллаген.

Key words: complex extraction, biopolymers, Echinodermata, polysaccharides, collagen.

Иглокожие Баренцева моря часто встречаются в приловах промысловых рыб, но на данный момент большинство из них не имеют промыслового значения, в том числе и вследствие недостатка сведений о биохимическом составе и свойствах их тканей. Возможное промышленное использование иглокожих представляет практический интерес, особенно с точки зрения рационального природопользования. Одним из актуальных направлений промышленной переработки иглокожих является выделение биологически активных веществ.

Иглокожие как сырьевой ресурс для производства продуктов питания и биологически-активных веществ известны давно [1; 2]. Среди таких веществ следует особо выделить углеводы и белки, в частности, соединительнотканые коллагены. Помимо этого, представляется перспективным выделение пищеварительных ферментов из внутренностей.

Известен ряд биополимеров, входящих в состав гидробионтов и имеющих биологическую активность, аналогичную таковой у наземных животных. Сульфатированные фуканы бурых водорослей обладают антитромбической активностью [3]. Согласно литературным данным, фукоиданы об-

ладают антикоагулянтной, антитромбической, противовирусной и другими активностями.

Фукоиданы из иглокожих характеризуются высокой видоспецифичностью и характеризуются либо высокой гомогенностью, либо, напротив, крайней гетерогенностью моносахаридного состава. Также существуют видоспецифичные различия в степени сульфирования фукоиданов.

Коллаген является основным структурным протеином позвоночных, составляя до 30 % от содержания всех белков [4] (в мускульной стенке *M. borealis* общее содержание белков составляет от 5,62 до 8,26 %) [5]. Он широко применяется в фармацевтической, косметической, пищевой и кожевенной промышленности из-за высокой биосовместимости и способности к биodeградации. Обычно, коллаген получают из отходов переработки сельскохозяйственной промышленности (крупный и мелкий скот, домашняя птица). Однако, тут возникает та же сложность, что и при получении комплекса полисахаридов, а именно, опасность инфицирования конечного продукта возбудителями различных заболеваний. Соответственно, существует необходимость поиска новых потенциальных источников этого белка. Таковыми и представляются морские гидробионты, а именно голотурии *Molpadia borealis*.

Таким образом, необходимо решить проблему комплексной экстракции биополимеров из исходного сырья для обеспечения его наиболее полного использования.

Для решения этой проблемы была предпринята попытка разработки технологической схемы, объединяющей в себе схемы получения как полисахаридов, так и белковых комплексов.

Объекты и методы исследований

Сырьём служили замороженные неразделанные экземпляры *M. borealis*. Целомическая жидкость использовалась в схеме получения комплекса полисахаридов.

Использовались следующие технологические схемы:

1. Модифицированная схема получения комплекса полисахаридов (рисунок 1) [6];
2. Схема получения препарата коллагена (рисунок 2);
3. Схема получения ферментного препарата с предварительным обезжириванием хитозаном [7].

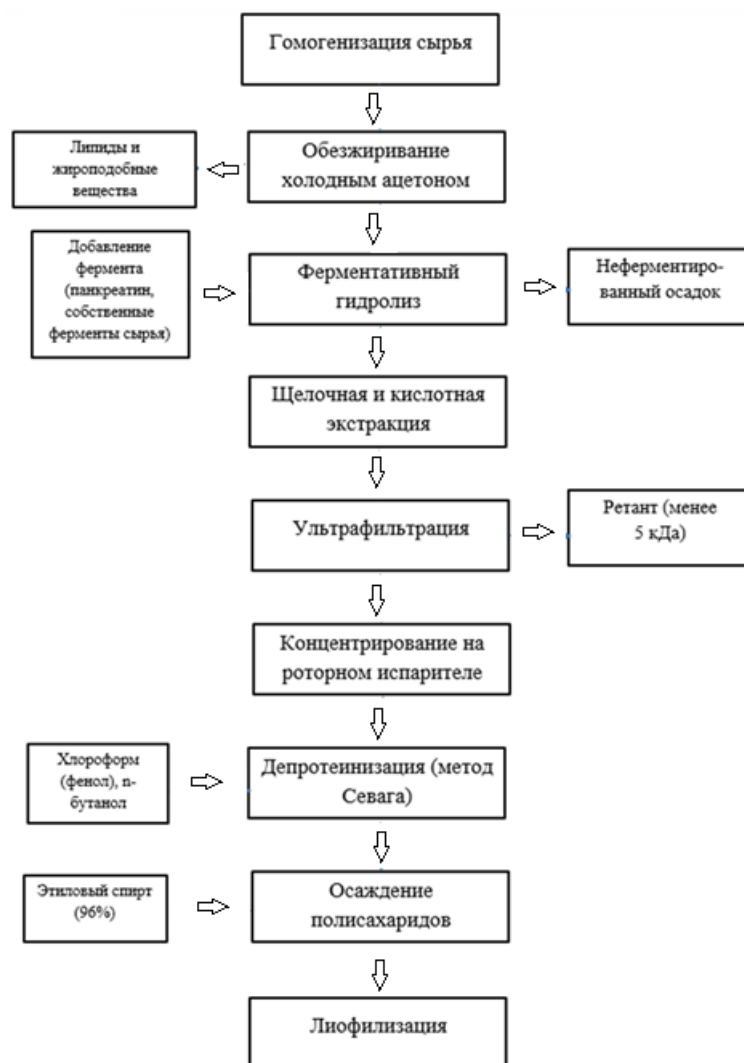


Рисунок 1 – Модифицированная схема получения комплекса полисахаридов

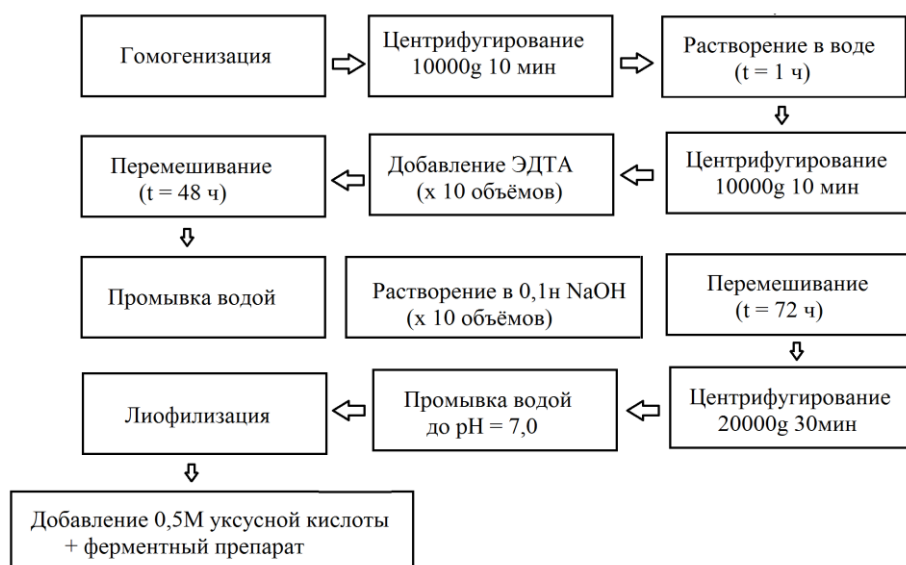


Рисунок 2 – Схема получения препарата коллагена

Результаты и обсуждение

На рисунках 1 и 2 приведены схемы получения полисахаридного комплекса и препарата коллагена соответственно. В первой схеме экстракция проводится из жидкой фракции (супернатанта), тогда как во второй используется водонерастворимый осадок. Кроме этого, в обоих случаях имеет место этап ферментативного гидролиза. Исходя из этого, была предпринята попытка объединить эти схемы. При получении комплекса пищеварительных ферментов сложностей не возникло, так как внутренности кукумарии отделились на этапе разделки сырья. Это позволило снизить содержание минеральных веществ при получении полисахаридов и коллагена за счёт того, что вместе с внутренностями удаляется большое количество грунта (доля минеральных веществ может достигать 17,4 %) [5].

Конечная схема комплексной экстракции биополимеров из тканей кукумарии *M. borealis* представлена на рисунке 3.

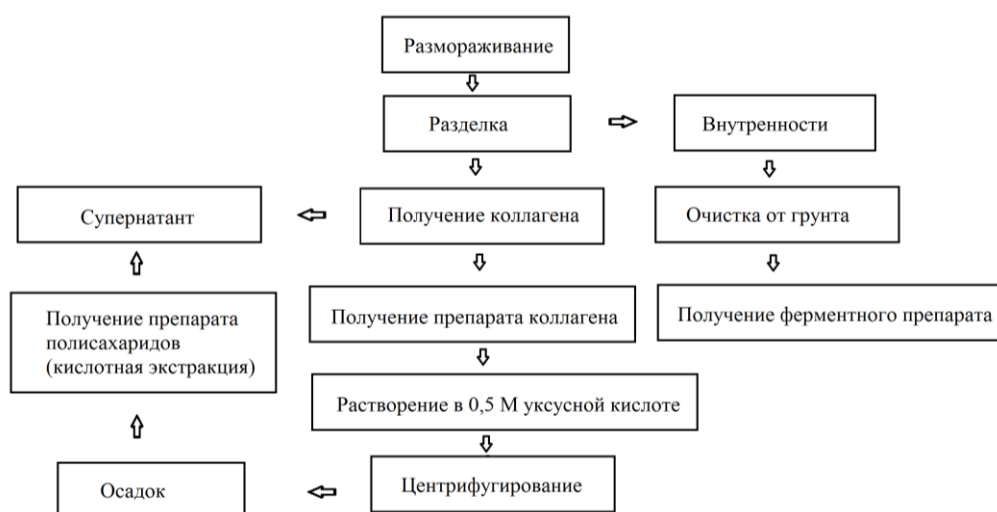


Рисунок 3 – Комплексная схема получения препаратов биополимеров

После размораживания и разделки внутренние органы направляются на получение ферментного препарата, а мускул обрабатывается по схеме получения коллагена. При этом все супернатанты, образующиеся в результате центрифугирования, объединяются с целомической жидкостью для дальнейшей экстракции полисахаридов.

Наконец, после этапа обработки сырья 0,5 М CH_3COOH и ферментного гидролиза, негидролизированный остаток подвергается щелочной экстракции, так как показано, что именно щелочная экстракция даёт наибольший выход гиалуроновой кислоты, например (примерно 4,8 %) [6; 8], и экстракт также объединяется со смесью целомической жидкости с супернатантом. Для предотвращения потери кислоторастворимых полисахаридов (выход составляет

0,1 %) [6] после осаждения коллагена NaCl или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ необходимо провести осаждение двукратным объёмом этанола.

Выводы

Таким образом, показана возможность применения технологической схемы комплексной экстракции ценных биополимеров с минимизацией как потерь конечного продукта, так и посторонних примесей. Кроме того, при использовании приведённой схемы достигается более полное использование сырья.

Библиографический список

1. Лебская, Т. К. Биохимические особенности и аспекты технологии Баренцевоморского огурца *Cucumaria frondosa* / Т. К. Лебская. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2000. – 111 с.
2. Технология комплексной переработки гидробионтов : учебн. пособие / под ред. проф. Т. М. Сафроновой. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2004. – 365 с.
3. Антикоагулянтная активность фукоидана из бурой водоросли Охотского моря *Fucus evanescens* / Т. А. Кузнецова [и др.] // Бюл. экспер. биол. 2003. – Т. 136. – № 11. – С. 532–534.
4. Extraction and Characterization of Pepsin Soluble Collagen from the Body Wall of Sea *Cucumber Acaudina leucoprocta* / Saijun Lin, Ya-Ping Xue, Enli San, Tan Chee Keong, Lifang Chen & Yu-Guo Zheng // Journal of Aquatic Food Product Technology. – 2016. – 43 p.
5. Сравнительная технхимическая характеристика и перспективные направления переработки голотурий *Molpadia arctica*, *Molpadia borealis* и *Cucumaria frondosa* Баренцева и Карского морей / А. М. Мухортова, О. Р. Узбекова, И. И. Лыжов, А. В. Барышников, В. Ю. Новиков, В. А. Мухин // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 36–41.
6. Очистка препарата комплекса полисахаридов из тканей *Molpadia borealis* от примесей веществ белковой природы / И. И. Лыжов, В. Ю. Новиков, К. С. Рысакова, А. В. Барышников // V Междунар. Балт. морской форум : Сборник трудов конф.: VI Междунар. науч.-практ. конф. "Пищевая и морская биотехнология". 21–27 мая 2017 г. – Калининград. – 2017. – С. 1374–1382.
7. Новиков, В. Ю. Использование растворов хитозана для обезжиривания и осветления белковых гидролизатов / В. Ю. Новиков, В. А. Мухин // Прикл. биохим. микробиол. – 2001. – Т. 37, № 6 – С. 733–738.
8. Рысакова, К. С. Технология получения хондропротекторов и антикоагулянтов из отходов переработки гидробионтов / К. С. Рысакова, И. И. Лыжов, В. Ю. Новиков // Вестн. ветеринарии. – 2014. – № 3 (70). – С. 62–66.

Закономерности гетерогенного деацетилирования хитина в концентрированных растворах гидроксидов щелочных металлов

Новиков В. Ю.,^{1,2} Коновалова И. Н.,¹ Кучина Ю. А.,¹ Долгопятова Н. В.,¹
Черкун Ю. А.¹ (г. Мурманск, ¹ФГБОУ ВО "Мурманский государственный
технический университет", кафедра химии, ²ФГБУН "Полярный научно-
исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океаногра-
фии им. Н. М. Книповича"(ПИНРО))

Аннотация. В работе получены экспериментальные данные, позволяющие установить общие закономерности реакции щелочного деацетилирования хитина/хитозана в высококонцентрированных растворах гидроксидов натрия и калия. Сделан вывод о том, что реакционная активность гидроксил ионов по отношению к хитину растет с уменьшением степени гидратации, и, по-видимому, в реакции расщепления ацетамидных связей (реакции деацетилирования) не участвуют молекулы воды. Роль нуклеофильных частиц выполняют ионы OH- разной степени гидратации.

Abstract. In the work the experimental data to establish common laws reaction of alkali deacetylation of chitin/chitosan in highly concentrated solutions of sodium and potassium hydroxide are given. It is concluded that the reaction activity of hydroxyl ions towards chitin grows with decreasing of hydration degree, and, apparently, in cleavage of acetamide links (reaction of deacetylation) the water molecules are not involved. It is the OH-ions of varying degrees of hydration are playing the role of nucleophilic particles.

Ключевые слова: хитин, хитозан, деацетилирование, кинетика, гидратация ионов, механизм реакции.

Key words: chitin, chitosan, deacetylation, kinetics, ion hydration, reaction mechanism.

История открытия, изучения и разработки технологий получения хитозана растянулась более чем на 2 столетия, начиная с первых работ Бранокота [1]. В настоящее время главный акцент исследований делается на применении хитозана, оставляя в стороне вопросы, связанные с изучением механизмов его получения. Тем не менее, технология производства хитозана по-прежнему содержит много неясных особенностей, которые требуют понимания с целью дальнейшего ее совершенствования.

Многолетние исследования способа получения хитозана методом гетерогенного щелочного деацетилирования [2–7] позволили нам сделать выводы о механизме химического процесса, объясняющего некоторые особенности кинетики. Показано, что решающую роль в гетерогенном деацетилировании хитина играют процессы гидратации гидроксид-ионов и молекулы хитина/хитозана [8; 9]. Предложенный механизм включает реакцию взаимо-

действия гидроксид-ионов разной степени гидратации с молекулой хитина и реакцию гидратации молекулы хитина, замедляющую реакцию деацетилирования. Сложность механизма обусловлена динамической системой гидратации-дегидратации частиц, участвующих в реакции, и неравномерным распределением плотности образующихся при деацетилировании молекул воды.

В настоящей части исследований сделана попытка оценить состояние атакующих гидроксид-ионов в зависимости от концентрации щелочи.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования служили образцы хитина, полученные из панциря камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* [10]. Хитин измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 0,1 мм. Деацетилирование хитина проводили на глицериновой бане при температуре $(100.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ с постоянным перемешиванием. Полученный продукт промывали этиловым спиртом до pH не более 8.0. Осадок высушивали при температуре не выше 60°C при атмосферном давлении и измельчали на планетарной шаровой мельнице.

Инфракрасные спектры поглощения регистрировали на Фурье ИК-спектрофотометре IRTracer 100 ("Shimadzu Corp.", Япония) в таблетках KBr в диапазоне $700\text{--}2000\text{ см}^{-1}$. Степень деацетилирования (СД) хитина/хитозана определяли по методике, описанной в работе Y. Shigemasa и др. [11].

Результаты и их обсуждение

Обсуждение механизма реакции предполагает установление активных частиц, участвующих в реакции. В случае деацетилирования во взаимодействие включаются молекулы хитина/хитозана и гидроксид-ионы.

Скорость реакции деацетилирования увеличивается с ростом концентрации NaOH, но не монотонно. СД начинает расти с концентрации NaOH в растворе около 25 %. В этой области также наблюдается максимум удельной электропроводности растворов NaOH [9].

Полученные экспериментальные результаты, по-видимому, могут быть объяснены явлением полной гидратации ионов гидроксида натрия, при которой молекулы воды связываются в прочные гидратные комплексы катионов и анионов, приводя к уменьшению количества молекул "свободной" воды. К. П. Мищенко и др. было предложено существование границы полной гидратации (ГПГ), при которой все молекулы воды связаны с растворенными ионами, входя в состав первичной гидратной оболочки [12]. Мы предположили, что реакция деацетилирования начинает идти при переходе ГПГ, когда количество молекул воды уже недостаточно для построения полных гидрат-

ных оболочек. Таким образом, можно предположить, что в реакции расщепления ацетамидных связей (реакции деацетилирования) не участвуют молекулы воды. Роль нуклеофильных частиц выполняют гидроксид-ионы, реакционная способность которых растет с уменьшением их степени гидратации, приводя к росту скорости деацетилирования.

Для подтверждения влияния гидратации ионов щелочи на кинетику реакции деацетилирования были проведены эксперименты с деацетилированием хитина в растворах щелочей (NaOH и KOH), катионы которых имеют разную энергию гидратации. Катионы натрия имеют большую энергию гидратации (398 кДж/моль [13]) и меньший диаметр иона (0.102 нм [14]), катионы калия – меньшую энергию гидратации (271 кДж/моль [13]) и больший диаметр (0.138 нм [15]). Ожидается, что это различие должно влиять на числа гидратации и гидроксид-ионов, а, следовательно на скорость реакций и форму кинетической кривой деацетилирования.

Для деацетилирования хитина использовали растворы NaOH и KOH с одинаковой молярной концентрацией – 13.48 моль/дм³. Кинетические кривые представлены на рисунке 1 (кривые 1 и 2).

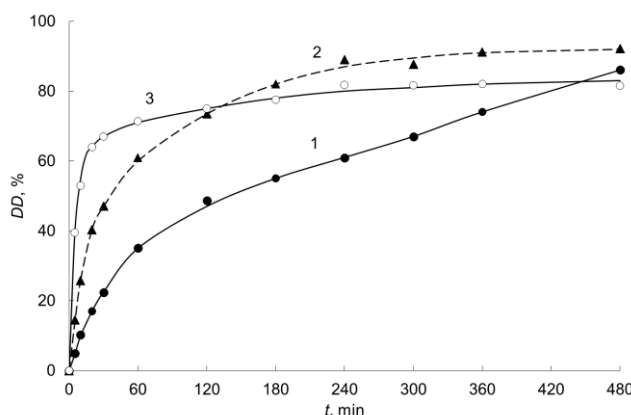


Рисунок 1 – Кинетические кривые гетерогенного щелочного деацетилирования при 100 °С. Концентрация растворов (моль/дм³): NaOH – 13.48 (1), KOH – 13.48 (2) и NaOH – 19.34 (3). Отношение масс хитина и раствора 1:55

Как видно из данных, приведенных на рисунке, кинетические кривые в разных щелочах отличаются друг от друга, при этом, вопреки предположению, большая скорость на первом участке кривых при одинаковой концентрации щелочи наблюдается в растворе KOH с меньшей энергией гидратации K⁺.

Вероятно, это объясняется тем, что при равной молярной концентрации щелочей (13.48 моль/дм³) молярная концентрация воды оказалась различной: 48.49 моль/л в растворе NaOH и 41.94 моль/л в растворе KOH. Для подтвер-

ждения этой гипотезы была получена кинетическая кривая деацетилирования хитина в растворе NaOH с большей концентрацией щелочи, но одинаковой с раствором KOH концентрацией воды (41.94 моль/дм^3) (Рисунок 1, кривая 3). В этом случае скорость деацетилирования на первом участке была выше, что объясняется большей концентрацией гидроксид-ионов ($19,34 \text{ моль/дм}^3$). Но, при этом в отличие от раствора KOH скорость реакции на втором участке падает быстрее и "плато" проходит ниже, чем в растворе KOH.

Полученные результаты позволили предположить, что на каждом из двух участков кинетической кривой деацетилирования преобладают разные реакции, которые надо рассматривать отдельно.

В настоящей работе был рассмотрен первый участок кинетической кривой. Для изучения зависимости скорости деацетилирования хитина от концентрации щелочи на первом участке кинетической кривой был выбран линейный участок до 10 мин, на котором изменение $СД$ прямо пропорционально скорости реакции.

Полученные зависимости $СД$ от концентрации щелочи оказались различными в растворах NaOH и KOH при представлении концентрации щелочи в массовых процентах ($C_{щ}$, %) и молярной концентрации ($M_{щ}$, моль/л) (Рисунок 2). Это объясняется разной молекулярной массой гидроксидов.

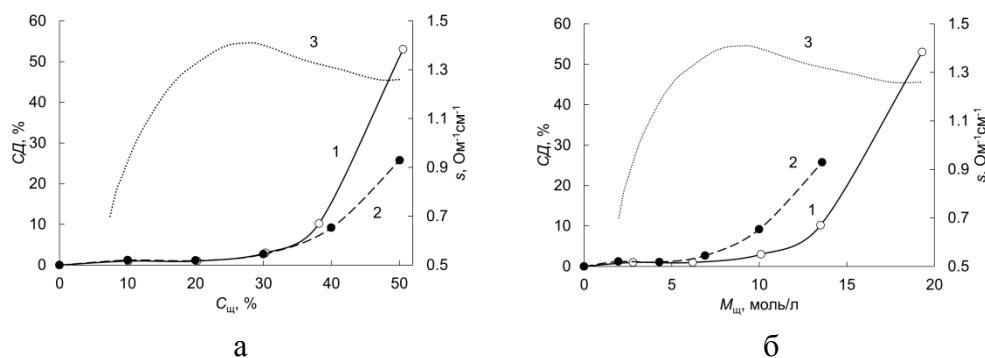


Рисунок 2 – Зависимость $СД$ через 10 мин деацетилирования хитина при 100°C в растворе NaOH (1) и KOH (2) и удельной электропроводности (3) раствора NaOH [16]) от массовой ($C_{щ}$, %) (а) и молярной ($M_{щ}$, моль/л) (б) концентрации щелочи

По-видимому, наиболее достоверным должно быть выражение концентрации щелочи не в процентной или молярной концентрации, а в виде отношения молекул воды на один ион растворенного электролита. Зная молярную концентрацию щелочи и воды можно рассчитать количество молекул воды на ион (Таблица 1). Аналогичный подход был использован в работе [17] при исследовании влияния величины гидратированных радиусов ионов щелочных металлов на плотность и вязкость их концентрированных растворов.

Таблица 1 – Концентрации растворов NaOH и KOH, рассчитанные значения количества молекул воды на один ион ($0,5 \cdot M_{\text{в}}/M_{\text{щ}}$) и числа гидратации (ЧГ) гидратации ионов

Показатель	KOH	NaOH	NaOH	ГПГ	
				KOH	NaOH
$C_{\text{щ}}$, %	50	38	50	23,8	18,2
$M_{\text{щ}}$, моль/л	13,5	13,5	19,4	5,18	5,45
$M_{\text{в}}$, моль/л	41,9	48,5	41,9	51,84	54,48
$M_{\text{в}}/M_{\text{щ}}$	3,1	3,6	2,2	10	10
$0,5 \cdot M_{\text{в}}/M_{\text{щ}}$ (на 1 ион)	1,55	1,80	1,10	5	5
ЧГ M^+				4*	4*
ЧГ OH^-				6*	6*

*Значения взяты из работы [18].

В этом случае получаются почти совпадающие зависимости (Рисунок 3). Заметная скорость деацетилирования наблюдается при количестве молекул воды на один ион электролита (OH^-) меньше, чем требуется для полной гидратации – менее 6. До ГПГ ионы OH^- имеют полные гидратные оболочки и практически неактивны в реакции деацетилирования хитина. При пересечении ГПГ гидратная оболочка истощается, и начинается реакция деацетилирования хитина. То есть, реакционная способность гидроксид-ионов в реакции деацетилирования хитина появляется в точке ГПГ и далее растет с уменьшением их степени гидратации.

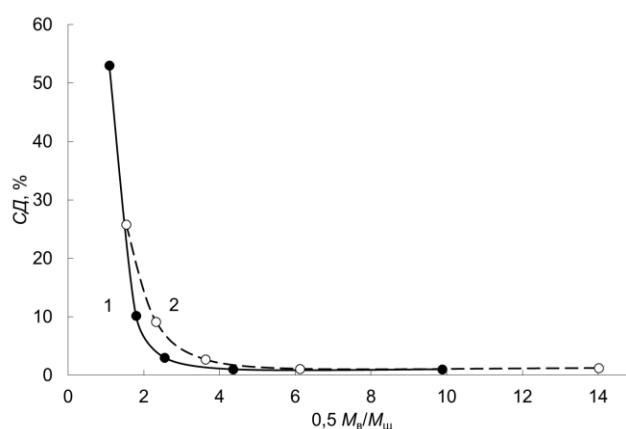


Рисунок 3 – Зависимость СД через 10 мин деацетилирования хитина при 100 °С в растворе NaOH (1) и KOH (2) от количества молекул воды на ион растворенного гидроксида.

При обсуждении механизма деацетилирования следует также учитывать тот факт, что в высококонцентрированных растворах растет количество ионных пар и ассоциатов молекул щелочи [12; 19], что приводит к уменьшению

концентрации "свободных" гидроксил-ионов. Таким образом, фактическая концентрация гидроксид-ионов после точки ГПГ уменьшается. Следовательно рост активности гидроксид-ионов должен быть больше наблюдаемого в экспериментах.

Таким образом, при деацетилировании в концентрированных растворах щелочи действуют два фактора: первый – уменьшение "свободной" воды при увеличении концентрации щелочи снижает степень гидратации гидроксид-ионов и повышает их реакционную активность, второй – процесс ассоциации ионов щелочи в высококонцентрированных растворах, которая приводит к уменьшению концентрации ионов гидроксид-ионов.

Библиографический список

1. Braconnot, H. Recherche analytiques Sur la nature des champignons / H. Braconnot // Ann. Chim. (Paris). Series 1. – 1811. – Vol. 79. – P. 265–304.
2. Новиков, В. Ю. Многократное использование раствора гидроокиси натрия для деацетилирования хитина / В. Ю. Новиков, Т. А. Орлова, Н. И. Волкова // Рыбное хоз-во. – 1988. – № 12. – С. 76–78.
3. Новиков, В. Ю. Кинетика реакции деацетилирования хитина и хитозана / В. Ю. Новиков, Т. А. Орлова, И. Э. Воронина // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1990. – № 5. – С. 64–67.
4. Чеботок, Е. Н. Деполимеризация хитина и хитозана при щелочном деацетилировании / Е. Н. Чеботок, В. Ю. Новиков, И. Н. Коновалова // Журн. прикл. химии. – 2006. – Т. 79, № 7. – С. 1172–1176.
5. Чеботок, Е. Н. Влияние кристалличности хитина и хитозана на кинетику щелочного деацетилирования / Е. Н. Чеботок, В. Ю. Новиков, И. Н. Коновалова // Журн. прикл. химии. – 2007. – Т. 80, № 10. – С. 1724–1729.
6. Новиков, В. Ю. Изучение механизма щелочного деацетилирования хитина и хитозана / В. Ю. Новиков, Е. Н. Чеботок, И. Н. Коновалова // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: Материалы Девятой Международной конференции. Ставрополь, 13–17 октября 2008 г. – М. : Изд-во ВНИРО, 2008. – С. 39–41.
7. Novikov, V. Yu. Study of structural changes in solid phase at chitin and chitosan preparing / V. Yu. Novikov, V. A. Sagaydachny, N. V. Dolgopyatova, A. I. Knyazeva, I. N. Konovalova // Journal of Chitin and Chitosan Science. – 2013. – Vol. 1, No. 2. – P. 103–110.
8. Новиков, В. Ю. Влияние надмолекулярной структуры частиц хитина на кинетику гетерогенного деацетилирования / В. Ю. Новиков, И. Н. Коно-

валова, Ю. А. Кучина, А. И. Князева, В. Я. Кузнецов // Изве. Уфимского научного центра РАН. – 2016. – № 3(1). – С. 76–78.

9. Новиков, В. Ю. Гидратационный механизм гетерогенного щелочного деацетилирования хитина / В. Ю. Новиков, И. Н. Коновалова, Ю. А. Кучина, Н. В. Долгопятова, Ю. А. Черкун // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 515–525.

10. Новиков, В. Ю. Химические основы технологии получения хитина и его производных из панциря ракообразных / В. Ю. Новиков, И. Н. Коновалова, Н. В. Долгопятова. – СПб: ГИОРД, 2012. – 208 с.

11. Shigemasa, Y. Evaluation of different absorbency ratios from infrared spectroscopy for analyzing the degree of deacetylation in chitin / Y. Shigemasa, H. Matsuura, H. Sashiwa, H. Saimoto // Int. J. Biol. Macromol. – 1996. – Vol. 18, No. 3. – P. 237–242.

12. Мищенко, К. П., Полторацкий Г. М. Термодинамика и строение водных и неводных растворов электролитов / К. П. Мищенко. – Л. : Химия, 1976. – 328 с.

13. Hummer, G. Free energy of ionic hydration / G. Hummer, L. R. Pratt, A. E. Garcia // J. Phys. Chem. – 1996. – Vol. 100, No. 4. – P. 1206–1215.

14. Pearson, R. G. Ionization potentials and electron affinities in aqueous solution / R. G. Pearson // J. Amer. Chem. Soc. – 1986. – Vol. 108, No. 20. – P. 6109–6114.

15. Marcus, Y. Thermodynamics of solvation of ions. Part 5. Gibbs free energy of hydration at 298.15 K / Y. Marcus // J. Chem. Soc., Faraday Trans. – 1991. – Vol. 87, No. 18. – P. 2995–2999.

16. Круглый, С. М. Производство хлора, каустической соды и водорода / С. М. Круглый. – М. : Высшая школа, 1967. – 268 с.

17. Нефедов, В. Г. Феноменологическое изучение вязкости и плотности растворов гидроксидов щелочных металлов / В. Г. Нефедов, А. Г. Атапин, Д. А. Головкин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 6, № 6 (78). – С. 27–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55920.

18. Aseyev, G. G. Electrolytes. Supramolecular Interactions and Non-Equilibrium Phenomena in Concentrated Solutions / G. G. Aseyev. – Boca Raton: CRC PressTaylor & Francis Group, 2015. – xviii+340 p.

19. Багоцкий, В. С. Основы электрохимии / В. С. Багоцкий. – М. : Химия, 1988. – 400 с.

Молекулярно-массовое распределение полисахаридов бурых водорослей при ультразвуковой обработке экстрактов

Облучинская Е. Д. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. Проведено исследование молекулярно-массового распределения полисахаридных экстрактов бурых водорослей Баренцева моря. Показано, что в составе экстрактов присутствуют гетерогенные фракции фукоидана, ламинарана и полиуроновых кислот. Обработка ультразвуком при экстракции полисахаридов не оказывает существенного влияния на молекулярно-массовое распределение полисахаридов в выбранном диапазоне интенсивности воздействия.

Abstract. The molecular weight distribution of polysaccharide extracts of brown algae of the Barents Sea has been studied. It is shown that heterogeneous fractions of fucoidan, laminaran and polyuronic acids are present in the extracts. Ultrasonic treatment during extraction of polysaccharides does not significantly affect the molecular weight distribution of polysaccharides in the selected range of exposure intensity.

Ключевые слова: бурые водоросли, полисахариды, фукоидан, экстракт, Баренцево море.

Key words: brown algae, polysaccharides, fucoidan, extract, the Barents Sea.

Морские водоросли – это богатый и легко возобновляемый источник структурно и функционально уникальных полисахаридов, которые все чаще используются в качестве загустителей, стабилизаторов или желирующих агентов в пищевой промышленности и фармацевтике. Для бурых водорослей водорастворимыми полисахаридами являются фукоиданы и ламинараны, в меньшей степени альгинаты (полиуронаты). Ламинаран является запасным полисахаридом ламинариевых водорослей и состоит из α -глюкана. Фукоиданы, уникальный класс сульфатированных фуканов, выделенные из многих бурых водорослей, и не встречающиеся в других водорослях или растениях. Их состав варьируется в зависимости от вида, а точные структурные характеристики еще не выяснены, они содержат фукозу и сульфаты с остатками галактозы, ксилозы, маннозы и уроновых кислот [1; 2].

Водорослевые водорастворимые биополимеры обладают важными фармакологическими свойствами, такими как антикоагулянтная, антиоксидантная, антипролиферативная, противоопухолевая, антикомплементарная, противовирусная, антибактериальная активность [3]. Взаимосвязь между структурой и биологической активностью водорослевых полисахаридов пока не установлена. Обычно растворимость в воде, средняя молекулярная масса (ММ), конформация цепи и введение подходящих ионных групп с соответствующей степенью замещения могут изменять биоактивность полисахаридов. Напри-

мер, антикоагулянтная активность сульфатированных фуканов увеличивается с молекулярной массой [4]. Также на получение полисахаридов с различной фармакологической активностью может влиять способ их получения.

Один из методов интенсификации процесса экстракции растительного сырья – это ультразвуковая обработка экстрактов [5]. Необходимо отметить, что использование ультразвука не всегда приводит к положительным результатам. Так, при озвучивании растительных клеток может происходить разрыв клеточных оболочек, свертывание протоплазм, переход в растворимую форму ряда веществ и др. Например, при воздействии ультразвука на свекловичную стружку происходит потеря сахара с жомом, соответственно снижается коэффициент извлечения, что может объясняться образованием оптически активных веществ, вращающих плоскость поляризации противоположно продуктам распада сахарозы. Эти обстоятельства заставляют более осторожно относиться к использованию ультразвука и тщательно изучать его действие на исследуемые объекты [6]. До 2012 года в научной и патентной литературе не было опубликованных сообщений об ультразвуковой экстракции сульфатированных полисахаридов водорослей, включая фукоидан. Кроме того были представлены исследования, где указывалось, что такой способ может привести к деградации полисахаридов и фукоиданов [7].

Поскольку молекулярная масса играет важную роль в зависимости между структурой и функцией полисахаридов, важно использовать простой, но эффективный метод определения молекулярной массы растворимых водорослевых полисахаридов. Эксклюзионная хроматография является наиболее широко используемым методом молекулярной характеристики полимеров в целом. Метод появился в конце 1950-х годов и был назван гель-проникающей хроматографией или гель-фильтрационной хроматографией. Он содержит информацию об относительном или абсолютном распределении молекулярной массы в зависимости от стандартов, используемых для калибровки. Пуллуланы и декстраны являются наиболее широко используемыми стандартами для этой цели.

Целью данной работы является изучение влияния ультразвуковой обработки, применяемой для экстрагирования полисахаридов из бурых водорослей Баренцева моря, на их молекулярно-массовое распределение

Материалы и методы

Водоросли, принадлежащие к одной возрастной группе 4+-7+, фукус пузырчатый (*Fucus vesiculosus* (L.)) фукус зубчатый (*F. serratus* L.), фукус двусторонний (*F. distichus* L.) и аскофиллум узловатый (*Ascophyllum nodosum* (L.))

Le Jolis) были собраны в губе Зеленецкой Восточного побережья Баренцева моря в летне-осенний период 2016 г. Водоросли замораживали при температуре -25°C и хранили в течение 1 месяца. Перед экстракцией водоросли измельчали, и экстрагировали по запатентованному способу с получением фукоидансодержащего полисахаридного экстракта (Патент РФ 2506089). Для оценки влияния ультразвука на молекулярно-массовое распределение полисахаридов в экстрактах из тех же образцов водорослей получали экстракты, не подвергая их воздействию ультразвука.

Однородность и молекулярный вес образцов полисахаридных экстрактов определяли с помощью жидкостной хроматографии высокого разрешения (ВЭЖХ). Хроматографическая система для анализа включала LC-20AD насос (Shimadzu, Япония), DGU-20A3 дегазатор (Shimadzu, Япония), CTO-10AS термостат (Shimadzu, Япония), RID-10A рефрактометр (Shimadzu, Япония) в качестве детектора, колонку Shodex GS-520 HQ column (7.6 mm * 30 cm) и предколонку Shodex GS-2G 7B (7,6 мм * 5 см) (Shimadzu, Япония). Эксперименты проводились ВЭЖХ при 60°C , со скоростью потока 0,5 мл/мин. Образцы полисахаридов (3 мг/мл) растворяли в элюенте. Элюент вода очищенная. Пуллуланы (Fluka, Германия) (1, 3, 6, 12, 22, 50, 110, 200, 400 и 800 кДа) использовали в качестве стандартов. Образцы и стандарты были введены в четырехкратной повторности.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования образцов полисахаридных экстрактов представлены в табл. 1. На рис. 1 представлена хроматограмма типичного молекулярно-массового распределения полисахаридного экстракта, полученного из водорослей аскофиллум.

Таблица 1 – Молекулярно-массовое распределение полисахаридных экстрактов бурых водорослей Баренцева моря

Вид водорослей	Обработка ультразвуком	№ пика	Молекулярная масса, MW kDa	Площадь пика, %
<i>Fucus vesiculosus</i>	отсутствует	1	700	30,6
		2	430	33,5
		3	101,7	15,9
		4	50	16,0
		5	6,8	4,0
<i>Fucus vesiculosus</i>	40 мин	1	674,8	30,9
		2	392,5	26,6
		3	99	26,8
		4	52	11,4
		5	7,2	4,3

Окончание табл. 1

Вид водорослей	Обработка ультразвуком	№ пика	Молекулярная масса, MW kDa	Площадь пика, %
<i>Fucus serratus</i>	Отсутствует	1	716,7	38,9
		2	122,1	27,6
		3	8,1	33,5
<i>Fucus serratus</i>	40 мин	1	599,7	65,0
		2	159,8	22,8
		3	8,0	12,2
<i>Fucus distichus</i>	отсутствует	1	465–635	15,3
		2	200–290	24,2
		3	100	25,9
		4	7	34,6
<i>Fucus distichus</i>	40 мин	1	569	33,3
		2	468	30,8
		3	123–140	16,0
		4	7,9	19,9
<i>Ascophyllum nodosum</i>	отсутствует	1	979	52,8
		2	108	36,8
		3	4	10,4
		4	–	–
<i>Ascophyllum nodosum</i>	40 мин	1	564	50,1
		2	328	20,2
		3	66,7	25,2
		4	5,4	4,5

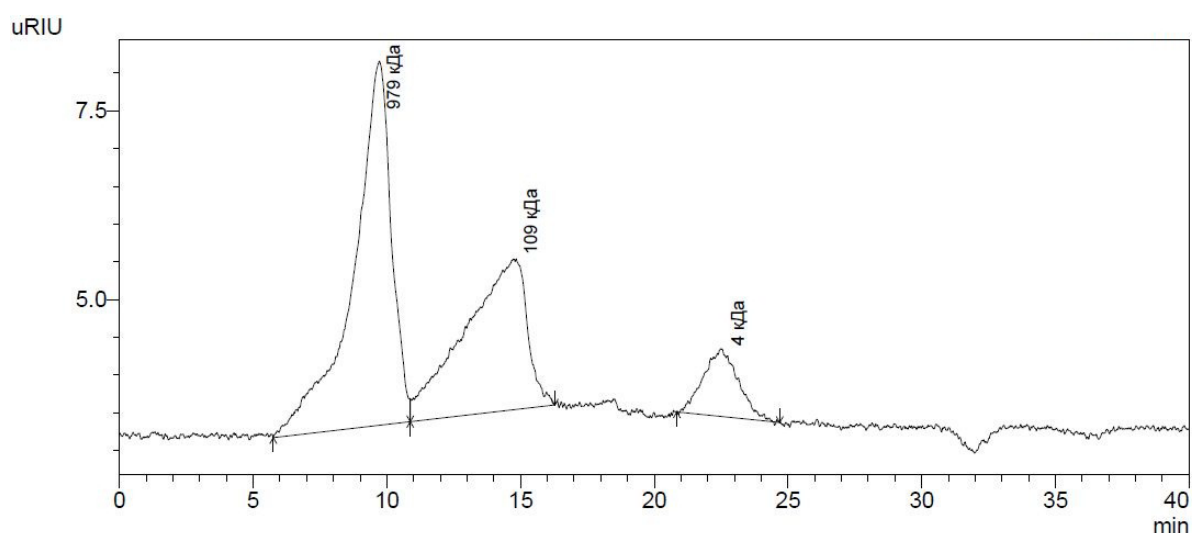


Рисунок 1 – Молекулярно-массовое распределение полисахаридного комплекса, экстрагируемого из водорослей *A. nodosum*

Полисахаридный экстракт, полученный из водорослей фукус пузырчатый с ультразвуковой обработкой и без нее, на хроматограммах молекулярно-массового распределения содержит 5 пиков (табл. 1). Следовательно, фракции этого экстракта содержат пять компонентов с разной молекулярной массой, время удержания которых находится между 7,5 и 15 мин. Полисахаридные фракции из этого вида фукуса являются высоко гетерогенными по молекулярной массе. Пики 1 и 2 показали распределение молекулярной массы 400–700 кДа с наибольшей площадью 30% для каждого, а пик 5 показал молекулярную массу 6 кДа с наименьшей площадью пика около 4 %. Пик 5 можно условно идентифицировать как ламинаран, низкомолекулярный полисахарид с ММ в пределах 3-6 кДа [8]. В работе Шевченко и др. также определена в составе экстрактов водорослей низкомолекулярная полиманнуроновая кислота с ММ 20–50 кДа. Следовательно пик 4 может указывать на присутствие в экстрактах низкомолекулярных альгинатов. Пик 3 с ММ около 100 кДа соответствует полисахариду фукоидану, для которого такая величина ММ наиболее типична [9]. Таким образом полисахаридные экстракты из водоросли фукус пузырчатый проявляли высокую гетерогенность по молекулярной массе, которая может быть связана с гетерогенной полисахаридной композицией (ламинаран, фукоидан и альгинат) бурых водорослей при экстракции как с использованием ультразвука, так и без его применения. Значительных отличий в молекулярно-массовом распределении полисахаридных экстрактов, полученных разными способами, не отмечено.

Та же самая процедура экстракции, используемая для получения экстрактов из фукуса пузырчатого, была применена к другим представителям фукоидов Баренцева моря. В состав каждой фракции входило от 4 до 3 пиков, с наибольшей площадью пиков в области 500-700 кДа. В целом характер молекулярно-массового распределения полисахаридных экстрактов мало отличался при использовании ультразвуковой обработки экстрактов. Видовые отличия в составе полисахаридных фракций экстрактов следует подтверждать проведением подробного химического исследования.

В заключении можно констатировать, что применение ультразвука для интенсификации процесса экстракции полисахаридов из бурых водорослей не ухудшает качество получаемых экстрактов, и оказывает слабое влияние на молекулярно-массовое распределение полисахаридных фракций.

Библиографический список

1. Li B., Lu F., Wei X., Zhao R. Fucoidan: Structure and Bioactivity // *Molecules*. – 2008. – No 13. – P. 1671–1695.
2. Seaweed polysaccharides and their potential biomedical applications/ Venkatesan J., Baboucarr L., Sukumaran Anil [et al.]. // *Starch/Stärke*. – 2015. – V. 66. – P. 1–10.
3. Облучинская Е. Д. Биологически активные вещества бурых водорослей: состав и фармакологические свойства // *Фармация*. – 2014. – № 4. – С. 49–51.
4. Lim S. J., Wan Aida W. M., Maskat M. Y., et al. Isolation and antioxidant capacity of fucoidan from selected Malaysian seaweeds // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – V. 42. Part 2. – P. 280–288.
5. Минина, Каухова, 2004; Mason TJ, Chemat F, Vinatoru M. The extraction of natural products using ultrasound or microwaves. *Curr Org Chem* 2011;15:237–47.
6. Yang C, Chung D, You S. Determination of physicochemical properties of sulphated fucans from sporophyll of *Undaria pinnatifida* using light scattering technique // *Food Chem*. – 2008. – V. 111. – P. 503–507.
7. Hahn Th., Lang S., Ulber R., Muffler K. Novel procedures for the extraction of fucoidan from brown algae // *Process Biochemistry*. – 2012. – V. 47. – P. 1691–1698.
8. Шевченко Н. М., Анастюк С. Д., Герасименко Н. И. [и др.]. Полисахаридный и липидный состав бурой водоросли *Laminaria gurjanovae* // *Био-орган. химия*. – 2007. – Т. 33. – № 1. – С. 96–107.
9. Имбс Т. И., Харламенко В. И., Звягинцева Т. Н. Оптимизация процесса экстракции фукоидана из бурой водоросли *Fucus evanescens* // *Химия растительного сырья*. – 2012. – № 1. – С. 143–147.

Структурообразование и реологические свойства гидрогелей на основе ПЭК "хитозан-желатина"

Соколан Н. И., Воронько Н. Г., Деркач С. Р., Кучина Ю. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра химии)

Аннотация. Методами ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и реологическими методами были исследованы особенности межмолекулярного взаимодействия полипептида желатины с катионным полисахаридом из панцирей креветки хитозаном при формировании полиэлектролитных комплексов (ПЭК) полисахарид-желатина в объёме водной фазы.

Abstract. The rheological properties of hydrogels based on PEC of gelatin with ionic polysaccharide chitosan have been studied. The interaction of gelatin and polysaccharides accompanied by the stoichiometric polyelectrolyte complexes formation in the aqueous phase has been studied by the methods of FTIR, SEM and rheological methods.

Ключевые слова: ионный полисахарид, желатина, хитозан, полиэлектролитные комплексы, ИК-спектроскопия, СЭМ, реология.

Key words: ionic polysaccharide, gelatin, chitosan, polyelectrolyte complexes, absorption FTIR, SEM, rheology.

Введение

В настоящее время в пищевой промышленности, биотехнологии, медицине и фармацевтике наблюдается тенденция к увеличению спроса на новые материалы на основе ПЭК [1; 2]. Такие комплексы образуются из противоположно заряженных биополимеров – белков, полисахаридов и нуклеиновых кислот. Если отношение противоположно заряженных групп в комплексе составляет 1:1, комплексы являются стехиометричными; в противном случае – нестехиометричными [3].

Стоит отметить, что одним из наиболее перспективных биополимеров (с точки зрения использования биологических ресурсов) являются ионные полисахариды такие как катионный полисахарид хитозан, которые могут быть своеобразными матрицами для формирования ПЭК [5].

Изучение вопросов формирования ПЭК ионных полисахаридов с полиамфолитами представляет большой научный интерес. Типичным полиамфолитом является желатина – продукт деструкции белка коллагена. Отрицательный заряд желатины создаётся остатками глутаминовой *Glu* и аспарагиновой *Asp* кислот [5].

Целью настоящей работы является исследование механизма формирования ПЭК желатины и хитозана в водной фазе и изучение межмолекулярного взаимодействия в этих комплексах.

Исследования являются продолжением серии работ [6–11].

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись водные смеси желатины с хитозаном. В работе использовали щелочную желатину типа В из бычьей кожи с твёрдостью по Блуму 225 (*Gelatin Type B from bovine skin 225 Bloom*) производства *Sigma-Aldrich* (США). В использованном образце желатины изоэлектрическая точка $pI_{\text{жел}}$ 4,7 (определяли вискозиметрическим и турбидиметрическим методами), средневязкостная масса $\bar{M}_\eta = 96$ kDa. Также был использован катионный полисахарид хитозан из панцирей креветки (*Chitosan from shrimp shells*) производства *Sigma-Aldrich* (Исландия). В образце хитозана степень деацетилирования составляла 86 %, $\bar{M}_\eta = 260$ kDa.

Исходные растворы желатины и хитозана были приготовлены отдельно в 0.1М растворе уксусной кислоты. Растворы желатины имели рН 3,4. Значения рН растворов хитозана находились в диапазоне от 3,1 до 3,9 и слегка возрастали вместе с увеличением концентрации полисахарида. Значения рН смеси биополимеров находились в диапазоне от 3,2 до 3,9 (ниже $pI_{\text{жел}}$).

В работе использовали экспериментальные методы Фурье инфракрасной (ИК) абсорбционной спектроскопии, СЭМ и реологические методы.

Результаты и обсуждение

Взаимодействие между макромолекулами желатины и хитозана подтверждается изменениями в Фурье ИК-спектре. На рис. 1 приведены спектры для образцов чистой желатины, а также для смесей хитозана и желатины при различных соотношениях Z ($\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$). Введение хитозана в области формирования стехиометричных ПЭК ($Z \leq 0.8$) вызывает значительный сдвиг полосы Амид А желатины от 3401 до 3306–3309 см^{-1} (при этом полоса Амид А хитозана наблюдается при 3439 см^{-1}). Сдвиг полосы Амид А как относительно желатины, так и относительно хитозана можно объяснить формированием водородных связей между молекулами хитозана и желатины, а также – электростатическими взаимодействиями между аминогруппами хитозана и карбоксильными группами *Glu* и *Asp* желатины. Обратный сдвиг полосы Амид А до 3401 см^{-1} при дальнейшем увеличении Z до 1.5 (т. е. в области формирования нестехиометричных ПЭК) объясняется влиянием групп NH и OH хитозана, не связанных с желатиной (полоса Амид А хитозана при 3439 см^{-1}).

Введение хитозана также приводит к сдвигу полосы валентных колебаний карбоксильных групп желатины с 1165 см^{-1} до 1154 см^{-1} . Это может быть связано с электростатическими взаимодействиями между аминогруппами хитозана и карбоксильными группами желатины.

Положительный сдвиг полосы Амид III желатины при введении хитозана с 1237 до 1253 см^{-1} можно (согласно литературным данным) объяснить уменьшением межмолекулярных взаимодействий между α -цепями желатины внутри коллагеноподобной тройной спирали, другими словами – увеличением соотношения между желатиной в конформации статистического клубка и коллагеноподобной структурой.

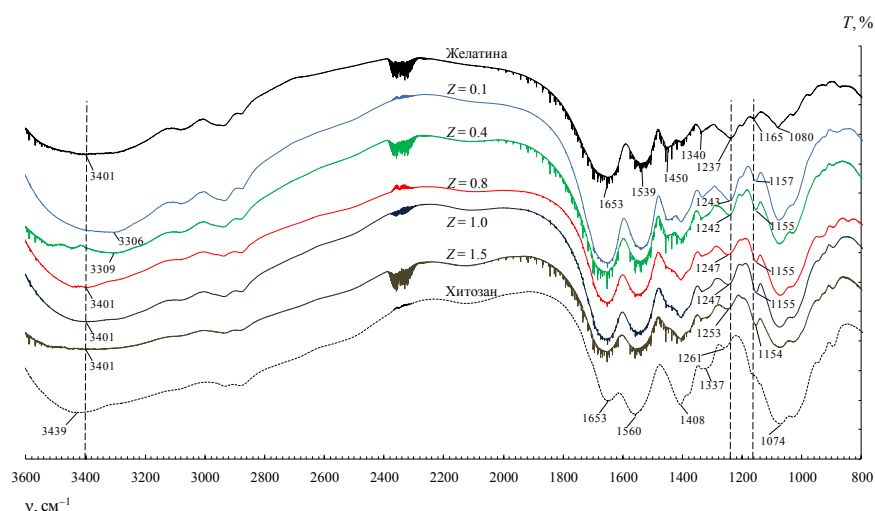


Рисунок 1 – ИК-спектры для образцов чистой желатины ($Z = 0$) и смесей хитозана с желатиной с различным массовым соотношением Z

На рис. 2 продемонстрированы микрофотографии, полученные с помощью СЭМ для высококонцентрированного гидрогеля желатины (28.%) без добавления полисахарида и того же образца с небольшим количеством хитозана ($Z = 0,025$ г. хит./г. жел.). Оба изображения представлены с увеличением $\times 10^4$. Молекулярная структура в образцах чистой желатины образована поперечными коллагеноподобными фибриллами (спиралями), создающими сеть (рис. 2 а). Размер фибрилл зависит от концентрации желатины. Структура геля также включает дискретные зоны (ячейки), распространяющиеся вдоль фибрилл внутри сетки. Эти элементы могут быть образованы не спиральными участками макромолекул.

Добавление хитозана (даже при таких довольно низких концентрациях) приводит к значительным изменениям в молекулярной структуре (рис. 2 б). Во-первых, тройные коллагеноподобные спирали не так заметны. Во-вторых,

полисахарид способствует образованию упрочнению сетки в геле из-за образования стехиометрических комплексов "хитозан-желатина", что сопровождается образованием дополнительных узлов в сетке (электростатическое взаимодействие между $-\text{NH}_3^+$ хитозана и $-\text{COO}^-$ желатины и водородные связи между обоими биополимерами). Формирование упрочнённой сетки гидрогеля ПЭК "хитозан-желатина" приводит к соответствующему усилению его вязкоупругих характеристик.

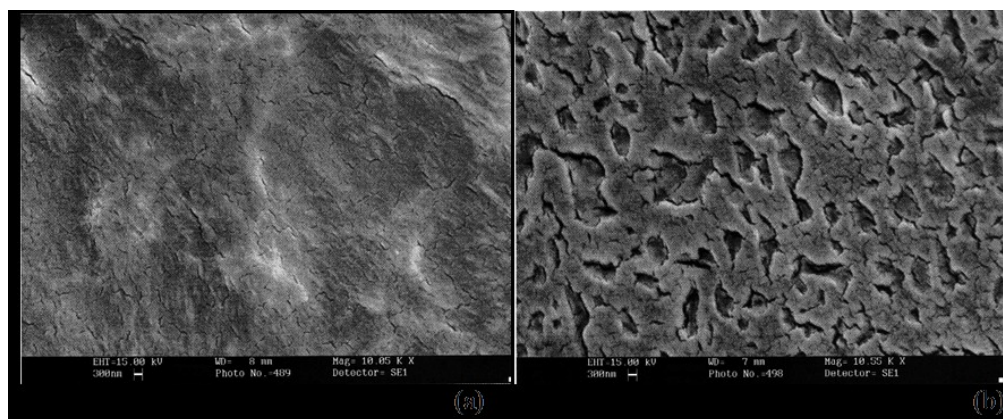


Рисунок 2 –Микрофотографии гидрогелей желатины Сжел. = 28 % (а)
и гидрогелей, сформированных на основе ПЭК "хитозан-желатина" Сжел = 28 %, $Z = 0.025$ г.хит./г.жел. (b)

Полученные зависимости предела текучести и вязкости при нескольких скоростях сдвига выше предела текучести для ПЭК "хитозан-желатина" представлены на рисунке 3. Как можно видеть значения реологических параметров возрастают с увеличением концентрации хитозана от 0,1 % до 0,6 %, что соответствует увеличению концентрации стехиометрических комплексов "хитозан-желатина". Увеличение концентрации хитозана до 0,6% и образование ПЭК "хитозан-желатина" приводит к значительному увеличению прочности сетки гелей и увеличению вязкости. Между тем, дальнейшее увеличение концентрации хитозана приводит к уменьшению всех реологических параметров.

Добавление даже 0,1 % хитозана сокращает длину области линейного вязкоупругого поведения более чем в три раза. Однако дальнейшее увеличение содержания хитозана от 0,1 % до 0,6 % приводит к экспоненциальному росту G' , а также предела линейной вязкоупругости (рис. 4). Однако увеличение концентрации хитозана до 0,8 % способствует уменьшению обсуждаемых реологических параметров. Этот эффект можно объяснить увеличением роли электростатического отталкивания между комплексами, несущими положительные заряды при значениях pH ниже $\text{pI}_{\text{жел.}}$. Затем усиливающийся

эффект хитозана (создание дополнительных участков в пространственной сетке) подавляется электростатическим отталкиванием комплексов.

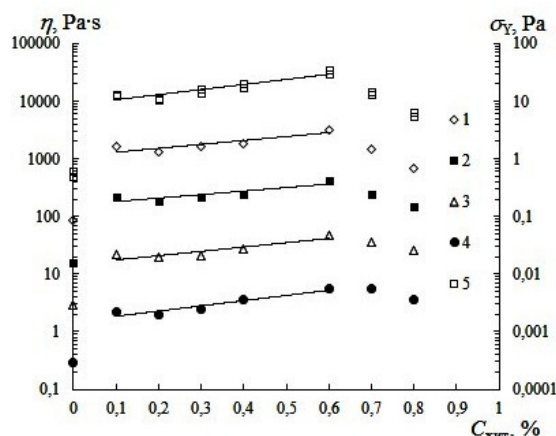


Рисунок 3 – Зависимости динамической вязкости η и предела текучести для ПЭК "хитозан-желатин" ($C_{\text{жел}} = 1,0\%$) от концентрации хитозана ($C_{\text{хит}}$). Динамическая вязкость измерялась при разных скоростях сдвига: $\dot{\gamma}$ (с-1): 0,01 (1), 0,10 (2), 1,00 (3), 20,0 (4). Данные предела текучести приведены на кривой 5

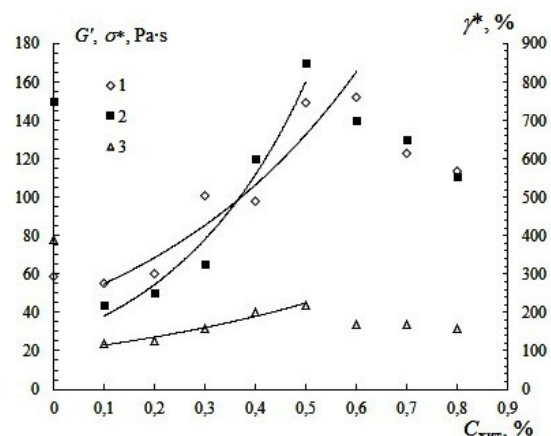


Рисунок 4 – Зависимости линейного значения G' (1) и критических значений σ^* (2) и γ^* (3) для ПЭК "хитозан-желатина" от концентрации хитозана ($C_{\text{хит}}$)

Зависимость температуры плавления от концентрации хитозана в модифицированном геле показана на рисунке 5. Как видно, эта зависимость не является прямой: сначала незначительное увеличение температуры плавления гелей и резкий спад при концентрации хитозана 0,5–0,6 %. Данные результаты согласуются с полученными ранее реологическими параметрами, что еще раз подтверждает наличие эффекта электростатического отталкивания между комплексами.

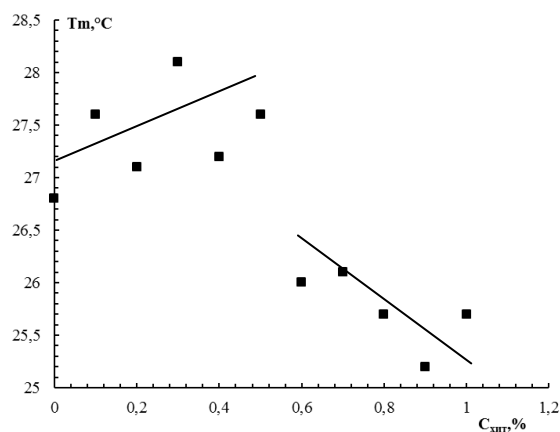


Рисунок 5 – Концентрационная зависимость температуры плавления гидрогнлей "хитозан-желатина"

Выводы

Методом ИК-спектроскопии исследовано межмолекулярное взаимодействие хитозана и желатины при формировании полиэлектролитных комплексов в области массовых соотношений биополимеров Z от 0.1 до 1.5 г.хит./г.жел. Показано, что комплексы "хитозан-желатина" формируются за счёт электростатических взаимодействий между заряженными аминогруппами хитозана и карбоксильными группами желатины, а также – благодаря межмолекулярным водородным связям. Обнаружено, что формирование ПЭК "хитозан-желатина" уменьшает долю коллагеноподобных тройных спиралей желатины.

Взаимодействия "хитозан-желатина", приводящие к формированию ПЭК, качественно меняют морфологию гидрогеля желатины при добавлении даже небольшого количества хитозана ($Z = 0.025$ г.хит./г.жел.). Микрофотографии, полученные методом РЭМ, позволили обнаружить формирование дополнительных узлов в пространственной сетке геля (комплексы хитозан-желатина), а также – уменьшение степени спирализации желатины, как основного желирующего агента.

Желатина, модифицированная хитозаном, образует гелеобразные структуры, которые демонстрируют вязкоупругие свойства, как и чистые желатиновые гели. Увеличение концентрации хитозана (с постоянной концентрацией желатины 1,0 %) приводит к экспоненциальному увеличению реологических параметров при концентрации хитозана от 0,1% до 0,6%. Это происходит за счет электростатического взаимодействия и водородных связей между биополимерами. Однако дальнейшее увеличение концентрации хитозана до 0,8 % приводит к снижению реологических параметров гелей из-за электростатического отталкивания положительно заряженных ПЭК.

Работа была выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 16-16-00076).

Библиографический список

1. Изумрудов, В. А. Явления самосборки и молекулярного "узнавания" в растворах (био)полиэлектролитных комплексов / В. А. Изумрудов // Успехи химии. – 2008. – Т. 74, Вып. 4. – С. 401–415.
2. Gubbala, S. K. Polyelectrolyte complex: A pharmaceutical review / S. K. Gubbala // Review Article Pharmaceutical Sciences. – 2012. – V. 2, № 3. – P. 399–407.

3. Kramarenko, E. Y. Stoichiometric polyelectrolyte complexes of ionic block copolymers and oppositely charged polyions / E. Y. Kramarenko, A. R. Khokhlov, P. Reineker // J. Chem. Phys. – 2006. – V. 125. – P. 1–8.
4. Hamman, J. H. Chitosan Based Polyelectrolyte Complexes as Potential Carrier Materials in Drug Delivery Systems / J. H. Hamman // Marine Drugs. – 2010. – V. 8. – P. 1305–1322.
5. Haug, I. J. Gelatin / I. J. Haug, K. I. Draet // Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams (Edition). – 2-nd ed. – Boca Raton, Boston, New York, Washington DC : CRC Press, 2009. – P. 142–163.
6. Derkach, S. R. The Rheological Properties of Gelatin Gels Containing κ -Carrageenan / S. R. Derkach, N. G. Voron'ko, A. A. Maklakova, and Yu. V. Kondratyuk // Colloid Journal. – 2014. – V. 76, № 2. – P. 146–152.
7. Derkach, S. Stability and the rheological properties of concentrated emulsions containing gelatin- κ -carrageenan polyelectrolyte complexes / S. Derkach, I. Zhabyko, N. Voron'ko, A. Maklakova, T. Dyakina // Colloid and Surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects. – 2015. – V. 483. – P. 216–223.
8. Derkach, S. R. The rheology of gelatin hydrogels modified by κ -carrageenan / S. R. Derkach, S. O. Ilyin, A. A. Maklakova, V. G. Kulichikhin, A. Ya. Malkin // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – V. 63. – P. 612–619.
9. Voron'ko, N. G. Rheological properties of Gels of Gelatin with Sodium Alginate / N. G. Voron'ko, S. R. Derkach, and V. N. Izmailova // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2002. – V. 75, № 2. – P. 790–794.
10. Voron'ko, N. G. The chitosan–gelatin (bio)polyelectrolyte complexes formation in an acidic medium / N. G. Voron'ko, S.R. Derkach, Y. A. Kuchina, N. I. Sokolan // Carbohydrate Polymers. – 2016. – V. 138. – P. 265–272.
11. Derkach, S. R. The rheology of hydrogels based on chitosan–gelatin (bio)polyelectrolyte complexes / Derkach, S. R., Voron'ko, N. G., Sokolan, N. I. // Journal of Dispersion Science and Technology – 2017 – V. 38. – P. 1427–1434.

**ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ**

Проблемы и перспективы использования биологических методов очистки акваторий от разливов нефти и нефтепродуктов

Блинова Е. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. Представлен краткий обзор методов, предназначенных для ликвидации загрязнений воды нефтью и нефтепродуктами. Наиболее перспективным методом в настоящее время признана биоремедиация. Использование нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки окружающей среды является не новой, но недостаточно изученной областью исследований.

Abstract. A brief overview of the methods used to eliminate water pollution by oil and oil products is presented. Bioremediation is currently recognized as the most promising method. The use of oil-oxidizing microorganisms to clean the environment is not new, but insufficiently studied area of research.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, вода, биоремедиация.

Key words: oil (petroleum), oil products, water, bioremediation.

С каждым годом в Мировой океан по тем или иным причинам сбрасывается от 2 до 10 млн. т нефти. Аэрофотосъемкой со спутников зафиксировано, что практически 30 % поверхности океана покрыто нефтяной пленкой.

Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее распространенным загрязняющим биосферу веществам. В связи с ограниченностью возможностей применения (а иногда и причинением большего экологического вреда) для ликвидации разливов нефти механических и физико-химических способов очистки, поиск новых альтернативных методов очищения акваторий от нефтяных загрязнений является весьма актуальным.

Разливы нефти и нефтепродуктов классифицируются как чрезвычайные ситуации и ликвидируются в соответствии с законодательством Российской Федерации [7].

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов предусматривает выполнение многофункционального комплекса задач, реализацию различных методов и использование технических средств. Независимо от характера аварийного разлива нефти и нефтепродуктов первые меры по его ликвидации должны быть направлены на локализацию пятен во избежание распространения дальнейшего загрязнения новых участков и уменьшения площади загрязнения [7].

После того как разлившуюся нефть удастся локализовать и сконцентрировать, следующим этапом является ее ликвидация.

В настоящее время основными способами ликвидации нефтяных разливов на местности являются их механический сбор, в ряде случаев с использованием сорбентов, с последующим выжиганием или захоронением остатков путём посыпки песком или торфом [6]. Наибольшая эффективность его достигается в первые часы после разлива. Это связано с тем, что толщина слоя нефти остается достаточно большой. При малой толщине нефтяного слоя, большой площади его распространения и постоянном движении поверхностного слоя под воздействием ветра и течения механический сбор достаточно затруднен. Помимо этого осложнения могут возникать при очистке от нефти и нефтепродуктов акваторий портов и верфей, которые зачастую загрязнены всевозможным мусором, щепой, досками и другими предметами, плавающими на поверхности воды [7]. Механическая очистка подразумевает отстаивание и фильтрацию загрязнений, что, во-первых, не решает проблему очистки от растворенных элементов, во-вторых, не решает проблему утилизации самих загрязнений, которые остаются практически в неизмененном виде. Термический метод, основанный на выжигании слоя нефти, применяется при достаточной толщине слоя и непосредственно после загрязнения, до образования эмульсий с водой. При сжигании из-за недостаточно высокой температуры в атмосферу попадают продукты возгонки и неполного окисления нефти [6; 7]. Этот метод применяется в сочетании с другими методами ликвидации разлива.

Физико-химический метод с использованием диспергентов и сорбентов эффективен в тех случаях, когда механический сбор нефти и нефтепродуктов невозможен, например, при малой толщине пленки или когда разлившиеся нефтепродукты представляют реальную угрозу наиболее экологически уязвимым районам. Сорбенты при взаимодействии с водной поверхностью начинают немедленно впитывать нефть, максимальное насыщение достигается в период первых десяти секунд (если нефтепродукты имеют среднюю плотность), после чего образуются комья материала, насыщенного нефтью [4; 7].

В крайних случаях, если пятно движется, например, к заповедным местам, его могут обрабатывать диспергентами. Они представляют собой специальные химические вещества, которые расщепляют нефтяную пленку и не дают ей распространяться. Однако диспергенты негативно влияют на окружающую среду. Биологический ущерб от применения диспергентов зачастую

оказывается больше, чем ущерб, который можно было ожидать от загрязнения только нефтью, так как эти соединения довольно токсичны. Кроме того, необходимо учитывать высокую стоимость самих реактивов и необходимость их точной дозировки [10]. Методы химической очистки, находят применение, главным образом, для очистки сточных вод [12].

Биологический метод используется после применения механического и физико-химического методов при толщине пленки не менее 0,1 мм [7].

Среди всего спектра методов устранения последствий углеводородных загрязнений, биологические методы справедливо признаны в мире наиболее безопасными для окружающей среды и экономически целесообразными. Преимуществами биологических способов обезвреживания являются не только их сравнительная дешевизна, но и практически 100 % утилизация конечных продуктов, общее снижение антропогенной нагрузки за счёт активизации естественных природных процессов самоочищения.

Особенно перспективным является метод биоремедиации, основанный на использовании микроорганизмов, способных утилизировать углеводороды в процессе своей жизнедеятельности. При этом предполагается активизация не только аборигенной микрофлоры загрязненных объектов, но и внесение биопрепаратов, содержащих штаммы активных нефтедеструкторов [1].

В результате биологической обработки нефтяного загрязнения биопрепаратами в окружающей среде остаются легко разлагающийся бактериальный белок, не требующий последующей утилизации, и нетоксичные продукты разложения нефти. Продукты жизнедеятельности бактерий и сами отмирающие бактерии легко усваиваются аборигенной микрофлорой, давая основу для формирования гумуса (при использовании препарата для очистки почвы) или образуя донный ил (в случае применения на воде). Степень очистки зависит от исходной величины загрязнения, вида нефтепродукта.

Микроорганизмы, окисляющие УВ, широко распространены в воде и на дне морей. Содержание УВ-окисляющих микроорганизмов в воде зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются толщина нефтяной плёнки, глубина, на которой они обитают, температура воды, содержание биогенных элементов и др. [2; 8]. Число микроорганизмов, способных ассимилировать нефтяные углеводороды, относительно невелико. В первую очередь это бактерии, в основном представители рода *Pseudomonas*, и определенные виды грибов и дрожжей [5].

В процессе биоремедиации углерод из нефти и нефтепродуктов частично преобразуется в углекислый газ, частично переходит в биомассу клеток, и частично трансформируется в донный ил. При температуре воды 15–25 °С и достаточной насыщенности кислородом микроорганизмы могут окислять нефть и нефтепродукты со скоростью до 2 г/м² водной поверхности в день. При низких температурах бактериальное окисление происходит медленно, и нефтепродукты могут оставаться в водоемах длительное время – до 50 лет [7; 11].

Нефть представляет собой смесь около 1000 индивидуальных веществ, из которых большая часть – жидкие углеводороды (УВ) (> 500 веществ; 80–90 % по массе) и гетероатомные органические соединения (4–5 %), преимущественно сернистые (около 250 веществ), азотистые (> 30 веществ) и кислородсодержащие (около 85 веществ), а также металлоорганические соединения (в основном ванадиевые и никелевые). Минорные компоненты – растворённые углеводородные газы (C₁–C₄; 0,1–4 %), вода (0–10 %), минеральные соли (главным образом хлориды; 0,1–4000 мг/л и более), растворы солей органических кислот и механические примеси [9].

В большинстве случаев метаболизм парафиновых углеводородов начинается с окисления терминальной метильной группы в спирт и, далее, через альдегид до соответствующей жирной кислоты. Дальше процесс идет по пути β-окисления жирных кислот, при котором за каждый цикл длина цепочки жирной кислоты укорачивается на два углеродных атома. Как правило, ферменты, участвующие в этом процессе, обладают низкой специфичностью и могут участвовать в утилизации углеводородов с различным числом углеродных атомов [6].

Химический и композиционный состав отдельных компонентов нефти определяют особенности утилизации их микроорганизмами. Решающее значение для использования алифатических углеводородов имеет длина цепи: по мере удлинения цепи парафинов растет число видов микроорганизмов, способных использовать эти соединения, а также активность их использования. После первичной атаки микроорганизмов в нефтезагрязненной среде остаются алканы с очень длинной цепью, полициклические нафтены, полиароматические углеводороды и смеси веществ, составляющие фракцию смол и асфальтенов. Все эти вещества не могут быть метаболизированы отдельными микроорганизмами, и их деструкция в природных условиях связывается с действием смешанных популяций микроорганизмов, – сообществ, для которых характерны отношения кооперации и взаимопомощи [4; 6; 12].

При этом необязательно чтобы консорциум состоял только из нефтедеструкторов. Возможно, наиболее эффективным будет взаимодействие нескольких активных нефтедеструкторов, ориентированных на разные фракции нефти, и нескольких гетеротрофных микроорганизмов, не обладающих углеводородоокисляющей способностью, но способных ассимилировать продукты промежуточного окисления углеводородов, часто токсичных для углеводородоокисляющих организмов. Проблема создания подобных консорциумов состоит в том, что очень сложно оценить потенциал углеводородоокисляющих ферментных систем, а также трофические связи внутри сообщества [6; 13].

Научные лаборатории всего мира разрабатывают препараты-нефтедеструкторы, действие которых основано на использовании уникальных возможностей углеводородоокисляющих микроорганизмов, входящих в их состав. Продолжается поиск новых деструкторов углеводородов нефти и выявление оптимальных условий эффективного использования имеющихся препаратов [13; 14].

Необходимо отметить, что создание универсального биопрепарата (консорциума микроорганизмов, спроектированного специально для задач биоремедиации) невозможно по ряду причин: во-первых, нефти разных месторождений отличаются друг от друга по фракционному и композиционному составу; во-вторых, в практике биоремедиации приходится сталкиваться не только с нефтяными загрязнениями, но и с загрязнениями нефтепродуктами, которые резко отличаются по химическим свойствам от исходной нефти; в-третьих, районы добычи, переработки и хранения нефти и нефтепродуктов значительно отличаются друг от друга по природно-климатическим и гидротермическим условиям [4; 6].

В настоящее время изучению этой проблемы посвящено большое число научных исследований, и интерес к этой тематике растет.

Библиографический список

1. Вельков, В. В. Биоремедиация; принципы, проблемы, подходы / В. В. Вельков // Биотехнология. – 1995. – № 3–4. – С. 20–27.
2. Ворошилова, А. А. О бактериальном окислении нефти и ее миграции в природных водоемах / А. А. Ворошилова, Е. В. Дианова // Микробиология. – 1950. – Т. 19. – № 3. – С. 203–210.
3. Казиева, А. А. Сравнительная оценка различных доз биопрепарата для очистки нефтезагрязненных почв [Электронный ресурс] / А. А. Казиева,

Э. И. Мелякина // КиберЛенинка [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-razlichnyh-doz-biopreparata-dlya-ochistki-neftezagryaznennyh-pochv> (дата обращения: 19.03.18). – Загл. с экрана.

4. Карасева, Э. В. Биоремедиация черноземной почвы, загрязненной нефтью / Э. В. Карасева, И. Е. Гирич, А. А. Худокормов, Н. Ю. Алешина, С. Г. Карасев // Биотехнология. – 2011. – № 2. – С. 67–72.

5. Литвинова М. Ю. Гетеротрофный бактериопланктон среднего и северного колен Кольского залива и его участие в процессах их естественного очищения от нефтяных углеводородов : дис. ... канд. биол. наук. – Мурманск, 2013. – 173 с.

6. Логинова, О. Бактерии-нефтедеструкторы для биоремедиации супесчаных почв Воронежской области [Электронный ресурс] / О. Логинова // Биомолекула [сайт]. URL: <https://biomolecula.ru/articles/bakterii-neftedestruktory-dlia-bioremediatsii-supeschanykh-pochv-voronezhskoi-oblasti#source-2> (дата обращения: 30.03.18). – Загл. с экрана.

7. Неотложные меры и методы ликвидации аварийных разливов нефти. Справка [Электронный ресурс] // РИА новости [сайт]. – URL: <https://ria.ru/eco/20090714/177333106.html> (дата обращения: 01.04.18). – Загл. с экрана.

8. Полякова, И. Н. Распределение микроорганизмов, окисляющих углеводороды, в воде Невской губы / И. Н. Полякова. – Микробиология, 1962. – № 3. – Вып. 6. – С. 1076–1081.

9. Состав нефти и классификация [Электронный ресурс] // Нефтеперерабатывающая установка класса МНПУ [сайт]. – URL: <http://www.mnpu.ru/?menu=docs&sub=svojstva> (дата обращения: 29.03.18). – Загл. с экрана.

10. Технология восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами : справочник. – М. : РЭФИА. НИА. Природа, 2003. – 258 с.

11. Федоренко В. Н. Выделение и оценка биотехнологического потенциала микроорганизмов для утилизации нефтяных загрязнений северных морей : дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2016. – 218 с.

12. Чачина, С. Б. Деструкция углеводородов нефти с использованием микробиологических препаратов "Байкал-эм", "Тамир", "Восток" [Электронный ресурс] / С. Б. Чачина, С. В. Болтунова, Н. В. Черкашина // КиберЛенинка [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/destruktsiya->

uglevodorodov-nefti-s-ispolzovaniem-mikrobiologicheskikh-preparatov-baykal-em-tamir-vostok (дата обращения: 23.03.18). – Загл. с экрана.

13. Gertler C. Microbial consortia in mesocosm bioremediation trial using oil sorbents, slow-release fertilizer and bioaugmentation / C. Gertler, G. Gerdtz, K. N. Timmis, P. N. Golyshin // FEMS Microbiology Ecology. – 2009. – Vol. 69. – Issue 2. – P. 288–300.

14. Grabowski, A. Microbial diversity in production waters of a low-temperature biodegraded oil reservoir / A. Grabowski, O. Nercessian, F. Fayolle, D. Blanchet, C. Jeanthon // FEMS Microbiology Ecology. – 2005. – Vol. 54. – Iss. 3. – P. 427–443.

Гельминтофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* на Кольском полуострове

Гармаш М. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. Изучена гельминтофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* из оз. Промерное, оз. Кулонга, оз. Нижний Вензин, Кольского залива (район р. Лавна), эстуария р. Тулома. Выявлено четыре вида гельминтов (*Anisakis simplex*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Schistocephalus solidus*, *Neoechinorhynchus rutili*). Определены количественные показатели заражения рыб: экстенсивность инвазии, %; индекс обилия, экз.; интенсивность инвазии, экз.

Abstract. The helminth fauna of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* from lake Promernoe, lake Kulonga, lake Lower Venzin, Kola Bay (the area of the river Lavna), the estuary of the river Tuloma was studied. Four types of helminths were detected (*Anisakis simplex*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Schistocephalus solidus*, *Neoechinorhynchus rutili*). The quantitative indexes of infection of fish: the extensiveness of invasion, %; index of abundance, ind.; intensity of infestation, ind.

Ключевые слова: *Gasterosteus aculeatus*, *Anisakis simplex*, *Schistocephalus solidus*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Neoechinorhynchus rutili*, зараженность, гельминтофауна.
Key words: *Gasterosteus aculeatus*, *Anisakis simplex*, *Schistocephalus solidus*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Neoechinorhynchus rutili*, infestation, helminthic fauna.

Колюшковые являются как промежуточными, так и окончательными хозяевами довольно большого числа видов экто- и эндопаразитов. Трехиглая колюшка включает в себя 94 вида паразитов, принадлежащих к 7 типам [1; 2]. Данные о паразитах колюшковых из водоемов Кольского региона представлены в ряде публикаций [3–7]. По литературным данным фауна паразитов трехиглой колюшки в Кольском регионе представлена 34 видами. К солоноватоводным паразитам относятся 24 вида, к морским – 14. Тем не менее, паразитологическая изученность этих рыб на Кольском полуострове остается слабой. Информации о паразитах колюшки из водоемов Кольского севера мало.

Основу данной работы составляют материалы, собранные из оз. Промерное, оз. Кулонга, оз. Нижний Вензин, Кольского залива (район р. Лавна), эстуария р. Тулома. В общей сложности исследовано 134 экземпляра трехиглой колюшки. В среднем длина пресноводной колюшки составила 45 мм, а масса 1 г, морской соответственно 71 мм, 4 г. Гельминтофауна определялась по общепринятой методике неполного паразитологического вскрытия [8; 9]. Про-

водили наружный осмотр трехиглой колюшки, а также осмотр внутренних органов и полости тела для выявления личинок. При наружном осмотре кожного покрова и плавников рыб паразитов, видимых невооружённым глазом, обнаружено не было. Вскрытую брюшную полость осматривали, при обнаружении крупных паразитов, их извлекали, фиксировали, этикетировали и сохраняли для дальнейшей камеральной обработки. По результатам проведенных исследований учитывали, какие встречаются гельминты, в каком состоянии и в каком количестве.

Поскольку зараженность была высокой, были определены количественные показатели заражения рыб: экстенсивность инвазии, индекс обилия, интенсивность инвазии, следующим образом:

1. Экстенсивность инвазии – доля зараженных рыб в выборке (%);
2. Интенсивность инвазии – количество паразитов в одной зараженной рыбе (экз.);
3. Индекс обилия – среднее число паразитов на каждую обследованную рыбу в выборке [10]

По литературным данным [3–7] фауна паразитов трехиглой колюшки в Кольском регионе представлена 34 видами (табл. 1).

К солоноватоводным паразитам относятся 24 вида (*Diplostomum pungitii*, *Diplostomulum spathaceum*, *Schistocephalus pungitii*, *Proteocephalus filicollis*, *Diphyllobothrium dendriticum*, *Raphidascaris acus* L., *Myxobilatus gasterostei*, *Myxobolus* sp., *Glugea anomala*, *Sphaerospora elegans*, *Trichodina tenuidens*, *T. domerguei domerguei*, *Trichodina lotispina*, *Apiosoma amoebae*, *A. conicum*, *A. Extensum*), и к морским – 14 (*Brachypchallus crenatus*, *Lecithaster gibbosus*, *Derogenes varicus*, *Podocotyle atomon*, *P. Reflexa*, *Hemiurus levinseni*, *Cryptocotyle* spp., *Bothriocephalus scorpii*, *Scolex polymorphus*, *Pseudophyllidae* gen sp., *Diplocotyle olrikii*, *Anisakis* sp., *Contracoecum aduncum*, *Hysterothylacium aduncum*).

Таблица 1 – Паразитофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* Кольского региона

Паразит	Экологическая группа	
	Морская	Солоноватоводная
<i>Mixosporidia</i>		<i>Myxobilatus gasterostei</i>
		<i>Myxobolus</i> sp.
		<i>Glugea anomala</i>
		<i>Sphaerospora elegans</i>

Окончание табл. 1

Паразит	Экологическая группа	
	Морская	Солоноватоводная
Peritricha		<i>Trichodina tenuidens</i>
		<i>T. domerguei domerguei</i>
		<i>Trichodina lotispina</i>
		<i>Apiosoma amoebae</i>
		<i>A. conicum</i>
		<i>A. Extensum</i>
		<i>A. Gasterostei</i>
		<i>A. piscicolum</i>
		<i>A. minimicronucleatum</i>
Monogenea		<i>Gyrodactylus arcuatus</i>
		<i>Gyrodactylus rarus</i>
Cestoda	<i>Bothriocephalus scorpii</i>	<i>Schistocephalus pungitii</i>
	<i>Scolex polymorphus</i>	<i>Proteocephalus filicollis</i>
	<i>Pseudophyllidae gen sp.</i>	<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>
	<i>Diplocotyle olrikii</i>	
Trematoda	<i>Brachypchallus crenatus</i>	<i>Diplostomum pungitii</i>
	<i>Lecithaster gibbosus</i>	<i>Diplostomulum spathaceum</i>
	<i>Derogenes varicus</i>	
	<i>Podocotyle atomon</i>	
	<i>P. reflexa</i>	
	<i>Hemiurus levinseni</i>	
	<i>Cryptocotyle spp.</i>	
Nematoda	<i>Anisakis sp.</i>	<i>Thynnascaris adunca</i>
	<i>Contracoecum aduncum</i>	<i>Raphidascaris acus l.</i>
	<i>Hysterothylacium aduncum</i>	
Acanthocephala		<i>Neoechinorhynchidae rutili</i>
Crustacea		<i>Therstina gasterostei</i>

В данной работе изучали только гельминтофауну трехиглой колюшки. В исследуемых водоемах отмечено 4 вида гельминтов, а именно нематода (*Anisakis simplex*), цестоды (*Diphyllbothrium dendriticum*, *Schistocephalus solidus*), скребни (*Neoechinorhynchus rutili*). Обнаруженные гельминты локализуются в полости тела (*Anisakis simplex*, *Schistocephalus solidus*) и кишечнике (*Diphyllbothrium dendriticum*, *Neoechinorhynchus rutili*). Колюшка трехиглая является промежуточным хозяином для нематод и цестод, и дефинитивным для скребней [11–13].

Гельминты *Anisakis simplex* быстро распространяются в организме трехиглой колюшки (второй промежуточный хозяин), заражая ее внутренние органы, прежде всего, печень, кишечник и желчный пузырь, а также мускулатуру. То есть имеет место развитие анизакидоза рыб [11].

Колюшка является дополнительным хозяином лентецов *Diphyllbothrium dendriticum* [12]. Питаясь зоопланктоном, она заглатывает инвазированных рачков и поражается первой стадией развития личинок – процеркоидами, которые в ее теле превращаются в плероцеркоидов. Плероцеркоиды поселяются на стенках желудка, питаясь важнейшими микро-элементами хозяина, следствием чего является снижение темпов роста и истощение колюшки. В исследуемой колюшке были обнаружены обе стадии развития личинок. Дефинитивные хозяева (хищные рыбы или рыбацкие птицы) заражаются дифиллоботриозом при питании рыбой, содержащей плероцеркоидов лентецов.

Для цестоиды *Schistocephalus solidus* колюшка также является промежуточным хозяином [13]. Попав в кишечник рыбы, процеркоиды продырявливают его стенку и попадают в брюшную полость, где превращаются в плероцеркоидов. Плероцеркоиды быстро растут и становятся способными заражать конечного хозяина. *Schistocephalus solidus* является манипулятором, синтезируя вещества, приводящие к изменению поведения колюшки [14]. Такие рыбы прекращают поиск укрытий и склонны держаться на открытых пространствах или у поверхности воды, где легко могут быть съеденными птицей, а паразит, таким образом, перейдет в тело окончательного хозяина. Также заражение паразитом приводит в некоторых популяциях колюшки к полной или частичной потере кожных пигментов, особенно на спине. Это делает рыб белыми, из-за чего такие особи становятся более заметными для птиц. Также серия экспериментов показала, что колюшка является так называемым облигатным промежуточным хозяином, т. е. единственным подходящим для этого червя [15]. При прямом заражении других видов рыб плероцеркоиды растут значительно медленнее и гибнут в течение 14 дней после заражения. Все это говорит о том, что организм рыб в принципе может бороться с заражением паразитом, однако именно у колюшек этого по каким-то причинам не происходит.

Трехиглая колюшка, поедая инвазированных личинками *Neoechinorhynchus rutilus* промежуточных хозяев, заражается неохиноринхозом [12]. В кишечнике колюшки через 3–4 недели вырастают взрослые скребни и самки начинают откладывать яйца. Больная рыба отстаёт в росте и развитии, худеет. Нередко она гибнет или становится жертвой рыбацких птиц. Мощное вооружение хоботка скребня хитиновыми крючьями и вне-

дрение в стенку кишечника колюшки обуславливает травмирование слизистой оболочки, что способствует проникновению в ранки патогенной микрофлоры. На месте фиксации паразитов развивается воспалительный процесс.

Поскольку зараженность трехиглой колюшки гельминтами была высокой, нами были определены количественные показатели заражения рыб (табл. 2).

Таблица 2 – Гельминтофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* в исследуемых водоемах

Исследуемые водоемы	<i>Anisakis simplex</i>			<i>Schistocephalus solidus</i>			<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>			<i>Neoechinorhynchus rutili</i>		
	ЭИ, %	ИО, экз.	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИО, экз.	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИО, экз.	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИО, экз.	ИИ, экз.
оз. Нижний Вензин 2016 г	–	–	–	10	0.15	1-2	59	17.4	2–62	5	0.05	1
оз. Кулонга	–	–	–	25	0,4	1–4	3.4	0,04	1	–	–	–
оз. Промерное	–	–	–	7	0,1	1-2	–	–	–	–	–	–
Эстуарий р. Тулома	75	7,3	1–21	25	1	4	13	1.9	15	–	–	–
Кольский залив, р-н р. Лавна	68	2,1	1–10	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. ЭИ – экстенсивность инвазии, %; ИО – индекс обилия, экз.; ИИ – интенсивность инвазии, экз.

Полученные результаты исследования показали, что видовой состав гельминтофауны отличается у морской и пресноводной морф колюшки. Пресноводная колюшка заражена *Schistocephalus solidus*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Neoechinorhynchus rutili*, а морская *Anisakis simplex*, *Schistocephalus solidus*.

Экстенсивность инвазии личинками *Anisakis simplex* Кольского залива (р-н р. Лавна) и эстуария р. Тулома высокая и составляет 68–75 %, на одну зараженную колюшку приходилось 1–21 нематоды. Зараженность колюшки морскими паразитами, возможно, объясняется тем, что морские морфы колюшки заходят в реки из моря. Также во время приливов происходит не только подъем уровня воды, но и увеличение солености до 22 ‰ в нижней части эстуария [16].

В оз. Вензин колюшка в основном заражена лентецом *Diphyllbothrium dendriticum*, ЭИ которого составляет 59%. При этом в оз. Кулонга и в эстуарии р. Тулома данная цестода встречалась редко.

Доля зараженных колюшек личинками цестодой *Schistocephalus solidus* от 7 % (оз. Промерное) до 25 % (оз. Кулонга, эстуарий р. Тулома). Интенсивность инвазии была на уровне от 1–4 цестод в одной зараженной рыбе. Обнаруженный ремнец *Schistocephalus solidus* занимал практически всю полость тела, деформируя его в брюшной части.

Также в оз. Нижний Вензин однократно встречался скребень *Neoechinorhynchus rutila*, доля заражения которого составила 5 %.

В результате исследований гельминтофауны трехиглой колюшки Кольского полуострова можно сделать выводы, что она подвержена многочисленным заболеваниям паразитарного характера и является промежуточным хозяином для нематод и цестод, и дефинитивным для скребней. Экстенсивность и интенсивность инвазии обусловлены особенностями питания и ареала обитания.

Библиографический список

1. Зюганов В. В. Семейство колюшковых (*Gasterosteidae*) мировой фауны (Фауна СССР. Рыбы. Т. V. Вып. I). – Л. : Наука, 1991. – 264 с.
2. Wootton R. J. The biology of the Stickleback. London, 1976. – 387 p.
3. Шульман С. С., Шульман-Альбова Р. Е. Паразиты рыб Белого моря. – Л., 1953. – 198 с.
4. Митинев В. К. Паразиты пресноводных рыб Кольского Севера. – Мурманск : изд-во ПИНРО, 1997. – 199 с.
5. Митинев В. К., Шульман Б. С. Паразиты рыб водоемов Мурманской области. Систематический каталог. – Мурманск : изд-во ПИНРО, 1999. – 72 с.
6. Карасев А. Б., Шульман Б. С., Пономарев С. В. Паразитофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* из реликтового оз. Могильное (о. Кильдин, Баренцево море) // Паразитология в XXI веке – проблемы, методы, решения : материалы IV всероссийского съезда паразитологического общества при Российской Академии Наук, 2008 – СПб.: – С. 28–30.
7. Rybkina E. V., Demchuk A. S. Lajus D. L. Ivanova T. S. Ivanov M. V. Galaktionov K. V. Dynamics of parasite community during early ontogenesis of

marine threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus* // Evolutionary ecology research. – 2016. – №17 (3). P. 335–354.

8. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. – Л. : Наука, 1985. – 122 с.

9. Определитель паразитов пресноводных рыб СССР / под ред. Б. Е. Быховского. – М.; Л., 1962. – 776 с.

10. Уильямсон М. Анализ биологических популяций. – М. : Изд-во Мир, 1975. – С. 26–31.

11. Гаевская А. В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 223 с.

12. Болезни рыб: Справочник / Г. В. Васильков, Л. И. Грищенко, В. Г. Енгашев и др. ; под ред. В. С. Осетрова. – М., 1989.

13. Акбаев М. Ш. Паразитология и инвазионные болезни животных / М. Ш. Акбаев, А. А. Водянов, Н. Е. Косминков [и др.] ; под ред. М. Ш. Акбаева. – М. : Колос, 1998. – 743 с. : ил. 1998.

14. 1, Iain Barber² and Nadia Aubin-Horth¹, Can the behaviour of threespine stickleback parasitized with *Schistocephalus solidus* be replicated by manipulating host physiology? // Journal of Experimental Biology. – 2017. V. 220. P. 237–246.

15. Spatial variation in host-parasite interactions in the three-spined stickleback. PhD thesis, University of Nottingham, de Roij, Job (2011).

16. Потанин В. А., Ларин Б. В. Динамика вод южной части Кольского залива // Природа и хозяйство севера. – 1989. – Вып. 17. – С. 66–67.

Скопления серебристых чаек, как индикатор наличия пищевых объектов в условиях антропогенного ландшафта

Горяева А. А. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН", лаборатория орнитологии и паразитологии)

Аннотация. Описываются случаи формирования скоплений серебристых чаек на местах появления пищевых объектов антропогенного происхождения в окрестностях Мурманска. Быстрая реакция птиц на появление пищи в неожиданных для них местах обусловлена высокой адаптивной способностью вида, что позволяет считать его индикаторным с позиции экологии.

Abstract. Describes the formation of clusters of herring gulls on the places of occurrence of food items of anthropogenic origin in the vicinity of Murmansk. The rapid reaction of birds to the appearance of food in unexpected places is due to the high adaptive capacity of the species, which allows us to consider it as an indicator from an ecological point of view.

Ключевые слова: серебристая чайка, антропогенное воздействие, адаптация, индикаторный вид.

Key words: herring gull, anthropogenic influence, adaptation, display.

Некоторые виды, отличающиеся определенными экологическими требованиями, позволяют выявить специфические особенности среды. Такие виды называют "индикаторными" [1].

Среди морских птиц серебристая чайка обладает высокой адаптивной способностью к изменяющимся условиям.

Состав кормов чайковых птиц чрезвычайно разнообразен. Не менее разнообразно и пластично и их пищедобывательное поведение, которое позволяет птицам адекватно реагировать на новые трофические условия, меняя способы добычи корма при соответствующих изменениях его доступности, и быстро осваивать новые источники при их появлении [2].

С позиции синэкологии, скопление – это собрание особей, относящихся к одному или нескольким видам и возникшее исключительно под действием одного или нескольких факторов окружающей среды, выступающих в качестве центра притяжения. Скопление носит случайный и временный характер. Между животными, образующими скопление, не существует никакой связи, и оно распадается, как только исчезает центр притяжения [1].

Крупные скопления серебристых чаек зачастую возникают на местах появления корма антропогенного происхождения.

В результате многолетнего использования антропогенного ландшафта в окрестностях Мурманска обычными источниками добычи корма в нем для птиц стали: зверосовхозы, где птицы питаются остатками корма зверьков, свалка бытового мусора и контейнеры с мусором в черте города, где птицы находят пищевые отходы, фановый сток на акватории залива в окрестностях города [3–5]. Использование вышеперечисленных источников корма в окрестностях Мурманска серебристыми чайками в настоящее время обусловлено хорошо сформированными и устоявшимися стратегиями добычи корма в этих условиях для данной группировки птиц.

Между тем интересны факты внезапного появления новых кормовых объектов и быстрого реагирования птиц на их появление.

Рассмотрим три частных случая появления нового кормового объекта (из разряда используемых ранее серебристыми чайками стратегий добывания корма) на неожиданном для птиц месте. Скопление птиц образовывалось в этих случаях на таких местах в течении 1-2 суток с момента появления корма.

Так, например, 18 мая 2012 года на реке Кола в 25 км от Кольского залива наблюдалось скопление около 300 особей серебристых чаек, кормящихся на воде (Краснов Ю. В., личное сообщение), хотя, как правило, серебристые чайки не используют подобные реки для ловли рыбы. Позже выяснилось, что за день до этого специалисты одного из рыбзаводов выпустили в реку Кола 100 тысяч мальков атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в возрасте 1 года, часть из которых, вероятно, и стала добычей чаек.

Длина мальков атлантического лосося в возрасте 1+ может составлять 4,4–13,2 см [6], что соответствует требованиям серебристой чайки к потребляемой ею рыбе. Средняя глубина обитания заводской молоди – 62 см [7], что соответствует возможности серебристой чайки ловить такую рыбу способом ударного ныряния [2]. Но главное, что дает возможность чайкам потреблять именно заводскую молодь – это, по-видимому, то, что мальки атлантического лосося, выращенные в неволе и выпущенные в естественные условия, имеют ряд поведенческих отличий от диких мальков этого вида рыб. Исследования заводской молоди показали, что ее плавательные характеристики статистически значимо ниже, чем у одноразмерной дикой молоди [7], что делает, вероятно, её более легкой добычей для птиц. Заводская молодь

в первые дни после выпуска отличаются неспособностью удерживаться даже несколько минут на участках потока, избираемых дикой молодью для ожидания дрифта. Не успевая адаптироваться, приобрести необходимые навыки плавания, пищевого и оборонительного поведения, значительная часть выпущенной заводом молоди оказывается в море уже на 2–3-и сутки, представляя легкую добычу для хищников [8].

Дикая молодь атлантического лосося часто занимает места для кормления возле камней, что требует от нее соответствующих навыков плавания, заводская же молодь, не обладающая достаточно такими навыками, чаще кормится на открытых пространствах, что так же, вероятно, делает её более легкой добычей для птиц. Скорость движения и дальность пищевого броска заводской молоди также ниже этих показателей дикой молоди. Эффективность пищевых бросков заводской молоди, ниже, чем у диких рыб: заводские мальки значительно чаще диких ложно принимают несъедобные объекты за съедобные, в результате чего, более ослаблены, чем дикие. Как было показано некоторыми исследованиями, гибель определенного количества заводской семги происходит после выпуска молоди заводом [7]. Все вышеперечисленные факты отличия заводской молоди от дикой, по-видимому, являются причинами того, что заводская молодь атлантического лосося может, при определенных условиях, стать добычей серебристой чайки.

Другой случай обнаружения чайками корма был зафиксирован в районе поселка Дровяное на заброшенной дороге, проходящей по лесу и обслуживающей в прошлом, находящуюся здесь ранее, воинскую часть. Данная дорога осматривалась регулярно на протяжении нескольких лет. На данном участке в воздухе птицы встречаются достаточно редко, так как дорога находится в лесу в 700 метрах от берега Кольского залива и в относительной удаленности от озер, таким образом, данный биотоп не представляет интереса для чайковых птиц. Ближайшее место локального пролетного пути чаек, связанного с пролетом чаек на свалку, находится в 1 км от этого места. Однако, летом 2011 года на данном месте сформировалась группа птиц, насчитывающая около 100 особей. Как выяснилось, на дороге однократно в виде несанкционированной свалки были вывалены отходы рыбного производства – головы крупных окуней, упакованные в большие мешки, всего около 150 кг. Интересно, что птицы обнаружили появление свалки в первые же сутки – такой вывод сделан на основании того, что дорога осматривалась в летний период каждый день. Птицы кормились на данной свалке плотно 3–5 дней,

пока ее кормовые ресурсы не истощились, еще несколько дней одиночные особи посещали данный участок.

Очередное новое скопление птиц было зафиксировано на берегу Кольского залива на территории, регулярно осматриваемой. На протяжении нескольких лет значительных скоплений чаек здесь не наблюдалось. Так, на акватории площадью 0,06 км. кв. обычно можно наблюдать было не более 5 особей серебристых чаек. Данная площадь была представлена на 1/5 обнажающейся во время отлива литоралью и на оставшуюся часть акваторией с глубиной до 5–10 метров. В данном месте в залив впадает ручей, на берегу – частично заброшенные складские помещения. Однако, летом 2014 года здесь стали обнаруживаться смешанные скопления серебристых и озерных чаек до 50 особей. Скопления появлялись на протяжении одного дня, после чего исчезали, через несколько дней появлялись снова на один день и снова исчезали. В результате проведенных исследований выяснилось, что в складских помещениях было организовано небольшой рыбное производство, в результате деятельности которого в ручей выбрасывалось периодически по несколько килограммов рыбных отходов. Рыбные отходы постепенно вымывались из ручья на мелководье акватории залива. Чайки дожидались появления остатков рыбы на мелководье, однако не брали рыбу из ручья, так как возле ручья обитали складские собаки, которые, по всей видимости, отпугивали птиц от непосредственного места выброса отходов. В данной стае присутствовали в основном молодые особи серебристой чайки, которые довольствовались небольшим объемом кусков рыбы, вымывавшихся из ручья довольно медленно. Взрослые птицы быстро покидали участок. После истощения склада рыбных отходов птицы покидали данный участок полностью и возвращались вновь лишь с появлением новых отходов.

Данные случаи быстрого обнаружения новых кормовых объектов серебристыми чайками еще раз демонстрируют высокую способность этого вида птиц адаптироваться к изменяющимся условиям среды. При определенных условиях, данный вид птиц может являться индикатором наличия пищевых объектов антропогенного происхождения.

Библиографический список

1. Дажо Р. Основы экологии. – М. : Прогресс, 1975. – 415 с.
2. Краснов Ю. В., Матишов Г. Г., Галактионов К. В., Савинова Т. Н. Морские колониальные птицы Мурмана. – СПб. : Наука, 1995. – 224 с.

3. Панева Т. Д. Негнездовые скопления чаек в окрестностях Мурманска // Экология морских островов и побережий Кольского севера. – Мурманск, 1989. – С. 63–71.
4. Горяева А. А. Об успешности размножения серебристой чайки *Larus argentatus* в городе Мурманске в 2006 году // Доклады академии наук. – 2007. – № 6. – С. 833–835.
5. Горяев Ю. И., Горяева А. А., Татаринкова И. П. Крупные чайки в антропогенных ландшафтах Западного Мурмана (Кольский полуостров) // Беркут. – 2011. – № 20. – С. 90–110.
6. Самохвалов И. В., Долотов С. И., Алексеев М. Ю. Некоторые популяционные характеристики молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) р. Тулома в условиях зарегулированного стока // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6. – С. 72–77.
7. Сафонов Н. В., Держинская И. А., Харенко Н. Н. Суточная двигательная активность смолтов атлантического лосося // Проблемы биологии и экологии атлантического лосося. Ленинград, 1985. – С. 107–119.
8. Характеристика ската и особенности заводской и дикой молоди семги в р. Лувеньга / Бакштанский Э. Л., Задорина В. М., Лоевко А. А. и др. // Сб. "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера". Петрозаводск, 1981. – С. 147–150.

Вокруг трепещет пульс Вселенной

Гудимов А. В. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. "Вокруг трепещет пульс Вселенной", но мы его не видим, этот процесс скрыт от наших глаз. Мы видим только результаты жизни и изучаем их (виды, структуры, опыты в лабораториях, включая исследования ДНК). Пульс жизни, как и процессы адаптации и эволюции были недоступны для прямого наблюдения...до последнего времени.

Abstract. "The pulse of the Universe is trembling" and oscillate around but we do not see it, this process is invisible. We can see only the results of vital activity and study them (species, structures, experiments in laboratories, including DNA studies). The pulse of life, like the processes of adaptation and evolution, was not available for direct observation ... until recently.

Ключевые слова: результаты жизни, пульс жизни, онлайн биомониторинг, ритмы поведения, кардиоактивность, мидия.

Key words: results of vital activity, pulse of life, online biomonitoring, behavioral beating, cardiac activity, blue mussel.

Биология – наука о жизни, призвана исследовать жизнь, ее законы, механизмы и возможности, раскрывать ее секреты и тайны. В то же время, изучение жизни, – закономерностей протекания жизненных процессов, все еще производится в лабораториях, в отрыве от естественной взаимосвязи организма со средой обитания, в изоляции от природного комплексного влияния экологических факторов.

В лучшем случае, эксперименты проводятся в полу-природных условиях, но манипулирование независимыми переменными (факторами среды) здесь ограничено. Обычно же, это контролируемые искусственные условия полностью (что редко) или частично стабильной среды, например, термостатирования при постоянном освещении/затемнении, или создания ступенчатого градиента по двум-трем факторам (что очень редко), имитирующим природные колебания или *переменный градиент* [1]. Возможности активного лабораторного эксперимента в управлении независимыми переменными широки и служат для изучения раздельного воздействия одних факторов на исследуемый организм, при сохранении контроля над влиянием других, "побочных" факторов.

Важность лабораторных экспериментов для изучения закономерностей жизни организмов очевидна и обусловлена необходимостью упрощения условий среды для устранения эффекта многофакторности. Активный экспери-

мент является неизбежным этапом развития любой науки и морской биологии, в частности.

Однако, в отрыве от взаимодействия со средой обитания исследования жизни, включая известные генетические методы, являются лишь косвенными (в итоге, – хождение вокруг да около, ... *the truth is out there* – "истина где то рядом"). Точно высказался по этому поводу Клод Бернар, отметив, что жизнь заключается... "не в организме и не в среде порознь..." – она "результат соприкосновения организма с окружающей его средой" (Клод Бернар, Свойства живых тканей, Спб. 1867. С. 2).

В природных экосистемах пока доступны для исследования только *результаты жизни*: видовое разнообразие и параметры обилия видов (численность, биомасса), иногда исследуются результаты изменения организмов (морфологические, гистологические, цитологические, биохимические, физиологические и др.), и их связь с экологическими факторами.

Экспериментальные исследования функциональных процессов во взаимодействии с природными факторами, т. е. со средой обитания, крайне редки и сводятся, в основном, к исследованиям роста организмов, или их биоаккумуляционных и биохимических характеристик, причем только на основании проб, отбираемых обычно редко, в масштабе сезонных и годовых изменений.

Применение полевых экспериментов для исследования физиологических показателей активности морских организмов методически ограничено короткими экспозициями, чаще всего с использованием "скляночного метода" для оценки интенсивности дыхания, БПК, фотосинтеза или продукции/деструкции, при котором склянки (закрытые сосуды) с организмами находятся в природных условиях в течение суток или менее.

Все эти методы исследования живой природы дискретны и ограничены режимом пробоотбора. Однако, жизнь есть процесс непрерывный, его исследование дискретными методами является очень приблизительным. Следовательно, только исследования непрерывных процессов, особенно в природных условиях, позволят получать истинное представление о жизни и экологии видов, механизмах и процессах адаптации, закономерностях функциональных реакций организмов и динамики их сообществ.

Жизнь есть процесс ритмический. До последнего времени исследованию в природных экосистемах подлежали, главным образом, медленные, долгопериодические биологические процессы, их колебания отслеживались от сезонных (изредка суточных, – в планктоне) до многолетних. При исследова-

нии донных сообществ и рыбных популяций они, обычно, составляли годы и десятилетия. Пульс жизни казался редким, замедленным, адаптации видов к местообитаниям завершенными. Краткосрочные (месячные, недельные, суточные) и текущие (почасовые, минутные) биологические процессы и, в первую очередь, непрерывные процессы жизнеобеспечения практически не исследовались, очевидно, во многом по причине отсутствия методологии и/или технических средств мониторинга более быстрых процессов.

Прямые измерения и непрерывный мониторинг показателей активности/жизнедеятельности организмов в природе, без их изоляции, стали возможны только в последнее время. Технические возможности для перманентной регистрации функциональной активности водных животных-мониторов, в том числе в природных условиях, стали интенсивно развиваться, начиная с 90-х годов XX столетия [2; 3]. Попытки разработки и внедрения новых технологий биомониторинга качества водной среды (в основном, пресной воды и стоков) предпринимались, начиная с 70-х годов, но из-за методических и технических проблем развития не получили. Внедрение методов непрерывной регистрации уровня активности донных животных в природе было начато по поведенческим реакциям двустворчатых моллюсков [3] и сегодня успешно продолжается во многих странах.

Поведение двустворчатых моллюсков (рис. 1) является пока единственным функциональным показателем (помимо роста), который успешно регистрируется в природных условиях на протяжении двадцати пяти лет. Основным параметром поведения моллюсков является уровень раскрытия створок (УРС). УРС, часто единственный параметр используемый в настоящее время за рубежом в on-line контроле качества прибрежных и пресных вод [2; 3]



Рисунок 1 – Пульсации суточной активности мидий (по УРС) из двух разных местообитаний Баренцева моря, в полу-природных условиях аквариального протока, 1988 (сверху) и 2005 (снизу) гг. (данные автора)

Особое экологическое значение исследований поведенческих реакций состоит также в том, что поведение отражает целостную реакцию всего организма на комплекс факторов, а не ответ одной лишь его функции/системы (например, кардиоактивности или дыхания).

Кардиоактивность (рис. 2), в частности, предлагается в качестве второго показателя жизнедеятельности водных животных в природе, и уже протестирована в природных условиях [4]. Технические предпосылки для этого есть, хотя пока применение данных приборов намного дороже и сложнее в установке и эксплуатации, чем использование систем мониторинга поведенческих реакций.

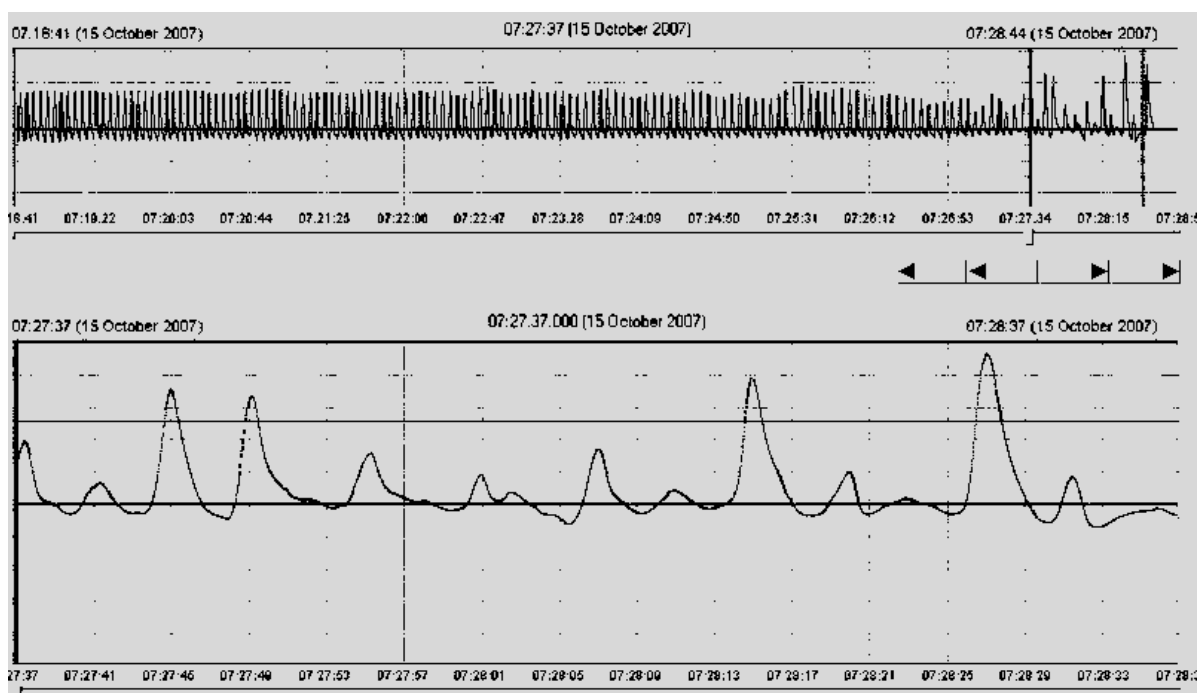


Рисунок 2 – Пульс баренцевоморской мидии за 10 мин (верхняя запись) и 1 мин (нижняя), в термостатируемых аквариумах, 2007 г. (данные автора)

Непрерывно получаемые данные о состоянии и активности организма дают полную картину его жизни и потому позволяют уйти от ориентировки на малоинформативные средние значения, полученные по пробам и измерениям "вслепую", приближая результаты к истинным функциональным и экологическим зависимостям. Однако, не понимая истинной ценности получаемой онлайн информации о состоянии каждого организма в отдельно-

сти и не умея оперировать с нею, исследователи "по старинке" часто возвращаются к привычным средним по выборке/группе, теряя экологически важную *матрицу индивидуальных реакций*. Причем, было обнаружено, что по каждому функциональному показателю (поведение, кардиоактивность, дыхание, фильтрация, рост) существует иерархия колебаний и реакций, организованная фрактально.

Непрерывный биомониторинг рассматривался до настоящего времени только в прикладном аспекте, как основа новейшей технология оперативной биоиндикации загрязнения водной среды в режиме онлайн или близком к режиму реального времени.

Использование организмов-биосенсоров для выявления опасных экологических ситуаций имеет огромную перспективу применения, но не менее важен фундаментальный аспект непрерывного биомониторинга. С его применением мы выходим на новый уровень знаний о биологии и экологии океана. Непрерывная регистрация функциональной активности дает новые знания о протекании жизненных процессов, изменяя наши представления о связях организма с факторами среды и механизмах адаптации. Все реакции и малейшие колебания активности организма теперь стали не только видны на мониторах, как когда-то клетки в микроскоп Левенгука, но и наблюдаемы в любой момент реального времени. Благодаря такому монитору-микроскопу, мы впервые держим руку на пульсе жизни и вместе с А. Л. Чижевским ощущаем как "вокруг трепещет пульс Вселенной", регистрируем и измеряем эти пульсации.

Очевидно, в будущем комплексный непрерывный биомониторинг позволит выйти на новый уровень изучения биологических процессов в экосистеме и пересмотреть их зависимости от изменений факторов среды. Новая экологическая реальность станет основой точного прогнозирования динамики популяций и сообществ и устойчивого управления биологическими ресурсами.

Библиографический список

1. Гудимов А. В. Чувствительность мидий к естественным колебаниям факторов среды. Исследования поведения в пассивном эксперименте / Гудимов А. В. // Морская флора и фауна северных широт: механизм адаптации и регуляции роста организмов. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2004. – С. 30–65.

2. Mosselmonitor. Generalinformation [Электронный ресурс] – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://www.mosselmonitor.nl/Index.html> (дата обращения: 15.04.2015).

3. Гудимов А. В. Экологический биомониторинг водных экосистем: на пути к новейшим технологиям / Гудимов А. В. // Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений: сб. науч. тр. – СПб. : Реноме, 2014. – С. 326–344.

4. Бахмет И. Н., Здоровенов Р. Э. Вариабельность сердечной активности у двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* и *Modiolus modiolus* // Биология моря. – 2010. – Т. 36, № 3 – С. 228–232.

**Эстуарный экоклин и климат, на примере популяции
усоногих ракообразных *Semibalanus balanoides* (L.)
южного колена Кольского залива**

Гудимов А. В.¹, Свитина В. С.² (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН", лаборатория зообентоса; ²Министерство рыбного и сельского хозяйства Мурманской области, управление организации рыболовства, аквакультуры и береговой переработки)

Аннотация. Численность баянусов *Semibalanus balanoides* увеличивается в экоклине вдоль градиента солености воды эстуария Кольского залива. В условиях экоклина и экотона зависимость организма от факторов внешней среды многократно возрастает. Среднегодовая динамика численности в экоклине может быть использована для ранней биоиндикации изменений климата в Арктике.

Abstract. Abundance of the barnacles *Semibalanus balanoides* is increased in ecocline along the salinity gradient in the estuary of the Kola Bay. In ecocline and ecotone the dependence of organism on the environmental factors is multiplied. Perennial changes in the abundance revealed can be used as an early bioindication of the climate change in the Arctic.

Ключевые слова: Кольский залив, эстуарный экоклин, литораль, усоногие раки, *Semibalanus balanoides*, градиент солености, изменения климата.

Key words: Kola Bay, estuary ecocline, intertidal zone, barnacle, *Semibalanus balanoides*, salinity gradient, climate change.

Экоклин в данной работе рассматривается как пространственная постепенная смена природных сообществ или изменение параметров обилия отдельных популяций (животных и растений), приспособленных к локальной среде обитания, вдоль градиента изменения какого-то отдельного фактора среды. В то время как экотон относится к пространственной смене сообществ и популяций в комплексном градиенте природных факторов.

Морские экоклины и экотоны изучены очень слабо, особенно, в холодном климате Арктики и Субарктики, где это имеет наибольшую актуальность в связи с последствиями изменений климата.

Прогнозируемое глобальное потепление постепенно ведет к увеличению поступления пресных вод в морские экосистемы Арктики, прежде всего, в результате таяния ледников и сокращения ледового и снежного покрова.

В связи со значительным влиянием пресной воды на морские организмы актуальность исследований экотонов эстуарных районов очевидна. В тренде глобального потепления нарастающее влияние пресной воды в первую очередь испытывают биологические сообщества вблизи ледников и обитатели эстуарных зон рек. В арктических экотонах побережья градиенты и давление факторов среды наиболее значительны, а их негативное воздействие на морские организмы усилено влиянием опреснения.

Кроме того, большинство морей Российской Арктики имеют низкую соленость поверхностного слоя. Фактически, в масштабе мирового океана они представляют собой гигантский эстуарий, образованный огромным пресным стоком сибирских рек.

Экология морского зообентоса в условиях низких и критических соленостей арктических морей практически не исследована, адаптации и реакции популяций донных беспозвоночных на градиенты факторов среды и колебания климата не определены.

Влияние колебаний климата через изменение солености и других факторов водной среды проявляется быстрее всего, в фауне мелководий прибрежных районов и, в наибольшей степени, в динамике популяций приливно-отливной зоны, – зоны литорали.

Наши исследования литорали западного берега южного колена Кольского залива проводились с 2003 по 2015 гг. [1; 2].

Установлено, что экоклин по степени опреснения воды хорошо выражен в изменении донной фауны вдоль всего южного колена залива, где воды рек Кола и Тулома, соединяясь с морскими водами, образуют эстуарий, в пределах которого соленость поверхностного слоя воды значительно понижается, доходя до критических для морской фауны значений.

Популяция рачков-белянусов *S.balanoides*, обитающих вдоль всего Мурманского побережья, на литорали южного колена Кольского залива находится в широком диапазоне колебаний солености воды.

Изменения численности белянусов в экоклин по фактору солености были исследованы нами как потенциальный биоиндикатор ранних климатических изменений (гипотеза).

На первый взгляд, влияние климата должно проявляться в наземных экосистемах раньше и значительнее, чем в водных, где воздействие климата опосредовано водной средой. Прежде всего, мы обнаруживаем потепление климата в ускоренном таянии ледников, зарастании горных пустошей, в пар-

никовом эффекте и кислотном разрушении рифов, но также и в миграции (проникновении) как наземных, так и морских видов, в изменении среды и фауны мелководий и пляжей. Подавляющая часть таких исследований относится к тропической, субтропической и южно-умеренным зонам. В теплом климате температура выше и потому биологические и другие экосистемные процессы должны идти быстрее.

В Арктике и Субарктике биоиндикаторы ранних климатических изменений практически не исследованы, для Баренцева моря они неизвестны. Биомониторинг и биоиндикация климатических изменений особенно актуальны в отношении морей Северного Ледовитого океана, где последствия изменений климата имеют глобальное значение.

В водных экосистемах влияние климата опосредовано через изменение амплитуды, частоты и продолжительности действия факторов водной среды, лимитирующих выживание водных организмов (соленость, температура, концентрация взвеси и пищи и др.).

Изменения в морских популяциях и сообществах следуют за изменениями среды с неизбежностью, но всегда постепенно и с определенным запаздыванием (инерцией), так как обнаруживаемые изменения в распространении и обилии видов требуют определенного времени: популяции увеличиваются или уменьшаются через изменение соотношения смертности и репродукции.

Для сублиторального бентоса запаздывание в реакции на изменения условий среды может быть значительно (от 1 до 5 и более лет) и, очевидно, напрямую зависит от глубины обитания видов. Вероятность обнаружения ранних климатических изменений в типично морских донных сообществах мала, даже на мелководьях, в то время как многолетние (от 3–5 лет), равно как и катастрофические изменения сообществ зообентоса могут быть выделены методами стандартного (традиционного) биомониторинга при соблюдении определенных подходов.

Иное дело зообентос литорали – сообщества организмов, находящиеся между сушей и морем, как "между Сциллой и Харибдой". Зависимость от факторов внешней среды в этой зоне максимальна, как максимальны частота и амплитуда изменения всех экологических факторов.

Литоралью называется затопливаемая зона морского берега, находящаяся между сизигийным приливом и отливом [3]. Нижняя граница литорали носит название "нуля глубин" или нулевой изобаты.

Пределы регулярных приливов и отливов позволяют разделить литораль на зоны – верхний, средний и нижний горизонты. Градиент комплексного влияния факторов среды здесь так велик, что зональность литорали очевидна даже визуально при наблюдении в период полного отлива. Горизонты литорали – это, по сути, эоклин по главному фактору – осушению (продолжительности осушения), или, при учете комплексного действия всех природных факторов, литоральная зона – ярко выраженный экотон, сильно сжатый по вертикали.

Следствием такого градиентного сжатия, является, во-первых, относительно резкая смена сообществ по вертикали, считавшаяся характерной для литорали [3], а, во-вторых, большая вариабельность сообществ под влиянием локальных факторов.

Верхний горизонт, ограниченный уровнями сизигийного (наибольшего) и квадратурного (наименьшего) приливов, целиком затопливается только во время полной воды в сизигий. Средний горизонт заключен между уровнями квадратурного прилива и квадратурного отлива и поэтому ежедневно дважды заливается водой и дважды обсыхает. Нижний горизонт полностью осушается только в сизигийный отлив и простирается от уровня квадратурного отлива до границы сизигийного отлива.

Эстуарные экосистемы в районах устьев рек, и, в первую очередь, фауна литорали испытывают не только постоянное влияние опреснения, но воздействие его сезонных и годовых колебаний из-за климатических изменений объема речного стока, прежде всего.

Большая часть наших исследований проводилась на эстуарной литорали западного (левого) берега южного колена Кольского залива – участок от Туломского моста до м. Еловый [1; 2].

Первые обследования литорали эстуария р. Тулома в куту Кольского залива в 2003-2004 гг. и измерения солености показали, что балянусы способны жить в условиях очень низкой солености воды, близкой к критической (5 ‰). Кроме того, балянусы не встречались в верхнем горизонте и вне русел литоральных ручьев среднего и нижнего горизонтов, где они образовывали узколокальные скопления при среднегодовой солености воды (на поверхно-

сти) около 5 ‰ и при амплитуде ее колебаний от 2,2–12 ‰ летом до 17–20 ‰ зимой [4].

Также было обнаружено, что численность и биомасса рачков значительно изменяются не только в вертикальном направлении (по горизонтам литорали), но и в горизонтальном: вдоль эстуарной литорали, образуя ярко выраженный эоклин – градиентное (клинальное) увеличение плотности поселений от устья р. Тулома в сторону м. Еловый Кольского залива (рис. 1).

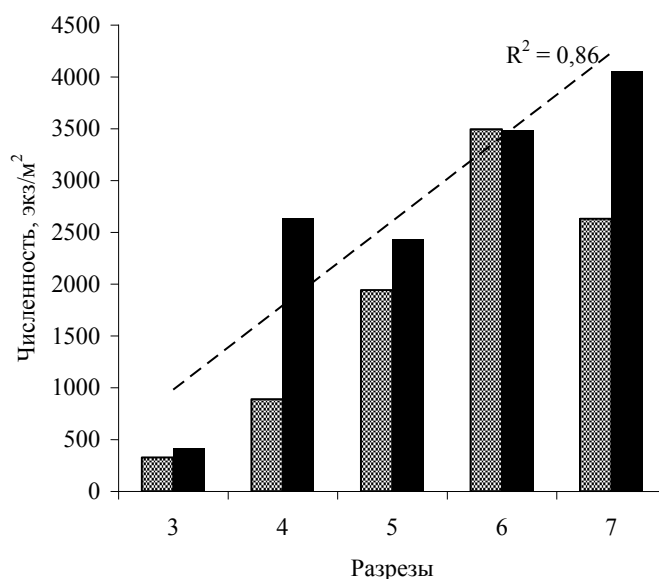


Рисунок 1 – Эоклин численности усоногих раков *S. balanoides* в скоплениях среднего (серые столбцы) и нижнего (черные) горизонтов эстуарной литорали р. Тулома в градиенте солености от 2 (разрез 3) до 6‰ (разрез 7, м. Еловый) на поверхности в отлив, лето 2003-2004 гг.

Установлено, что на эстуарной литорали экстремальные условия приливно-отливной зоны многократно усиливаются за счет опреснения, и, при соленостях близких к критическим, оказывают сильное лимитирующее давление на распространение и выживание баянусов, равно как и других литоральных организмов, особенно седентарных. Невозможность покинуть свой биотоп вынуждает их приспосабливаться, находя локальные пространственно-временные условия микробиотопов, благоприятные для выживания [1; 2; 4].

Таким образом, в результате многолетних исследований литорали эстуария р. Тулома впервые было установлено, что в условиях краевого биотопа распределение баянусов приобретает ряд особенностей, не свойственных поселениям обычной морской литорали: очень узкая локализация в пределах русел литоральных ручьев; клинальное увеличение плотности поселений от реки к морю. Наиболее заметной особенностью эстуарной популяции баянусов является их полное отсутствие в верхнем горизонте литорали.

Важно отметить, что если в условиях нормальной солености реакция популяции на колебания лимитирующих факторов (температуры, солености, осушения) малозаметна, то в условиях эстуарной литорали и, особенно, в условиях критической солености эстуария, популяция быстро реагирует на изменения факторов среды. Следовательно, реакция популяции, находящейся в экоклине, на изменения климата также будет намного быстрее, чем в морских популяциях.

Анализ полученных данных показал, что в условиях экоклина и экотона зависимость организма от факторов внешней среды многократно возрастает. Под давлением сильных градиентов факторов среды напряжение экологических связей возрастает до максимума, факторная зависимость укрепляется, она "вытянута в струну". Поэтому малейшие изменения лимитирующих факторов немедленно отзываются на параметрах обилия и распределения популяции.

В краевых биотопах давление условий среды достигает максимума, делая организмы намного чувствительнее даже к незначительным, для оптимальных условий, изменениям экологических факторов.

Последующие ежегодные исследования подтвердили сохранение особенностей распределения баянусов в эстуарном экоклине – клинальном увеличении численности рачков и площади их поселений вдоль градиента увеличения солености воды по направлению от реки к морю.

При этом, было обнаружено, что, несмотря на многолетние колебания численности баянусов в популяции, среднегодовые значения плотности поселений уменьшаются на протяжении последних двенадцати лет (рис. 2), вплоть до полного исчезновения скоплений рачков на местах, ближайших к реке (разрезы 2–3, рис. 1). Интересно, что морские популяции баянусов, находящиеся вне зоны эстуария при нормальной солености (27–32 ‰), за это время практически не изменились.

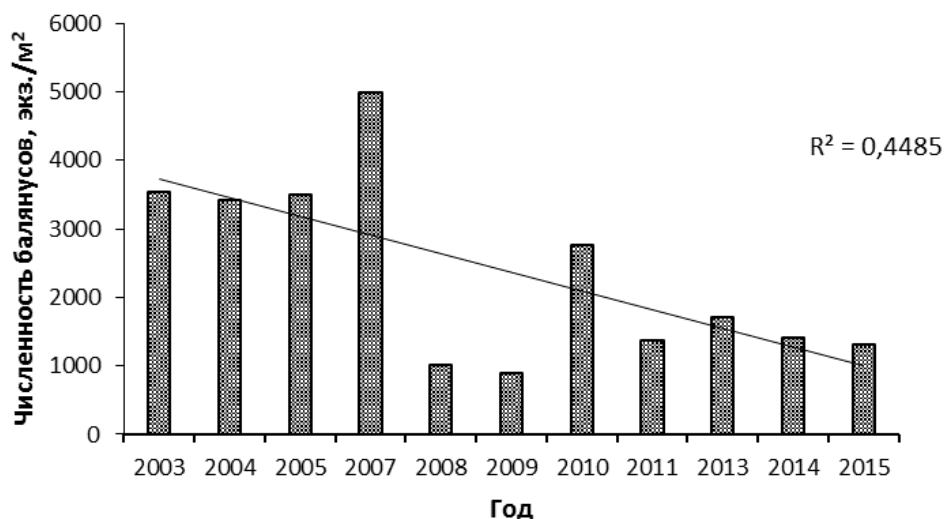


Рисунок 2 – Динамика средней численности баянусов *Semibalanus balanoides* в скоплениях на участке эстуарной литорали близ м. Еловый (разрез 6), Кольский залив

Исследования зависимости обилия баянусов в экоклине (по фактору солености) от ряда природных факторов, таких как температура воды и воздуха, величина солнечной активности и годового объема речного стока, а также параметры многолетних колебаний солености воды (среднее, амплитуда, частота, экстремумы), не показали пока каких-либо значимых корреляций по каждому из факторов в отдельности.

Сделан предварительный вывод, что многолетнее снижение численности баянусов в эстуарном экоклине происходит под влиянием не одного, а нескольких экологических факторов, связанных с изменениями климата.

Библиографический список

1. Гудимов А. В., Свитина В. С. Экология и распределение усонагих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) в южном колене Кольского залива // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. – М. : Наука, 2009. – С. 202–220.
2. Свитина В. С., Гудимов А. В. Многолетние колебания численности популяции усонагих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) на эстуарной литорали кута Кольского залива // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20. – № 2. – С. 352–362.
3. Кусакин О. Г. Литоральные сообщества // Океанология. Биология океана. Биологическая структура океана. Т. 2. – М.: Наука. – 1977. – С. 116–119.

4. Гудимов А. В., Свитина В. С. Популяция усоногих раков *Semibalanus balanoides* в градиенте солености эстуарной зоны кута Кольского залива // Доклады академии наук. – 2007. – Т. 412. – №. 1. – С. 132-133.

Тяжелые металлы в донных отложениях и органах и тканях рыб озера Имандра

Даувальтер В. А.,^{1,2} Терентьев П. М.¹ (г. Апатиты, ¹Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук" (ИППЭС КНЦ РАН); ²ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", Апатитский филиал)

Аннотация. Проведена оценка современного экологического состояния оз. Имандра и установлены закономерности накопления и биогеохимического распределения металлов (Ni, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Hg) в экосистеме озера с помощью исследования химического состава воды, донных отложений, органов и тканей рыб и подсчета коэффициента биологического накопления металлов.

Abstract. The ecological state of Lake Imandra has been assessed and the patterns of accumulation and biogeochemical distribution of metals (Ni, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Hg) in the lake ecosystem have been determined by studying the chemical composition of water, sediments, fish organs and tissues, and calculating the coefficient biological accumulation of metals.

Ключевые слова: донные отложения, рыба, озеро, металлы, загрязнение, экологическое состояние.

Key words: sediments, fish, lake, metals, pollution, ecological state.

Озеро Имандра расположено на крайнем северо-западе Европейской территории России, в Мурманской области. Котловина озера находится в глубокой тектонической депрессии, которая простирается с севера на юг от Кольского залива Баренцева моря до Кандалакшского залива Белого моря [1]. Эта депрессия делит Мурманскую область на две части: западную – материковую, и восточную – полуостровную. Озеро Имандра – самый крупный водоем в Мурманской области и одно из крупнейших в Заполярье: длина озера – 109 км, средняя ширина – 3.19 км, площадь с островами – 880.4 км², объем воды – 10.86 км³. Общая площадь водосбора озера составляет 12300 км².

Наличие уникальных месторождений полезных ископаемых и удобное расположение на пути основных транспортных магистралей привели к развитию мощного индустриального комплекса на территории водосбора, что вызвало высокую антропогенную нагрузку на озеро [1]. Среди основных производств выделяются следующие: горнодобывающая промышленность (АО "Апатит"), металлургическая промышленность (АО "Североникель"),

железорудное производство (АО "Олкон"), энергетический комплекс (Кольская АЭС, Апатитская ТЭЦ, каскад Нивских ГЭС), а также муниципальные стоки населенных пунктов, расположенных на водосборе озера.

С целью оценки современного экологического состояния оз. Имандра и установления закономерностей аккумуляции и биогеохимического распределения металлов в экосистеме оз. Имандра (Ni, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Hg) проведены исследования химического состава воды, донных отложений (ДО) и органов и тканей сига (*Coregonus lavaretus*). Отбор проб ДО производился отборником колонок гравитационного типа. Колонки ДО послойно разделялись на слои по 1 см. Отлов рыбы проводился набором жаберных сетей с различными размерами ячеи. Методика отбора и химического анализа проб ДО и органов и тканей сига подробно описана ранее [1–3]. Содержание металлов определялось методом атомной абсорбции. Для оценки интенсивности накопления металлов в органах и тканях сига рассчитывались величины коэффициента биологического накопления как отношение среднего содержания элемента в органе (в мкг/г в пересчете на сухой вес) к средней концентрации элемента в поверхностном (0-1 см) слое ДО оз. Имандра (также в мкг/г) ($K_{БН_{ДО}}$) и к средней концентрации элемента в воде в мкг/л ($K_{БН_{ВОДА}}$). Озеро условно было разбито на пять акваторий, в различной степени подверженных антропогенному влиянию, – северная (влияние стоков ОАО "Олкон" и комбината "Североникель"), центральная и южная (влияние стоков ОАО "Апатит") части Большой Имандры, Йокостровская Имандра (транзит загрязняющих веществ из Большой Имандры) и Бабинская Имандра (условно фоновая акватория). По этим акваториям были рассчитаны средние содержания металлов в воде, ДО, органах и тканях сига за последние десять лет. В общем итоге было проанализировано проб воды и донных отложений с 30 станций и около 150 экземпляров сегов.

Наиболее загрязненной акваторией озера является Большая Имандра, принимающая промышленные стоки медно-никелевого и апатитнефелинового производств (табл. 1). Концентрации Ni и Cu в поверхностных слоях ДО в десятки и сотни раз превышают фоновые значения. В Большой Имандре наблюдается также наибольшее содержание других тяжелых металлов – Zn (стоки комбината "Североникель"), Mn (стоки ОАО "Олкон"), а также Hg, поступающей в озеро не только со стоками медно-никелевого производства, но и в результате апатитнефелинового производства, о чем было сказано ранее [4]. Повышенные содержания Al и Sr в поверхностных слоях ДО в юж-

ной части Большой Имандры связаны с поступлением сточных вод ОАО "Апатит" [5]. В направлении стоковых течений в озере в плесе Йокостровская Имандра происходит уменьшение содержания исследуемых металлов, а в плесе Бабинская Имандра содержания металлов ненамного превышают или равны фоновым содержаниям, поэтому этот плес и принят условно фоновым, хотя влияние аэротехногенного загрязнения прослеживается и на этой акватории озера [6].

Тяжелые металлы способны накапливаться в живых организмах в более высоких концентрациях, чем в окружающей среде. Содержание металлов в тканях рыб отражает динамику этих элементов в среде обитания и может быть использовано для мониторинга загрязнения окружающей среды, а также быть одним из показателей, раскрывающих причины наблюдаемых аномальных состояний отдельных особей и популяции в целом в условиях загрязнения водоема [7]. Количество металлов в органах и тканях рыб является переменной величиной, находящейся в тесной взаимосвязи с геохимическими условиями среды обитания, с генеративным и пластическим обменом и другими факторами [8]. Поглощение и аккумуляция тяжелых металлов рыбами зависит от химических и физических процессов в водоеме (в воде и на поверхности ДО).

По способности к аккумуляции Ni органы и ткани сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): почка > скелет > жабры > печень > мышцы. Несмотря на высокое содержание Ni в воде и ДО оз. Имандра, содержание этого тяжелого металла в органах и тканях сига невысокое (табл. 1). Ранее [8] также было отмечено, что наибольшей аккумулирующей способностью по отношению к Ni обладает почка рыб. Значения коэффициентов биологического накопления находятся в таком же порядке, что и их содержания в органах и тканях сига (табл. 2).

Таблица 1 – Среднее содержания металлов (мкг/г сух. в) в поверхностном (0-1 см) слое ДО, воде, органах и тканях сига различных плесов оз. Имандра

Плес	Объект	Ni	Cu	Zn	Mn	Al	Sr	Hg
Большая Имандра Север	ДО	1523	287	104	28487	21361	286	0.089
	вода	6	4	1	22	29	54	н.о.
	мышцы	1.03	0.88	22	2.5	4.0	22.09	0.180
	печень	1.6	35.4	266	7.3	10.5	2.8	0.390
	почки	10.2	9.8	198	4.6	11.3	4.3	0.710
	жабры	2.1	2.5	397	30	14.8	210	0.330
	скелет	7.4	3.7	147	58.4	9.3	1199	0.160

Окончание табл. 1

Плес	Объект	Ni	Cu	Zn	Mn	Al	Sr	Hg
Большая Иmandра Центр	ДО	1860	370	131	10000	53500	1475	0.242
	вода	9	5	1	23	29	39	н.о.
	мышцы	0.52	1.15	15.5	1.07	0.77	4.73	0.140
	печень	1.01	58.13	153	7.5	4.5	1.4	0.180
	почки	6.8	6.0	114	2.9	8.5	5.6	0.220
	жабры	1.8	1.8	337	13.8	5.5	124	0.150
	скелет	2.2	0.4	105	40.5	2.6	577	0.030
Большая Иmandра Юг	ДО	989	299	339	5600	48800	1980	0.267
	вода	6	4	1	14	86	74	н.о.
	мышцы	0.69	0.80	23	1.74	2.58	14.2	0.150
	печень	1.6	41.9	204	9.0	8.0	12.2	0.150
	почки	4.3	8.1	178	4.9	10.7	11.6	0.250
	жабры	2.8	2.7	411	29	101	210	0.110
	скелет	2.9	0.8	152	41	5.5	859	0.070
Йокостровская Иmandра	ДО	766	203	101	11700	25000	609	0.154
	вода	5.25	3	1	13	26	60	н.о.
	мышцы	0.82	0.75	19.1	1.94	2.54	13.9	0.185
	печень	1.6	32	244	8.8	9.68	6.5	0.450
	почки	6.1	7.4	223	4.9	26.1	9.6	0.545
	жабры	2.2	2.2	446	20.0	20.2	159	0.205
	скелет	5.6	2.4	146	40	7.92	668	0.155
Бабинская Иmandра	ДО	212	118	108	7600	23300	66	0.097
	вода	2	3	1	2.5	20	48	н.о.
	мышцы	0.79	0.80	20.8	1.95	5.08	14.4	0.215
	печень	1.32	47	230	8.77	7.71	2.27	0.430
	почки	4.74	8.13	278	4.83	41	6.62	0.630
	жабры	2.1	2.1	388	16.2	24.8	126	0.130
	скелет	5.5	2.1	148	24.6	5.4	529	0.070

Таблица 2 – Средние значения коэффициентов биологического накопления металлов в органах и тканях сига оз. Иmandра по отношению к их содержанию в воде ($K_{\text{БН}_{\text{ВОДА}}}$) и ДО ($K_{\text{БН}_{\text{ДО}}}$)

Орган	Показатель	Ni	Cu	Zn	Mn	Al	Sr	Hg
мышцы	$K_{\text{БН}_{\text{ДО}}}$	0.0013	0.0039	0.16	0.00019	0.00012	0.066	1.3
	$K_{\text{БН}_{\text{ВОДА}}}$	180	230	20000	240	110	250	–
печень	$K_{\text{БН}_{\text{ДО}}}$	0.0023	0.19	1.8	0.0009	0.00029	0.012	2.6
	$K_{\text{БН}_{\text{ВОДА}}}$	320	11500	220000	1100	270	82	–
почка	$K_{\text{БН}_{\text{ДО}}}$	0.0090	0.037	1.6	0.00048	0.00074	0.028	4.0
	$K_{\text{БН}_{\text{ВОДА}}}$	1300	2200	199000	600	770	140	–
жабры	$K_{\text{БН}_{\text{ДО}}}$	0.0036	0.010	3.1	0.0023	0.00095	0.62	1.5
	$K_{\text{БН}_{\text{ВОДА}}}$	490	630	396000	2400	780	3000	–
скелет	$K_{\text{БН}_{\text{ДО}}}$	0.0085	0.0092	1.1	0.0040	0.00023	2.8	0.78
	$K_{\text{БН}_{\text{ВОДА}}}$	1200	540	140000	4050	210	14200	–

Медь содержится в наибольших количествах в печени (табл. 1), что было отмечено в [8]. По содержанию Cu органы сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): печень > почка > жабры > скелет > мышцы. Содержание Cu в печени сига более, чем на порядок больше, чем Ni. Значения КБН_{ДО} для Cu располагаются в том же порядке, что и содержание в органах и тканях сига (табл. 2), причем эти значения намного больше, чем для Ni (за исключением скелета).

Уровень накопления Zn в органах и тканях сига оз. Имандра довольно высокий, несмотря на относительно низкое содержание этого тяжелого металла в воде и ДО озера. По концентрации Zn органы сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): жабры > печень > почка > скелет > мышцы. Подобный порядок аккумуляции Zn в органах и тканях сига оз. Имандра был отмечен ранее [1], но содержание этого металла в органах сига в последние годы снижается. Значения КБН_{ДО} для Zn больше 1 практически для всех органов (кроме мышц), а значения КБН_{ВОДА} исчисляются сотнями тысяч, что говорит о значительном накоплении в органах и тканях сига этого эссенциального элемента.

По аккумуляции Mn органы сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): скелет > жабры > печень > почка > мышцы. Наибольшее количество Mn в скелете, жабрах и мышцах сига накопилось на севере Большой Имандры, куда длительное время поступали стоки железорудного производства с ОАО "Олкон", где отмечаются максимальные содержания сопутствующего этому производству Mn в воде и ДО. Значения коэффициента корреляции содержания Mn в скелете и воде и ДО достигает достоверной величины и равно 0.82. Эта закономерность в оз. Имандра отмечена ранее [1]. Коэффициенты биологического накопления Mn в организме сига невысокие и минимальны среди всех исследуемых металлов и располагаются в том же порядке среди органов, что и их аккумуляция (табл. 2).

По содержанию Al органы сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): жабры > почка > печень > скелет > мышцы. Отмечена высокая степень зависимости содержания Al в жабрах от концентрации в воде ($r = 0.95$), что было отмечено ранее [8], и связывается с процессами его осаждения на жабрах при фильтрации воды. Наибольшее содержание Al в жабрах сига обнаружено в южной части Большой Имандры, куда поступают стоки апатитнефелинового производства, содержащие высокие concentra-

ции Al (табл. 1). Коэффициенты биологического накопления Al в организме сига невысокие и минимальны среди всех исследуемых металлов (наряду с Mn) и располагаются в том же порядке среди органов, что и их аккумуляция (табл. 2).

Участие Sr в обменных процессах в костной ткани приводит к интенсивной аккумуляции этого металла в скелете рыб, в том числе и сига [1, 8]. По способности к аккумуляции Sr органы и ткани сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): скелет > жабры > мышцы > почка > печень. Со стоками апатитонефелинового производства в южную часть Большой Имандры Sr в больших количествах поступает в воду и ДО. Обладая большой биофильностью Sr характеризуется высокой величиной КБН_{до} в скелете сига – 2.8 (табл. 2).

Ввиду крайне низких содержаний в воде, загрязнение Hg можно выявить преимущественно на основе изучения ее содержания в ДО и рыбах. По концентрации Hg органы сига оз. Имандра располагаются в следующем порядке (табл. 1): почка > печень > жабры > мышцы > скелет. Подобная закономерность была отмечена ранее в Умбозере [9]. Значения КБН_{до} по Hg (табл. 2) практически для всех органов выше единицы (кроме скелета), что говорит о высокой аккумуляционной способности этого токсичного металла. Тем не менее, значительного накопления Hg в органах и тканях рыб оз. Имандра в настоящее время не выявлено. Содержание Hg в мышцах сига в различных плесах в среднем равно 0.1–0.25 мкг/г сухого веса, что ниже величины предельно допустимой концентрации (2.1 мкг/г в пересчете на сухой вес), принятой в России.

Библиографический список

1. Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Лукин А. А. [и др.]. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / под ред. Моисеенко Т. И. – М. : Наука, 2002. – 487 с.
2. Даувальтер В. А. Закономерности осадконакопления в водных объектах Европейской субарктики (природоохранные аспекты проблемы) : автореф. дис... д-ра геол. наук. – Апатиты : КНЦ РАН, 1999. – 52 с.
3. Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер. – Мурманск : Изд-во Мурманского гос. техн. ун-та, 2012. – 242 с.
4. Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Ртуть в донных отложениях озера Имандра в зоне влияния стоков разработки апатитонефелиновых месторо-

ждений // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2014. № 11. – С. 70–75.

5. Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Реконструкция накопления элементов в озере Имандра как отражение динамики качества воды // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2016. – № 13. – С. 218–221.

6. Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Современное экологическое состояние озера Имандра // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016. – Апатиты : ИЭП КНЦ РАН, 2016. – С. 197–204.

7. Кашулин Н. А., Даувальтер В. А., Кашулина Т. Г и др. Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Ч. 1. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2005. – 234 с.

8. Моисеенко Т. И. Влияние геохимических факторов водной среды на биоаккумуляцию металлов в организме рыб // Геохимия. – 2015. – № 3. – С. 222–233.

9. Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As) в озере Умбозеро, Мурманская область // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37, № 4. – С. 461–476.

Рекомендации для разработки биотехнологии выращивания арктического гольца

Журавлева Н. Г. (*г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН"*)

Аннотация. Арктический голец славится своей способностью к высоким темпам роста при низкой температуре и поэтому особенно подходит для аквакультуры в высоких широтах и высотах. Кроме того, из-за успеха программ разведения, гольцы, используемые в фермерских хозяйствах, в настоящее время растут быстрее и созревают при большем размере и возрасте, чем оригинальный дикий голец. Следовательно, несмотря на незначительные объемы выращивания аквакультура арктического гольца по прогнозам, будет расти во всех трех скандинавских странах (Исландии, Норвегии, Швеции).

Ключевые слова: аквакультура, арктический голец, солоноватая вода, океаническая соленость, темпы роста.

Введение

Взрослые гольцы хорошо растут, когда они содержатся при температуре 7–8 °C, но маточное стадо не должно подвергаться воздействию такой высокой температуры, чтобы избежать негативных последствий для развития яиц и нереста. Производители должны содержаться при низкой температуре, а именно 4 °C.

Гольцов часто выращивают до веса 250–300 г, а затем продают как "порционную" рыбу, но более крупные рыбы весом 1-2 кг также производятся для продажи.

Когда рыбу разводят в мелководных резервуарах с глубиной воды 30–40 см и при низких плотностях посадки 5–20 кг/м³, то темпы роста гольца бывают часто низкими, а различие в их размерах становится большим. Быстрого и однородного роста особей, как правило, достигают, когда рыбу содержат в глубоких резервуарах при высоких плотностях посадки 50–120 кг/м³ при условии, что качество воды может контролироваться и поддерживаться (Jobling et al., 1993; Jobling, 1995).

Основная часть. Рекомендации для биотехнологии выращивания арктического гольца.

Кислород

Количество O₂ в воде является одним из важнейших параметров для обеспечения оптимальных условий для роста рыб (Timmons et al., 2002, Pillay

and Kutty, 2005). При выращивании гольца количество O_2 в воде на входе и в бассейне должна составлять более 8,9 мг/л и более 7,45 мг/л на оттоке, как в замкнутых так и полужамкнутых системах. Эти значения кислорода выше, чем 7,0 мг/л, предложенные для аквакультуры других лососевых (Pillay and Kutty 2005).

Следует всегда поддерживать насыщение воды кислородом выше 80 % в бассейнах для выращивания арктического гольца. Рекомендуется аэрация воды, но следует не только насыщать воду кислородом, но и предотвращать перенасыщение её азотом в емкостях выращивания. Перенасыщение воды азотом вызывает болезнь плавательного пузыря у рыб, приводит к пучеглазую, повреждению жабр и вызывает высокую смертность рыб.

CO₂

Во время дыхания рыбы выделяют углекислый газ (CO_2). Увеличение концентрации CO_2 ведет к более высокой концентрации протонов водорода (H^+) в воде, и тем самым значение pH воды уменьшается. Это негативно влияет на рыб и этого следует избегать. Рекомендуемые уровни CO_2 для выращивания гольца ниже 10 мг/л при щелочности ниже, чем 100 мг/л и менее чем 15 мг/л при более высокой щелочности. Если концентрация CO_2 будет высокая воду можно дегазировать путем аэрации. Существует несколько технических решений для этого, увеличение водо-воздушной поверхности для того чтобы вытеснить газ CO_2 в воздух. (Johnston, 2002).

Концентрацию CO_2 сравнивали в установках замкнутых (RAS) и частично замкнутых (LRS). Концентрация CO_2 была немного выше в LRS (2,64–3,97 мг CO_2 /л), чем в RAS (1,87–4,32 мг CO_2 /л). Это различие может быть следствием более низкой скорости метаболизма рыбы в RAS. Количество CO_2 , произведенного на каждый мг потребленного кислорода, составляло около 1:1, как было предложено другими исследованиями на арктическом гольце (Aquafarmer 2004, Forsberg 1997). Концентрации CO_2 в обеих системах были ниже, чем 10–20 мг/л, что является рекомендуемым пределом для CO_2 в аквакультуре лососевых (Fivelstad et al., 1998, Summerfelt et al., 2000, Summerfelt et al., 2004).

Уровни аммония

Безопасные уровни аммиака, нитрита и нитрата для аквакультуры арктического гольца до сих пор неизвестны. Однако, исходя из опыта и рекомендаций по выращиванию атлантического лосося, уровень аммиака в пресной воде не должен превышать 0,015 мг/л, а уровни содержания аммиака-N должны

оставаться ниже 1,0 мг/л. Если арктический голец содержится в морской воде, рекомендуемые безопасные уровни будут несколько выше (Johnston, 2002). Нитрит-N должен всегда оставаться ниже 0,2 мг / л (Skybakmoen et al., 2009). Концентрация $\text{NH}_3\text{-N}$ в воде составляла менее 0,012–0,03 мг/л для аквакультуры лососевых (Summerfelt et al., 2004).

Уровни концентрации $\text{NH}_3\text{-N}$ были ниже 0,025 мг/л в течение всего периода выращивания, как в замкнутых так и в полужамкнутых (RAS и RLS) системах, рекомендованных для выращивания арктического гольца (Aquafarmer, 2004). Летальный уровень $\text{NH}_3\text{-N}$ для арктического гольца составляет 0,03 мг/л (Aquafarmer, 2004).

pH

Баланс pH имеет важное значение для обмена веществ у рыб и влияет, например, на поглощение кислорода, водно – солевой баланс и кислотно-щелочное равновесие. Хотя лососевые переносят pH в диапазоне от 5 до 9, в оптимальных условиях выращивания область значений pH должна быть между 6.5 и 8.5. Уровни pH воды составляли 7,4-8,0 в обеих системах (RAS и RLS) в течение всего экспериментального периода выращивания, значения которых были в оптимальных пределах для аквакультуры арктического гольца (Aquafarmer, 2004).

Температура

В большинстве исследований указывают на максимальные темпы роста арктического гольца при температуре от 12 до 16°C. Важно отметить, что этот диапазон температуры является нормой только тогда, когда рост не ограничен кормовой базой. Когда количество корма ограничено, оптимальная температура для роста гольца будет ниже. Оптимальное использование корма (коэффициент конверсии корма, КК) получено при более низкой температуре, чем оптимальная температура для скорости роста и, как сообщается, составляет 9 °C. Высокие плотности посадки, используемые при интенсивном выращивании рыб, ограничивают температуру выращивания. Рыба требует больше кислорода и экскреция аммиака резко возрастает с повышением температуры, грибковые и бактериальные болезни часто становятся проблемой при температурах выше 15°C. Следовательно, температура 12 °C является самой оптимальной, обеспечивая высокие темпы роста, хорошее использование корма и снижение риска заболеваний и грибковых инфекций.

Соленость

В настоящее время аквакультура гольца осуществляется исключительно в пресной воде, хотя низкие температуры в зимнее время приводят к ухудшению роста в течение нескольких месяцев. К сожалению, когда анадромный арктический голец вынужден оставаться в морской воде в течение осени или зимы, отмечена высокая смертность и снижение темпов роста (Johnson, 1980, Wandsvik, Jobling, 1982a), на ранних стадиях онтогенеза в таких условиях отмечена очень низкая выживаемость. Было высказано предположение, что содержание арктического гольца в садках в море зимой, при использовании традиционных технологий разведения лосося, не может быть экономически выгодным из-за высокой смертности и замедленного темпа роста. В отличие от атлантического лосося, арктический голец не способен переносить высокие концентрации солей в воде при низких температурах, и требуется, чтобы он был переведен в солоноватую или пресную воду в зимнее время.

Весьма изменчивые жизненные стратегии арктического гольца влияют на толерантность к солености (солеустойчивость) у этого вида. Анадромный арктический голец толерантен к морской воде (33–35 ‰) в течение 2 месяцев при миграции к морю летом. В остальное время года толерантность к морской воде уменьшается, но арктический голец хорошо переносит солоноватую воду до 20 ‰, однако и это зависит от размера рыбы и температуры воды, с увеличением всех проблем при низких температурах.

В Северной Норвегии есть небольшое фермерское хозяйство, которое выращивает в морской воде проходного арктического гольца из культивированного штамма (штамм Хаммерфест).

В Исландии арктического гольца без каких-либо осмотических проблем выращивают из посадочного материала весом 100 г до товарного веса 400–700 г при солености воды 26–30 ‰, но при постоянной температуре воды 6–8 °С.

Глубина воды

Недостаточная глубина воды может вызвать стресс-синдром плавательного пузыря, для молоди гольца, критическая глубина воды составляет 15 см, но даже при глубине воды 24 см иногда наблюдалось увеличение смертности. Таким образом, рекомендуемая минимальная глубина воды составляет >30 см.

Плотность посадки

Арктический голец переносит высокие плотности посадки без отрицательного влияния на потребление корма и рост. Низкой плотности следует

избегать, поскольку это увеличивает их социальные взаимодействия. Шестидесят килограммов рыбы на м^3 воды некоторые исследователи считают минимальной плотностью при условии выращивания в небольших системах. Верхний предел неясен, но не менее $120 \text{ кг} / \text{м}^3$ можно без ущерба применять для успешного производства, если качество воды и условия роста являются оптимальными. В промышленных масштабах в аквариумах ($>10 \text{ м}^3$), плотность может быть уменьшена приблизительно до $20\text{--}30 \text{ кг} \text{ рыбы} / \text{м}^3$, не вызывая агрессии и формирования иерархии. Более низкая плотность может быть благоприятна для разведения мелких рыб при высокой температуре и ограниченной концентрации кислорода в течение лета.

Фотопериод

Высокие темпы роста арктического гольца наблюдаются при освещенности 50 ЛК, такая интенсивность света и рекомендуется для выращивания гольца. Для восприятия рыбой дня и ночи, разница между темнотой и светом является более важной, чем абсолютная интенсивность света. Поэтому важно держать ночи как можно более темными. Манипуляция фотопериодом может быть важным инструментом для активизации роста гольца, а также для предотвращения и отсрочки раннего созревания.

Выводы

1. Изучение литературы, касающейся особенностей морфологических и экологических изменений арктического гольца в сезонном и возрастном аспектах показало, что он имеет ограниченную толерантность к высокой (океанической $33\text{--}36 \text{ ‰}$) солености, и особенно к сочетанию низкой температуры и высокой солености.

2. Арктический голец – это факультативно анадромный вид. Основную часть своей жизни они проводят (зимуют) в озерах. Из озер, соединенных реками с морем, они могут выходить для питания в весенне-летний период на короткий промежуток времени (от 4 до 9 недель) в опресненные губы и заливы. Половозрелые гольцы летом при температуре $6\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$ могут находиться короткое время (до 4 недель) в морской воде океанической солености $33\text{--}36 \text{ ‰}$.

3. Исходя из современных условий, в отсутствие селекционных станций и селекционного посадочного материала круглогодичное выращивание арктического гольца в губах и заливах Баренцева моря в настоящее время не может быть рекомендовано.

Исследования проведены в рамках: ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического ком-

плекса России на 2014–2020 годы" проекта "Разработка технических средств, биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западного федеральных округов России", соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

Библиографический список

1. Aquafarmer. 2004. The farming of Arctic charr. Technical Institute of Iceland, the Holar University College and The Aquaculture Development Centre of Ireland. November 2007 – January 2008; <<http://www.holar.is/~aquafarmer/>>
2. Fivelstad, S., Thomassen, J. M., Smith, M., Kjartansson, H. and Sando, A. B. 1990. Metabolite excretion rates from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) reared in single pass land-based brackish water and sea water systems. *Aquacultural Engineering* 9: 1–21.
3. Forsberg, O. I. 1997. The impact of varying feeding regimes on oxygen consumption and excretion of carbon dioxide and nitrogen in post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture Research* 28: 29–41.
4. Jobling M. (1995) Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture International* 3, 60–65.
5. Jobling, M., Jørgensen, E. H., Arnesen, A. M. and Ringø, E. (1993) Feeding, growth, and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. *Aquaculture International* 1, 20–46.
6. Jobling M. & Wandsvik A. (1983) Effects of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Journal of Fish Biology* 22, 577–584.
7. Johnson, L. (1980) The Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. In Charrs, Salmonid Fishes of the Genus *Salvelinus*. In: Balon, E.K. (Ed). W. Junk, The Hague, Netherlands. – 87 pp.
8. Johnston, G. (2002) Arctic Charr Aquaculture. Fishing News Books, Oxford.
9. Pillay, T. V. R. and Kutty, M.N. 2005. *Aquaculture, Principles and Practices*, 2nd Edition. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. – 630 p.
10. Skybakmoen, S., Siikavuopio, S.I. and Sæther B-S. (2009). Coldwater RAS in an Arctic charr farm in Northern Norway . *Aquacultural Engineering*, 41: 114–121.

11. Summerfelt, S. T., Vinci, B. J. and Piedrahita, R. H. 2000. Oxygenation and carbon dioxide control in water reuse systems. *Aquacultural Engineering* 22 (1-2): 87–108.

12. Summerfelt, S. T., Wilton, G., Roberts, D., Rimmerd, T. and Fonkalsrud, K. 2004. Developments in recirculating systems for Arctic char culture in North America. *Aquacultural Engineering* 30: 31–71.

13. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T. and Vinci, B. J. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY 14850, USA. 800 p. NRAC Publication No. 01-002.

14. Wandsvik A. & Jobling M. (1982a) Overwintering mortality of migratory Arctic charr *Salvelinus alpinus* reared in salt water. *Journal of Fish Biology* 20, 701–706.

15. Wandsvik A. & Jobling M. (1982b) Observations on growth rates of Arctic charr *Salvelinus alpinus* reared at low temperature. *Journal of Fish Biology* 20, 689–699.

Оценка качества вод озера Семёновского по показателям зоопланктона

Минченко Е. Е. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии и водных ресурсов)

Аннотация. В работе представлены результаты изучения зоопланктонного сообщества озера Семёновского. Дана оценка количественных и структурных показателей зоопланктона. Произведен расчет индекса видового разнообразия Шеннона и индекса сапробности. Определен трофический тип озера. Полученные результаты могут быть использованы для проведения экологического мониторинга пресноводных водоёмов.

Abstract. The results of the study of the zooplankton community of Semenovskoye Lake are presented. Quantitative and structural indicators of zooplankton are estimated. The Shannon index and the saprobity index are calculated. The trophic type of Semenovskoye Lake is defined. The obtained results can be used for ecological monitoring of freshwater basins.

Ключевые слова: пресноводные водоемы, зоопланктонное сообщество, видовое разнообразие, сапробность, трофический тип.

Key words: freshwater basins, zooplankton community, species diversity, saprobity, trophic type.

Одним из компонентов биологического анализа водоёма является изучение зоопланктонного сообщества. Состав и количественные характеристики зоопланктона являются высокочувствительным показателем степени загрязнения и нарушения чистоты вод [1]. Сведения о численности и биомассе зоопланктонного сообщества важны для расчета рыбопродуктивности водоёма и оценки ущерба, нанесенного водной экосистеме.

Отбор проб воды для гидробиологического анализа осуществлялся на 4-х станциях оз. Семёновского (рис. 1).



Рисунок 1 – Расположение станций на оз. Семёновском

Сведения о типе грунта, наличии (отсутствии) водной растительности, антропогенной нагрузке по станциям приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика станций

№ п/п	Показатели	Станция № 1	Станция № 2	Станция № 3	Станция № 4
1	Тип грунта	Каменистый, заиленные участки	Каменистый, заиленные участки	Песчано-каменистый	Песчано-каменистый
2	Водная растительность (макрофиты)	Заросли осоки и др. Водной растительности, заболачивание	Заросли осоки и др. Водной растительности	Локальные участки прибрежной водной растительности	Отсутствует
3	Антропогенная нагрузка	Бытовой мусор	Бытовой мусор	Бытовой мусор	Работы, связанные с обустройством набережной

Пробы зоопланктона отбирались из поверхностных слоев воды (0–50 см) в литоральной зоне озера. Даты отбора проб: 25 – 30 июня 2017 г. Объем пробы для количественного анализа составил 1000 мл. Качественные пробы отбирались при помощи планктонной сети, изготовленной самостоятельно. Расчет индивидуальной массы зоопланктеров выполнен на основе уравнения зависимости между длиной и массой тела [2]. Индекс видового разнообразия Шеннона и индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека рассчитывался по формулам [3]. Трофический тип озера оценивался по "шкале трофности" [4].

Результаты

Сведения о температуре воды и величине рН в литоральной зоне озера Семёновского приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Температура и показатель рН по станциям

№ п/п	Показатели	Станция № 1	Станция № 2	Станция № 3	Станция № 4
1	Температура воды, °С	8,9	8,8	7,3	9,7
2	рН	7,1	7,5	7,3	7,3

Температура поверхностных слоев воды в исследуемый период варьировала от 7,3 до 9,7 °С. Показатель рН изменялся от 7,1 до 7,5 (соответствует фоновым значениям).

В зоопланктонных сообществах озера Семёновского выявлено 13 видов и форм беспозвоночных (табл. 3).

Таблица 3 – Таксономический состав зоопланктона оз. Семёновского

№ п/п	Группа	Станция № 1	Станция № 2	Станция № 3	Станция № 4
ROTATORIA					
1	<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	+	+	+	+
2	<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg)	+	+	+	+
3	<i>Mytilina</i> sp.	+	+	+	+
4	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	+	+	+	
5	<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas)	+	+	+	+
6	<i>Keratella quadrata</i> (Müller)	+	+	+	+
7	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)				
8	<i>Colurella</i> sp.		+		
9	<i>Rotatoria</i> sp.	+	+	+	+
Число видов в группе		8	9	8	7
CLADOCERA					
10	<i>Daphnia longispina</i> (Müller)	+			
11	<i>Sida crystallina</i> (Müller)		+		
Число видов в группе		1	1	0	0
COPEPODA					
12	<i>Cyclops</i> spp.	+	+	+	+
13	науплиусы <i>Copepoda</i>	+	+	+	+
Число видов в группе		2	2	2	2
Общее число видов		11	12	10	9

Зоопланктон представлен 9 видами коловраток. Из них наиболее часто встречались *Asplanchna priodonta* (Gosse), *Keratella cochlearis* (Gosse), *Keratella quadrata* (Müller), *Synchaeta pectinata* (Ehrenberg) и др. Кладоцеры (2 вида) встречались в пробах единично. Среди Copepoda многочисленными были копепоидитные стадии веслоногих рачков. Эти организмы являются типичными представителями фауны северных водоёмов. Таксономический состав зоопланктона озера за последние несколько лет заметно снизился [5]. По данным Мурманского УГМС в 2016 г. количество таксонов составляло 13 ед.; в 2015 г. – 31, в 2014 г. – 23 [6].

Сведения о численности, биомассе, индексе видового разнообразия Шеннона и индексе сапробности представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Структурные и функциональные показатели зоопланктонного сообщества оз. Семёновского

№ п/п	Показатели	Станция № 1	Станция № 2	Станция № 3	Станция № 4
1	N общ., тыс. экз/м ³	5,05	11,17	4,67	1,33
2	B общ., г/м ³	0,047	0,244	0,069	0,025
	N, тыс. экз/м ³ основных групп				
3	Rotatoria	3,91	10,68	4,13	1,21
4	Cladocera	0,04	0,03	0	0
5	Copepoda	1,1	0,46	0,54	0,12
	B, г/м ³ основных групп				
6	Rotatoria	0,044	0,242	0,068	0,019
7	Cladocera	0,0005	0,0003	0	0
8	Copepoda	0,003	0,0014	0,0015	0,006
9	Индекс Шеннона, бит/экз	1,65	1,28	1,54	1,45
10	Индекс сапробности	1,81	1,61	1,71	1,69

Показатели численности и биомассы зоопланктона в оз. Семёновском соответствовали значениям, характерным для холодноводных олиготрофных озёр Кольского полуострова. Численность зоопланктона варьировала от 1,33 до 11,17 тыс. экз./м³, биомасса – от 0,02 до 0,24 г/м³.

Индекс видового разнообразия Шеннона изменялся в диапазоне от 1,28 до 1,65 бит/экз, что характеризует водную экосистему (по зоопланктону) как систему средней степени нарушенности [3].

Индекс сапробности варьировался от 1,61 до 1,81, что характеризует воды оз. Семёновского как β-мезосапробные, класс качества воды – II (слабозагрязнённые).

Динамика среднегодовых значений индекса сапробности в 2009–2016 гг. по данным Мурманского УГМС представлена на рис. 2.



Рисунок 2 – Динамика значений индекса сапробности в 2009-2016 гг., оз. Семёновское [6]

Собственные расчеты сапробности вод (по зоопланктону) согласуются со значениями индекса сапробности, приведенными на рисунке 2.

По "шкале трофности" оз. Семеновское относится к олиготрофным (биомасса $< 0,5 \text{ г/м}^3$) [4].

Выводы

Зоопланктонное сообщество оз. Семёновского в исследуемый период характеризуется относительно бедным таксономическим разнообразием, состоящим из типичных представителей фауны северных водоемов.

За последние несколько лет (2014–2017 гг.) наблюдается снижение таксономического разнообразия зоопланктона.

Индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный по зоопланктону, характеризует водную экосистему озера как систему средней степени нарушенности.

По сапробности воды оз. Семёновского относятся β -мезосапробным, класс качества воды – II (слабо-загрязненные).

По "шкале трофности" оз. Семёновское относится к олиготрофному типу.

Библиографический список

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / под ред. Г. Г. Винберга, Г. М. Лаврентьевой. – Л. : ГосНИОРХ, 1982. – 33 с.

3. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / под ред. В. В. Куриленко : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 448 с.

4. Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / отв. ред. Г. Г. Винберг. – М.: Наука, 1984. – 207 с.

5. Минченков Е. Е., Пахомова Н. А. Оценка состояния городских водных экосистем по гидробиологическим показателям / Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – № 3. – С. 48–55.

6. Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям за 2016 г. / Под ред. В. М. Хромова. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2016.pdf (дата обращения: 10.04.2018).

Изменчивость скорости роста двустворчатого моллюска *Macoma calcareea* (Bivalvia, Tellinidae) в разных районах Баренцева моря

Носкович А. Э. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН", лаборатория зообентоса)

Аннотация. Получены данные о продолжительности жизни и скорости роста двустворчатого моллюска *Macoma calcareea* в различных районах Баренцева моря. У архипелага Новая Земля отмечены наибольшая продолжительность жизни и наименьшие темпы роста. Наибольшая скорость роста наблюдается в губе Ура и в губе Ивановская.

Abstract. Data on the longevity and growth rate of the *Macoma calcareea* bivalve mollusk in various areas of the Barents Sea have been obtained. The Novaya Zemlya Archipelago has the longest longevity and the lowest growth rates. The highest growth rate is observed in Ura Bay and in Ivanovskaya Bay.

Ключевые слова: продолжительность жизни, скорость роста, двустворчатый моллюск.
Key words: longevity, growth rate, bivalve mollusk.

Двустворчатый моллюск *Macoma calcareea* широко распространен в морях Арктики и Атлантического океана [1], входит в состав многих сообществ донной фауны, являясь их руководящей, массовой или одной из самых характерных форм. *M. calcareea* служит кормом для многих видов донных беспозвоночных, рыб, птиц, морских млекопитающих, а также участвует в биофильтрации и переотложении донных осадков.

Широкий спектр обитания данного вида предполагает неоднородность условий обитания и, следовательно, наличие изменчивости по ряду признаков. Изучение географической изменчивости роста моллюсков в границах ареала необходимо для оценки их потенциальной биологической продуктивности в естественных условиях. Цель данного исследования – установить географическую изменчивость скорости роста двустворчатого моллюска *M. calcareea* в районах Баренцева моря с различным гидрологическим режимом.

Материалы и методы

Материал был собран в Баренцевом и Печорском морях в период с 2006 по 2011 гг. сотрудниками Мурманского морского биологического института. В прибрежье южной части Баренцева моря пробы были отобраны в губах Ура (дночерпатель Петерсена $S = 0,040 \text{ м}^2$), Ивановская (водолазный сбор, рамка $S = 0,0625 \text{ м}^2$), в восточной части моря – у берегов Новой Земли и в Пе-

чорском море – в губе Варандейская (дночерпатель ван-Вина $S = 0,1 \text{ м}^2$). Глубина отбора проб варьировала от 5 до 165 м. Всего было изучено 784 моллюска (табл. 1).

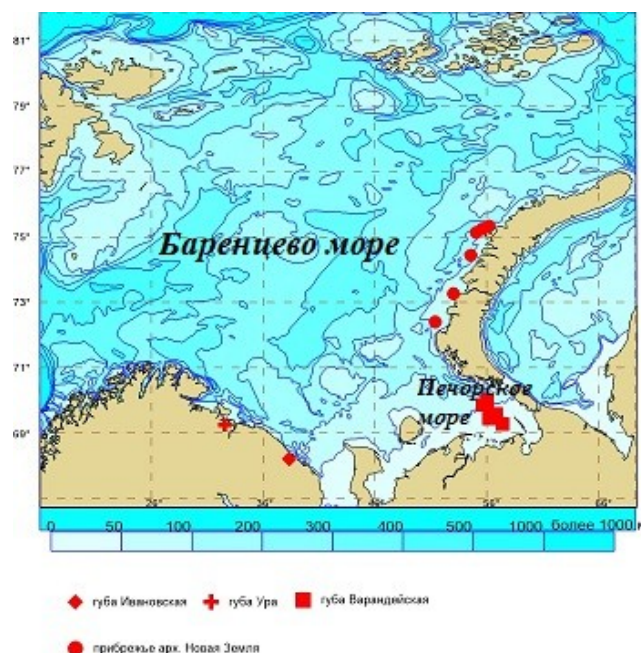


Рисунок 1 – Карта расположения участков отбора проб

Таблица 1 – Объем проанализированного материала и характеристика участков отбора проб

Дата отбора	n	№, экз.	T °C	S, ‰	H, м	Грунт
Губа Ивановская						
20.08.11	6	184	7,7–13,1	19,5–33,8	5,0–15,0	песчано-илистый
Губа Ура						
28.08.07	3	104	10,6	32,4	5,0–7,0	песчано-илистый
Губа Варандейская						
15.11.10	6	42	2,3–3,2	32,5–32,9	20,0–35,0	песчано-илистый, глина
16.11.10	8	43	1,4–3,5	33,4–34,5	45,0–80,0	ил, тяжелая глина, камни, песок
Прибрежье арх. Новая Земля						
19.08.06	3	30	–0,37	34,7	59,8	средние, крупные пески
20.08.06	6	62	–1,8 –0,7	34,8–35,2	148,8–165,0	тяжелая глина, ил, щебень, галька
01.09.07	5	50	0,7–0,8	34,8–34,9	158,1–165,0	ил, мелкие камни, песок, глина
02.09.07	8	54	0,6–1,4	34,6–34,9	64,4–130,0	илистый песок, камни, валуны, ракуша

Примечание: n – количество проб, N – число моллюсков, T – придонная температура, S – соленость, H – глубина.

Длину раковины у *M. calcareo* измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, у мелких экземпляров – с помощью окулярной линейки бинокулярного микроскопа.

Возраст моллюсков определяли путем подсчета годовых колец. Темп роста – по приростам (расстояние от вершины раковины до каждого последующего годового кольца) под бинокляром, с точностью до 0,1 мм. Групповой рост оценивали путем усреднения данных по размерам одноименных колец между всеми моллюсками в пробах.

Для описания скорости роста моллюсков было использовано уравнение Берталанфи [2]:

$$L_{(t)} = L_{\infty}(1 - e^{-K(t - t_0)}), \quad (1)$$

где $L_{(t)}$ – длина раковины в момент времени t , мм; L_{∞} – средняя предельная длина моллюска исследуемой популяции; K – константа, характеризующая скорость изменения длины; t_0 – нулевой возраст.

Результаты и обсуждение

В губе Ивановская численно преобладают особи младших возрастных групп (рис. 2). Отсутствуют моллюски десяти и одиннадцати лет. В губе Ура количество возрастных групп представлено не так полно, как в губе Ивановская, здесь также преобладает молодь и моллюски возрастом от 8 до 10 лет. Отсутствие моллюсков других возрастных групп может быть связано с малым объемом выборки в данной губе. По сравнению с вышеперечисленными губами, где преобладает преимущественно молодь, в губе Варандейская наиболее многочисленны оказались моллюски как младшей (2–3 года) так и старшей возрастной группы (8–10 лет).

Поселения моллюсков побережья Новой Земли значительно отличаются по возрастной структуре от всех представленных выше губ Баренцева моря. Здесь встречаются особи до 26 лет, из них количественно преобладают такие возрастные группы как 5, 6 и 8 лет. Подобная возрастная структура (большое количество моллюсков различных возрастных групп и большая продолжительность жизни) свидетельствует о благоприятных экологических условиях. Гидрологические факторы в данном районе более стабильны: здесь наблюдаются минимальные колебания гидрологических условий по сравнению с другими районами исследования. В побережье Мурмана на малых глубинах в течение года гидробионты испытывают большую амплитуду колебания температуры и солености воды в течение года.

В других ареалах обитания, например в Гданьском заливе, встречались моллюски макомы в возрасте от 2 до 6 лет. В Вислинском заливе – до 14 лет,

в районе Самбийско-Куршского плато около 80 % составляли сеголетки [3]. По нашим данным, продолжительность жизни *M. calcareea* не сильно отличается от ранее определенной продолжительности жизни в Баренцевом и Карском морях, где она составляет 15 лет [4]. А для вод Западной Гренландии продолжительность жизни составляет 17 лет [5].

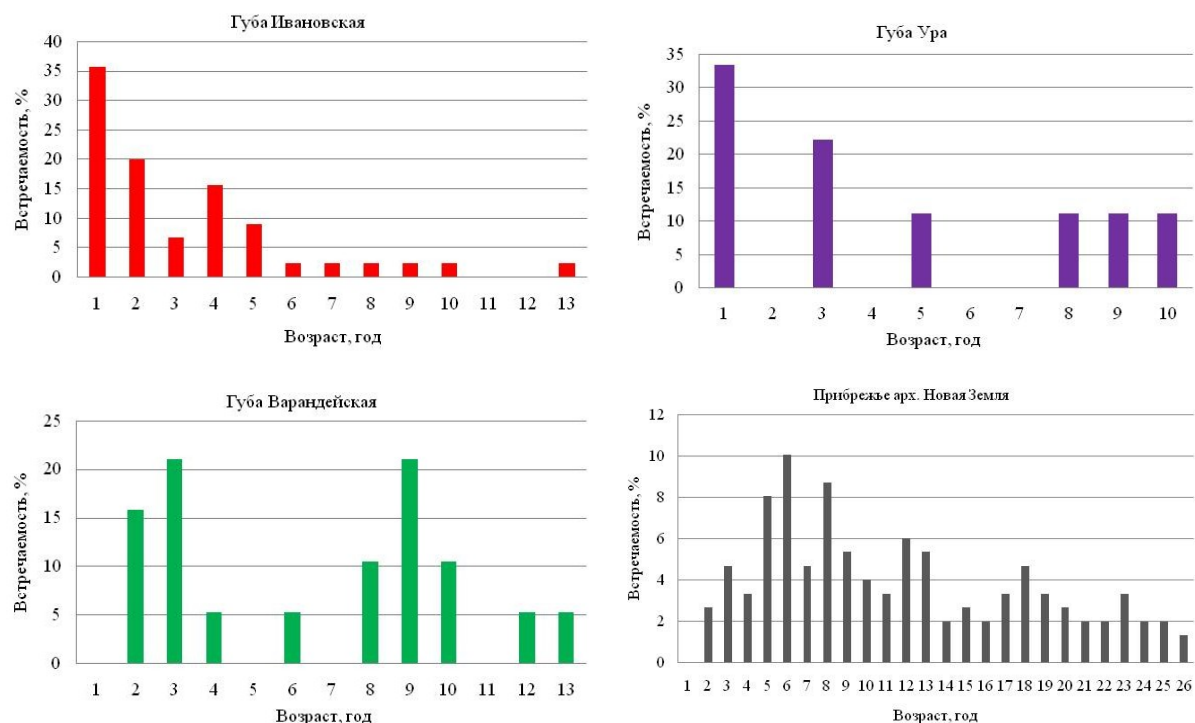


Рисунок 2 – Возрастной состав поселений *Macoma calcareea* исследуемых районов

Продолжительность жизни других видов двустворчатых моллюсков варьирует в зависимости от района обитания, например, возраст *Mytilus edulis* L. в Белом море составляет 10–15 лет [1], по другим данным – от 10 до 17 лет [6]. Отдельные особи доживают до 25–26 лет [4]. Максимальная продолжительность жизни *Mytilus edulis* L. в Баренцевом море – 9 лет [7], в Охотском море составляет 15 лет [8]. Более высокий возраст (20–24 года) установлен в Гренландии [9].

У *Macoma balthica* из Охотского моря насчитывается возраст в 18 лет, а моллюсков из разных районов Кандалакшского залива Белого моря – 15 лет [10]. В южной части Балтийского моря максимальный возраст маком составляет 14 лет. Максимальные темпы роста наблюдаются до достижения возраста 4–5 лет [3].

Известно, что у двустворчатых моллюсков годовые приросты максимальны до достижения ими половой зрелости. В исследованных поселениях макомы наиболее быстрое увеличение длины тела за год наблюдается в воз-

расте от 1 до 5 лет (рис. 4). В выборке из губ Ура и Ивановская можно увидеть наибольшую скорость роста (рис. 3). Наибольший прирост наблюдается между 3 и 4 годовыми кольцами и составляет 3,8 мм, что также подтверждается уравнением Берталанфи, где коэффициент $k = 0,120$ – больше, чем в других губах (табл. 2). В губе Ивановская также наблюдается большой прирост, который приходится на первый год жизни – 3,4 мм, коэффициент $k = 0,112$, а также весьма сильный прирост наблюдается между 5 и 6 годовыми кольцами – 3,3 мм (рис. 4).

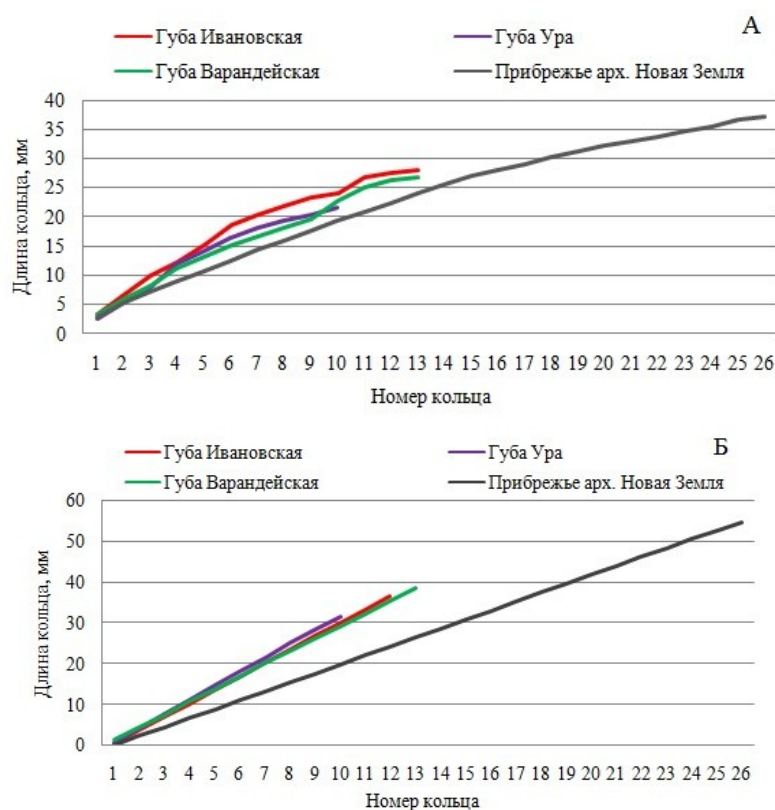


Рисунок 3 – А – Темпы роста *Macoma calcaria* в районах исследования, Б – показатели линейного роста *M. calcaria* по уравнению Берталанфи

Таблица 2 – Параметры уравнения Берталанфи для линейного роста

Район	Параметры уравнений		
	L_{∞}	k	t_0
Губа Ивановская	36,9	0,112	0,41
Губа Ура	31,6	0,120	0,66
Губа Варандейская	38,3	0,06	1,32
Прибрежье арх. Новая Земля	54,9	0,043	0,24

Примечание: L_{∞} , K , t_0 – коэффициенты уравнения (1)

В губе Варандейская наиболее быстро моллюски росли в возрасте от 1 года до 4 лет. Наибольший прирост составляет 3,0 мм. После 5 годового кольца

можно увидеть снижение темпов роста, но между 9 и 10 кольцами происходит скачок роста (2,4 мм). Затруднительно объяснить увеличение прироста у особей такого возраста, ведь более быстрый рост характерен для молодых особей. После 11 годового кольца можно увидеть постепенное снижение темпов роста. Между 11 и 12 кольцами прирост составляет 0,8 мм, а между 12 и 13 кольцами – всего 0,6 мм.



Рисунок 4 – Годовой прирост *Macoma calcarea* в районах исследования

В прибрежье арх. Новая Земля моллюски интенсивно росли от 1 года до 13 лет. Наибольший прирост наблюдается на первом году жизни – 2,5 мм. После 13 годового кольца происходит постепенное снижение темпов роста.

Заключение

Таким образом, наибольшая продолжительность жизни отмечена в поселениях моллюсков у арх. Новая Земля, наименьшая – в губе Ура. В губах южной части Баренцева моря по численности доминируют особи младших возрастных групп.

Темпы годового прироста *Macoma calcarea* в районах исследования естественно снижаются с возрастом. Моллюски из прибрежья арх. Новая Земля отличаются наименьшими темпами роста в первые годы жизни по сравнению с другими районами исследования. Наибольшие темпы роста характерны для губ Ура и Ивановская.

Библиографический список

1. Наумов А. Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. – СПб, 2006. – С. 367.
2. Мельникова Е. Б. Определение коэффициентов уравнения роста Берта-ланфи при отсутствии регулярных измерений // Биологические ресурсы Белого

моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Международ. конф., 5–8 октября 2009 г. – С. 353–356.

3. Юргенс Е. М. Экологическая характеристика моллюска *Macoma balthica* в южной части Балтийского моря. Автореферат, Калининград – 2006.

4. Золотарев В. Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. – Киев, 1989. – С. 112.

5. Petersen G. H. Life cycles and population dynamics of marine benthic bivalves from the Disco Bugt area of West Greenland // *Ophelia*. – 1978. – V. 17. – N 1. – P. 95–120.

6. Сухотин А. А., Кулаковский Э. Е., Максимович Н. В. Линейный рост беломорских мидий при изменении условий обитания // *Экология*. – 1992. – № 5. – С. 71–77.

7. Кравец П. П. Популяционный анализ поселений мидий *Mytilus edulis* L. в экосистемах Баренцева моря : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.04, 03.02.08 / Кравец Петр Петрович; [Место защиты : Петрозавод. гос. ун-т]. – Петрозаводск, 2011. – 113 с.

8. Савилов, А. И. Сравнение роста мидий Белого и Охотского морей / А. И. Савилов // Тр. ИО АН СССР. – 1954. – Т. 11. – С. 246–257.

9. Theisen B. F. The growth of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) from Disko and Thule District, Greenland // *Ophelia*. – 1973. – Vol. 12, N 1–2. – P. 59–77.

10. Назарова, С. А. Организация поселений *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) в осушной зоне Белого и Баренцева морей : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / Назарова София Александровна; [Место защиты: Санкт-Петербургский государственный университет]. – СПб, 2015. – 196 с.

**Распределение металлов между биотическими компонентами
экосистемы арктического горного озера
в условиях техногенного загрязнения**

Павлова А.С., Кашулин Н. А., Денисов Д. Б., Терентьев П. М. (г. Апатиты, Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук" (ИППЭС КНЦ РАН))

Аннотация. Рассматривается распределение металлов между биотическими компонентами среды (сестон, зоопланктон, рыба) озера Большой Вудъявр, испытывающего долговременную нагрузку в условиях горнодобывающей деятельности. Определены уровни накопления металлов в живых организмах. Рассчитаны коэффициенты накопления и обогащения в компонентах среды.

Abstract. The distribution of chemical elements into the biotic components of the environment (seston, zooplankton, fish) of Lake Bolshoy Vudiyavr, which is under long-term load of mining industry, is considered. The levels of accumulation of metals in living organisms are determined. The coefficients of accumulation and enrichment in the components of the medium are calculated.

Ключевые слова: озеро, металлы, химические формы элементов, коэффициенты накопления и обогащения.

Key words: lake, water quality, bottom sediments, metals, chemical elements forms, accumulation and enrichment factors.

Озеро Большой Вудъявр расположено в южной части Хибинского горного массива. Относится к классу малых озер ($<10 \text{ км}^2$). Питание смешанное, осуществляется за счет поверхностных и подземных вод и атмосферных осадков. В доиндустриальный период оз. Б. Вудъявр характеризовалось низкой минерализацией (30 мг/л) с нейтральными значениями водородного показателя [1]. Интенсивное загрязнение водоема началось в 30-х годах XX века с началом добычи и переработки апатитового сырья и строительством г. Кировск (Хибиногорска) [2]. Горнодобывающий комплекс АО "Апатит" на протяжении многих десятилетий является основной организацией, осуществляющей освоение минеральных ресурсов Хибин. В настоящее время современные гидрохимические характеристики оз. Б. Вудъявр определяются поступлением промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, что приводит к повышению величин минерализации и водородного пока-

зателя, вследствие увеличения концентрации щелочных и щелочноземельных металлов, концентрации макро- и микрокомпонентов химического состава.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей распределения металлов между биотическими компонентами водной среды арктического горного оз. Б. Вудъявр, испытывающего долговременную антропогенную нагрузку со стороны горнодобывающего комплекса АО "Апатит".

Отбор проб проводился в осенний период 2010 года. Пробы воды отбирали с помощью батометра Рутнера объемом 2.2 литра. Сестон отбирался с помощью планктонной сети с размерами пор 29 мкм, методом траления за лодкой в течение 1–3 часов. Проба зоопланктона представлена 3 вида: *Daphnia longispina* Müll. (Daphniidae), *Bosmina obtusirostris* Sars (Bosminidae) и *Leptodora kindtii* Fock. (Leptodoridae). Отлов арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) проводился с использованием стандартного набора ставных сетей [3].

Аналитические методы включали химический анализ воды, сестона и зоопланктона, который проводился в аккредитованном Центре коллективного пользования ИППЭС КНЦ РАН (№ РОСС RU.0001.517126) по стандартным сертифицированным методикам. Микроэлементный состав (Al, Fe, Mn, Sr, Cu, Ni, Zn, Co, Cr и Cd) воды и компонентов определялся атомно-абсорбционным методом с атомизацией в графитовой печи на приборе Aanalyst 800, а также с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра Perkin-Elmer-360 в режиме пламенной атомизации. С помощью проточно-инжекционной ртутной системы FIMS-100 фирмы Perkin-Elmer определялась Hg.

Степень накопления химических элементов различными компонентами экосистемы оценивалась с помощью безразмерного коэффициента накопления (K_n), как отношение концентрации элемента в данном компоненте к его концентрации в воде [4].

Для определения концентрационной способности биотических компонентов экосистемы озера, отличающихся от абиотических геохимических сред, использовались коэффициенты обогащения (E_f) с предварительным нормированием по малоподвижным биологически нейтральным элементам [4, 5]. В данной работе нормирование было проведено по хрому, как наименее подвижному элементу в системе "озерная вода – сестон – донные отложения". В качестве модели терригенной взвеси были взяты кларки элементов в земной коре по А. П. Виноградову [6]. Оценка биодоступности элементов проводилась расчетным путем с использованием программного комплекса "CHEAQS".

По водородному показателю вода в озере характеризовалась как слабощелочная, минерализация составляла около 100 мг/л. Поступление в водоем сточных вод горнодобывающих предприятий обуславливает повышенные концентрации главных типоморфных элементов апатитонегелиновой руды – Al и Sr (в среднем соответственно 0.11 и 0.13 мг/л) (табл. 1). Концентрации Fe, Mn и Cu составляют 0.02, 0.0023 и 0.003 мг/л соответственно. Содержание Ni и Zn находится в пределах 0.001 мг/л, Cd, Pb, Co и Cr не более 0.0003 мг/л. Алюминий преобладает в виде нерастворимых гидроксидных комплексов $\text{Al}(\text{OH})_3 \approx 81\%$ и $\text{Al}(\text{OH})_4^- \approx 19\%$. Железо присутствует в виде амфотерного оксида Fe III ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \approx 100\%$). Марганец преимущественно преобладает в виде свободных (незакомплексованных) ионов $\text{Mn}^{2+} \approx 61\%$ и $\approx 24\%$ в виде карбонатного комплекса $\text{Mn}(\text{CO}_3)$. Так же небольшая доля Mn находится связанная с органическими комплексами гуминовых и фульвокислот ($\approx 13\%$). Sr превалирует в наиболее токсичной ионной форме $\text{Sr}^{+2} \approx 77\%$. Zn, Ni, Cu, Pb, Cd и Cr, по результатам моделирования, преобладают с органическими комплексами гуминовых и фульвокислот от 70 до 100%. Около 18 % Ni мигрирует в ионной форме (Ni^{+2}).

Химический анализ сестона озера показал, что содержание элементов варьирует в широких пределах (табл. 1) и распределяются в ряду: $\text{Al} > \text{Fe} > \text{Sr} > \text{Zn} \geq \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Ni} \geq \text{Pb} > \text{Co} > \text{Cd} \geq \text{Hg}$. Наиболее высокое накопление отмечено для главных типоморфных элементов: Al (в среднем 10717 мг/кг_{сух.в.}) и Fe (в среднем 7839 мг/кг_{сух.в.}). Содержание Sr составляет 734 мг/кг_{сух.в.}. Накопление металлов зоопланктоном так же варьируют в широких пределах (табл. 1), распределяясь в ряду: $\text{Al} > \text{Fe} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Cr} \geq \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Ni} \geq \text{Pb} > \text{Co} \geq \text{Hg} > \text{Cd}$. Наибольшие значения характерны для элементов: Al – 2775 мг/кг_{сух.в.}, Fe – 1724 мг/кг_{сух.в.}. Sr накапливается на уровне 683 мг/кг_{сух.в.}.

Металлы неравномерно накапливаются в органах и тканях гольца (табл. 1). Наиболее высокие содержания Al отмечены в жабрах (15 мг/кг_{сух.в.}), что вероятно связано с адсорбированием взвешенных частиц металла на жаберном аппарате в процессе дыхания рыб. Fe и Cu главным образом депонируются в печени рыб (533 мг/кг_{сух.в.} и 23 мг/кг_{сух.в.} соответственно). Приоритетным органом-накопителем металлов Zn, Cd, Co, Pb и Hg в организме гольца являются почки. В скелетной ткани максимально аккумулируются Sr (в среднем 991 мг/кг_{сух.в.}), Mn (3.2 мг/кг_{сух.в.}), Ni (5.7 мг/кг_{сух.в.}) и Cr (0.72 мг/кг_{сух.в.}). Накопление Ni и Cr в скелете, вероятно, обусловлено тем, что в условиях "малых доз" металлы из паренхиматозных органов выводятся быстрее, чем происходит их накопление, в то же время в инертных тканях он накаплива-

ется и депонируется. Аккумуляция Sr и Mn в скелете обусловлена биологическими свойствами элементов, оказывая влияние на процессы костеобразования [7].

В условиях нейтральных и слабощелочных вод оз. Б. Вудъявр наиболее интенсивное накопление Al и Fe характерно для организмов с более низким уровнем организации. Сестон представлен большей частью живыми организмами (фито- и зоопланктоном), но в нем присутствуют детрит, органоминеральные комплексы и другие взвешенные частицы, и поэтому можно судить о том, что элементы Al и Fe адсорбируются на поверхности планктонных организмов и вносят весомый вклад в элементный состав сестона. Зоопланктон, являясь активным фильтратором, интенсивно поглощает как фитопланктон, так и взвешенные частицы, находящиеся в толще воды, и адсорбирует на своей поверхности различные органоминеральные частицы. Металлы Mn, Cu, Ni, Cd, Pb и Cr также больше накапливаются сестоном и зоопланктоном (табл. 1). Высокие K_n металлов в этих компонентах экосистемы, вероятно связаны главным образом с процессами адсорбции тонкодисперсных взвесей, представленных как минеральной, так и органической (например, гумусовые вещества, детрит) составляющей на поверхности их клеточных мембран [8].

Элементы Sr, Zn, Co и Hg (табл. 1) в большей степени накапливаются в организме гольца *Salvelinus alpinus*, что может быть обусловлено биологическими свойствами самих элементов. Так соединения Sr близки по свойствам к соединениям Ca и оказывают влияние на процессы костеобразования, полностью заменяя последний. Zn активно включается в биологические циклы, являясь металлоферментом, достаточно равномерно распределяется между органами и тканями рыб. Ртуть преимущественно концентрируется в жировой и мышечной тканях до 70%, эта склонность проявляется в образовании целого ряда ртутьорганических соединений [7; 9].

Расчеты коэффициентов $K_{нт}$ и $K_{нд}$ показали, что $K_{нт}$ в органах и тканях гольца растворимой формы металлов Mn, Fe, Al, Cu не значительно выше, чем $K_{нд}$ относительно общего содержания этих элементов в воде (табл. 1). Расхождение между $K_{нт}$ и $K_{нд}$ для Sr минимально, что указывает на накопление металла преимущественно только в биодоступной растворимой форме. Коэффициенты обогащения (E_f), дающие представление о геохимической специфике живого вещества, показали концентрирование металлами Zn, Cu, Cd в паренхиматозных органах рыб, главным образом в печени и почках (E_f от 600 до 1950). Высокая степень обогащения Hg отмечена в почках, печени, мыш-

цах и жабрах гольца (E_f от 941 до 7750). Стронцием обогащены жабры и скелет (E_f от 336 до 537) (табл. 1).

Таким образом, исследования показали, что в условиях длительного загрязнения шахтными, производственными и коммунальными сточными водами от деятельности комплекса АО "Апатит" химические элементы, поступающие в оз. Б. Вудъявр интенсивно накапливаются живыми организмами. Отмечено, что интенсивность биоаккумуляции Sr, Zn, Co и Hg выше в организмах рыб (голец *Salvelinus alpinus*), другие рассматриваемые металлы (Al, Fe, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr и Mn) в наибольшей степени накапливаются сестоном и зоопланктоном. Характерна высокая степень обогащения Zn органов и тканей гольца, в особенности печени. Cu и Cd также концентрируется в печени рыб, последний и в почках. Костные ткани (жабры и скелет) обогащены Sr. В большей степени наблюдается обогащение мягких тканей рыб Hg. В целом уровень накопления металлов организмами определяется их формой нахождения в водной среде, путями поступления их в организм и эффективностью его систем гомеостаза [4; 10; 11].

Таблица 1 – средние значения содержания металлов в воде (мг/л), сестоне, зоопланктоне, органах и тканях гольца (мг/кг_{сух.в.}) в оз. Б. Вудъявр. Коэффициенты накопления (K_n) и обогащения (E_f)

Компонент		Fe	Al	Sr	Mn	Cu	Ni	Cd	Co	Zn	Pb	Cr	Hg
Вода _t n = 30	мг/л	0.026±0.005	0.111±0.056	0.134±0.016	0.0023±0.001	0.0032±0.003	0.0008±0.0007	0.00004±0.00003	0.00025±0	0.0012±0.0003	0.0001±0.00005	0.0002±0	0.00005±0
Вода _d n = 30	мг/л	0.00674±0.001	0.03±0.007	0.116±0.013	0.00113±0.0004	0.0014±0.001	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Сестон n = 10	мг/кг _{сух.в.}	7839±3756	10717±4825	734±256	228±69	53.5±42	18.4±9	0.46±2	4.12±2	234±66	14.9±13	27±19	0.41±0.19
	K_{nt}	391116	140138	5596	132504	24375	42648	18232	25505	180849	173315	97891	8258*
	E_f	1	1	14	1	11	2	23	2	18	7		31

Продолжение табл. 1

Компонент		Fe	Al	Sr	Mn	Cu	Ni	Cd	Co	Zn	Pb	Cr	Hg
Зоопланктон n = 1	МГ/КГ _{сух.в.}	1724	2775	683	58	23.3	11.7	0.33	0.83	192	2.3	50	0.63
	K _{нт}	66314	24910	5084	29167	729	14583	8333	4167	157104	8036	250000	12500*
	E _f	0	0	3	0	1	0	4	0	4	0		13
Голец, в целом n = 10	МГ/КГ _{сух.в.}	1089±218	38.1±20.7	1381±315	28.7±4.66	36.04±10.3	10.2±2.2	0.32±0.14	5.69±1.49	380±34.6	0.81±0.31	1.38±1.13	1.31±0.49
	K _{нт}	41885	287	12441	12588	11333	12439	8421	28450	311475	12656	6900	26200*
	K _{нд}	161572	1060	11905	25389	25743	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	E _f	1.4	0	244	1.7	46	10.6	148	19	275	3		949
голец, мышцы n = 10	МГ/КГ _{сух.в.}	11±4	0.69±0.45	8.6±3.9	0.57±0.06	1.34±0.18	0.89±0.17	0.001±0.00	0.62±0.04	18±2	0.12±0.04	0.16±0.29	0.3±0.16
	K _{нт}	421	7.4	69.5	294	604	4779	14	3173	15294	867	349	6081*
	K _{нд}	1632	23	74	504	957	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	E _f	0	0	13	0	15	8	4	18	133	4		1875
голец, печень n = 10	МГ/КГ _{сух.в.}	533±101	5.8±6.6	2±0.8	3.2±0.8	23±7	0.68±0.21	0.04±0.01	0.69±0.16	78±12	0.09±0.06	0.04±0.02	0.31±0.12
	K _{нт}	20920	115	18	1658	11419	2724	1677	3463	71153	604	550	6115*
	K _{нд}	79080	250	17	2832	16429	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	E _f	24	0	12	7	1015	24	638	80	1950	12		7750

Окончание табл. 1

Компонент		Fe	Al	Sr	Mn	Cu	Ni	Cd	Co	Zn	Pb	Cr	Hg
голец, почки n = 10	МГ/КГ _{сух.в.}	374±79	3.3±2.1	5.1±0.7	3.6±0.5	8.3±2.4	1.6±0.4	0.24±0.08	2.6±0.7	114±8	0.26±0.09	0.22±0.09	0.47±0.18
	K _{нт}	14331	28	40	1830	4023	6633	10824	11660	98558	2282	1110	9484*
	K _{нд}	55490	110	44	3186	5929	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	E _f	3	0	6	1	67	10	697	54	518	6		2136
голец, жабры n = 10	МГ/КГ _{сух.в.}	148±28	15±10	374±87	9.3±1.5	2.1±0.3	1.3±0.1	0.03±0.01	1.12±0.31	89±5	0.2±0.1	0.17±0.09	0.16±0.07
	K _{нт}	6035	149	3153	5006	914	5688	557	5840	77313	1895	869	3187*
	K _{нд}	21959	533	3224	8230	1500	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	E _f	2	0	537	5	22	11	113	30	524	6		941
голец, скелет n = 10	МГ/КГ _{сух.в.}	23±6	4.3±2	991±224	12±2	1.3±0.1	5.7±1.3	0.005±0.01	0.66±0.26	81±7	0.14±0.03	0.72±0.44	0.07±0.03
	K _{нт}	792	46	8151	6002	579	20351	197	3730	71075	1271	3598	1385*
	K _{нд}	3413	143	8543	10620	929	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	E _f	0	0	336	1	3	11	4	4	113	1		97

Вода_г – концентрация общего содержания металлов.

Вода_д – концентрации растворимой формы металлов (Fe, Al, Sr, Mn, Cu).

K_{нт} – коэффициенты накопления в компонентах среды рассчитаны относительно общего содержания металла.

K_{нд} – коэффициенты накопления рассчитаны относительно растворимой формы металла.

* – коэффициенты накопления рассчитаны относительно предела обнаружения ртути методом холодного пара (не более 0,05 мкг/л Hg) (ГОСТ Р 51212-98).

н.д. – нет данных.

в знаменателе – ± стандартное отклонение

Библиографический список

1. Ресурсы поверхностных вод СССР / под. Ред. Ю. А. Елшина. – Л. : Гидрометиздат, 1970. – Т. 1. – 316 с.
2. Каныгина А. В. Биологическое и химическое исследование озер Большой и Малый Вудъявр / Кольская научно-исследовательская база АН СССР. – Апатиты, 1939. – 206 с. (Фонды КНЦ РАН; № 105).
3. Кашулин Н. А., Денисов Д. Б., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А., Кашулина Т. Г., Малиновский Д. Н., Вандыш О. И., Ильяшук Б. П., Кудрявцева Л. П. Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область). Т. 2. – Апатиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 2009. – 282 с.
4. Леонова Г. А. Геохимическая роль планктона континентальных водоемов Сибири в концентрировании и биоседиментации микроэлементов / Г. А. Леонова, В. А. Бобров; науч. ред. Г. Н. Аношин, Л. М. Кондратьева; Рос. акад. наук, сиб. отд-ние, ин-т геологии и минералогии им. В. С. Соболева. – Новосибирск : Академическое изд-во "Гео", 2012. – 314 с.
5. Ho T. Y. The trace metal composition of marine microalgae in cultures and natural assemblages. –2006. – p. 271–299.
6. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных породземной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
7. Чистяков Ю. В. основы бионеорганической химии. – М. : Химия, КолосС, 2007. – 539 с.: ил..
8. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
9. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп: Справ. изд./ А. Л. Бандман, Г. А. Гудзовский, Л. С. Дубейковская и др.; Под ред. В. А. Филова и др. – Л. : Химия, 1988. – 512 с.
10. Ветров В. А., Кузнецова А. И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал / РАН, Сиб. От-ние, Ин-т геохимии. Науч. ред. чл.-кор. РАН М. И. Кузьмин. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1997. – 234 с.
11. Кашулин Н. А. Ихтиологические основы биоиндикации загрязнения среды тяжелыми металлами: автореферат дис. ... д-а биол. наук: 03.00.10. – Петрозаводск, 2000. – 42 с.

Подвижность грунтов при нарушениях растительного покрова в импактной зоне ОАО "Комбинат Североникель"

Приймак П. Г., Кулеш К. М. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии и водных ресурсов*)

Аннотация. Рассматривается подвижность грунтов техногенной пустоши в зоне воздействия предприятия медно-никелевой металлургии. Причинами предполагаются деградация растительного покрова, изменение инсоляционного, ветрового и гидротермального режимов, трансформация структуры и динамики снежного покрова. Движение грунтов – неблагоприятный фактор фитомелиоративных работ.

Abstract. Movability of soils of the industrial barrens adjacent to the nickel-copper smelter is considered. The causes are supposed to be devegetation, change of insolation, wind and hydrothermal regime, transformation of snow cover structure and dynamics. Soil movement is an unfavorable factor for phytomelioration.

Ключевые слова: Загрязнение, растительный покров, древесный ярус, движение грунтов, почвы, снежный покров, фитомелиорация.

Key words: Pollution, vegetation, tree tier, soil movement, soils, snow cover, phytomelioration.

Важнейшими источниками выбросов в атмосферу в Мурманской области подкисляющих веществ и соединений тяжёлых металлов являются комбинаты "Североникель" и "Печенганикель" [1]. Одно из последствий функционирования комбината "Североникель" (г. Мончегорск) в 1960–1970 гг. – образование и выпадение кислотных дождей оказало негативное влияние на прилегающие (в том числе лесные) экосистемы [2]. Воздействие выбросов комбината привело к деградации древесного яруса и к аккумуляции различных загрязняющих веществ – тяжелых металлов и неметаллов в почвах и водных экосистемах [3].

Началом данной работы послужили результатов первых опытов по посеву и посадке травянистых рудеральных растений на техногенно нарушенных площадях в импактной зоне ОАО Комбинат "Североникель" (в 2010–11 гг.). Посадка и посев осуществлялись на участке с деградировавшим травяно-кустарничковым покровом, на расстоянии 7 км от источника загрязнения, на пологом участке с уклоном 5–10°. В посадке испытывались 5 видов: в том числе крапива двудомная (*Urtica dioica*), иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*),

конский щавель (*Rumex confertus*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*). Результаты (через год) оказались отрицательными по всем испытанным видам. Из 25 образцов каждого вида условно сохранившимися было признано по 1 образцу крапивы и конского щавеля с существенными признаками угнетения и зафиксировано оголение части корневой системы.

Было выдвинуто предположение, что это связано с движением грунтов, причиной которого является совокупность орографических (рельеф) и гидрологических факторов. Наиболее мощное синергическое воздействие может оказываться в период снеготаяния либо проливных дождей на грунты склонов.

Серия последующих работ [4], а также исследования М. В. Козлова [5] обнаружили неравномерное распределение снежного покрова и разную динамику снеготаяния в облесённой части зоны загрязнения и участках разной степени деградации растительного покрова. Кроме того, раннее снеготаяние на открытых участках служит одной из причин раннего освобождения ото льда гидрологической сети в районе исследований, отмеченное в работе [6]. Необходимо также учесть, многократно описанную эрозию почв в исследуемом районе [3].

В целом, более интенсивное снеготаяние на площадях с полной деградацией растительности может приводить к перемещению масс грунтов на склонах. Для проверки предположения был заложен опыт: на участках с уклоном 10^0 и 15^0 (в 7-ми и 5-ти км от источника выбросов) летом 2014 года установлены 2 группы заглублённых в почву деревянных кольев (50x50x500мм). Оба участка имеют юго-восточную экспозицию. Каждая группа скоординирована "крестом": колья устанавливались вертикально, на расстоянии 2 м друг от друга, по двум горизонтальным взаимно перпендикулярным осям; заглублялись на 15 см. В каждой трансекте 5 кольев, длина осей по 8 метров. Небольшая глубина заделки кольев в грунт определена, исходя из примерной мощности корнеобитаемого слоя.

Наблюдения за положением кольев относительно осей и друг друга в каждой группе проводились дважды – весной 2015года после схода снега и летом 2016 года.

Оценка положения кольев в группе показала их смещение в нескольких направлениях.

В горизонтальной плоскости колья перемещались с разной интенсивностью в разные годы. В 2015 году было обнаружено отклонение их положения от оси на 3–15 сантиметров. В 2016 году помимо этого было зафиксировано смещение кольев в диапазоне от 2-х до 48-ми сантиметров в различных направлениях. В конце периода наблюдений расстояния между кольями составили от 1,52м до 2,38м.

В вертикальной плоскости также наблюдались изменения на обоих участках. В 2015 г. на учётной площади в 5 км от источника загрязнения, из почвы выдавило 4 колышка на 1,5–3 см. На второй год наблюдались ещё большие изменения. Примечательная картина на 7-м км, где три колышка из группы были выдавлены на 1–4 см из почвы и три, наоборот, углубились на 1–8 см. Причём, один и тот же колышек, в 2015 году был выдавлен из почвы на 3 см, а в 2016-м углубился на 7,5 см относительно исходного положения, т. е. за сезон вертикальное перемещение составило 10,5 см.

Обнаруженная подвижность грунтов в зоне интенсивной деградации растительных сообществ в совокупности с малыми запасами снега обуславливают жёсткий гидротермический режим изучаемых территорий связанный с малыми запасами воды и низкой водоудерживающей способностью грунтово-почвенного покрова.

Заключение

Полученные результаты необходимо учитывать при проведении работ по фитомелиорации площадей изучаемого района. Восстановление растительности должно проходить в комплексе с работами по уменьшению влияния движения грунтов на корневую систему растений. Этого можно добиться с помощью стандартных инженерных решений, применяемых при проектировании и строительстве как, например использование георешёток, биоматов и т. д.

Исследование выполнено в соответствии с базовой частью государственного задания высшим учебным заведениям Минобрнауки России в части инициативных научных проектов по теме НИР "Теоретические и прикладные основы управления биоресурсами экосистем Арктики: современное состояние, рациональное использование и разработка природоохранных технологий". № 37.12707.2017/8.9.

Библиографический список

1. Лукина Н. В., Никонов В. В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 1998. – 316 с.
2. Калабин Г. В. Введение в экологию и охрану окружающей природной среды // Экология и охрана природы Кольского Севера : сб. 1. – Апатиты, 1994. – С. 7–14.
3. Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. – М. : Наука, 2002. – 191 с.
4. Исаева А. С., Кулеш К. М., Приймак П. Г. Особенности снежного покрова в зоне аэротехногенного воздействия ОАО "Североникель" // Проблемы арктического региона: Труды 13-й международной научной конференции студентов и аспирантов. – Мурманск, май 2013 г. – Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2014.
5. Kozlov M. V. Snowpack changes around a nickel-copper smelter at Monchegorsk, northwestern Russia // Can. J. Forest Res. – 2001. – Vol. 31. – P. 1684–1690.
6. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / [Т. И. Моисеенко, В. А. Даувальтер, А. А. Лукин, Л. П. Кудрявцева и др.]; отв. ред. Т. И. Моисеенко. – М. : Наука, 2002. – С. 19–22.

**Магнитный биологический эффект воздействия
электромагнитного поля с частотой 8 Гц
на поведение и двигательную активность серого тюленя**

Яковлев А. П. (Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментов по выявлению биологических магнитных эффектов, возникающих в ответ на экспозицию серого тюленя в магнитном поле с частотой 8 Гц. Отмечено практически полное избегание животным выходов на помост при воздействии на него магнитного поля. Определены количественные показатели двигательной активности серого тюленя.

Abstract. The article presents the results of experiments to identify the biological magnetic effects arising in response to the exposure of the gray seal in a magnetic field with a frequency of 8 Hz. Marked by the almost complete avoidance of animal outputs on the platform when exposed to a magnetic field. Quantitative indicators of physical activity of the grey seal were determined.

Ключевые слова: серый тюлень, магнитное поле, поведение, воздействие, двигательная активность.

Key words: grey seal, magnetic field, behavior, influence, physical activity.

Введение

Магнитным биологическим эффектом (МБЭ) называют закономерное изменение какой-либо величины, характеризующей состояние организма, при изменении магнитных условий его пребывания. Если есть массивы измерений в условиях обычного и измененного МП, то, применяя, например, статистический анализ, можно вычислить вероятность того, что гипотеза о неслучайном различии массивов верна. Величину эффекта часто определяют как разность средних значений по выборочным распределениям в "контроле" и в "опыте". При таком определении величина эффекта имеет физическую размерность [1].

Изучение поведения животных с очевидностью показало, что некоторые из них воспринимают весьма слабые магнитные поля (такие, например, как магнитное поле Земли). В тоже время, наличие органа ответственного за магниторецепцию, доказано лишь у некоторых видов [2; 3].

Природные электромагнитные поля не только чрезвычайно малы по сравнению с техническими помехами, но и кажутся слишком слабыми для того, чтобы воздействовать на биохимические процессы в живых системах. Тем

не менее, проблема возможного действия слабого магнитного поля достаточно актуальна [4]. Большинство эффективных для воздействия на живой организм частот магнитного поля (МП) находятся в интервале 0,01–60 Гц, поскольку совпадают с собственными ритмами функционирования головного мозга, нервной системы, сердца и других систем организма [5].

В настоящее время стало ясно, что независимо от того, каким именно образом осуществляется магниторецепция, геомагнитное поле следует рассматривать как фактор окружающей среды, имеющий потенциальную значимость для различных таксономических групп [6]. Надежно установлено, что такие эффекты, как безошибочная ориентация многих видов животных во время их сезонных миграций, обусловлены взаимодействием геомагнитного поля с магнитосомами [7; 8]. В научной литературе было обосновано предположение о том, что наиболее вероятным из внешних источников синхронизации со средой обитания для гидробионтов является электромагнитное поле резонатора Земля – ионосфера, преимущественно в области частот 6–8 Гц [9].

Совместно со специалистами Полярного геофизического института было создано устройство для исследования влияния искусственного магнитного поля на водные биологические объекты, с целью выявления биологических магнитных эффектов у представителей настоящих тюленей [10].

Цель исследований – изучить влияние искусственных магнитных полей с частотой 8 Гц на количественные показатели двигательной активности у серых тюленей.

Объект и методы исследования

Объект исследования – половозрелая самка серого тюленя (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) в возрасте 12 лет. Животное было отловлено в 2005 г., содержалось в условиях открытого вольерного аквакомплекса ММБИ в Кольском заливе.

Исследования проводились в устройстве для исследования влияния искусственного магнитного поля на водные биологические объекты. Напряженность поля синусоидальной формы превышала напряженность геомагнитного поля (45–50 А/м). Задающий МП генератор, система видеонаблюдения и другое исследовательское оборудование располагалось в отдельном помещении; контакт животного с человеком во время проведения экспериментов был исключен.

Экспериментальные данные получены с использованием следующих методов: "метод сплошного протоколирования" и "метод регистрации отдель-

ных поведенческих проявлений" [11]. При обработке видеоматериала учитывались следующие поведенческие проявления: нахождение животного под водой, нахождение животного на поверхности, выход на помост, нехарактерные поведенческие проявления, позы и движения (при наличии). Так же производилась регистрация частоты выполнения определенных движений за фиксированный промежуток времени (плавание по круговой траектории).

Для снижения вклада систематических изменений, вызванных, например, физиологическими ритмами или приобретением навыка в процессе тестирования, организуют так называемую имитацию воздействия, мнимую экспозицию, или плацебо-контроль. Суть состоит в том, что часть опытов проводят в отсутствие экспозиции [1].

В качестве количественной оценки двигательной активности животного использовался "индекс активности", а также количественные показатели – среднее число кругов под водой и среднее время, которое затрачивает тюлень на совершение одного круга [12].

Была проведена серия из 5 экспериментов по воздействию ЭМП с частотой 8 Гц на серого тюленя, длительностью 7 часов каждый. Фоновые наблюдения и эксперимент с мнимым воздействием продолжались по 4 часа, в трехкратной повторности. Для количественной оценки двигательной активности тюленя проводились наблюдения непосредственно до воздействия МП и сразу же после экспозиции.

Результаты и обсуждение

Нами было рассчитано процентное соотношение времени, проведенного тюленем под водой, на поверхности и на помосте, от общего бюджета времени наблюдения для каждой серии экспериментов (рис. 1). Оказалось, что при фоновых наблюдениях и в экспериментах с "мнимым воздействием", фиксируются довольно частые выходы тюленя на помост, а время, проведенное им на помосте, достигает 2,12 % от общего времени наблюдения в эксперименте с "мнимым воздействием" и 2,34 % при фоновых наблюдениях. Напротив, при экспозиции животного в МП с частотой 8 Гц, общее время, проведенное им на помосте, составило всего 0,17 % от общего времени наблюдения.

По всей видимости, такая картина может быть связана с тем, что ластоногие на суше менее подвижны, чем в воде. Обычно, тюлени реагируют на приближение наземного хищника или человека путем ухода в воду. Такая реакция животных говорит о том, что водная среда является для ластоногих более безопасной, относительно наземной, в воде они имеют больше шансов уйти от опасности, или неблагоприятного внешнего фактора [13].

Время, проведенное тюленем под водой и на поверхности, незначительно варьировало в экспериментах с генерацией МП и с "мнимым воздействием", а также при фоновых наблюдениях (см. рис. 1). Эти параметры не в полной мере отражают реальную картину двигательной активности животного. Количественная оценка двигательной активности необходима для получения объективных данных при определении влияния различных факторов на поведение тюленей. Для более полного представления о количественных характеристиках уровня двигательной активности тюленей было введено понятие "индекс активности" – математическое отношение проявления активности к числу регистрации отсутствия двигательной активности [12]. Для количественной оценки двигательной активности был проведен учет частоты выполнения определенных движений за фиксированный промежуток времени (движение по круговым траекториям) и время зависания на поверхности и в толще воды.

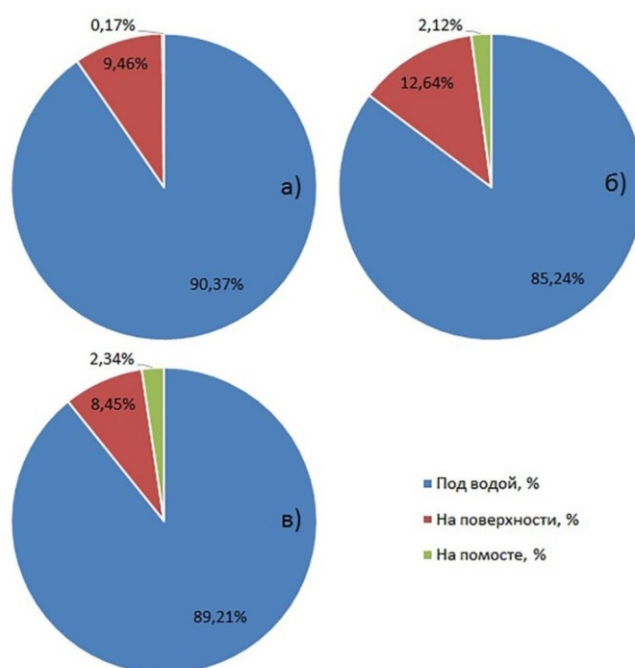


Рисунок 1 – Процентное соотношение времени, проведенного тюленем под водой, на поверхности и на помосте, от общего бюджета времени наблюдения.

а) – эксперименты с генерацией МП частотой 8 Гц; б) – эксперименты с "мнимым воздействием; в) – фоновые наблюдения

В экспериментах с воздействием на тюленя МП частотой 8 Гц, были проведены наблюдения непосредственно перед экспозицией в МП, во время и после экспозиции животного в магнитном поле. Эти наблюдения позволили проследить динамику изменения "индекса активности" и количественных параметров двигательной активности, а также сравнить полученные резуль-

таты с данными фоновых наблюдений и экспериментов с "мнимым воздействием" (табл. 1).

В период наблюдения "до воздействия МП" индекс активности составил 2,2, среднее число кругов за 1 минуту, совершаемых тюленем, составило $4,1 \pm 0,2$, а среднее время, за которое совершался один круг, составило $10,7 \pm 0,5$ секунды. Во время экспозиции тюленя в МП с частотой 8 Гц индекс активности вырос более чем в 3 раза и составил 6,7, среднее число кругов за 1 минуту выросло до $7,6 \pm 0,4$, а среднее время на один круг сократилось до $6,8 \pm 0,3$ секунды. Рост индекса активности и увеличение числа кругов, при сокращении времени на их совершение, говорит о достаточно резком повышении двигательной активности, животное значительно интенсивней передвигалось по периметру бассейна. Подобное явление можно связать с возникшим беспокойством или чувством тревожности у животного, на фоне воздействия МП.

Таблица 1 – Индекс активности и количественные показатели двигательной активности серого тюленя до, во время и после экспозиции в МП, во время фоновых наблюдений и экспериментов с "мнимым воздействием".

	Время, %		Индекс активности	Среднее число кругов за 1 минуту	Среднее время на 1 круг, с
	Зависание на поверхности и в толще воды	Движение по круговым траекториям			
До воздействия МП	31,63	68,37	2,2	$4,1 \pm 0,2$	$10,7 \pm 0,5$
Во время экспозиции в МП	13,06	86,94	6,7	$7,6 \pm 0,4$	$6,8 \pm 0,3$
После воздействия МП	27,39	72,61	2,7	$4,6 \pm 0,3$	$9,5 \pm 0,7$
"Мнимое воздействие"	38,24	61,76	1,6	$4,6 \pm 0,2$	$11,5 \pm 0,5$
Фоновые наблюдения	45,80	54,20	1,2	$2,9 \pm 0,3$	$11,3 \pm 0,8$

В период "после воздействия МП" наблюдалось достаточно резкое снижение индекса активности, практически до первоначального уровня, так же снизилось среднее количество кругов, совершаемых тюленем за 1 минуту, и увеличилось время, затрачиваемое на их совершение. Такая динамика индекса активности и количественных параметров двигательной активности свидетельствует о достаточно интенсивном характере влияния экспозиции в МП с частотой 8 Гц на серого тюленя. При этом изменения в поведении

наблюдаются именно во время экспозиции, достаточно резко угасая после прекращения воздействия МП.

В экспериментах с "мнимым воздействием" и при фоновых наблюдениях индекс активности находился на низком уровне и составил 1,6 и 1,2, соответственно, что сопоставимо с индексом активности животного во время наблюдений в период "До и После воздействия МП". Среднее число кругов за 1 минуту и время, затрачиваемое на их совершение, так же находятся в сопоставимых диапазонах, исключая период воздействия МП на серого тюленя (см. табл. 1).

Таким образом, количественные характеристики двигательной активности и индекс активности дают более детальную картину поведения животного в период наблюдения за ним, как во время экспериментов, так и во время фоновых наблюдений.

Выводы

Проведенные эксперименты выявили следующие биологические магнитные эффекты, возникающие в ответ на экспозицию серого тюленя в МП с частотой 8 Гц:

- отмечено практически полное избегание животным выходов на помост, а общее время, проведенное тюленем на нем за весь период наблюдений, составляет 0,17 %, что практически в 14 раз меньше, чем в экспериментах с "мнимым воздействием" и при фоновых наблюдениях.

- индекс активности и среднее количество кругов совершенное тюленем значительно выше, а время, затраченное на совершение одного круга значительно ниже при экспозиции животного в магнитном поле с частотой 8 Гц, чем при фоновых наблюдениях, экспериментах с "мнимым воздействием" и наблюдениях непосредственно "До и После воздействия МП".

Библиографический список

1. Бинги В. Н. Два типа магнитных биологических эффектов: индивидуальный и групповой // Биофизика. – 2012. Т. 57. – Вып. 2. – С. 338–345.
2. Jungerman R. L., Rosenblum B. Magnetic induction for the sensing of magnetic fields An analysis // J. Theor. Biol. – 1980. – V. 87. – P 25.
3. Бинги В. Н., Миляев В. А., Чернавский Д. С., Рубин А. Б. Парадокс магнитобиологии: анализ и перспективы решения // Биофизика. – 2006. – Т. 51. – Вып. 3. – С. 553–559.

4. Бреус Т. К., Бинги В. Н., Петрукович А. А. Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы // Успехи физических наук. – 2016. Т. 186. – № 5. – С. 568–576.
5. Хабарова О. В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 5. – С. 56–66.
6. Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомagnetизме: В 2-х т. Пер. с англ. / под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фаддена. – М. : Мир, 1989.
7. Walker M. M., Dennis T. E., Kirschvink J. L. The magnetic sense and its use in long-distance navigation by animals // Current Opinion in Neurobiology. 2002. – № 12. – P. 735–744.
8. Zapka M, Heyers D, Hein CM, Engels S, Schneider NL, Hans J, Weiler S, Dreyer D, Kishkinev D, Wild JM, Mouritsen H. Visual but not trigeminal mediation of magnetic compass information in a migratory bird // Nature. – 2009. V. 461. – P. 1274–1277.
9. Цветков Ю. П., Зайцев А. Н., Одинцов В. И., Хао Ч. К., Тхоа Н. Т. К. Сопоставление магнитных вариаций в экваториальной зоне и полярной шапке для магнитной бури 13 марта 1989 г // Геомагнетизм и аэрономия. – 1998. – Т. 38. – № 2. – С. 74–84.
10. Устройство для исследования влияния искусственного электромагнитного поля на водные биологические объекты: Патент на полезную модель № 166414 Рос. Федерация, МПК51 G 01 R 1/00 (2006/01) / Е. Д. Терещенко, В. Ф. Григорьев – Заявка № 2016125093; приоритет изобретения 22.06.2016; Срок действия патента 22.06.2016, опубл. 27.11.2016, Бюл. № 33.
11. Попов С. В., Ильченко О. Г. Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе. – М. : Изд. Моск. Зоопарк, 1990. – 77 с.
12. Кавцевич Н. Н., Михайлюк А. Л., Березина И. А., Юрко А. С. Экспериментальное изучение поведения тюленей // Экспериментальные исследования морских млекопитающих в условиях Кольского залива / под. ред. Г. Г. Матишова – Апатиты : изд. КНЦ РАН, 2007. – 254 с.
13. Peter L. Tyack Behavior. – Encyclopedia of marine mammals // William F. Perrin, Bernd Würsig, J.G.M. Thewissen (eds.). Academic Press San Diego, California, 2002. – P. 87–94.

Bioecological peculiarities and reproductive biology of Ballan wrasse (*Labrus bergylta* Ascanius)

Zhuravleva N. G.,¹ Kozyrenko E. A.,² Fedotova L. V.,² Ottesen O. H.³
(Murmansk, ¹Marine Biological Institute KSC RAS, ²FSBEI HE "Murmansk State
Technical University", ³Nord University, Norway)

Abstract. Analysis of ecological, ethological and reproductive features of *Labrus bergylta* Ascanius is associated with the practice of fish farming of valuable fish species. It reaches 3.5 kg and 25 years of age, lives on stony reefs and rocky shores and feeds mainly on crustaceans and mollusks. Sexual maturity is attained about 6 years of age, and it changes sex from female to male when 5–14 years. Spawning takes place from June to August (Norway), and the eggs are deposited in a nest of algae that are guarded by the male.

Аннотация. Анализ экологических, этологических и репродуктивных особенностей чистильщика *Labrus bergylta* связан с практикой рыборазведения ценных видов рыб. Он достигает 3,5 кг и 25 лет, живет на каменистых рифах и скалистых берегах и питается в основном ракообразными и моллюсками. Половая зрелость наступает в возрасте около 6 лет, меняет пол от женского к мужскому в возрасте 5–14 лет. Нерест происходит с июня по август (Норвегия), яйца откладывает в гнезде из водорослей, которые охраняет самец.

Key words: aquaculture, reproduction, cleaner fish, *Labrus bergylta*.

Ключевые слова: аквакультура, размножение, чистильщик, нерест, *Labrus bergylta*.

Introduction

In sea cage rearing of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) repeated lice infestations are a major problem to the industry. Sea lice (Copepoda, Caligidae) are ectoparasitic copepods which infect salmonids of the northern hemisphere. The lice feed on the mucus, skin and blood of the host and, if they are not removed, cause open wounds exposing the fish to osmotic stress and secondary infections (Sayer, Treasurer et al. 1996).

Regular treatments of salmon with organophosphate pesticides are necessary once sea lice populations become established because the larval stages are not affected, and the sea lice reproduce rapidly. As well as being expensive (due to continual retreatment) and laborious to use, pesticide use can cause stress to the salmon and reduce growth (Sayer, Treasurer et al. 1996). One successful alternative sea-lice treatment involves cleaning species where one species of fish (the cleaner) feeds on parasites from another species (the host).

General biology of Ballan wrasse (*Labrus bergylta* Ascanius).

The wrasse family is the second largest of marine fishes and the third largest perciform family, with at list 60 genera (Sayer, Treasurer et al. 1996). Members are widely distributed, being common through temperate and tropical seas. Eight wrasse species have been reported for north European waters, five of which are common inshore fishes: goldshinny (*Ctenolabrus rupestris*), rock cook (*Centrolabrus exoletus*), corkwing wrasse (*Crenilabrus melops*), Ballan wrasse (*Labrus bergylta*), and Cuckoo wrasse (*Labrus mixtus*). The others three are: Scale-rayed wrasse, Ballan wrasse, Rainbow wrasse.

The established name is *Labrus bergylta* Ascanius. Ballan are the largest of the north European wrasses, and may attain a total length of 60 cm, though lengths of 30-50 cm are more common. It reaches 3.5 kg and 25 years of age, lives on stony reefs and rocky shores and feeds mainly on crustaceans and molluscs (Munk and Nielsen 2005).

Body coloring can be so variable that it is not possible to give a general description for the species. Ballan coloration is probably not dependent on season or sex, and may possibly change to match the background color to its immediate surroundings. The body scales are large, often with dark borders. Red sinuous markings are typical on the lower part of the head, opercula covers, and area below the pectoral fins.

Ballan are recorded on eastern Atlantic coasts from Morocco to Norway. They are found in the North sea and western parts of the Baltic, but may be rare or even absent from the Mediterranean (Sayer, Treasurer et al. 1996).

Sexual maturity is attained at about 6 years of age, and it is changes sex from female to male when 5-14 years. Spawning takes place from June to August (Norway), and the eggs are deposited in a nest of algae that are guarded by the male (Munk and Nielsen 2005). After maturation, the growth rate of females is less, than that of males, so that males generally are larger size for their age than females (Costello 1991).

The known life-history characteristics of Ballan wrasse.

EGG STAGE: benthic with no oil globule (Munk and Nielsen 2005).

YOLK SAC STAGE: hatching takes place when the larvae is about 3 mm long. The larvae are intensively pigmented from the head to half-way along the tail. Additional melanophores are seen on the ventral part of the primordial fin.

PRE-FLEXION STAGE: the pigmentation is accentuated on the body, while there is no pigment in the caudal region, on the snout or on the lower jaw.

The pigmentation of the anal fin is restricted to the anterior region. The head pigment is distributed in two semi-circular areas running longitudinally on either side of the mid-dorsal line.

FLEXION STAGE: the inter-spineous area of the caudal fin is apparent at a larval size of 5 mm, and at 7 mm the urochord is fully bent upwards. The anal and dorsal fins develop from a larval length of 8 mm. Melanophores appear anteriorly on the anal fin.

POST-FLEXION STAGE: both spines and soft rays develop in the dorsal and anal fins (Munk and Nielsen 2005).

Reproduction. Spawning.

On Atlantic coasts Ballan wrasse spawning takes place from April to August (Darwall, Costello et al. 1992). However, on the west coast of Sweden records indicate spawning of Ballan wrasse to occur from the end of May to the end of June. Breeding generally begins earlier in the Mediterranean (Darwall, Costello et al. 1992). Ballan spawn one within a breeding season (a synchronous spawning) (Darwall, Costello et al. 1992). The individuals spawn in pairs. The courtship display of Ballan takes place above the nest.

Nesting.

Clearing of the rock surfaces by female were described for ballan, within a territory defended by a single male, and subsequent spawning on the rock (Darwall, Costello et al. 1992). It had been noted that while the male defended his territory around the nest, that there was no the parental care (Darwall, Costello et al. 1992).

Eggs and larvae.

The eggs are spherical, 1.0-1.1 cm in diameter. The larvae are planktonic. Ballan larvae are more concentrated at 10 m depth. The total length of larvae have been recorded from 3.4 to 8.0 mm (Darwall, Costello et al. 1992).

Sex change.

The changing of sex is often referred to as sex-inversion or sex-reversal. Species in which some males develop from females are called diandric, and if all males do so the species is monandric. Species or individuals which do not change sex are gonochoristic.

Ballan is monandric, changing sex when over six years of age (Darwall, Costello et al. 1992). All ballan over 40 cm and over 10 years of age are males. All young ballan appear to be female, and all males have "secondary" testes (i.e. developed from functional ovaries) (Darwall, Costello et al. 1992).

The complex behaviour starts when the fish are about six years old. In any one stretch of coastline there will be a single dominant male and if he dies the next most senior female undergoes a sex change and becomes the next 'top' male. (<http://www.glaucus.org.uk/wrasse.htm>).

Aggression.

Two types of aggressive behavior have been described. In the first, the wrasse swims forward with its fins down and mouth open, which is used by Ballan wrasse in territory defense. A second form of aggressive behavior involves side flanking and circling movements with the fins erect, mouth open and opercula flared. In the latter, the coloration may take the form of vertical dark and light bands along the sides of the body (Darwall, Costello et al. 1992).

Ballan wrasse was observed to frequently attack Cuckoo wrasse of a similar size. Besides, it can make grunting sounds in territory defence.

Territoriality.

In the sea aggressive behaviour is associated with territorial defence and, at least during the breeding season, Ballan wrasse can be territorial (Darwall, Costello et al. 1992).

A large male of Wrasse will defend a territory of 200 m² to 400 m² (Darwall, Costello et al. 1992). Females and smaller males may also use the territory and be aggressive to similarly sized fish.

A "harem" of 6 to 8 smaller female fish is associated with each Ballan territory (Darwall, Costello et al. 1992). It is hypothesized that successful protection of a harem by the dominant male would select for monandric protogyny. If larger males have greater spawning success, then it may be an advantage to be a breeding female when younger.

Conclusions

One successful alternative sea-lice treatment involves cleaning species where one species of fish (the cleaner) feeds on parasites from another species (the host). As potential cleaner species, the north European wrasses (family Labridae) attracted most attention, because natural cleaning behavior had been observed for some of the species (Sayer, Treasurer et al. 1996). Several species of the Wrasse family (Pisces: Teleostei: Labridae) are very common in Norwegian inshore waters, but these have traditionally not been considered a commercially valuable resource (Wheeler 1969). This changed in 1987 when it was discovered that some wrasse species could act as cleaner fish in salmon farming.

Since then a new fishery for cleaner-wrasse has caused renewed interest in their largely unknown ecology.

References

1. Costello, M. J. (1991). "Review of the biology of wrasse (Labridae: Pisces) in Northern Europe." The journal of the underwater association 16: 29–51.
2. Darwall, W. R. T., M. J. Costello, et al. (1992). "Implications of Life-History Strategies for a New Wrasse Fishery." Journal of Fish Biology 41: 111–123.
3. Munk, P. and J. G. Nielsen (2005). Eggs and larvae of North Sea fishes. Frederiksberg, Biofolia.
4. Sayer, M. D. J., J. W. Treasurer, et al. (1996). Wrasse: biology and use in aquaculture. Oxford, Fishing News Books.
5. <http://www.glaucus.org.uk/wrasse.htm>.