

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

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

(Мурманск, 7 апреля 2015 г.)

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

В двух частях

Часть 1

Мурманск  
Издательство МГТУ  
2015

УДК 001: [5+62](08)

ББК 20+3я431

С 56

*Редакционная коллегия:*

В. А. Гроховский, доктор технических наук, профессор;

С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;

Н. Г. Журавлева, доктор биологических наук, профессор;

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 : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2015 г. : в 2 ч. : ч. 1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования «Мурм. гос. техн. ун-т». – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – 296 с.

ISBN 978-5-86185-873-1 (общ.)

ISBN 978-5-86185-874-8 (Ч. 1)

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции «Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств», которая состоялась 7 апреля 2015 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.

УДК 001: [5+62](08)

ББК 20+3я431

ISBN 978-5-86185-873-1 (общ.)

ISBN 978-5-86185-874-8 (Ч. 1)

© ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2015

## Содержание

<b>Актуальные вопросы микробиологии, биохимии и биомедицины.....</b>	<b>7</b>
Распределение гетеротрофных бактерий в воде озер Кольского района Верхнетуломского водохранилища в 2006-2007 гг. Богданова О. Ю. ....	8
Характеристика гетеротрофного бактериобентоса литорали бухты Белокаменка Гладченко А. В., Макаревич Е. В. ....	15
Структура бактериального сообщества грунта литорали бухты Белокаменка, осуществляющего трансформацию биогенных форм азота Гладченко А. В., Макаревич Е. В., Жекова А. А., Жекова Е. А. ....	20
Перспективы использования биофлокулянтов в очистке сточных вод Крамаренко Е. В. ....	27
Анализ показателей здорового образа жизни курсантов и студентов МГТУ Кривенко О. Г., Ключко Е. В. ....	32
Микробиологические и вирусологические исследования воды прибрежной зоны Кольского залива Баренцева моря Мирошниченко Е. С., Перетрухина А. Т. ....	38
Влияние физико-химических факторов на сообщества бактерий и цианобактерий литорали Кольского залива Баренцева моря Мирошниченко Е. С. ....	44
Пренатальный биохимический скрининг Мишанина Л. А. ....	48
Состояние лентических экосистем в рекреационных зонах города Мурманска Перетрухина А. Т., Осауленко В. Е. ....	52
Использование белкового гидролизата для приготовления питательной среды в микробиологии Узбекова О. Р., Мухин В. А. ....	58
Санитарно-микробиологические исследования форелевого рыбоводного хозяйства Мурманской области Ускова И. В. ....	60
Ихтиопатологические исследования форели рыбоводного хозяйства Мурманской области Ускова И. В., Анохина В. С. ....	64
Выявление в крови онкомаркеров злокачественных опухолей по результатам профилактического осмотра населения Мурманской области в 2013-2014 гг. Шевелева А. А. ....	68
Получение белковых гидролизатов с применением ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба Шкуратова Е. Б. ....	74
Адаптации пищеварительных протеиназ ракообразных Баренцева моря к низким температурам Шкуратова Е. Б., Мухин В. А. ....	77

Характеристика хитинолитических ферментов, выделяемых морскими микроорганизмами Баренцева моря Шумская Н. В., Мухин В. А. Новиков В. Ю.....	80
<b>Биоресурсы, аквакультура и устойчивое развитие экосистем Арктики.....</b>	<b>86</b>
Состояние водной среды и донных отложений губы Молочная оз. Имандра в зоне функционирования форелевого хозяйства Анохина В. С., Кравец П. П., Приймак, П. Г., Малавенда С. С., Тюкина О. С. ....	87
Особенности откорма разноразмерной мойвы Баренцева моря в августе-сентябре 2013 г. Гордеева А. С. ....	90
Биохимический подход в изучении популяций морских млекопитающих Ерохина И. А. ....	97
Оценка влияния бактериопланктона на регенерацию фосфатов в различных водных массах Баренцева моря Иванов С. А. ....	105
Биотехнические характеристики арктических тюленей в связи с их служебным использованием Кавцевич Н. Н. Березина И. А., Ерохина И. А. ....	111
Расчет и построение карт уязвимости Кольского залива от нефтяного загрязнения Калинка О. П., Карнатов А. Н., Ващенко П. С., Шавыкин А. А. ....	117
Состояние сообществ макроводорослей на литорали Кольского залива в 1999 и 2009 гг. Канищева О. В. ....	120
Особенности выращивания радужной форели в установках замкнутого водоснабжения в Мурманской области Капитанчук Ю. С. ....	127
Молекулярно-филогенетический анализ трех популяций медуз <i>Aurelia aurita</i> Котова А. В., Адонин Л. С. ....	133
Углеводороды в донных осадках Баренцева моря Литовская А. М., Багрянцева У. П. ....	135
Динамика фито обрастания крупно-обломочного материала на литорали Мурмана Малавенда С. С., Малавенда С. В., Митяев М. В., Герасимова М. В. ....	140
Показатели лейкоцитарной формулы крови серых тюленей в постнатальном онтогенезе Минзюк Т. В., Кавцевич Н. Н. ....	147
Роль цветового зрения в экологии арктических тюленей Пахомов М. В. ....	152
Семенная продуктивность галофитных подорожников кутовой части Кольского залива Баренцева моря Приймак Е. В. ....	158

Содержание тяжелых металлов в мидии ( <i>Mytilus edulis</i> L.) из Кольского залива Баренцева моря Сергеева К. Э., Кравец П. П. ....	162
О возможной стихийной интродукции новых видов в экосистему Баренцева моря Соколов К. М. ....	165
Особенности пространственной и трофической структуры макробентосного сообщества лагунной экосистемы Ермолинской губы (Кандалакшский залив, Белое море) Столяров А. П. ....	172
Стандартизация и анализ динамики производительности российского промысла черного палтуса в Баренцевом море Третьяков И. С. ....	178
Распределение микрофитопланктонных сообществ на акватории Баренцева моря в июне 2013 года Тюкина О. С., Куделя Я. С. ....	183
Половое созревание гольца озерного в условиях Кандалакшского рыбоводного завода Щербак К. С. ....	190
<b>Экология, природопользование и устойчивое развитие .....</b>	<b>193</b>
К вопросу о факторах, влияющих на заражение мойвы Баренцева моря нематодой <i>Anisakis simplex</i> L. в 2007-2011 гг. Бессонов А. ....	194
Вирио- и бактериопланктон шельфа Баренцева моря Венгер М. П., Широколобова Т. И. ....	199
Исследование чувствительности тест-объектов к различному техногенному загрязнению донных отложений Горбачева Е. А. ....	206
Перманентная адаптация Гудимов А. В. ....	211
Некоторые особенности морфофизиологических изменений тимуса семги в онтогенезе Кабанова Н. А. <sup>1</sup> , Журавлева Н. Г. <sup>2</sup> .....	214
Реактивность тимуса сеголеток семги при его непосредственном повреждении Кабанова Н. А., Журавлева Н. Г. ....	218
Содержание свободных аминокислот в разных частях таллома и в онтогенезе бурой водоросли <i>Fucus vesiculosus</i> Клиндух М. П., Облучинская .....	222
Количественная характеристика и сезонная изменчивость кладок у дуплогнездящихся птиц в городской черте города Мончегорска Корякина Т. Н. ....	227

Биотестирование нефтепродуктов с помощью инфузории <i>Stylonychia putrina</i> Минченко Е. Е., Пахомова Н. А. ....	231
Влияние вариаций магнитного поля Земли на морских беспозвоночных животных Муравейко А. В. <sup>1</sup> , Емелина А. В. <sup>2</sup> .....	238
Методологические подходы к разработке биопрепаратов на основе водорослей в свете концепции рационального природопользования Облучинская Е. Д. ....	243
Научные основы оценки состояния пресноводных водоемов по биологическим показателям Пахомова Н. А., Минченко Е. Е. ....	247
Бактерии и вирусы прибрежных экосистем арктических морей в летний вегетационный период микроводорослей Павлова М. А., Венгер М. П. ....	254
Миграции морского зайца ( <i>Erignathus barbatus</i> ) летом и осенью 2014 г. в Онежском заливе Белого моря Светочев В. Н., Кавцевич Н. Н., Светочева О. Н. ....	259
Мониторинг пагетодных видов настоящих тюленей в современных климатических и антропогенных условиях в Белом, Баренцевом и Карском морях Светочева О. Н. ....	265
Особенности распределения и экология усонюгих раков <i>Semibalanus balanoides</i> на некоторых участках эстуарной литорали Кольского залива и Ура-Губы Свитина В. С., Гудимов А. В. ....	271
изучение воздействия компонентов буровых шламов на морскую среду Семенычев В. Г., Савонина Е.Ю., Мазлова Е.А., Марютина Т.А. ....	277
Устойчивое развитие экосистем мегаполиса Сидоренко Е. В., Щербак В. И., Коротецкий В. П. ....	282
Деформации личинок радужного губана ( <i>Labrus bergylta</i> ) при различных условиях инкубации икры Федотова Л. В., Оттесен.О., Журавлева Н. Г. ....	286
Социально-экологические проблемы Арала с позиции законов Б. Коммонера Шайхеслямова К. О. ....	291

**Актуальные вопросы микробиологии,  
биохимии и биомедицины**

## Распределение гетеротрофных бактерий в воде озер Кольского района Верхнетуломского водохранилища в 2006-2007 гг.

**Богданова О. Ю.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: bogdiolg@yandex.ru)

**Аннотация.** В данной работе представлены сведения, полученные в результате микробиологических исследований воды девяти озер Мурманской области, выполненные в 2006-2007 годах. Показаны взаимоотношения эвтрофных и олиготрофных водных бактериальных сообществ, определена сезонная динамика трофических групп в воде озер, сделана экологическая оценка степени трофности озер.

**Abstract.** This paper presents information obtained from microbiological studies of water of nine lakes of the Murmansk region, completed in 2006-2007. Was shown the relationships of eutrophic and oligotrophic aquatic bacterial communities, described the seasonal dynamics of trophic groups of bacteria in the lake water, was estimated the degree of eutrophication of the lakes.

**Ключевые слова:** эвтрофные и олиготрофные микроорганизмы, водные бактериальные сообщества, трофические группы микроорганизмов, степень трофности озер.

**Key words:** eutrophic and oligotrophic microorganisms, aquatic bacterial community, trophic groups of microorganisms, the degree of trophic lakes.

### Введение

Высокое качество питьевой воды – залог здоровья и долголетия человека, а обеспечение населения доброкачественной водой – одна из приоритетных задач, стоящих перед государством. Водные питьевые ресурсы непрерывно возобновляются, и вполне достаточны при условии их рационального использования и решения острой проблемы современности – повсеместного загрязнения водных источников.

Водоёмы отличаются большим разнообразием и изменчивостью, как химического состава, так и разнообразием автохтонных микроорганизмов, обитающих в водной среде и аллохтонной микрофлоры, поступающей в водоем с различными источниками загрязнения [1]. Микроорганизмы, особенно гетеротрофные бактерии обладают высокой приспособительной способностью, могут корректировать свои свойства при изменении условий внешней среды [2].

Исследования совокупности микробиологических характеристик водных экосистем, развития в воде микробного сообщества может служить индикатором уровня трофности водоема, выявить некоторые особенности



функционирования гетеротрофных бактериальных сообществ в пресных водоемах в условиях Кольского Заполярья и дать возможность прогнозирования процессов его естественного очищения.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования озер, входящих в систему Верхнетуломского водохранилища, проводились в период с 2006 по 2007 годы на девяти озерах: оз. Ечозеро, оз. Кодъявр, оз. Лотм, оз. Няльявр, оз. Окунь, оз. Оркозеро, оз. Пуроярви, оз. Пяйвеявр и оз. Солозеро. Озера несколько различаются по составу зоопланктона и его общей биомассе, все проточные с прозрачной водой, небольшие по размеру, глубиной до 50 м [3]. Микробиологические исследования в учетный период осуществляли посезонно, 2-3 раза в сезон.

Отбор проб воды и исследования осуществляли с соблюдением асептических условий стерильными флаконами с глубин 20-50 см от поверхности в стерильную посуду. Объем пробы для микробиологических исследований составлял не менее 500 см<sup>3</sup>. Анализы проводили не позднее 2 ч с момента отбора проб [4].

Количество эвтрофных и олиготрофных микроорганизмов определяли методом последовательных разведений пробы вода и посева на поверхность питательной среды (аэробная составляющая) и в ее глубину (факультативно-анаэробная составляющая). Для подсчета эвтрофных микроорганизмов посев производили на поверхность и в глубину рыбопептонного агара, посева выращивали при 20-22<sup>0</sup>С (учет автохтонных бактерий) в течение 72±2ч и при 37<sup>0</sup>С (учет аллохтонных бактерий) в течение 24±2ч. Полученные результаты для обеих составляющих впоследствии суммировали. Для подсчета олиготрофных микроорганизмов посев производили на поверхность и в глубину голодного агара, посева выращивали при температуре 20-22<sup>0</sup>С в течение пяти суток. После культивирования подсчитывали колонии, результат выражали в числе клеток в 1 мл исследуемой пробы [4].

### **3. Результаты и обсуждение**

Исследовано количественное соотношение олиготрофных и эвтрофных микроорганизмов на 9 стационарных станциях озер Кольского района в период 2006-2007 годы. Сезонная динамика олиготрофных групп в исследуемых озерах представлена на рис. 1.

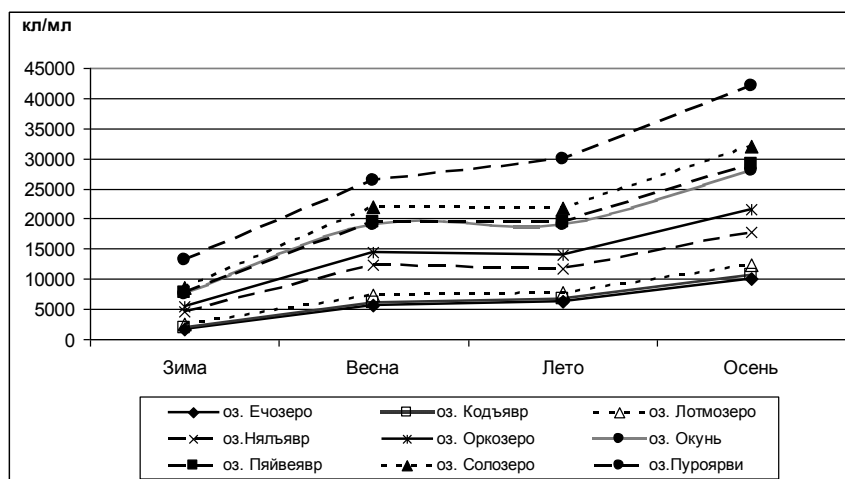


Рисунок 1 – Сезонная динамика олиготрофных бактерий в озерах Верхнетуломского водохранилища

Абсолютные значения олиготрофов в озерах находятся в пределах  $10^3$ – $10^4$  кл/мл. Олиготрофное сообщество в озерах достаточно более гармонично связано с «классической схемой» сезонной динамики, чем эвтрофы. Минимальные количества олиготрофов отмечены в оз. Ечозеро, Кодъявр, Лотмозеро, в остальных озерах численность олиготрофов была выше в 2-10 раз.

Динамика изменения общей численности гетеротрофных бактерий по сезонам характерна для всех озер. Минимальное количество в зимний период, который является стадией покоя в озерах, сменяется увеличением численности в 1,5-2 раза весной. Количество бактерий летом практически не увеличивается по сравнению с весенним периодом. Максимум отмечается осенью, разброс в разных озерах также значителен – до 4 раз.

Сезонная динамика эвтрофных групп в исследуемых озерах представлена на рис. 2. Численность эвтрофных бактерий изменяется не так резко, как численность олиготрофов. Зимний период выражен в основном низким уровнем микроорганизмов, водоемы в это время покрыты льдом и водообмен снижен. Зимний период является стадией покоя, в особенности в озерных экосистемах.

Весной количество микроорганизмов возрастает, но не так резко, как численность олиготрофов – максимально в 3 раза. Это, возможно, связано с тем, что влияние на бактериальное сообщество в озерных экосистемах в большей степени оказывает изменение температуры окружающей среды, нежели поступление ОВ с талыми ливневыми водами.

Весной водоемы подвергаются мощному притоку талых вод, бытовых и промышленных загрязнений, несущих большое количество загрязнений, в том числе и бактериальных. По-видимому, повышение численности эвтрофных бактерий в этот период обусловлено поступлением в воды аллохтонной части микробной популяции, перенесенной континентальным стоком.

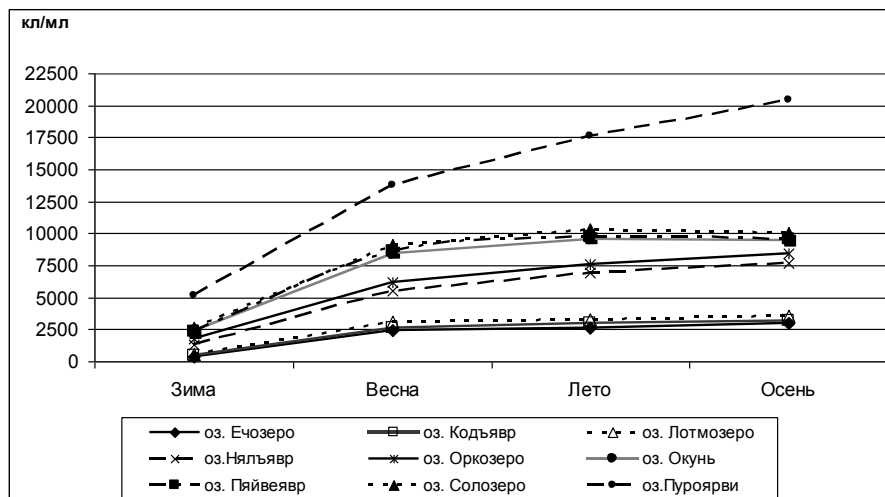


Рисунок 2 – Сезонная динамика эвтрофных бактерий в озерах Верхнетуломского водохранилища

Летний период по «классической схеме» должен быть ознаменован небольшим спадом численности бактерий, так как водоемы приходят в стабильное состояние и микробиологические процессы снижают свой ход в отличие от весеннего периода. Стабилизационные процессы были отмечены в озерах Лотмозеро и Окунь, а в оз. Ечозере, оз. Оркозере и оз. Солозере численность эвтрофной группы колебалась в пределах уровня весеннего периода. Данные по озерам Кодъяярв, Няльярв и Пурояярви не соответствовали «классической схеме», численность эвтрофных бактерий значительно возросла.

Осенний период ознаменован повышением количества эвтрофной микрофлоры, как было отмечено в озерах Ечозеро, Лотмозеро, Няльярв, Оркозеро и Пурояярви. Численность в озере Пурояярви была максимальной из изученных озер. В озерах Кодъяярв, Окунь и Солозеро было зарегистрировано снижение эвтрофов в данный период, что говорит о высоких темпах самоочищений происходящих в этих озерах.

Таким образом, сезонные изменения численности трофических групп демонстрируют активные биохимические процессы самоочищения, происходящие в водоемах в весенне-осенний период, деятельность микроорганизмов значительно активизируется при положительных температурах.

В озерных экосистемах бактериоценоз также как и в солоноватых и речных экосистемах на усиление эвтрофирования отвечает увеличением численности эвтрофной группы и значительным ее превалированием над олиготрофами.

Малые изменения численности обеих групп бактерий в воде исследуемых озер характеризует экосистему как стабильную, с равномерной невысокой скоростью самоочищения. Многие озера в начале своего существования являются олиготрофными. Однако в течение времени озере накапливаются ил, детрит и вода постепенно превращается в своеобразный густой питательный «бульон». Пройдут тысячелетия, озеро может измениться естественным путем, и перейти из олиготрофного в эвтрофное. Этот процесс называют старением.

Но не все озера стареют естественным путем. Некоторые в ходе нормального процесса развития сохраняют свои олиготрофные характеристики. Однако любое озеро может стать эвтрофным, если в него добавить большое количество питательных веществ для микроорганизмов. Происходит увеличение выработки продукции органического вещества. Искусственная эвтрофизация обычно происходит в результате попадания канализационных и промышленных сточных вод. Эти воды богаты питательными веществами, которые сразу же включаются в кругооборот углерода.

По проведенным исследованиям отмечено, что значительно превосходящие значения эвтрофов над олиготрофами свидетельствуют об усилении эвтрофирования озерных экосистем Верхнетуломского водохранилища. Превалирование эвтрофной группы над олиготрофной при примерно сравнимой абсолютной численности бактерий этих групп в озерах говорит о высокой степени насыщения свободным ОВ, а также указывает на вероятность попадания в озера аллохтонного органического вещества.

Доминирующее положение олиготрофов в воде озер говорит о высокой продукции автохтонного органического вещества и о достаточно низкой метаболической активности бактериальной деструкции, что может свидетельствовать об угрозе сдвига в сторону эвтрофирования.

Все рассмотренные озера расположены в удалении от населенных пунктов, поэтому прямое эвтрофирование озер исключается, кроме озера Пуроярви, расположенного вблизи военной части. Сезонная динамика и количественное соотношение трофических групп озер создает картину четкого разделения озер с помощью микробиологической индикации на 3 типа: эвтрофный, мезотрофный и олиготрофный [5].

К эвтрофному типу относятся озера: Кодъявр, Няльявр и Пуроярви. В рассмотренных озерах часто регистрировались высокие уровни гетеротрофных бактерий. Оз. Пуроярви эвтрофировано в большей степени, так как количество эвтрофов значительно, что говорит о большом поступлении в период с весны по осень аллохтонного и продукции автохтонного органического вещества. В результате в данный водоем происходит сброс хозяйственной канализации военной части.

К мезотрофному типу со средним уровнем содержания органического вещества, отнесли озера: Ечозеро, Оркозеро, Окунь, и Пяйвеявр. Превалирование эвтрофной группы над олиготрофной во всех озерах говорит о высокой степени насыщения свободным органическим веществом, а также существует вероятность попадания аллохтонного органического вещества. В оз. Ечозеро превалируют в основном олиготрофные микроорганизмы, что говорит о высокой продукции автохтонного органического вещества, водотоки, несущие в озеро воду богаты органикой и в данной озере низкая метаболическая активность. Оз. Пяйвеявр отражает «классическую» схему распределения численности в сезонах года, т. е. низкое количество в зимний период повышение весной, летний ознаменуется спадом, а осень является максимальным период численности олиготрофов и снижение эвтрофов. В разрезе сезонной динамики летний период в оз. Кодъявр было отмечено повышение численности эвтрофной группы, данный водоем отстает от «классической» схемы, так как предположительно подземные горизонты начинают в полном объеме снабжать озеро биогенными веществами в летний период. Малое количество олиготрофных организмов говорит о среднем положении озер с угрозой сдвига в сторону эвтрофирования, в особенности это было отмечено в оз. Оркозеро.

К олиготрофному типу с низкой минерализации вод были отнесены Лотмозеро и Солозеро. Общая численность двух групп в оз. Лотмозеро была достаточно высокой для олиготрофного типа, но низкое количество эвтрофного сообщества в водах позволяет присвоить этому озеру статус олиготрофного.

В питьевых целях из изученных 9 озер могут подойти лишь Лотмозеро и Солозеро. Рыбохозяйственными объектами могут использоваться все озера мезотрофного типа, так как высокая степень трофности, взаимосвязана с высоким уровнем кормности, что является важным фактором для

гидробионтов. Разработку мероприятий экологического оздоровления требуют озера Няльъявр, Пуроярви и Кодъявр.

### **Заключение**

Стабильное бактериальное сообщество озерных северных экосистем характеризуется в доминировании олиготрофов над эвтрофами в 1,5-3 раза. Данная «классическая схема» характерна для слабо- и среднезагрязненных экосистем. Нарушение этой динамики может свидетельствовать либо о переходе к олиготрофности, либо к усугублению эвтрофирования.

Отклик бактериальных гетеротрофных сообществ в пресных водных экосистемах на снижение эвтрофирования выражается в уменьшении количества эвтрофов, что позволяет олиготрофным микроорганизмам занять более значимое положение в бактериальном сообществе. Усиление загрязнения водоема приводит к доминированию эвтрофной группы бактерий.

### **Литература**

1. Перетрухина А.Т., Богданова О.Ю. Методологические аспекты микробиологического мониторинга водных экосистем на Крайнем Севере //Тез. Всероссийской НТК «Наука и образование-2003». – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2003. – С.98.
2. Богданова О.Ю. Особенности функционирования трофических групп гетеротрофных бактерий в воде пресных водоемов Кольского района Мурманской области // Материалы Международной научно-технической конференции «Наука и образование-2008». – Мурманск: Издательство МГТУ, 2008. – С.143-148.
3. Доклад о паспортизации 123 озер Кольского района Мурманской области/ под ред. Ермолаева В.В., Уткина А.А.// Годовой отчет 2006г. – Апатиты, 2006. – № 264/48-71.1 – С. 19-53.
4. Богданова О.Ю., Амосова И.А. Методы количественного учета и выявления физиологических свойств микроорганизмов в водных экосистемах: Метод. указания к практическим работам по дисциплине «Микробиология» для спец. 011600 «Биология», 013500 «Биоэкология» и 012400 «Микробиология». – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2005. – 27 с.
5. Кузнецов С.И. Антропогенное эвтрофирование водоемов. – М.: Наука, 1975. – 534 с.

## Характеристика гетеротрофного бактериобентоса литорали бухты Белокаменка

**Гладченко А. В., Макаревич Е. В.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: gladchenko-alyona@yandex.ru*)

**Аннотация.** В работе приведены данные по общей численности гетеротрофного бактериобентоса литорали бухты Белокаменка методом прямого счета, а также численности трофических групп микроорганизмов грунта бухты в период с февраля по июль 2014 г.

**Abstract.** This article contains the data about the number of heterotrophic bacteriobenthos of littoral zone of Belokamenka bay by direct counting method, and the number of trophic groups of soil microorganisms bay during the period between February and July 2014.

**Ключевые слова:** Кольский залив, бактериобентос, гетеротрофные микроорганизмы, трофические группы, олиготрофы, евтрофы.

**Key words:** Kola Bay, bacteriobenthos, heterotrophic microorganisms, trophic groups, oligotrophs, eutrophs.

Приливно-отливная зона бухты Белокаменки среднего колена Кольского залива Баренцева моря, как и литораль любой морской экосистемы – это динамическая и продуктивная зона со сложными физико-химическими показателями и биологическим составом, в которой активно происходят процессы деструкции органических веществ. Грунты литоральной зоны водных экосистем активно аккумулируют загрязняющие вещества и могут служить источником вторичного загрязнения вод.

В процессах трансформации органических веществ и естественного очищения экосистемы литорали важную роль играют бактериальные сообщества грунта [1]. Микроорганизмы грунта, быстро реагирующие на изменения условий окружающей среды могут служить индикатором степени антропогенного воздействия, поэтому очевидна необходимость получения сведений о структуре бактериобентоса прибрежной зоны Кольского залива.

Исследования проводили в период с февраля по июль 2014 г. Пробы грунта отбирали с соблюдением правил асептики во время отлива. Для определения общей численности бактерий грунта использовали метод прямой люминесцентной микроскопии на поликарбонатных мембранных фильтрах с диаметром пор 0,22 мкм [2]. Численность трофических групп бактериобентоса

(олиготрофных и евтрофных) определяли методом предельных разведений с использованием элективных питательных сред [2,3].

Общая численность бактериобентоса исследуемого полигона колебалась в пределах двух порядков от  $0,51 \cdot 10^9$  кл/г до  $1,18 \cdot 10^9$  кл/г (рис. 1).

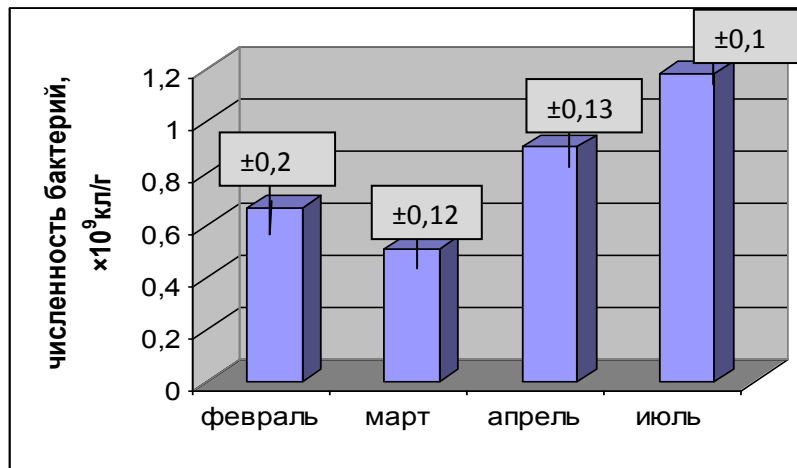


Рисунок 1 – Численность бактериобентоса литорали бухты Белокаменка в исследуемый период (метод прямого счета)

Наиболее высокое значение численности микроорганизмов было отмечено в июле, когда количество микроорганизмов в 1 грамме грунта практически в 2 раза превышало аналогичные показатели в феврале.

Во время отбора проб постоянно фиксировалась температура воды: минимальная температура была зарегистрирована в марте ( $+0,3$  °С), максимальная – в июле ( $+12$  °С).

Снижение общей численности бактерий в грунте в марте, вероятно, связано с более низкими температурами воды и воздуха (что привело к замерзанию залива), обуславливающими процессы замораживания-оттаивания и механические разрушения клеток. Это подтверждает общую тенденцию влияния температуры на численность бактерий морских экосистем [4,5,6].

В нашем исследовании было определено количество гетеротрофных микроорганизмов грунта и их отдельных групп.

Для полноценной оценки состояния трофической структуры бактериобентоса использовали коэффициент Ильинского (Ки). Величина индекса Ки используется для общей характеристики состояния микробного сообщества в морских акваториях разных широт и тесно связана с условиями в среде обитания микроорганизмов. Чем более благоприятны эти условия для развития гетеротрофных бактерий, тем выше величина Ки и наоборот [3, 7].



Значения коэффициента для литоральной зоны бухты Белокаменка в наших исследованиях изменялись от 0,0017 % (в марте) до 0,0056 % (в июле) (рис. 2).

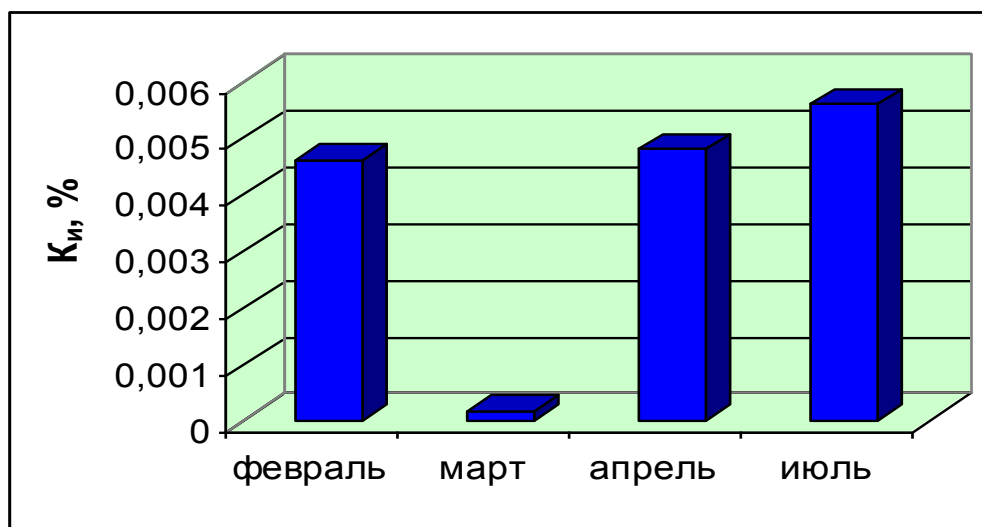


Рисунок 2 – Трофическая структура бактериобентоса литорали бухты Белокаменка (индекс К<sub>н</sub>)

Полученные данные не превышали 0,1 %, что указывает на низкие темпы развития гетеротрофных бактерий и неоднородность структуры микробного сообщества. Очевидно, что бактериобентос литорали находится в состоянии, характерном для «зрелой» экосистемы.

Исследование также показало, что доля гетеротрофных бактерий (олиготрофы + евтрофы), способных к росту на питательных средах от общей численности бактерий по прямому счету очень мала. Возможно, это связано с тем, что некоторые морские микроорганизмы не способны к росту на субстратах, присутствующих в питательной среде и относятся к некультивируемым формам.

Распределение трофических групп бактериобентоса Кольского залива обусловлено пространственно-временной изменчивостью гидролого-гидрохимических параметров воды и грунта, а также антропогенными факторами, действующими морскую экосистему.

Исследование численности олиготрофов и евтрофов бактериобентоса бухты Белокаменка в исследуемый период выявило преобладание евтрофов (рис. 3), численность которых изменялась в пределах 2 порядков от  $600 \pm 60$  кл/г в марте до  $60000 \pm 1000$  кл/г в июле.

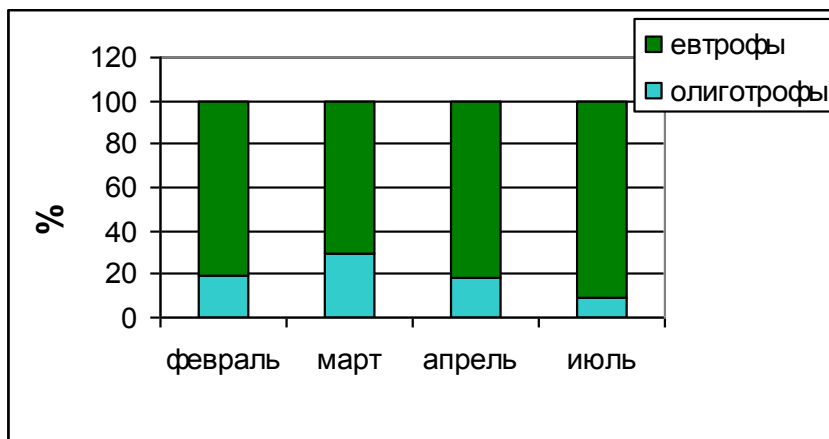


Рисунок 3 – Доля олиготрофов и евтрофов в структуре гетеротрофного бактериобентоса станции Белокаменка

Численность олиготрофов колебалась от  $250 \pm 120$  кл/г в марте до  $7700 \pm 740$  кл/г в апреле. В бактериоценозах грунта на долю евтрофных бактерий приходилось от 71 % до 91 %, а на долю олиготрофов – от 9 % до 29 % (рис. 3). Высокий процент евтрофов в структуре гетеротрофного бактериобентоса станции Белокаменка возможно свидетельствует о присутствии легкоокисляемого органического вещества в больших количествах на данной станции. Также следует отметить неоднородное распределение численности трофических групп бактериобентоса, что, по-видимому связано с влиянием разнообразных абиотических и биотических факторов (неодинаковой концентрацией органических веществ, особенностями развития каждой группы микроорганизмов, антропогенным воздействием и т.д.) [8].

*Заключение.* Бактериобентос является одним из важнейших компонентов морских экосистем, главная функция которого заключается в минерализация растворенных и взвешенных органических соединений [4].

При изучении бактериального сообщества грунта литорали станции Белокаменка отмечено влияние температуры на общую численность бактериобентоса, зафиксированы низкие темпы развития гетеротрофных микроорганизмов и неоднородность структуры бактериального сообщества. Выявлено преобладание евтрофных микроорганизмов и, таким образом, наличие легкоокисляемого органического вещества в литоральной зоне бухты Белокаменка в большом количестве.

В ходе исследования выявилось неоднородное распределение численности трофических групп бактериобентоса, что может быть связано с неодинаковой концентрацией автохтонных и аллохтонных органических

веществ, колебаниями температур, биологическими особенностями развития каждой группы бактерий и антропогенным воздействием, то есть на численность микроорганизмов влияют разнообразные биотические и абиотические факторы среды, которые подвержены постоянным изменениям и следовательно подвержены изменению численность и структура гетеротрофных микроорганизмов грунта литорали Кольского залива.

### **Литература**

1. Макаревич Е. В. Бактериобентос литорали среднего и южного колен Кольского залива: Дис. канд. биол. наук. – Мурманск, 2004. – 163 с.
2. Методы изучения водных организмов / С.И.Кузнецов, Г.А.Дубинина. – М.: Наука, 1989. – 288 с.
3. Ильинский В. В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: Авт. дис. докт. биол. наук. – Москва, 2000. – 53 с.
4. Жекова Е.А., Макаревич Е.В., Жекова А.А., Гладченко А.В. Трофическая структура гетеротрофоного бактериобентоса литорали Кольского залива // Наука и образование – 2014: материалы Международн. науч.-техн.конф., Мурманск, 24-28 марта 2014 г. – Мурманск: изд-во МГТУ, 2014. – С. 437-441.
5. Жекова А.А., Макаревич Е.В., Жекова Е.А., Гладченко А.В. Влияние абиотических факторов на распространение бактериопланктона прибрежных вод Кольского залива // Наука и образование – 2014: материалы Международн. науч.-техн.конф., Мурманск, 24-28 марта 2014 г. – Мурманск: изд-во МГТУ, 2014. – С. 431-436.
6. Барышникова Н.В., Макаревич Е.В., Малавенда С.С. Влияние гидролого-гидрохимических параметров на распределение бактериобентосных сообществ литорали Мурманского побережья Баренцева моря / Проблемы Арктического региона // Материалы 13-й международной научной конференции студентов и аспирантов – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2013. – С. 23 – 24.
7. Количественная и качественная оценка стабильности экосистем Кольского залива в условиях растущего антропогенного давления: отчет о НИР 12.3/04 (заключительный) / МГТУ; рук. Перетрухина И.В., исп. М.Ю. Литвинова, В.В. Ильинский. – Мурманск, 2013. – 41 с.
8. ZoBell, C. E. Marine microbiology // Waltham, Mass.: Chron. Bot. Press, 1946. – 240 p.

## Структура бактериального сообщества грунта литорали бухты Белокаменка, осуществляющего трансформацию биогенных форм азота

Гладченко А. В., Макаревич Е. В., Жекова А. А., Жекова Е. А.

(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии,  
e-mail: gladchenko-alyona@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе приведены данные по численности основных физиологических групп микроорганизмов грунта бухты Белокаменка Кольского залива в период с февраля по июль 2014 г. Кроме того приводятся данные о влиянии гидролого-гидрохимических параметров воды на развитие микроорганизмов грунта прибрежной зоны исследуемой станции.

**Abstract.** The article contains the data about the density of physiological groups of bacteriobenthos on Belokamenka littoral zone during the period between February 2014 and April 2014 and in July 2014. Also this article contains information about the influence of abiotic factors on the development of these microorganisms in sediments of coastal zone of the Kola Bay.

**Ключевые слова:** Кольский залив, бактериобентос, гетеротрофные микроорганизмы, физиологические группы, аммонификаторы, нитрифицирующие бактерии 1 и 2 фаз, денитрифицирующие микроорганизмы.

**Key words:** Kola Bay, bacteriobenthos, heterotrophic microorganisms, physiological groups, ammonifying microorganisms, nitrifying microorganisms of phase 1, nitrifying microorganisms of phase 2, denitrifying microorganisms.

Литораль Кольского залива является крупной экосистемой, которая функционирует в жестких климатических условиях и подвергается сильному антропогенному прессу [1]. Очевидно, что экологическое изучение гетеротрофного бактериобентоса литорали и, в частности физиологических групп микробного сообщества грунта прибрежной зоны Кольского залива весьма актуально, так как эти микроорганизмы играют очень важную роль в функционировании водных экосистем.

Изучение количественных характеристик физиологических групп бактериобентоса, участвующих в разложении азотсодержащих органических соединений, дает возможность составить представление о соотношении микроорганизмов, осуществляющих данные физиологические процессы, и до некоторой степени судить о господствующих направлениях в этих процессах [2]. В работе были получены данные по численности микроорганизмов грунта,

участвующих в разложении и восстановлении азотсодержащих соединений.

Пробы грунта для исследования отбирали в период с февраля по июль 2014 г. с соблюдением правил асептики во время отлива. Численность физиологических групп бактериобентоса определяли методом предельных разведений с использованием селективных питательных сред [3, 4].

Исследование показало, что преобладающей физиологической группой бактериобентоса литорали исследуемой станции были аммонифицирующие бактерии. Их абсолютная численность изменялась от  $1300 \pm 420$  кл/г в феврале до  $60000 \pm 600$  кл/г в июле (табл.1).

Таблица 1 – Численность основных физиологических групп бактериобентоса литорали бухты Белокаменка, осуществляющих трансформацию биогенных форм азота

Месяц Группа бактерий	Февраль, кл/г	Март, кл/г	Апрель, кл/г	Июль, кл/г
Аммонификаторы	$13000 \pm 420$	20000	$22000 \pm 1100$	$60000 \pm 600$
Нитрификаторы 1 порядка	$1300 \pm 110$	$250 \pm 110$	$600 \pm 100$	$25000 \pm 250$
Нитрификаторы 2 порядка	$2500 \pm 250$	$6000 \pm 600$	$6300 \pm 1000$	$250 \pm 0$
Денитрификаторы	$1300 \pm 110$	$600 \pm 120$	$1300 \pm 250$	$6000 \pm 1000$

В то же время доля микроорганизмов данной физиологической группы в структуре бактериальных сообществ, осуществляющих трансформацию биогенных форм азота за весь период исследования была практически постоянна (66 % – 75 %) (рис. 1).

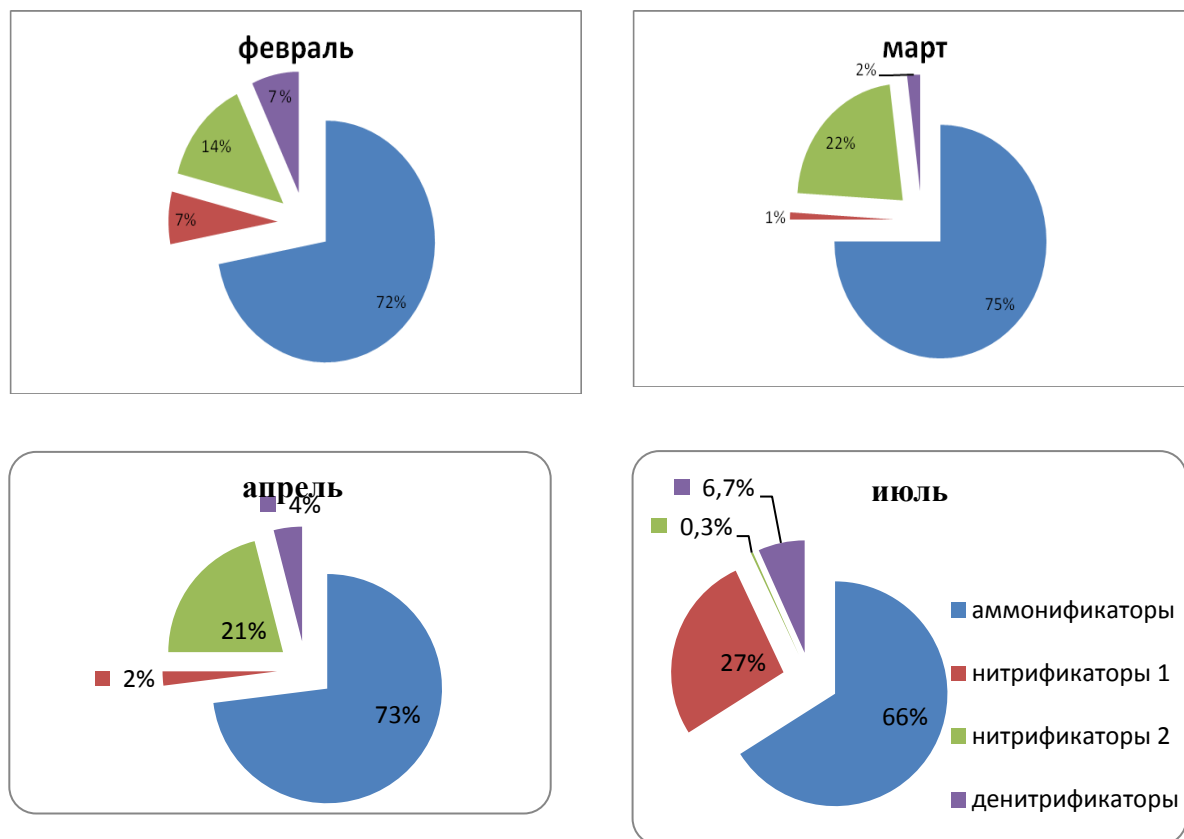


Рисунок 1 – Структура физиологических групп микроорганизмов грунта литорали бухты Белокаменка, участвующих в разложении и восстановлении органических азотсодержащих соединений

Доминирование аммонификаторов в структуре минерализаторов органики свидетельствует об активно протекающих процессах начальной стадии самоочищения литоральной зоны станции от азотсодержащих органических соединений, источником которых могут быть сбросы неочищенных промышленных и хозяйственно-бытовых стоков как поселка Белокаменка, так города Мурманска.

Кроме микробиологического исследования грунта литорали нами также были определены гидролого-гидрохимические параметры прибрежной воды полигона (табл. 2, табл. 3).

Таблица 2 – Содержание биогенных элементов в прибрежной воде станции Белокаменка Кольского залива

Месяц	$\text{NH}_4^+$ , мг/л	$\text{NO}_2^-$ , мг/л	$\text{NO}_3^-$ , мг/л
февраль	21,225±0,03	0,020±0,03	0,241±0,02
март	18,112±0,06	0,023±0,03	0,834±0,05
апрель	11,996±0,09	0,001±0,16	0,042±0,01

Таблица 3 – Содержание кислорода, биохимическое потребление кислорода и температура прибрежной воды станции Белокаменка Кольского залива

месяц	Кислород, мг/л	БПК <sub>5</sub> , мг/л	Температура, °С
февраль	12,28±1,13	0,516±0,2	1,5
март	17,83±0,55	4,54±0,23	3
апрель	21,81±0,87	1,1±0,124	2
июль	13,46±0,3	3,15±0,95	12

Наши данные согласуются с ранее проведенными исследованиями воды бухты Белокаменка, где были обнаружены высокие концентрации аммонийного азота, превышающие ПДК и были подчеркнуты высокая степень органического загрязнения воды станций и интенсивные процессы аммонификации [5].

Корреляционный анализ между гидролого-гидрохимическими параметрами и численностью аммонифицирующих бактерий выявил наличие значимой связи с температурой воды на станции ( $R=0,99$ ) и с содержанием аммонийного азота ( $R= -0,88$ ) (табл.4).

Таблица 4 – Корреляционный анализ между численностью физиологических групп микроорганизмов грунта и гидролого-гидрохимическими параметрами

Показатель Группа бактерий	Показатель					
	Аммоний	Нитриты	Нитраты	Т, °С	Кислород	БПК
аммонификаторы	<b>-0,88</b>	-0,57	0,067	<b>0,98</b>	-0,27	0,37
нитрификаторы 1 порядка	0,5	0,06	-0,58	<b>0,99</b>	-0,46	0,27
нитрификаторы 2 порядка	<b>-0,8</b>	-0,45	0,21	<b>-0,75</b>	<b>0,85</b>	0,08
денитрификаторы	-0,19	-0,6	<b>-0,97</b>	<b>0,97</b>	-0,45	0,17

Таким образом, положительные значения коэффициента корреляции между температурой и численностью микроорганизмов выявляют прямую зависимость, а отрицательные значения коэффициента между численностью аммонифицирующих бактерий и содержанием аммония на исследуемой акватории свидетельствуют об обратной зависимости между этими параметрами.

Усиление антропогенной нагрузки на водоем, которое, возможно, приводит к увеличению численности групп аммонифицирующих

микроорганизмов и одновременное снижение численности денитрификаторов (их доля составляла от 2 % в марте до 7 % в феврале) (рис. 1) может свидетельствовать об усилении гнилостных процессов и создании условий для значительных потерь азота. Численность денитрифицирующих бактерий изменялась в пределах двух порядков от  $600 \pm 120$  кл/г в марте до  $6000 \pm 1000$  кл/г в июле (табл.1).

Расчет коэффициента корреляции между численностью денитрифицирующих бактерий и гидролого-гидрохимическими параметрами показал существование зависимости с температурой ( $R=0,97$ ) и с нитратами ( $R= -0,97$ ) (табл.4), что свидетельствует о тесной взаимосвязи денитрификаторов с данными показателями. Очевидно, что денитрификаторы используют нитраты для восстановления их до свободного азота, что и объясняют обратную связь между этими параметрами.

Численность нитрифицирующих бактерий в грунте исследуемой станции изменялась в пределах 2 порядков от  $250 \pm 110$  кл/г в марте до  $25000 \pm 250$  кл/г в июле (нитрификаторы 1 фазы) и от  $250 \pm 0$  кл/г в июле до  $6300 \pm 1000$  кл/г в марте (нитрификаторы 2 фазы) (табл.1). Наличие нитрификаторов обеих фаз в таком значительном количестве может свидетельствовать об интенсивных окислительных процессах в водной среде и в некоторой мере может быть индикатором евтрофирования литоральной зоны полигона.

Следует отметить, что в период с марта по апрель доля нитрифицирующих микроорганизмов была практически на одном уровне (рис. 1), в то время, как в июле произошла активизация процесса нитрификации 1 стадии (доля нитрификаторов 1 фазы составила 27 %) с одновременным замедлением нитрификации 2 стадии (доля микроорганизмов 0,3 %). Таким образом, превалирование в летний период нитрификаторов второго порядка может свидетельствовать как о преобладании процессов окисления аммиака до нитрит-аниона над процессами окисления нитрит-аниона до нитрат-аниона, так и об активном усвоении последнего макрофитами, огромные заросли которых присутствуют на станции.

Проведенный корреляционный анализ указал на значимую связь между значениями численности нитрифицирующей группы бактериобентоса и температурой воды Кольского залива. Для нитрификаторов 1 и 2 порядка значения были соответственно  $R=0,99$  и  $R= -0,75$ . Также выявлена обратная связь между численностью нитрифицирующих микроорганизмов грунта литорали 2 порядка и содержанием аммония на станции ( $R= -0,8$ ) (табл.4). Таким образом,



высокие концентрации аммонийного азота на станции подавляют рост и развитие нитрификаторов 2 порядка. Кроме того, численность данной группы микроорганизмов положительно коррелирует с содержанием кислорода на станции ( $R = -0,85$ ).

Следует также отметить, что при исследовании физиологических групп микроорганизмов грунта литорали Белокаменки обнаружен значительный разброс их численности, что может быть обусловлен степенью обогащения поверхностного слоя грунта легкоусвояемым органическим веществом автохтонного и аллохтонного происхождения, а также влиянием сточных вод.

*Заключение.* Бактериобентос является одним из важнейших компонентов морских экосистем, главная функция которого заключается в минерализация растворенных и взвешенных органических соединений. С участием микроорганизмов грунта осуществляется важнейший круговорот веществ в водоемах, а кроме того эти бактерии способствуют самоочищению водоемов. В нашем исследовании отмечено превалирование аммонифицирующих микроорганизмов, что свидетельствует о присутствии в грунте азотсодержащих органических соединений. Определено, что процесс аммонификации за весь период был постоянным, а процесс нитрификации 1 стадии активизировался в летний период.

Изучение корреляционных связей физиологических групп бактериобентоса с гидролого-гидрохимическими параметрами воды исследуемой акватории показало, что эти связи существенно различаются для каждой группы бактерий, но четкая зависимость для всех изучаемых групп была между температурой воды и их количеством на станции. Это подтверждает общую тенденцию сезонного распределения микроорганизмов морских экосистем [6, 7, 8].

В результате исследования отмечено уменьшение количества аммонификаторов и нитрификаторов 2 порядка по мере повышения концентрации аммонийного азота, увеличение нитрифицирующих бактерий 2 порядка с увеличением концентрации кислорода, а также снижение численности денитрифицирующих бактерий с увеличением содержания нитратного азота на станции Белокаменка. Другие значимые корреляций между физиологическими группами микроорганизмов грунта и концентрациями биогенных элементов обнаружены не были.

Таким образом, гидролого-гидрохимические параметры прибрежной воды полигона существенно варьируются, в то время как преобладание аммонифицирующих микроорганизмов, доля которых была постоянна в

течение всего периода исследования, служит показателем превалирования процесса аммонификации над другими процессами трансформации биогенных форм азота и интенсификации первой стадии разложения азотсодержащих органических соединений.

## Литература

1. Макаревич Е. В. Бактериобентос литорали среднего и южного колен Кольского залива: Дис. канд. биол. наук. – Мурманск, 2004. – 163 с.
2. Жекова, Е.А., Макаревич Е.В., Жекова А.А., Гладченко А.В. Трофическая структура гетеротрофного бактериобентоса литорали Кольского залива // Наука и образование – 2014: материалы Международн. науч.-техн.конф., Мурманск, 24-28 марта 2014 г. – Электрон. текст. дан. – Мурманск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – С. 437-441.
3. Методы изучения водных организмов / С.И.Кузнецов, Г.А.Дубинина. – М.: Наука, 1989. – 288 с.
4. Ильинский В. В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: Авт. дис. докт. биол. наук. – Москва, 2000. – 53 с.
5. Гладченко А.В. Гидролого-гидрохимическое исследование южного и среднего колен Кольского залива в зимний гидрологический сезон 2012-2013// Материалы Международной научно-технической конференции. – Мурманск: МГТУ, 2014. – с. 434-441.
6. Жекова А.А., Макаревич Е.В., Жекова Е.А., Гладченко А.В. Влияние абиотических факторов на распространение бактериопланктона прибрежных вод Кольского залива // Наука и образование – 2014: материалы Международн. науч.-техн.конф., Мурманск, 24-28 марта 2014 г. – Электрон. текст. дан. – Мурманск: МГТУ, 2014. – С. 431-436.
7. Количественная и качественная оценка стабильности экосистем Кольского залива в условиях растущего антропогенного давления: отчет о НИР 12.3/04 (заключительный) / МГТУ; рук. Перетрухина И.В., исп. М.Ю. Литвинова, В.В. Ильинский. – Мурманск, 2013. – 41 с.
8. Барышникова Н.В., Макаревич Е.В., Малавенда С.С. Влияние гидролого-гидрохимических параметров на распределение бактериобентосных сообществ литорали Мурманского побережья Баренцева моря // Материалы 13-й международной научной конференции студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона»: [электр. ресурс]. – Мурманск: изд-во ММБИ КНЦ РАН. – 2013. – С. 23-24.

## Перспективы использования биофлокулянтов в очистке сточных вод

**Крамаренко Е. В.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии)

**Аннотация.** В статье изложен краткий обзор вопросов, касающихся биологической очистки сточных вод. Рассматривается принцип, механизм, особенности и положительные стороны очистки сточных вод с помощью биофлокулянтов, получаемых от бактерий-продуцентов при их жизни. Описаны цели и задачи исследования в этой области.

**Abstract.** The article describes the abstract of issues of biological wastewater treatment. We consider the principles, mechanism, special characteristics and positive aspects of wastewater treatment using bioflocclulants derived from bacteria , who producing this flocculating substances during the lifetime. In this area describes the goals and objectives of the research also.

**Ключевые слова.** Активный ил, бактерии, биофлокулянты, флокулирующая активность.

**Key words.** Activated sludge, bacteria, bioflocclulants, flocculating activity.

Запасы пресной воды неуклонно уменьшаются вследствие постоянного загрязнения ее различными поллютантами при использовании в быту и промышленности, из-за чего она становится непригодной для дальнейшего потребления. Такая вода называется сточной водой [1].

Все сточные воды требуют обязательной очистки при их отведении, так как в них содержатся загрязняющие вещества в концентрациях, превышающих предельно допустимые [2]. И с каждым годом, вопрос о недопустимости сброса в водоемы неочищенных сточных вод ставится все острее, поскольку экологическое состояние водных ресурсов на сегодняшний день вызывает мировую тревогу. Все это указывает на глобальность, актуальность и необходимость изучения вопросов состава сточных вод, их водоотведения, очищения, обезвреживания, дальнейшего использования и утилизации осадков сточных вод.

Среди основных методов очистки сточных вод, большой интерес представляет биологический метод, основанный на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения водоемов и являющийся наиболее эффективным и надежным в санитарном отношении [3]. Изучение процессов, происходящих при биологической очистке, показало, что в их основе лежит способность организмов

использовать загрязняющие вещества сточных вод в своем конструктивном и энергетическом метаболизме [4]. Благодаря биологическому методу очистки происходит безопасное и практически полное очищение воды от бытовых и промышленных загрязнений. Для его осуществления необходимы обычные, повсеместно распространенные микроорганизмы, которые обладают высокими темпами роста и способны к успешной утилизации органических, некоторых неорганических и минеральных веществ, находящихся в сточных водах. Авторами метода биологической очистки являются английские инженеры Е. Ardern и W. Lockett, открывшие еще в 1914 году при аэрировании сточный вод феномен образования хлопьев, способных к компактному оседанию [5].

С точки зрения гидромикробиологии, при изучении биологического метода очистки сточных вод, большой интерес представляют сообщества микроорганизмов активного ила и биопленок, которые используются в различных по конструкции искусственных сооружениях биологической очистки (аэротенки и биофильтры).

На сегодняшний день наиболее перспективным из способов, успешно применяемых для биологической очистки сточных вод, считается сорбционная очистка с помощью биофлокулянтов. В процессе отделения от очищенной сточной жидкости во вторичных отстойниках очищающая фракция осаждается со скоростью, которая напрямую зависит от интенсивности образования хлопьев. Поэтому наше внимание привлечен уникальный биоценоз организмов, способных развиваться в аэробных условиях на органических, неорганических или минеральных загрязняющих веществах, содержащихся в сточной воде, так называемый *активный ил*, а конкретнее его бактериальный ценоз. По своей природе активный ил это сложное динамическое сообщество различных групп микроорганизмов (бактерий, грибов, дрожжей, простейших, водорослей) и ряда других организмов (коловраток, червей, личинок насекомых, клещей). Доминирующая роль в нем принадлежит различным группам бактерий, набор которых формируется составом обрабатываемых сточных вод, и поэтому арена для микробиологического изучения бактериальной составляющей активного ила очистных сооружений достаточно широкая.

Бактерии, как известно, обладают целым рядом особых свойств. Среди них многими учеными было замечено свойство бактериальных клеток образовывать скопления и колонии, или так называемые хлопья,

которые впоследствии сравнительно легко можно было отделить от очищенной воды после завершения процессов изъятия содержащихся в ней загрязняющих веществ. Таким образом, было доказано, что бактерии активного ила способны не только на биохимические превращения органических, некоторых неорганических и минеральных веществ, очищая сточные воды, но и обладают ярко выраженными седиментационными свойствами, ускоряя процесс очистки. Причем эти два процесса (биоокисление и седиментация), по мнению некоторых исследователей, происходят не поэтапно, а протекают в аэротенках одновременно [6].

Помимо способности образовывать хлопья, подобные тем, которые активный ил сам по себе создает в силу своего строения, бактерии также являются продуцентами внеклеточных полимеров, которые обладают флокулирующей активностью, т.е. способностью создавать флокулы, сорбируя на себе взвешенные частицы, трудноокисляемые органические соединения и оседать при прекращении аэрации в питательной среде [7]. При этом некоторые из биофлокулянтов, в частности производные глюкуроновой кислоты, могут составить конкуренцию широко применяемому в настоящее время в промышленности синтетическому флокулянту полиакриламиду (ПАА) и его производным, которые обладают нейротоксичным и карциногенным действием на живые организмы, [8]. По сравнению с синтетическими флокулянтами, биофлокулянты имеют особые преимущества, такие как безопасность, высокая эффективность, биodeградация и безвредность для человека и окружающей среды, поэтому они могут потенциально применяться в очищении питьевой и сточной воды, в технологических и ферментационных процессах (процессах брожения).

Это уникальное свойство бактерий образовывать и выделять специфические экзополимеры – биофлокулянты, их природа и способности на сегодняшний день недостаточно изучены и представляют не только практический, но и теоретический интерес. Известно, что биофлокулянты имеют различную химическую природу, они могут быть представлены гликопротеинами, полисахаридами, гетерополисахаридами, функциональными белками, и этот список далеко не весь. А также известно, что внеклеточные полимеры могут обладать флокулирующей активностью [9].

С появлением доказательств о существовании биофлокулянтов, стало перспективным направление изучения способности различных бактерий продуцировать биофлокулянты и интенсивности этого процесса,

а также изучения флокулирующей активности выделенных биофлокулянтов. Это в первую очередь позволит решить проблему отстаивания сточных вод от взвешенных частиц и нерастворенных веществ, присутствующих в воде, и интенсифицирует этот процесс. Однако, для создания эффективных биофлокулянтов, необходимы высокоактивные продуценты, способные синтезировать эти соединения и выделять их в окружающую среду при жизни и в большом количестве.

Целью нашей исследовательской работы является выделение и изучение чистых культур бактерий – продуцентов биофлокулянтов, выделенных из активных илов очистных сооружений, расположенных на Кольском полуострове.

Для реализации поставленной цели определены следующие задачи: изучить количественный и качественный состав бактериального биоценоза активного ила очистных сооружений, расположенных на Кольском полуострове и функционирующих в условиях субарктического климата; определить способности выделенных микроорганизмов к синтезу биофлокулянтов; определить химическую природу полученных биофлокулянтов и изучить возможности влияния на объем синтеза целевого вещества в процессе жизнедеятельности бактериальных клеток.

Поскольку на сегодняшний день необходимое количество биофлокулянтов удастся получить лишь путем разрушения бактериальных клеток (например, ультразвуком), достижение поставленной цели в первую очередь будет иметь большое практическое значение в очистке сточных вод, так как, сокращая время отстаивания очищенной воды от активного ила с помощью выделяемых биофлокулянтов, тем самым можно увеличить объемы выработки очистных сооружений и самое главное, добиться высочайшего качества очищенной воды. А также даст возможность расширить использование активного ила, его седиментационных свойств и, возможно, приведет к частичному отказу от применения искусственных и синтетических неразлагаемых коагулянтов и флокулянтов в процессе очистки сточных вод.

## **Литература**

1. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. – М. : АСВ, 2002. – 704 с.

2. Жмур Н. С. Технологические и биологические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М. : АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1967. – 140 с.
4. Leslie Grady C. P., Daigger Glen T., Lim Henry C. Biological wastewater treatment. – New York, Basel, Hong Kong, 1999. – P. 25 – 53.
5. Rittmann Bruce E., McCarty Perry L. Environmental biotechnology: principles and applications. – New York. : Higher education, 2001. – P. 307-362.
6. Чурбанова И. Н. Микробиология. – М. : Высшая школа, 1987. – 240 с.
7. Сироткин А. С., Шагинурова Г. И., Ипполитов К. Г. Агригация микроорганизмов: флокулы, биопленки, микробные гранулы. – Казань : Изд-во «Фэн» АН РТ, 2007. – 160 с.
8. Братская С. Ю. Полисахариды в процессах водоподготовки и переработки сточных вод различного состава // Вестник ДВО РАН. – Москва, 2006. – № 5. – С. 47-56.
9. Gao H.Y., Bao M.X., Xin Y.X., Liu Q. Li, Zhang Y.F. Characterization of a bioflocculant from a newly isolated *Vagococcus* sp. W31 // J. Zhejiany Univ. Sci. – Beijing, 2006. – V. 7. – №3. – P. 186–192.

## **Анализ показателей здорового образа жизни курсантов и студентов МГТУ**

**Кривенко О. Г., Ключко Е. В.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: 117559@mail.ru, madamkeyko@mail.ru)

**Аннотация.** В работе представлены данные по наличию вредных привычек и рисков для здоровья курсантов и студентов МГТУ. Полученные данные показывают, что большинство курсантов и студентов далеки от здорового образа жизни из-за низкого уровня осознанности зависимости здоровья от поведения и образа жизни в целом.

**Abstract.** This article represents data about bad habits among cadets and students of MSTU and consequent risks to their health. Received findings show that the majority of cadets and students are far from having healthy life-style due to low awareness of relation between health, bad habits and life-style in general.

**Ключевые слова:** вредные привычки, исследование, университет.

**Key words:** bad habits, investigation, University.

Главный фактор, определяющий здоровье – образ жизни. Элементы здорового образа жизни известны издавна. Это рациональное питание и отсутствие вредных привычек, физическая активность и закаливание, умение выходить из стрессовых состояний и высокая медицинская активность. Большинство молодых людей отличается хорошим здоровьем. Но статистика ВОЗ говорит о том, что ежегодно умирает более 2,6 миллиона молодых людей в возрасте от 10 до 24 лет, в основном, от предотвратимых причин.

В настоящее время определены основные риски для здоровья в молодом возрасте: алкоголь, употребление наркотиков, табакокурение; ВИЧ-инфекция и заболевания, связанные с ВИЧ; состояние психического здоровья, бессонница; проблемы в области сексуального и репродуктивного здоровья; неправильное питание; низкая физическая активность, компьютерная зависимость; непреднамеренные травмы и насилие.

Сегодня около 40% новых случаев ВИЧ-инфекции приходится на молодых людей, более 5,7млн. уже имеют ВИЧ/СПИД. Доказано, что только 30% юношей и 19% девушек владеют полной и достоверной информацией, необходимой для их защиты от приобретения вируса.



Известно, что в 90% случаев табакокурение является причиной смерти от рака легких. Ежедневно в мире табак убивает 8 тысяч человек.

При этом около 150 миллионов молодых людей в настоящее время имеют эту вредную привычку. В возрастной группе 20-29 лет доля курящих женщин в десять раз больше, чем в возрасте старше 60 лет [1].

До 30% женщин и 65% мужчин в России курят. В возрасте 15-19 лет 40% юношей и 7% девушек (около 2,5 миллионов юношей и 0,5 миллиона девушек) имеют эту вредную привычку. В день они выкуривают в среднем 12 и 7 сигарет соответственно.

Алкоголь является основной причиной травм, насилия (особенно бытового) и преждевременной смерти. В нашей стране основная причина смерти 59% мужчин и 33% женщин в возрасте 15 – 54 лет является употребление алкоголя.

Современные исследования показали, что возраст наркоманов уменьшился в 2,5 раза. В настоящее время в группу риска попадают дети возраста 12 – 14 лет [1]. За последние 10 лет смертность среди детей – наркоманов увеличилась в 42 раза.

По данным исследования, проведенного в рамках выпускной квалификационной работы «Распространенность наркотической зависимости среди населения г. Мурманска и Мурманской области» студенткой 4 курса ФПТиБ (в настоящее время Естественно-технологический институт) А. Б. Хайдаровой на 01.01.2014 г. в г. Мурманске и Мурманской области было зарегистрировано 1497 больных наркоманией. Наибольшее количество больных выявлено в Кольском районе (480,28 случаев на 100 тыс. населения). Распространенность психических расстройств, связанных с употреблением психоактивных веществ, в этом районе в 3 раза выше, чем в Мурманске. Среди больных преобладают мужчины, в среднем 76%, средний возраст – 18-30 лет, на долю подростков приходится 3% всех состоящих на учете.

Сегодня зависимости от алкоголя, наркотиков, компьютерных (иных) игр считаются идентичными. Компьютерная зависимость в большей степени выражена среди мальчиков (на 10 мальчиков выявляется только одна зависимая девочка). iPad в качестве игровой платформы использует 15 миллионов американцев и 7 миллионов европейцев. Самым опасным для развития зависимости считают возраст 12-15 лет. Однако, в последние годы растет не только количество зависимых, но и возрастная планка игроманов. Недавно ими

преимущественно были подростки до 18 лет, теперь активный геймер – это вполне сформировавшийся человек 25-30 лет [2].

Образ жизни молодого человека в будущем зависит от того насколько успешно удастся сформировать и закрепить в его сознании навыки здорового образа жизни. По данным ВОЗ состояние здоровья населения на 10% определяется уровнем развития медицины как науки и состояния медицинской помощи, на 20% – наследственными факторами, на 20% – состоянием окружающей среды и на 50% – образом жизни.

На кафедре «Микробиология и биохимия» ФГБОУ ВПО «МГТУ» с 2010 года проводится анкетированный опрос курсантов Морской академии, студентов Естественно-технологического института по основным показателям здорового образа жизни. В 2013 году в исследование включили студентов Политехнического колледжа МГТУ.

Всего в исследовании приняли участие 191 человек: 79 курсантов Морской академии, 21 человек – студенты Естественно-технологического института, 91 человек – учащиеся 1 курса Политехнического колледжа (табл. 1).

Таблица 1 – Число лиц, участвовавших в исследовании

Подразделения МГТУ	Количество опрошенных	Курс обучения	Возраст опрошенных
Морская академия	79 чел.	2 курс – 46 чел.	17-21 лет
		4 курс – 33 чел.	20-25 лет
Политехнический колледж	91 чел.	1 курс – 91 чел.	16-17 лет
Естественно-технологический институт	21 чел.	3 курс – 21 чел.	19-20 лет
Всего:	191 чел.		

Нами проведен анализ данных опроса по следующим показателям: физическая активность, правильное питание, соблюдение режима труда и отдыха, наличие вредных привычек и хронических заболеваний.

В результате собранных данных было выявлено, что 49% опрошенных курсантов Морской академии, 76% учащихся Политехнического колледжа и 76% студентов ЕТИ постоянно занимаются спортом и посещают спортивный зал. Не занимаются спортом 31% курсантов, 12% учащихся и соответственно около 24% студентов (табл. 2). Отказ от занятий спортом большая часть курсантов и студентов связывают с недостатком времени.

**Таблица 2 – Отношение опрошенных к занятию спортом**

Подразделения МГТУ	Количество опрош енных	Отношение к занятию спортом			
		Занимаются спортом постоянно	Занимаются спортом периодически	Не занимаются спортом	Отказались ответить на вопрос
Морская академия	79	39 чел -49%		25 чел -31%	15 чел.-17%
Политехнический колледж	91	69 чел -76%	11 чел -12%	11 чел -12%	
Естественно-технологический институт	21	16 чел. -76%		5 чел. -24%	
Всего:	124				

Опрос показал, что есть курсанты Морской академии и учащиеся Политехнического колледжа, которые сочетают занятия спортом с вредными привычками (курение), 17 и 44 человека соответственно.

99 опрошенных имеют вредные привычки, из них 22 человека – курсанты Морской академии (27,8% опрошенных), 70 человек (76,9% опрошенных) – учащиеся Политехнического колледжа, 7 человек (33,3% опрошенных) – студенты ЕТИ (табл. 3).

**Таблица 3 – Наличие вредных привычек у курсантов и студентов**

Подразделения МГТУ	Отношение к вредным привычкам				
	Имеют вредные привычки	Не имеют вредных привычек	Сочетают вредные привычки и спорт	Наркотики	Не ответили на вопрос
Морская академия	22 чел – 28%	46чел.– 58%	17чел. -18%	-	11чел- 14%
Политехнический колледж	70чел. – 77%	16чел – 18%	44чел-63%	7 чел-10%	5чел-5%
Естественно-технологический институт	7чел. – 33%	14чел.– 67%	-	-	-

Анализ полученных данных показал, что 61 человек сочетают занятия спортом с вредными привычками. Это 17 курсантов Морской Академии и 44 учащихся Политехнического колледжа. 54% (49 человек) опрошенных учащихся Политехнического колледжа курят и употребляют алкоголь. 23% (21 человек) опрошенных имеют одну привычку (чаще

курение), 7 человек пробовали наркотики, при этом, 4 человека одновременно отмечают курение и употребление алкоголя, 3 – только курение.

Среди опрошенных первая проба курения состоялась в среднем в 6 лет, проба алкоголя – в 7 лет. При этом некоторые учащиеся указывают, что курят до 2-х пачек в день. Большинство употребление алкоголя связывают с праздниками, в среднем 1 раз в месяц.

Опрос на предмет соблюдения режима труда и отдыха, наличия компьютерной зависимости, показал, что 33% учащихся колледжа имеют компьютерную зависимость. Они проводят за компьютером более 4 часов в день. Ответы курсантов Морской академии и студентов ЕТИ не позволяют выявить у них данную зависимость.

Элементарное обследование, проводимое на занятиях по Медицинской подготовке, выявило группу курсантов (18 человек), у которых определены повышенные показатели АД (130/85 – 140/80). Им рекомендовано измерять АД в покое и в динамике, а в случае сохранения высоких показателей проконсультироваться у специалиста.

На наличие хронических заболеваний указали 44 опрошенных. Хронические заболевания органов дыхательной системы имеют 11 курсантов Морской академии и 10 студентов ЕТИ. У 23 учащихся Политехнического колледжа преобладают хронические заболевания ЖКТ (табл. 4).

Таблица 4 – Наличие хронических заболеваний

Подразделения МГТУ	Имеют хронические заболевания
Морская академия	11 человек – 14%
Политехнический колледж	23 чел – 25%
Естественно-технологический институт	10 чел – 48%
Всего:	44чел.

56 студентов Политехнического колледжа (62%) ответили отрицательно на вопрос «Считаете ли вы, что ведете здоровый образ жизни?». Всего 3% опрошенных студентов пытаются стать на путь, ведущий к здоровью.

Таким образом, среди курсантов Морской академии 49% опрошенных активно занимается спортом, вредные привычки имеют 28%, хронические заболевания – 14%.

Среди студентов ЕТИ 24% опрошенных активно занимается спортом. 33% имеет вредные привычки. 48% студентов имеют хронические заболевания, что значительно больше, чем у курсантов

Морской академии. При этом на момент опроса состояние здоровья все оценили как хорошее.

Среди учащихся Политехнического колледжа – активно занимаются спортом 76% опрошенных, имеют вредные привычки так же 76%, т.е. большинство сочетают вредные привычки с занятиями спортом. 33% учащихся колледжа указали на компьютерную зависимость. Хронические заболевания имеют 23% учащихся, что больше, чем у курсантов Морской академии и меньше, чем у студентов ЕТИ.

В целом исследование показало, что большая часть опрошенных курсантов, учащихся, и студентов имеют представление о здоровом образе жизни, понимают необходимость быть здоровыми, но пока далеки от него. Это можно объяснить низким уровнем осознанности зависимости здоровья от поведения и образа жизни в целом. Учащиеся пока не связывают здоровье с личностной активностью по его поддержанию. Выбор в пользу здорового образа жизни требует высокого уровня понимания и заинтересованности. Необходимо продолжать работу, направленную на формирование мотивации на здоровый образ жизни.

### **Литература**

1. Риски для здоровья молодых людей [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения, информационный бюллетень № 345. – Режим доступа: [http://www.fzr.ru/news/riski\\_dlya\\_zdorovya\\_molodyh\\_lyudey.html](http://www.fzr.ru/news/riski_dlya_zdorovya_molodyh_lyudey.html) (дата обращения 24.10.2014).
2. «Внезависимость» [Электронный ресурс] / информационный портал о преодолении в РФ химических и иных зависимостей (алкоголизм, наркомания, игромания, компьютерные игры и др.). – Режим доступа: <http://vnezavisimost.ru/web-zavisimost/> (дата обращения 24.10.2014). – Загл. с экрана.

## Микробиологические и вирусологические исследования воды прибрежной зоны Кольского залива Баренцева моря

Мирошниченко Е. С., Перетрухина А. Т. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: lutsenkoes@mstu.edu.ru).

**Аннотация.** В результате санитарно-микробиологических и вирусологических исследований южной части Кольского залива Баренцева моря была оценена степень загрязнения районов исследования. Выявлены высокие уровни бактериального загрязнения вод в весенний и осенний сезоны. Количество колифагов не зависело от количества бактерий-хозяев и сезонов года.

**Abstract.** The contamination level of the Kola Bay water area was estimated as a result of the sanitary microbiological and virological researches of its southern part. High levels of bacterial contamination of water in the spring and autumn seasons were observed. A number of coliphages did not depend on the number of bacteria-hosts and seasonal dynamics.

**Ключевые слова.** Автохтонные, аллохтонные бактерии, бактерии группы кишечной палочки, колифаги, Кольский залив, Баренцево море.

**Keywords.** Autochthonous, allochthonous bacteria, coliform bacteria, coliphage, Kola Bay, Barents Sea.

Формирование оптимальных условий жизни населения Кольского Заполярья включает гигиеническую оценку влияния антропогенного загрязнения на окружающую среду. Установлено, что в результате многолетнего сброса неочищенных сточных вод в рыбохозяйственный водоем Кольский залив, концентрация химических загрязнений и численность бактерий, в том числе энтеропатогенных, растет, при этом последние представляют эпидемиологическую опасность для людей [1; 2; 3; 4].

Исследования бактериопланктона Кольского залива проводили на трех станциях: станция 1 – Морской вокзал, станция 2 – Абрам-мыс, станция 3 – южные причалы. Пробы отбирали с периодичностью одна проба в 10 дней в течение трех лет. Учету подлежали следующие показатели: количество автохтонной микробиоты, растущей при 20 °С на питательном агаре в течение 48 часов (ОМЧ 20 °С), аллохтонной микробиоты, растущей при 37°С на питательном агаре в течение 24 часов (ОМЧ 37 °С), наиболее вероятное число бактерий группы кишечной палочки (БГКП), количество бляшкообразующих единиц (БОЕ) колифагов в 100 мл пробы [1; 2; 3; 4]. Данные исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество бактерий и колифагов в поверхностном слое воды станций по сезонам года при доверительной вероятности  $P = 0,95$

Сезон	Станция	ОМЧ 20 °С КОЕ/мл	ОМЧ 37 °С КОЕ/мл	БГКП кл/мл	Колифаги БОЕ/100мл
Весна	станция 1	2438±41	1416±32	87±8	12,42±4,49
	станция 2	682±35	291± 21	89±12	5,96 ±2,98
	станция 3	2356±91	1129 ±63	229±28	5,02± 3,38
Лето	станция 1	1436±35	539±22	19±4	13,16±3,83
	станция 2	1105±44	291±23	25±7	10,20±5,43
	станция 3	3919±83	855±39	46±9	15,51±5,06
Осень	станция 1	2279±40	1357±31	126±9	5,44 ±1,89
	станция 2	1747±78	819±54	88±17	6,84 ±4,22
	станция 3	2710±97	1565±74	69±15	10,20 ±5,43
Зима	станция 1	705±35	1119±44	24±6	8,52± 3,44
	станция 2	529±43	107±19	24±9	6,84 ±4,22
	станция 3	5857±83	1506±42	118±12	5,73 ±2,91

Общее микробное число автохтонных бактерий в течение исследованного периода варьировало от 529±43 КОЕ/мл зимой на ст.2 до 5857±83 КОЕ/мл зимой на ст. 3, составляя в среднем 2147±59 КОЕ/мл; аллохтонных бактерий – от 107±19 КОЕ/мл зимой на ст. 2 до 1565±74 КОЕ/мл осенью на ст. 3, в среднем – 916±39 КОЕ/мл.

В ходе исследований было отмечено, что бактерии на исследуемых станциях распределены неравномерно. Среднегодовые значения общего микробного числа показали наибольшую плотность автохтонных и аллохтонных сапрофитов на станции 3 (3711±89 КОЕ/мл и 1264±55 КОЕ/мл соответственно), причем количество привнесенных бактерий на станции 1 оказалось близким к максимальному (1108±32 КОЕ/мл). Наименьшая плотность бактерий зафиксирована на станции 2 (1016±50 КОЕ/мл и 377±29 КОЕ/мл соответственно).

Сезонная динамика численности естественной и привнесенной микробиоты в водах станций южного колена Кольского залива представлены на рисунке 1. На станциях 1 и 2 наблюдалось увеличение общей численности бактерий в осенний, летний и весенний периоды, что связано с благоприятной температурой окружающей среды, увеличением количества осадков, таянием снегов, ветрами, перемешиванием и увеличением поступления органического вещества в воды залива.

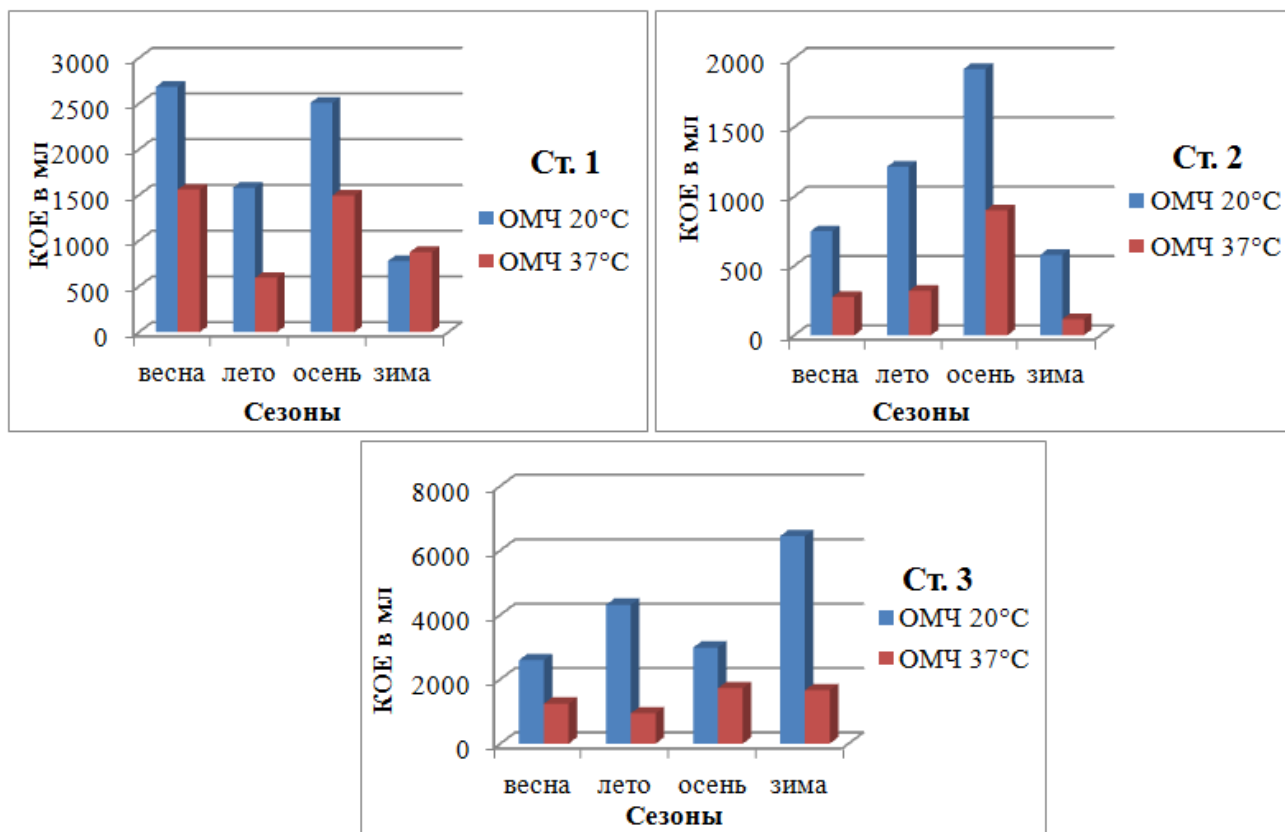


Рисунок 1 – Количество аллохтонной и автохтонной микробиоты в поверхностном слое вод станций по сезонам года

В зимний и весенний периоды в водах станции 2 отмечено меньшее количество микробиоты. На станции 3 зимой и летом было наибольшее количество автохтонных бактерий, в то время как колебаний количества аллохтонной микробиоты отмечено не было. Возможно, это указывает на постоянное поступление промышленных и хозяйственно-бытовых стоков в район станции 3 от близлежащих населенных пунктов и предприятий.

Значения коэффициента самоочищения ( $K_c$ ), вычисленные по формуле , варьировали от 0,6 на ст. 1 зимой до 4,9

на ст. 2 зимой. Известно, что  $K_c$ , равный или более 4, указывает на завершение процесса естественного очищения воды, и в исследованный период такой уровень самоочищения достигался только в стабильные сезоны лета и зимы на станциях 2 и 3.

Исследования придонного горизонта станции 1 (табл. 2) включали определение тех же микробиологических показателей, что и в поверхностном.



Таблица 2 – Количество бактерий и колифагов в придонном слое станции 1 по сезонам года

Сезон	ОМЧ 20°, КОЕ/мл	ОМЧ 37°, КОЕ/мл	БГКП, Кл/мл	Колифаги, БОЕ/100мл
весна	960±32	50±7	0±0	-
лето	495±24	240±21	5±2	16,1±5,7
осень	750±34	380±26	15±9	16,1±5,9
зима	57±17	47±11	79±18	5,4±3,7

Сравнение количества автохтонных и аллохтонных бактерий на поверхности и дне станции 1 представлено на рисунке 2.

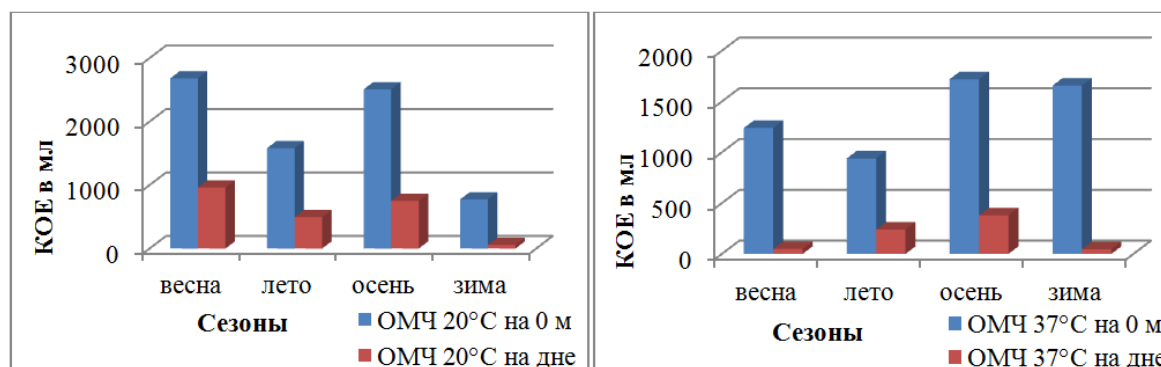


Рисунок 2 – Количество автохтонной и аллохтонной микробиоты в поверхностном и придонном слоях станции 1

В придонном слое станции 1 количество автохтонных и аллохтонных бактерий меньше, чем в поверхностном, в 5,7 и в 15,9 раз соответственно. Это может быть связано с низкой освещенностью, высокой соленостью, пониженными температурами и дефицитом кислорода в придонной воде исследуемой станции.

На рисунке 3 представлены усредненные данные о сезонных колебаниях количества бактерий группы кишечной палочки на трех станциях. Численность бактерий группы кишечной палочки (БГКП) в исследуемый период в среднем составила 85 кл/мл, изменяясь от 19 до 229 кл в 1 мл.

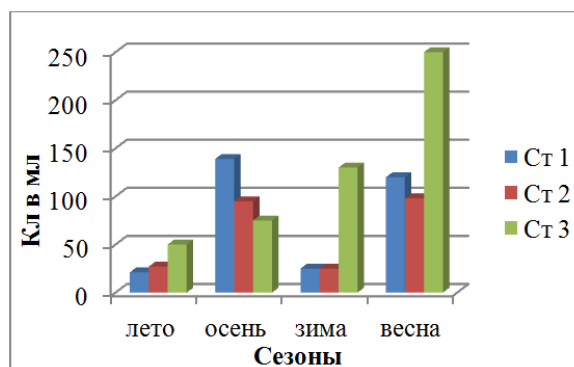


Рисунок 3 – Сезонная динамика количества БГКП на трех станциях

На станциях наблюдались осенне-весенние пики численности как автохтонных и аллохтонных бактерий, так и БГКП, что, видимо, связано с увеличением количества осадков, отчетливо выраженным паводковым режимом и активным участием бактерий в процессах трансформации органического вещества. Аналогичная картина наблюдалась при вычислении доли БГКП в группе аллохтонных микроорганизмов. Наибольшее процентное содержание БГКП в группе аллохтонных микроорганизмов отмечено в весенний период (20,6 %), что связано с указанными климатическими особенностями данного периода. Наименьшая численность БГКП, а также их доля в группе аллохтонных бактерий отмечены в летний период (5,8%). Снижение количества микроорганизмов связано с усилением солнечной активности в летний период, особенно его УФ части спектра, а также увеличения благоприятных условий для существования автохтонных микроорганизмов, которые являются антагонистами для патогенных и условно-патогенных бактерий.

В ходе отработки методов учета вирусных частиц предварительный анализ воды методом агаровых слоев по Грациа показал наличие последних в пробах морской воды [2; 4] (рис. 4).

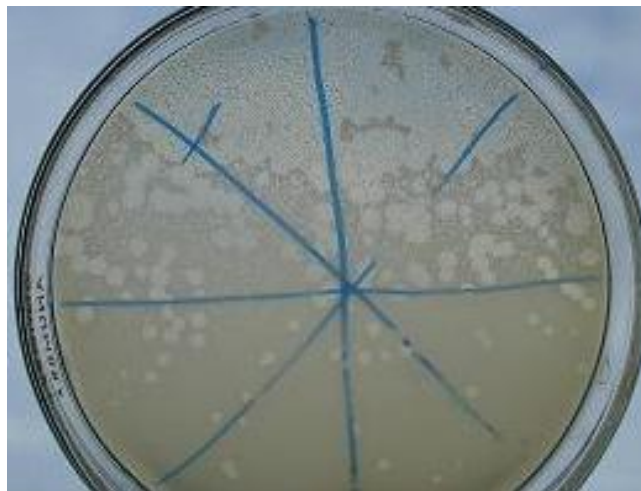


Рисунок 4 – Учет вирусных частиц методом агаровых слоев по Грациа

При анализе полученных результатов зависимости количества фаговых частиц от числа БГКП выявлено не было. При разбросе значений в один порядок, максимумы содержания бактериофагов регистрировались в поверхностном, минимумы – в придонном слоях (рис. 5). Наибольшее количество колифагов зафиксировано в водах станций 1 и 3, расположенных в районах со значительным загрязнением хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками [2].

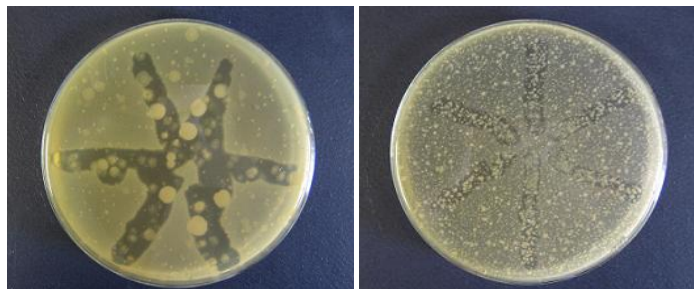


Рисунок 5 – Сравнение интенсивности лизиса БГКП вирусами из проб поверхностного и придонного горизонтов:

А – ст. 1, поверхностный горизонт; Б – ст. 1, придонный горизонт)

Проведено комплексное микробиологическое и вирусологическое исследование акватории южного колена Кольского залива на трех станциях, что дало возможность определить степень их загрязнения. Установлено, что максимальное значение автохтонного и аллохтонного бактериопланктона наблюдалось в весенний и осенний периоды. Количество бактерий группы кишечной палочки было минимальным в летний и зимний периоды, максимальным – в осенний и весенний. В ходе работы было выявлено присутствие колифагов в морской воде южной части Кольского залива. По количеству выделяемых фаговых частиц, степени загрязнения бактериями кишечной группы и обсемененности воды аллохтонными и автохтонными бактериями исследуемую акваторию залива условно можно разделить на три зоны: сильно загрязненной считать поверхностный слой ст. 3, средней степени загрязненности – поверхностные слои ст. 1 и ст. 2, условно чистой – придонный слой ст. 1.

### Литература

1. Луценко Е.С., Перетрухина А.Т. Микробиологический и вирусологический мониторинг Кольского залива и водных объектов г. Мурманска (монография) – аннотация // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – № 6. – 2010. – С. 104.
2. Перетрухина А.Т., Луценко Е.С. Микробиологический и вирусологический мониторинг Кольского залива и водных экосистем г. Мурманска: монография. – Мурманск: изд-во МГТУ, 2011. – 144 с.
3. Луценко Е.С. Вирусологические исследования морских прибрежных вод /Студенческий научный форум 2011// Материалы III-ей общероссийской студенческой электронной научной конференции (15-20 февраля 2011). – Москва: РАЕ, 2011. – № 8. – С. 48 – 49.
4. Перетрухина А.Т., Блинова Е.И., Луценко Е.С. Санитарная вирусология водных экосистем: учебное пособие. – Мурманск: изд-во МГТУ, 2014. – 200 с.

## **Влияние физико-химических факторов на сообщества бактерий и цианобактерий литорали Кольского залива Баренцева моря**

**Мирошниченко Е. С.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: lutsenkoes@mstu.edu.ru*)

**Аннотация.** В статье представлены результаты гидрохимических и микробиологических исследований планктона и эпилимтона прибрежной зоны Кольского залива Баренцева моря. Выявлены основные черты взаимного влияния факторов внешней среды на сообщества бактерий и цианобактерий.

**Abstract.** The results of hydrochemical and microbiological researches of plankton and epilithon of littoral zone of Kola Bay (Barents Sea) are presented in this article. The main features of mutual impacts of environmental factors on bacterial and cyanobacterial communities were revealed.

**Ключевые слова.** Планктон, эпилимтон, цианобактерии, Кольский залив, гидрохимия, микробиология.

**Keywords.** Plankton, epilithon, cyanobacteria, Kola Bay, hydrochemistry, microbiology.

В настоящее время ситуация в различных районах Мирового океана характеризуется возрастанием уровня антропогенного воздействия, которое проявляется в виде эвтрофирования – повышения биологической продуктивности водоемов в результате накопления в воде биогенных элементов [1]. При этом антропогенное влияние затрагивает не только биотическую составляющую морской среды, но и различные абиотические компоненты, что порождает еще более серьезные изменения в Мировом океане и в биосфере в целом. Длительное воздействие на морские экосистемы загрязнений в малых дозах приводит к постепенному накоплению в среде загрязняющих веществ и к деградации экосистемы [2], что необходимо учитывать при исследованиях биоценозов в условиях Крайнего Севера. В соответствии с литературными данными о микробиологических исследованиях Баренцева моря [2] отмечено, что в его южном районе начинают проявляться негативные последствия антропогенного воздействия.

Целью данной работы явилось исследование влияния факторов морской среды на сообщество бактерий и цианобактерий планктона и эпилимтона литорали Кольского залива Баренцева моря.

Отбор проб воды и обрастаний совершали ежемесячно в период с октября 2012 по октябрь 2013 года на трех станциях, расположенных на

западном берегу южной и средней частей Кольского залива и различающихся между собой характером и интенсивностью антропогенной нагрузки. Перечень контролируемых физико-химических параметров включал определение температуры, солености, рН воды, концентрации растворенного в воде кислорода, насыщенности воды кислородом, его биохимического потребления, а также концентрации нитрит-, нитрат-, аммоний- и фосфат-ионов [3; 4; 5]. Отбор и подготовку проб эпилитона для микробиологического исследования совершали в соответствии с разработанной нами оригинальной методикой [6;7]. Микробиологические исследования включали определение общей численности бактерий (ОЧБ) и цианобактерий (ОЧЦБ) под люминесцентным микроскопом, определение средних объемов клеток цианобактерий (V) и расчет их биомассы (БЦБ), учет количества культивируемых сапрофитов (ОЧКС) на сухом питательном агаре (СПА), разбавленном в 4 раза. Степень и характер взаимного влияния учетных параметров определяли статистическими методами с помощью расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена [8] в программе Statistica 6.1. В результате статистического анализа вариационных рядов с  $n=39$  при вероятности 95 % были выявлены сильные ( $r > 0,60$ ) и средние ( $r > 0,30$ ) корреляционные связи, которые позволили описать особенности пространственно-временной структуры бактериальных сообществ планктона и эпилитона прибрежья Кольского залива.

Численность микроорганизмов является показателем того, насколько экологическая обстановка благоприятствует развитию и размножению того или иного вида организмов [9]. В период исследований наименьшие значения общего бактериопланктона были отмечены в феврале, когда температура вод станций опустилась до своего минимума. Наибольшие значения ОЧБ планктона были зарегистрированы в летний сезон, максимумы отмечены в июне 2013 года, когда температура вод станций поднялась до наивысшей отметки за год. Влияние температурного фактора на развитие сообщества бактерий подтверждается значимой корреляционной связью между ОЧБ планктона и температурой воды ( ). Значимых взаимосвязей между плотностью сообщества бактерий эпилитона и температурой окружающей среды обнаружено не было, что, вероятно, связано с колебаниями неучтенного нами фактора – температуры субстратов. Повышение температуры воды обусловило

увеличение плотности сообщества пикоцианобактерий в акватории Кольского залива ( ), увеличение объемов их клеток ( ) и, соответственно, накопление биомассы ( ). Влияние температуры воды на сообщество цианобактерий эпилимтона выражалось в виде увеличения объемов их клеток ( ) и накопления биомассы ( ).

Значимых корреляционных связей между показателями солености воды и учетными микробиологическими параметрами обнаружено не было, что может быть связано со значительными случайными колебаниями солености вод на станциях из-за смешения соленых баренцевоморских водных масс и пресного стока рек Кола и Тулома.

Увеличение площади поверхности колонизации бактериями за счет клеток цианобактерий и большое количество продуцируемого последними органического вещества приводят к росту общей численности бактерий в эпилимтоне ( и ). Благоприятным для развития бактерий является и относительная стабильность физических и химических условий морской среды. Растворенное органическое вещество морской воды является не только источником пищи для бактерий планктона и эпилимтона, но и регулятором интенсивности метаболизма бактериоценозов. Бактерии участвуют в биогеохимических циклах в море, поставляя в воду биогенные вещества. Известно, что минеральные формы азота и фосфора необходимы фито- и бактериальным сообществам для их успешного развития и являются факторами их трофической лимитации [9]. Сообщество бактериоэпилимтона и входящие в его состав культивируемые сапрофиты участвуют в процессах минерализации органического вещества, поступающего в воды станций, на что указывают обнаруженные корреляционные связи между количеством общего и культивируемого бактериоэпилимтона и уровнем биохимического потребления кислорода ( и ). На общую численность цианобактерий, бактерий и количество культивируемых сапрофитов положительно влияет увеличение концентраций нитратов ( ; ) и аммонийного азота ( ; ; ), а также фосфатов ( ; ; ).

Выявленная отрицательная корреляция между концентрациями аммонийного азота, фосфатов и объемами клеток цианобактерий эпилитона ( и ), вероятно, связана с высокими темпами деления клеток в процессе быстрого развития сообщества в благоприятных питательных условиях.

Несомненно, что все физико-химические и биологические факторы морской среды оказывают влияние на жизнедеятельность микроорганизмов, однако конкретные отклики микробных популяций зависит от комбинации, продолжительности и интенсивности воздействия каждого из параметров, и эта область морской микробиологии содержит на сегодняшний день больше вопросов, нежели ответов.

### Литература

1. Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. – Киев: Наукова Думка, 2008. – 343 с.
2. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. – М.: Флинта Наука, 2009. – 520 с.
3. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод.
4. РД 52.24.420-06. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом.
5. РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом.
6. Луценко Е.С., Москвина М.И. Годовая динамика численности и биомассы цианобактерий эпилитона литорали Кольского залива (Баренцево море) // Рыбное хозяйство. – № 1. – 2014. – С. 53 – 58.
7. Луценко Е.С., Москвина М.И. Годовая динамика численности бактериопланктона и бактериоперифитона каменистых субстратов литорали Кольского залива Баренцева моря // Фундаментальные исследования. – № 8. – 2014. – С. 79 – 83.
8. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия : учеб. пособие. – Петрозаводск: изд-во ПетрГУ, 2010. – 104 с.
9. Мишустина И.Е., Щеглова И.К., Мицкевич И.Н. Морская микробиология : учеб пособие. – Владивосток, изд-во Дальневосточного университета, 1985. – 181 с.

## Пренатальный биохимический скрининг

**Мишанина Л. А.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: ludapoh@yandex.ru)

**Аннотация.** Биохимический скрининг позволяет сформировать группу высокого риска по рождению детей с хромосомными болезнями и врожденными пороками развития. Метод основан на определении в крови женщины сывороточных маркеров в первом и во втором триместре беременности.

**Abstract.** Biochemical screening allows to form a group of high risk of having children with congenital malformations and chromosomal diseases. The method is based on determining a woman's blood serum markers in the first and second trimesters of pregnancy.

**Ключевые слова:** сывороточные маркеры, тройной тест, quadro-тест, интегральный тест.

**Key words:** serum markers, triple test, quad-test, integrated test.

Пренатальная диагностика является наиболее эффективным средством профилактики наследственных и врожденных заболеваний, так как во многих случаях позволяет однозначно решить вопрос о возможном поражении плода и последующем прерывании беременности. Дородовый скрининг хромосомных аномалий включает медико-генетическое консультирование, методы неинвазивного (ультразвуковое исследование и сывороточные маркеры) и инвазивного скрининга (амниоцентез, биопсия хориона, кордоцентез).

В настоящее время более половины всех патологий при родах, подтвержденных при проведении стандартной инвазивной пренатальной диагностики, составляет трисомия 21-й пары хромосом (синдром Дауна). Из других хромосомных патологий 15 % составляет трисомия 13-й и 18-й пары хромосом (синдромы Патау и Эдвардса соответственно) и 25 % – нарушения половых хромосом (синдромы Клайнфельтера и Тернера). Риск родить ребенка с синдромом Дауна для женщин старше 35 лет составляет 1 : 380, с возрастом он увеличивается и у женщин 40 лет составляет уже 1 : 100. Наиболее распространенным морфологическим нарушением, встречающимся у 0,3–3 новорожденных на каждую 1 000 родов, является дефект нервной трубки (анэнцефалия, дефект замыкания позвоночника) [1].

Возможность пренатального выявления синдрома Дауна и дефектов нервной трубки основана на взаимосвязи между изменениями концентрации ряда биохимических маркеров, присутствующих в крови беременных женщин, и наличием врожденных пороков. Концентрацию маркеров определяют обычно иммуноферментным и электрохемилюминесцентным методами.



Для оценки результатов исследований биохимических маркеров используют референтные значения. Однако референтный уровень маркеров может меняться в различных популяциях и этнических группах населения и зависит от метода определения. В связи с этим индивидуальные уровни маркеров у беременных принято оценивать с помощью показателя МоМ (Multiple of Median). Этот показатель представляет собой отношение индивидуального значения маркера к медиане соответствующего референтного ряда, установленного для определенной популяции. Референтными значениями сывороточных маркеров для любого срока беременности служат величины от 0,5 до 2,0 МоМ.

Проведение пренатальной диагностики в первом триместре беременности включает определение следующих биохимических маркеров: ассоциированного с беременностью сывороточного белка А (РАРР-А) и свободной  $\beta$ -субъединицы хорионического гонадотропина человека ( $\beta$ -ХГЧ) – с 8-й по 13-ю неделю беременности (оптимально с 11 по 13 неделю), а затем – ультразвуковое исследование воротникового пространства плода с 11-й по 13-ю неделю. Практическое использование данного алгоритма является наиболее эффективной независимой системой скрининга, в первую очередь, синдрома Дауна, а также синдромов Эдвардса, Патау, Клайнфельтера и Тернера, с ожидаемым процентом выявления аномалий около 85 % и количеством ложноположительных результатов около 6,1 %.

В первом триместре при беременности плодом с синдромом Дауна уровни РАРР-А в материнской крови, в среднем, в два раза меньше, а  $\beta$ -ХГЧ и NT (толщина воротникового пространства), в среднем, увеличены примерно в 2 раза по сравнению с нормой (табл. 1) [2].

РАРР-А и  $\beta$ -ХГЧ позволяют обнаружить без ультразвукового исследования около 60 % плодов с синдромом Дауна (при уровне ложноположительных результатов 5 %). Однако эти маркеры не выявляют дефекты открытой нервной трубки [3].

Таблица 1 – Показатели скрининга в диагностике синдрома Дауна в ходе I триместра беременности

Маркеры I триместра	Среднее значение МоМ при патологической беременности
РАРР-А	0,4
$\beta$ -ХГЧ	1,98
NT	2,02

Исследование биохимических маркеров в ходе второго триместра беременности (14–18 недель) позволяет выявить риск наличия у плода хромосомных нарушений, дефекты нервной трубки и брюшной стенки, акушерские осложнения в ходе третьего триместра беременности.

Пренатальная диагностика во втором триместре беременности базируется на использовании тройного теста или quadro-теста.

Тройной тест включает определение трех маркеров:  $\alpha$ -феропротейна, ХГЧ и свободного эстриола. Оптимальный срок проведения скрининга – 16–18 недель. Эффективность выявления синдрома Дауна при использовании данных маркеров составляет около 69 % (ложноположительные результаты 9,3 %) [3].

Quadro-тест – самый распространенный тест для пренатального скрининга синдрома Дауна и трисомии 18. Он включает использование четырех маркеров в материнской сыворотке:  $\alpha$ -феропротейна (АФП), свободного эстриола, ингибина А и ХГЧ. Тест выполняется между 15-й и 22-й неделями беременности. Четыре серологических маркера используются с учетом возраста женщины для оценки риска беременности плодом с синдромом Дауна. В норме во втором триместре уровни АФП и эстриола растут, уровень ХГЧ уменьшается, а уровень ингибина медленно снижается перед 17 неделей и также медленно растет после этого срока. При беременности плодом с синдромом Дауна уровни АФП и эстриола, в среднем, ниже МоМ на 25 %. Напротив, ХГЧ и ингибин А увеличены приблизительно в 2 раза (табл. 2). Эффективность quadro-теста для выявления синдрома Дауна составляет 76 % (ложноположительные результаты 6,2 %) [1]. Уровни всех маркеров обычно снижаются в ходе беременности при наличии плода с синдромом Эдвардса.

Таблица 2 – Биохимические маркеры в диагностике синдрома Дауна во II триместре беременности

Маркеры II триместра	Среднее значение МоМ для патологической беременности
Ингибин А	2,46
АФП	0,74
Свободный эстриол	0,72
ХГЧ	2,07

Для скрининга врожденных пороков развития плода в первом и втором триместрах используют также интегральный тест (двухэтапный пренатальный скрининг синдрома Дауна и трисомии 18) как наиболее эффективный метод. Тест выполняют в две стадии. Первую стадию идеально проводят между 10-й и 13-й неделями беременности (идеально – на 12 неделе), когда берется проба крови на анализ PAPP-A,  $\beta$ -ХГЧ и параллельно проводится ультразвуковое исследование. Во второй стадии кровь берется на исследование  $\alpha$ -фетопротейна, свободного эстриола, ингибин-А и ХГЧ на 16-й неделе беременности, но возможно сделать анализ и до 22-й недели. Интегральный тест основан на информации, полученной в двух стадиях, и оценивает риск наличия у плода синдрома Дауна. Женщинам со скрининг-положительными результатами предлагается диагностический амниоцентез, подтверждающий эту патологию. Интегральный тест включает скрининг дефекта открытой нервной трубки и анэнцефалии.

Использование интегрального теста основано на том, что маркеры первого триместра не коррелируют с маркерами второго триместра, поэтому можно рассчитать риск независимо по двум триместрам. Эффективность интегрального теста для выявления синдрома Дауна составляет 90 % [3].

Таким образом, комбинированное определение биохимических маркеров в соответствующие сроки позволяет выявлять женщин группы высокого риска не только по хромосомным болезням у плода, но и по акушерской патологии. Мониторинг беременных с отклонениями сывороточных маркеров позволяет вовремя начать профилактику фетоплацентарной недостаточности.

## Литература

1. Крюкова Н.И., Ахмадуллина М. К., Марданова А. К. Пренатальная диагностика : проблемы и пути дальнейшего развития // Здоровоохранение и социальное развитие Башкортостана. – 2008. – Спец. выпуск. – С.160–163.
2. Кашеева Т.К., Николаева Ю. А., Кузнецова Т. В., Баранов В. С. Риск рождения ребенка с синдромом Дауна в случае исследования крови матери в первом и во втором триместре беременности // Современные медицинские технологии. – 2008. – Вып. 12. – С. 170–178.
3. Kascheeva T.K. Prenatal biochemical screening in Saint-Petersburg // Prenat. diagn. – 2008. – Vol. 28. – PP. 1–60.

## Состояние лентических экосистем в рекреационных зонах города Мурманска

**Перетрухина А. Т., Осауленко В. Е.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
кафедра микробиологии, e-mail: peretruchinaat@mail.ru, veo@bk.ru)

**Аннотация.** В работе представлены результаты мониторинга некоторых водных объектов города Мурманска для обоснования необходимости принятия комплексной программы экологизации рекреационных зон в городе.

**Abstract.** The paper presents the results of monitoring of certain bodies of water in the city of Murmansk to justify the need for a comprehensive program of green recreational areas in the city.

**Ключевые слова:** биологические индикаторы, мониторинг, лентическая экосистема, рекреационная зона.

**Key words:** biological indicators, monitoring, lentic ecosystem, recreational area.

Город – это паразитирующая техногеоэкосистема, которая не может существовать без огромного количества ввозимой извне продукции, именно в городе используется большая часть всех природных ресурсов, в том числе – воды.

Использованная и относительно очищенная, вода вновь возвращается в природные водоемы. Возрастание хозяйственной деятельности, использование рек, озер и их водосборных площадей, изъятие значительной части стока, отведение в реки загрязненных сточных вод приводят к прогрессирующему снижению качества воды в городах [1]. Токсичность и низкие значения предельно допустимых концентраций загрязняющих окружающую среду веществ значительно усложняют химический анализ контроля и затраты. Как и насколько эффективно происходит дальнейшее природное «лечение» в водных экосистемах, способны определить микроорганизмы как организаторы и участники процессов самоочищения в природе. При изменении условий среды происходит перестройка микроценозов, изменяется их видовое разнообразие, численность, гетеротрофная активность. Избирательные потребности микроорганизмов, высокая чувствительность определяют возможность их использования в качестве репрезентативных биологических индикаторов.

Микробиологический мониторинг водных (аквальных) экосистем бассейна Кольского залива Баренцева моря выявляет санитарное состояние геосистемы в целом, от которого зависит благополучие населения г.

Мурманска, Североморска, Полярного и др. населенных пунктов Мурманской области, расположенных в бассейне залива. Большая часть загрязнений, поступающих в залив, имеют наземное происхождение. В данной работе соответствии с МУК [2], а также – СанПиН [3] рассмотрено экологическое состояние воды, возможности самоочищения аквальных лентических геосистем в г.Мурманске: оз. Семеновское, оз.Большое Питьево, оз. Ледовое. Озера находятся в рекреационных зонах, являются излюбленными местами отдыха мурманчан.

В соответствии с МУК [2] определено количество общих и термотолерантных колиформных бактерий. ОКБ – основной показатель для оценки качества воды водоемов в местах водозаборов для централизованного водоснабжения и рекреации в черте населенного пункта, является интегральным для определения фекального загрязнения, включает ТKB (термотолерантные колиформные бактерии), *E.coli*. Определение бактерий рода *Salmonella* как наиболее устойчивых из патогенных представителей семейства *Enterobacteriaceae* предписано требованиями СанПиН [3] температура инкубирования – 37°C на селенитовом бульоне и магниевой среде.

При температуре 37°C определяется в основном аллохтонная индикаторная группа микроорганизмов антропогенного происхождения, в том числе – фекального. При температуре 22°C – помимо аллохтонной, автохтонную индикаторную группу с превалированием сапрофитных микроорганизмов. Соотношение численности этих двух групп микроорганизмов предоставляет возможность определить интенсивность самоочищения водной экосистемы. Если водоем загрязнен хозяйственно – бытовыми стоками, числовые значения обеих групп примерно одинаковы. Эта разница более очевидна при завершении процесса самоочищения (коэффициент соотношения ОМЧ 22°C и ОМЧ 37°C – равен 4 и выше). Посев произведен в чашки Петри с рыбопептонным агаром (РПА) в двух повторностях. Для определения общей численности бактерий (ОЧБ) в водных экосистемах метод люминесцентной микроскопии является наиболее оптимальным. При использовании соответствующих поправок к данным ОМЧ [4,5,6] можно сопоставлять результаты собственно исследований с литературными данными. Отбор проб проведен в трех повторностях с глубины 10-15 см от поверхности воды или нижней кромки льда.

Озеро Семеновское расположено в северной части города, в Ленинском округе, летом горожане катаются здесь на лодках и

катамаранах, кроме того, на берегу находится лодочная станция, парк аттракционов, океанариум, Областной центр развития творчества детей, несколько летних кафе. Зимой в проруби закаляются «моржи». Результаты определения ОМЧ представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Изменение ОМЧ в воде оз. Семеновское по сезонам 2014 года

При сравнении общего числа микроорганизмов в воде оз. Семеновское при температуре 22°C и 37°C по сезонам года оказалось, что автохтонная микробиота превышает аллохтонную более, чем в четыре раза на обеих станциях, что означает завершение процесса самоочищения водоема, а в озере находится незначительное количество нестойких органических веществ и продуктов их минерализации.

Озеро Большое Питьево относится к водным объектам I категории, так как его вода используется в качестве источника питьевого и хозяйственно-бытового потребления. Водоем находится в Октябрьском округе города, имеет закрытую водоохранную зону. Результаты определения ОМЧ представлены на рисунке 2.

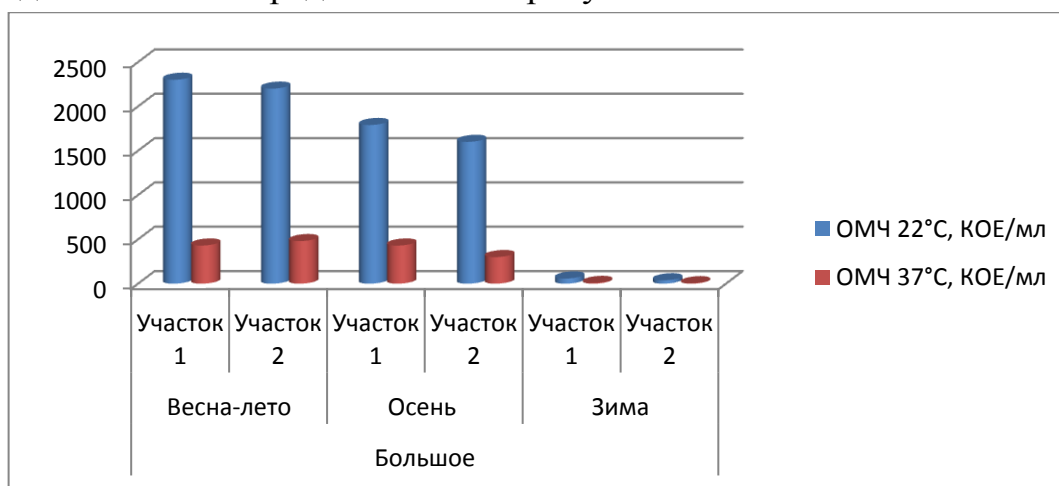


Рисунок 2 – Изменение ОМЧ в воде оз. Большое (Питьево) по сезонам 2014 года

При сравнении общего микробного числа организмов в воде оз. Большое Питьево при температуре 22°C и 37°C по сезонам года оказалось, что озеро менее всего из рассматриваемых объектов обсеменено микроорганизмами (от  $38 \pm 3,8$  до  $2,3 \pm 3,2 \times 10^3$  КОЕ/мл), автохтонная микробиота так же превышает аллохтонную более, чем в четыре раза на обеих станциях, что указывает на завершенность процесса самоочищения водоема.

Рядом с небольшим озером Ледовым находится сквер с набережной, по которой часто гуляют дети с родителями, кормят птиц, в том числе, плавающих уток. Со всех сторон озеро окружено автотранспортными предприятиями и потому испытывает большую антропогенную нагрузку. Озеро находится в Первомайском округе города. Результаты определения ОМЧ представлены на рисунке 3.

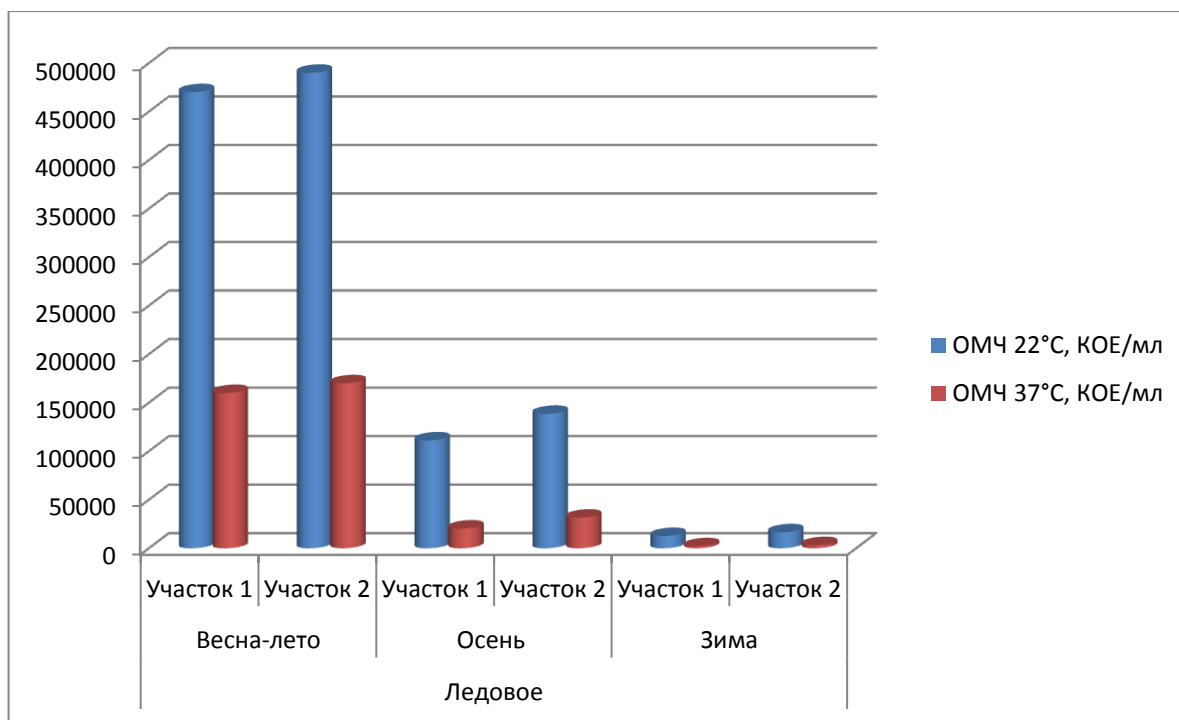


Рисунок 3 – Изменение ОМЧ в воде оз. Ледовое по сезонам 2014 года

Выяснилось, что в весеннее – летний гидрологический сезон в воде оз. Ледовое количество автохтонных микроорганизмов больше количества аллохтонных на обеих станциях соответственно в 2,9 и в 2,8 раза, то есть процесс самоочищения в озере затруднен.

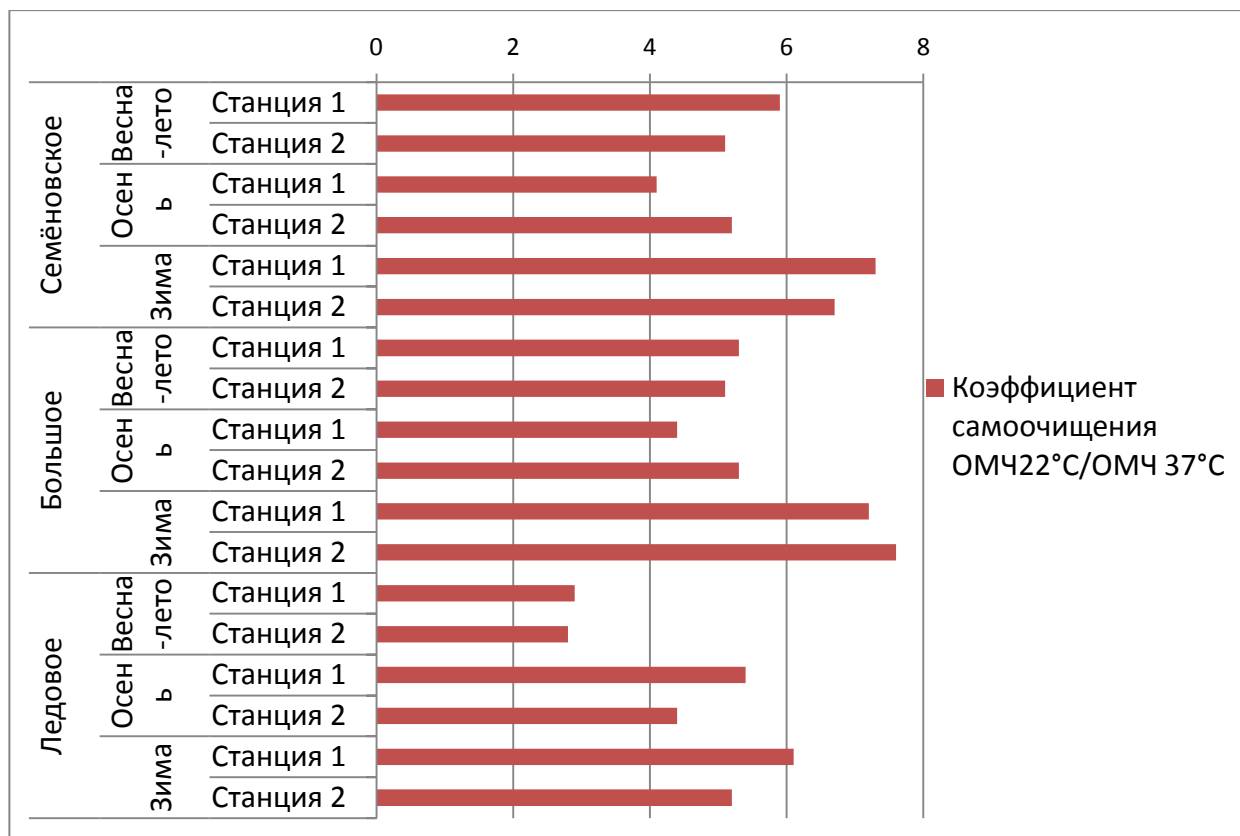


Рисунок 4 – Коэффициент самоочищения воды в оз. Семеновское, Большое, Ледовое в г. Мурманске

Сравним коэффициент самоочищения экосистем (рис.4). Очевидно, что в озере Семеновском и Большом более высокий коэффициент самоочищения вод, чем в Ледовом. Прежде всего потому, что озеро Ледовое является бессточным и в весенне-летний период происходит накопление химических загрязняющих веществ от ближайших автосалонов с мойками и автозаправочной станции с автостоянкой, органических и бактериальных загрязнителей. Осенью и зимой при низких температурах автохтонная микробиота превышает аллохтонную более, чем в четыре раза на обеих станциях, то есть потенциал самоочищения водоема восстанавливается, однако экологическую ситуацию аквальной экосистемы нельзя признать благополучной.

Таким образом, природопользование и степень антропогенного влияния на аквальные лентические системы города Мурманска – различны. Это необходимо учесть при разработке муниципальных программ по экологизации рекреационных зон г. Мурманска.



## Литература

1. Боровков В.С. Системы поддержания качества воды в городских водных объектах // Строительные материалы, оборудование, технологии, 2005. – №5. – С.62 – 63.
2. Методические указания МУК 4.2.1884-04 «Санитарно – микробиологический и санитарно-паразитологический анализ поверхностных водных объектов».
3. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».
4. Перетрухина А.Т. Микробиологический мониторинг водных экосистем Кольского Заполярья: Диссертация на соискание ученой степени докт. биол. наук. – Мурманск, 2002. – 245 с.
5. Перетрухина А.Т. Микробиологический мониторинг водных экосистем Кольского Заполярья: Автореферат дисс. докт. биол. наук. – Москва, 2002. – 59 с.
6. Перетрухина А.Т., Блинова Е.И., Луценко Е.С. Санитарная вирусология водных экосистем: учебное пособие. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2014. – 200 с.

## **Использование белкового гидролизата для приготовления питательной среды в микробиологии**

**Узбекова О. Р., Мухин В. А.** (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», лаборатория биохимии и технологии, e-mail: [uzbekova@pinro.ru](mailto:uzbekova@pinro.ru))

**Аннотация.** Работа посвящена использованию белкового гидролизата в составе питательной среды для выделения тест-культур микроорганизмов родов *Salmonella* sp. и *Escherichia* sp.

**Annotation.** This report presents the results of using the protein hydrolysate as the component of nutrient medium for cultivation the test cultures of microorganisms such as *Salmonella* sp. and *Escherichia* sp.

**Ключевые слова:** микробиология, белковые гидролизаты.

**Key words:** microbiology, protein hydrolysate.

Для роста и размножения микроорганизмы должны получать все вещества, которые необходимы для биосинтеза клеточных компонентов и получения энергии. Эти вещества должны содержаться в культуральной (питательной) среде в количествах, соответствующих специфическим потребностям данного микроорганизма [1].

Правильный подбор состава среды обеспечивает рост микроорганизмов, а, следовательно, возможность выделения чистых культур, изучения их морфологических и физиологических особенностей, а также идентификации [1].

Особое место, среди известных в микробиологии питательных сред, занимают универсальные, на которых можно культивировать широкий спектр микроорганизмов. Для приготовления этих сред используют, как правило, сырье природного происхождения [2].

Для культивирования микроорганизмов разработано множество питательных сред, отличающихся по составу и консистенции. В настоящее время проводятся исследования, связанные с возможностью использования белковых гидролизатов, полученных из нетрадиционного сырья, такого как отехнологического и холодильного оборудования мясной, молочной и рыбной промышленности [2].

Целью данной работы является расчет оптимальной концентрации белковых компонентов в составе питательной среды для роста микроорганизмов.

Для исследования был выбран сухой гидролизат, изготовленный из отехнологического и холодильного оборудования филетирования

трески *Gadus Morhua* (содержание общего азота – около 12 %, степень гидролиза белка около 42 %).

Для эксперимента использовали следующий состав питательной среды: 1 г/л сухого гидролизата, 6 г/л NaCl, 15 г/л агар-агара.

Далее, методом десятикратных разведений, получали среды с меньшей концентрацией гидролизата: 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001. В качестве контрольной использовали среду Эндо следующего состава: мясопептонный агар, лактоза, фуксин, сульфит натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), динатрия фосфат, карбонат натрия.

В качестве тест-культур использовались микроорганизмы родов *Salmonella* sp. и *Escherichia* sp. Объем вносимой культуральной жидкости исследуемых микроорганизмов составлял 0,04 мл. Чашки Петри с посевным материалом культивировали 24 часа при температуре 37 °С, после чего производили подсчет выросших колоний и исследовали их морфолого-культуральные и биохимические свойства.

Установлено, что численность выросших микроорганизмов родов *Salmonella* sp. и *Escherichia* sp. убывала с уменьшением количества гидролизата. При концентрации гидролизата 0,0001 г/л и менее рост не наблюдался.

Оптимальные значения количества гидролизата для роста исследуемых тест-культур находился в диапазоне 0,01-0,001 г/л.

Изменения по морфолого-культуральным и биохимическим свойствам микроорганизмов родов *Salmonella* sp. и *Escherichia* sp., культивированных как на контрольной среде, так и на новой опытной питательной среде с различными концентрациями гидролизата, не отмечались.

Таким образом, в результате проведенных исследований было определено, что полученная опытная питательная среда на основе белкового гидролизата, полученного из отехнологического и холодильного оборудования доз филетирования трески, может быть использована для роста микроорганизмов родов *Salmonella* sp. и *Escherichia* sp.

## Литература

1. Поляк М. С., Сухаревич В. И., Сухаревич М. Э. Питательные среды в медицинской микробиологии. – СПб.: Изд-во Научно-исследовательского центра фармакотерапии (НИЦФ), 2002. – 352 с.
2. Ткаченко И. Н. Разработка и оценка качества новых питательных сред и стимуляторов роста микроорганизмов на основе активированных гидролизатов из молок рыб и вермикультуры: Дис... кандидата биологических наук. – Ставрополь, 2009. – 168 с.

## Санитарно-микробиологические исследования форелевого рыбоводного хозяйства Мурманской области

**Ускова И. В.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: uskova-72@mail.ru*).

**Аннотация.** Представлены результаты исследования санитарно-эпизоотического состояния пресноводного форелевого садкового хозяйства, расположенного на реке Тулома. Проведены исследования на наличие бактериального заболевания. Получены данные, свидетельствующие о характере самоочистительной способности водоема.

**Abstract.** The results of investigation of sanitary and epizootic status of freshwater fisheries with trout, located on the river Tuloma, were presented. The research were aimed at studying the bacterial diseases. The data indicating the nature of the self-purifying capacity of the reservoir were received.

**Ключевые слова:** аквакультура, микробиология, санитарно-эпизоотическое состояние.

**Key words:** aquaculture, biochemistry, microbiology, sanitary-epidemic state.

Работа направлена на изучение санитарно-микробиологического состояния пресноводного форелевого садкового хозяйства, расположенного на реке Тулома, с целью исследования на наличие бактериального заболевания, а также на получение данных, свидетельствующих о состоянии экологических процессов и степени воздействия их на окружающую среду.

Бактериологические посевы из воды, а также со слизистой поверхности кожи и жаберных крышек рыбы были сделаны не позднее 1 часа после отбора проб по общепринятым в микробиологии методам [1, 2].

В период с мая 2012 года по февраль 2013 года проводили исследования радужной форели и пресной воды из садков, в которых культивировали рыб.

В ходе исследования численности планктонных бактериальных сообществ наиболее обильный рост эвтрофных микроорганизмов наблюдался при 37 °С инкубации с мая по сентябрь, в пиковый сезон проявления полярного дня, достигая максимума до 10<sup>7</sup> кл/мл в сентябре.

Рост эвтрофных бактерий при всех трех температурных режимах наблюдался только в июне месяце, их обилие достигало максимума до 10<sup>6</sup> клеток в 1 мл при 21 °С инкубации.

Известно, что в случае повышения МАФАНМ до  $10^5 - 10^6$  должны быть приняты меры по его снижению за счет увеличения проточности, уменьшения кормления рыб и др. При таких показателях микробного числа нередко наступают "заморные явления", возникают инфекционные заболевания.

Руководствуясь классификацией вод по отношению к зонам сапробности по численности сапрофитного бактериопланктона [3], исследуемый водоем можно отнести к чистым водам (ксеносапробность) в зимний сезон и грязным водам (с переходом от полисапробности в мае к гиперсапробности в июне-сентябре) в весенне-летний сезон. Согласно [1] водоем относится ко второй категории (загрязненный) и может эксплуатироваться в целях рыборазведения.

В осенне-зимний период исследований эвтрофная группа планктонных микроорганизмов не проявляла активности и была замещена олиготрофной группой, которая достигала численности до  $10^2$  кл/мл, что возможно говорит о начинающихся, но недостаточных процессах самоочищения в воде в силу слишком малого количества олиготрофного бактериопланктона.

Диапазон изменений количественных показателей гетеротрофов слизистой поверхности рыб варьирует в пределах от  $10^1$  до  $10^6$  кл/см<sup>3</sup>. Выделенные ассоциации микроорганизмов состоят как из эвтрофных, так и из олиготрофных бактерий.

Анализ бактериальной обсемененности молоди радужной форели показал, что в период наиболее высокой численности бактерий в воде (с мая по июнь) кожа рыб также значительно контаминирована –  $10^3 - 10^5$  кл/см<sup>3</sup>, в то время как на жабрах, отмечена максимально высокая бактериальная численность эвтрофных бактерий при 37 и 21 °С инкубации – до  $10^6$  кл/см<sup>3</sup>, при слабой активности других бактериальных сообществ, составляющих сотни клеток в см<sup>3</sup>.

В это же время в одной пробе воды были обнаружены БГКП в количестве допустимом нормативно-технической документацией [1].

Бактерии рода *Aeromonas* и *Pseudomonas* в пробах воды и слизистых кожи и жабр живой рыбы в исследуемый период обнаружены не были.

Таким образом, в исследуемый период численность гетеротрофной группы бактерий в воде и на покровах рыбы достигала высоких значений, в летний сезон возрастая в два раза. Возможно, это свидетельствует о неблагоприятном состоянии среды под воздействием антропогенного

фактора и указывает на незавершенный процесс минерализации органического вещества в период проведения анализа. Отсутствие колиформных бактерий и псевдомонад исключает возникновение инфекционных процессов. Это же подтверждает патологоанатомическое вскрытие рыб, в ходе которого не было обнаружено клинических признаков заболеваний.

Весной 2012 года на рыбоводном хозяйстве наблюдалась незначительная гибель мальков. Вероятно мальки испытывали стресс и дефицит кислорода в воде. При вскрытии было выявлено увеличение селезенки и воспаление задней части кишечника. В ходе микробиологических исследований выявлены бактерии рода *Yersinia ruckeri*, являющиеся возбудителем йерсиниоза (или «красный рот») – септического заболевания, поражающего лососевых рыб, особенно радужную форель.

В конце сентября 2013 года исследовались несколько экземпляров здоровых и больных рыб. Температура воды в этот период составляла 17-18 °С.

В результате проведения анализа были обнаружены на слизистой поверхности здоровых и больных рыб условно-патогенные бактерии родов *Pseudomonas*, *Aeromonas*, которые являются возбудителями таких заболеваний форели как аэромоноз и псевдомоноз [1, 4, 5].

Вероятнее всего в исследуемый период наблюдалось хроническое течение аэромоноза рыб, что подтверждают как бактериологические исследования, так и патологоанатомические признаки – гиперемия отдельных участков слизистой оболочки кишечника, побледнение печени, увеличение желчного пузыря, отечность почек.

Микробиологические исследования рыбы с латерально расположенной язвой позволили диагностировать холодноводный флавобактериоз, вызываемый миксобактериями из рода *Flavobacterium psychrophilum*, так называемый «некротический миозит» [6].

Таким образом, микробиологические исследования позволяют определить тенденцию изменения характеристик среды обитания, выражающуюся в структурных перестройках состава микробиоценоза рыб и воды, появлении и нарастании численности аллохтонной бактериофлоры, увеличении доли условно-патогенных бактерий родов *Pseudomonas* и *Aeromonas*, параметра *Coli*-индекс (косвенного показателя биологической контаминации среды патогенными микроорганизмами).

## Литература

1. МУК №13-4-2/1742. «Методические указания по санитарно-бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов».
2. МУК 4.2.1884-04. «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов».
3. ГОСТ 17.1.2.04–77. «Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов».
4. МУК № 13-4-2/1403. «Методические указания по лабораторной диагностике псевдомонозов рыб».
5. Инструкция о мероприятиях по борьбе с аэромонозом карповых рыб. № 13-4-2/1366 , 1998 – 5 с.
6. Евсеева Н.В., Хлунов О. В. Нетипичная локализация плероцеркоидов *Diphyllbothrium dendriticum* в сердце радужной форели как причина смертности рыб [Карелии] / Биоразнообразие и экология паразитов наземных и водных ценозов //материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 130-летию со дня рождения акад. К.И. Скрябина – Москва. – 9-11 дек. 2008 г.. – М., 2008. – С.115 – 118.

## Ихтиопатологические исследования форели рыбоводного хозяйства Мурманской области

Ускова И. В.<sup>1</sup>, Анохина В. С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: uskova-72@mail.ru).

<sup>2</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биологии).

**Аннотация.** Представлены результаты исследования биологического состояния форели садкового хозяйства, расположенного на реке Тулома. Проведены исследования на наличие паразитарного заболевания.

**Abstract.** The results of investigation biological status trout cage farms, located on the river Tuloma, were presented. The research were aimed at studying the presence of parasitic diseases.

**Ключевые слова:** аквакультура, паразитарные заболевания, биология рыб.

**Key words:** aquaculture, parasitic diseases, biology of fishes.

Содержание рыбы в искусственных условиях снижает сопротивляемость организма, что усиливает патогенное воздействие паразита и позволяет ему осваивать новые органы и ткани хозяев.

Одной из основных мер по предупреждению заболеваний выращиваемой рыбы является систематическое наблюдение за их эпизоотическим состоянием.

Паразитологические исследования форели проводили согласно методам, изложенным в учебном пособии «Паразиты лососевидных рыб Фенноскандии» [1] и в соответствии с нормативно-технической документацией [2, 3].

В мае 2013 года исследовались несколько экземпляров рыб с увеличенным слизевыделением на поверхности тела. В результате проведения анализа были обнаружены кругоресничные инфузории рода *Trichodina*. В ходе санитарно-ветеринарных мероприятий массового распространения паразитов удалось исключить.

В конце сентября 2013 года исследовались несколько экземпляров здоровых и больных рыб (табл. 1, 2). Температура воды составляла 17-18 °С.



Таблица 1 – Данные биологического анализа здоровых и больных рыб из пресноводных садков форелевого хозяйства на р. Тулома

№ п/п	Длина, см		Масса, г		Наличие пищи в ЖКТ, +/-	Примечание*
	L1	L2	общая	без внутренних		
1	2	3	4	5	6	7
<b>здоровая рыба</b>						
1	17,2	16,3	59,0	50,3	+	Шелушение чешуи, ЖКТ – гиперемия
2	15,4	14,5	36,3	31,2	-	ЖКТ – гиперемия, жидкость
3	16,3	15,7	45,4	38,8	+	ЖКТ – гиперемия, слизь
4	17,3	16,4	54,6	46,3	+	ЖКТ – гиперемия, ЖП увеличен, печень светло-серая, жабры ослизнены
5	17,2	16,2	61,3	53,3	+	ЖКТ – экссудат, гиперемия, жабры припухшие
6	18,9	18,0	77,2	68,4	+	ЖКТ – экссудат, гиперемия, желто-зеленая масса
<b>больная рыба</b>						
1	16,2	15,5	46,7	41,2	-	ЖКТ – гиперемия
2	16,3	15,7	51,4	43,1	-	ЖКТ – экссудат, гиперемия. Селезенка увеличена
3	15,3	14,8	36,0	31,4	+	ЖКТ – гиперемия, слизь. Селезенка увеличена, почки припухшие
4	18,2	17,3	61,0	51,3	-	ЖКТ – экссудат, гиперемия. Печень увеличена, мозаичная. Паразит в сердце*. Желчь черного цвета.
5	16,2	15,3	47,2	-	-	Язва латеральная без кровоизлияний. Печень увеличена, мозаичная, желчь черная, селезенка увеличена. Жабры кровенаполнены.
6	16,7	15,8	43,3	1,2	-	ЖКТ – гиперемия, экссудат, остатки корма в кишечнике. Печень кровенаполнена, Жабры светлые, обескровленные. Недоразвитие правой жаберной крышки.
<b>среднее по выборке</b>						
здор овая рыба	<b>17,0</b> <b>5</b>	<b>16,2</b>	<b>55,6</b>	<b>46,7</b>		
боль ная рыба	<b>16,5</b>	<b>15,7</b>	<b>47,5</b>	<b>41,6</b>		

\*У всех особей наблюдали белые рыхлые тяжи в структуре почек.

\* *Diphyllbothrium dendriticum*

При вскрытии рыбы с внешними признаками заболевания (анорексия, угнетение, плавание на боку) была обнаружена в районе предсердия обширная гематома (табл. 1). При ее вскрытии обнаружены инкапсулированные личинки *Diphyllbothrium dendriticum*. В литературе известен единственный подобный случай, где описана массовая гибель морской и озерной форели, вызванная заражением сердца личинками *D. dendriticum* в одном из питомников в северо-западной Финляндии [4]. В обоих случаях выявлено, что развитие плероцеркоидов *D. dendriticum* тесно связано с температурой воды. Зрелые плероцеркоиды, достигшие размеров 3 – 5 см, не проявляли своих патогенных свойств до той поры, пока температура воды не достигала 12°C [5].

Исследованные морфофизиологические индексы (табл. 2) – кардиосоматический и гепатосоматический – находились в пределах диапазона их значений для культивируемой форели и были близки к таковым у рыб в естественной среде обитания.

Индекс селезенки (табл. 2) здоровой форели также не отклоняется от нормы, тогда как у больной форели он вдвое превышает нормативные показатели. Увеличение селезенки является одним из существенных признаков физиологического стресса.

Таблица 2 – Морфологические индексы здоровых и больных рыб из пресноводных садков форелевого хозяйства на р. Тулома

№ п/п	Морфологические индексы			Коэффициент упитанности по Фультону
	кардио-соматический	гепато-соматический	селезенки	
<b>здоровая рыба</b>				
1	0,19	1,15	0,16	1,16
2	0,35	2,78	0,54	1,02
3	0,20	1,65	0,10	1,00
<b>больная рыба</b>				
4	0,17	1,26	0,05	1,10
5	0,30	2,59	0,58	1,11
6	0,22	2,73	1,18	0,97
<b>среднее по выборке</b>				
здоровая рыба	<b>0,25</b>	<b>1,86</b>	<b>0,27</b>	<b>1,06</b>
больная рыба	<b>0,23</b>	<b>2,19</b>	<b>0,60</b>	<b>1,05</b>

Свидетельством перманентного негативного воздействия невыясненных стрессовых факторов на культивируемую туломскую

форель является низкая упитанность как здоровых, так и больных рыб. Показатели их коэффициента упитанности (по Кларк) были вдвое ниже тех, которые наблюдаются при хорошем росте форели.

### Литература

1. Барская Ю.Ю. Паразиты лососевидных рыб Фенноскандии / Ю.Ю. Барская, Е.П. Иешко, Д.И. Лебедева // Учебное пособие. – Петрозаводск. – Росагропромиздат (Букинистика). –2008. – 169 с.
2. «Ветеринарные требования при импорте в Российскую Федерацию живой рыбы, оплодотворенной икры, раков, моллюсков, кормовых беспозвоночных и других гидробионтов» от 23 декабря 1999 г. № 13-8-01/1-17.
3. «Правила ветеринарно-санитарной экспертизы морских рыб и икры» Приказ Минсельхоза России от 13 октября 2009 г. № 462.
4. Рахконен Р. Здоровая рыба. Профилактика, диагностика и лечение болезней. / Р.Рахконен и др.// – Хельсинкию – НИИ охотничьего и рыбного хозяйства. – 2010. – 163 с.
5. Евсеева Н.В., Хлунов О. В. Нетипичная локализация плероцеркоидов *Diphyllbothrium dendriticum* в сердце радужной форели как причина смертности рыб [Карелии] / Биоразнообразие и экология паразитов наземных и водных ценозов // материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 130-летию со дня рождения акад. К.И. Скрябина – Москваю – 9-11 дек. 2008 г. – М. – 2008. – С.115-118.

## **Выявление в крови онкомаркеров злокачественных опухолей по результатам профилактического осмотра населения Мурманской области в 2013–2014 гг.**

**Шевелева А. А.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: shirshaeva\_aleks@mail.ru*)

**Аннотация.** В данной работе представлены сведения, полученные в результате иммунобиологических исследований сыворотки крови пациентов лечебных учреждений Мурманской области, выполненные в 2013-2014 гг. по результатам регулярных профилактических осмотров. Исследования проводили на соответствие концентрации различных онкомаркеров – специфических белков, вырабатываемых клетками злокачественных опухолей различного генеза в крови пациентов норме.

**Abstract.** This paper presents information obtained as a result of immunobiological studies of blood serum of patients of medical institutions of Murmansk region, made in 2013-2014 according to the results of regular checkups. The experiments were performed in compliance with various concentrations of cancer – specific proteins produced by cells of malignant tumors of various origins in the blood of patients was normal.

**Ключевые слова:** онкозаболевания, онкомаркеры, диагностика.

**Key words:** cancer, acemaker, diagnostics.

### **Введение**

Статистика неумолима – заболеваемость раком во всем мире растет с каждым годом. Причин тому огромное множество: общее ухудшение экологической ситуации, распространение вредных привычек (курение, алкоголь), употребление канцерогенов в пищу или применение их в быту, старение населения и т.д. Отмечается также тенденция к уменьшению среднего возраста больных, рак “молодеет”. К счастью, медицина не стоит на месте, онкология в настоящее время – одно из приоритетных направлений. Современные технологии позволяют диагностировать рак на самых ранних стадиях, а значит существенно увеличить вероятность излечения. Одним из наиболее эффективных способов диагностики онкологических заболеваний в настоящее время является анализ на онкомаркеры.

Можно сказать, что бум онкомаркеров обошел Россию стороной. В конце 80-х, когда вся Европа усиленно сдавала кровь на экзотические тогда показатели, наши соотечественники больше беспокоились о том, что купить на ужин. Вторая волна интереса к онкомаркерам совпала с

дефолтом, и также не вызвала общественного резонанса. Зато сегодня определение онкомаркеров становится все более повседневным анализом, но подходить к назначению и интерпретации анализа нужно правильно.

В небольшой концентрации онкомаркеры можно обнаружить в крови здорового человека, однако для каждого онкомаркера есть пороговые значения. В случае повышения концентрации онкомаркера выше нормы, выводы о развитии онкологического заболевания делаются не всегда. Онкомаркеры могут повышаться при развитии кист, доброкачественных опухолей, инфекционных заболеваниях [1; 4].

Онкомаркеры применяют не только для скрининга, но и для контроля за заболеванием после проведенного лечения: уменьшение концентрации онкомаркера в крови указывает на положительный результат лечения, а повторное повышение – на рецидив заболевания. Регулярный контроль за уровнем специфичных онкомаркеров позволяет вовремя обнаружить вернувшуюся болезнь и быстро начать лечение [3].

В связи с вышесказанным проблема изучения и оценки онкомаркеров представляется весьма актуальной, когда остро назрел вопрос о доступности получения качественной медицинской помощи в первичном поликлиническом звене медицинских учреждений.

Даже не страдающим канцерофобией рано или поздно в голову приходит мысль сдать анализ крови на онкомаркеры, чтобы провериться. Онкомаркеры – вещества белковой природы, которые вырабатываются раковыми клетками. При разных опухолевых заболеваниях набор “меток” различен. В медицине активно применяются около 20 онкомаркеров [2, 5].

Самый именитый онкомаркер – ПСА (простатспецифический антиген), ранний предвестник рака предстательной железы. Он достаточно давно стал скрининговым методом исследования, т.е. каждый мужчина после 40 лет должен раз в год сдавать анализ крови на ПСА. При значительном повышении показателя диагноз рака предстательной железы не требует иного подтверждения (УЗИ, КТ, биопсии). Если показатель умеренно повышен, необходимо сдать анализ на “свободный ПСА”, поскольку общий ПСА иногда повышается и при доброкачественных заболеваниях, например, аденоме простаты, простатите и даже после массажа предстательной железы [2].

СА 125 – стандартный онкомаркер рака яичников. Повышенный уровень СА 125 может указывать на злокачественные заболевания: яичников (преимущественно), матки (внутреннего слоя – эндометрия),

молочной железы, поджелудочной железы (в комбинации с СА 19-9). Повышенная концентрации СА 125 обнаруживается у женщин, больных эндометриозом и аденомиозом (заболевания, при которых клетки, выстилающие внутреннюю поверхность матки, обнаруживаются в других частях организма). Физиологически наблюдается повышение при беременности и во время менструации [2].

СА 15-3 – специфический онкомаркер рака молочной железы. Повышенная концентрация говорит о патологии (у 80% женщин с метастазирующим раком молочной железы уровень маркера повышен). СА 15-3 эффективен в определении рецидивов. Некоторое повышение маркера также может наблюдаться во время беременности [2].

СА 19-9 применяется при диагностике и контроле лечения рака поджелудочной железы, рака желудка, рака толстого кишечника, рака прямой кишки, рака желчного пузыря [2].

СА 242 обнаруживается в тех же случаях, что и СА 19-9, но обладает более высокой специфичностью, позволяя определять рак поджелудочной железы, толстой и прямой кишки на самых ранних стадиях. Это один из основных маркеров, используемых в диагностике. По результатам анализа этого онкомаркера можно спрогнозировать рецидив злокачественных заболеваний желудочно-кишечного тракта за несколько месяцев [2].

Повышенный уровень АФП может говорить о наличии следующих злокачественных заболеваний: первичный рак печени (гепато-целлюлярная карцинома), метастазы других злокачественных опухолей в печень (при раке молочной железы, прямой и сигмовидной кишки, легких), тератокарцинома желточного мешка, яичника или яичек (эмбриональный рак). Уровень АФП может повышаться при некоторых доброкачественных заболеваниях – циррозе печени, хроническом и остром гепатите, хронической почечной недостаточности. При беременности повышение АФП может быть признаком пороков развития плода. АФП выявляется в плазме крови, амниотической жидкости, желчи, плевральной и асцитической жидкостях [2].

РЭА вырабатывается во время беременности клетками пищеварительного тракта плода. У взрослых людей синтез практически полностью подавляется. Уровень РЭА повышается при злокачественных заболеваниях: желудка, толстой кишки, прямой кишки, легких, молочных желез, яичников, матки, простаты. Некоторое повышение РЭА возможно при хронической почечной недостаточности, гепатитах и других

хронических заболеваниях печени, панкреатите, у курильщиков, а также у больных туберкулезом и аутоиммунными заболеваниями [2].

ХГЧ (хорионический гонадотропин человека) в норме повышается во время беременности для защиты плода от иммунной системы матери. Повышение ХГЧ у мужчин и небеременных женщин говорит о злокачественном росте, наблюдается при трофобластических опухолях, хорионкарциномы яичника или плаценты (наиболее чувствителен), раке яичек [2].

Увеличенная концентрация СА 72-4 отмечается при раке желудочно-кишечного тракта, легких, яичников. Повышение уровня СА 72-4 можно обнаружить также у пациентов с разнообразными доброкачественными заболеваниями (панкреатиты, циррозы печени, легочные заболевания, доброкачественные заболевания яичников, кисты яичников, ревматические заболевания, гинекологические болезни, доброкачественные заболевания желудочно-кишечного тракта).

HE 4, по результатам исследований, обладает более высокой специфичностью, чем СА 125 в группе доброкачественных (негинекологических и гинекологических) заболеваний, а также в дифференциации рака яичников от других злокачественных, но не овариального происхождения, заболеваний. Применение комплекса тестов HE 4 и СА 125 позволяет снизить количество ложноположительных результатов лабораторного обследования, сравнительно с использованием только СА 125. Из злокачественных видов патологии, повышение концентрации HE 4 преимущественно обнаруживают при раке яичников, раке эндометрия и немелкоклеточном раке легких [2].

SCC-антиген (антиген плоскоклеточной карциномы) был выделен из ткани плоскоклеточной карциномы шейки матки. Его концентрация в крови увеличивается при плоскоклеточном раке шейки матки, но также и при различных других видах плоскоклеточных карцином – пищевода, легкого, головы и шеи, кожи, анального канала и пр. Уровень SCC коррелирует со стадией и размером опухоли. Высокие концентрации SCC-антигена, наблюдаемые до лечения, связывают с более неблагоприятным прогнозом. Тест целесообразно использовать для контроля лечения (если уровень SCC исходно был повышен), развития заболевания, выявления рецидивов плоскоклеточного рака [2].

### Объекты и методы исследований

Для анализа используется сыворотка крови из вены, натощак, через 8 часов после последнего приема пищи. Количественную оценку содержания того или иного онкомаркера определяли иммунофлуоресцентным методом на анализаторах “Иммулайт 2000” и “Cobas e411”.

### Результаты и обсуждение

Проведена количественная оценка назначений на онкомаркеры пациентам ЛПУ Мурманской области в период 2013-2014 гг. Полученные данные отображены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение назначенных онкомаркеров за 2013–2014 гг.

Вид исследования	2013 г.	2014 г.	% прироста
ПСА общий	3207	4338	26,1
ПСА свободный	567	865	34,5
СА 125	4572	5634	18,8
СА 19-9	2276	2865	20,6
СА 15-3	1933	2232	13,4
СА 242	3	151	98,0
СА 72-4	0	222	100,0
РЭА	3574	4334	17,5
АФП	1141	1214	6,0
ХГЧ	882	932	5,4
HE 4	1112	1761	36,9
SCC-Ag	1	320	99,7
<b>Итого (за год):</b>	<b>19268</b>	<b>24868</b>	<b>22,5</b>

В результате проведенного мониторинга сывороток крови пациентов различных ЛПУ Мурманской области выявлено, что динамика количества характерна для всех исследованных показателей. В целом, в 2014 г. наблюдается тенденция к росту по сравнению с 2013 г., общее количество показателей увеличилось на 22,5%.

Доминирующее положение среди назначений за выбранный период занимает онкомаркер СА 125, следующими идут РЭА и ПСА общий, затем СА 19-9 и СА 15-3, HE 4 и АФП, замыкают линейку ПСА свободный, ХГЧ, СА 242, СА 72-4, SCC-Ag.

Сравнительно небольшие числа назначенных исследований на такие онкомаркеры, как СА 242, СА 72-4, SCC-Ag, по результатам опроса



клиницистов соответствующих ЛПУ связаны с недостаточностью имеющейся у них информации.

### **Заключение**

Важная задача на сегодняшний день состоит в просветительской работе среди населения и внедрении в скрининг злокачественных опухолей тестирования на онкомаркеры в качестве дополнительного теста.

Задачи, решаемые при использовании онкомаркеров, следующие: ранняя дифференциальная диагностика опухолей; обнаружение метастазов за несколько месяцев до их клинической манифестации; оценка эффективности терапии.

Диагностическая значимость опухолевого маркера зависит от его чувствительности и специфичности. Пока не существует онкомаркеров, отвечающих определению идеальных, т.е. маркеров с почти 100% специфичностью (не обнаруживающихся при доброкачественных заболеваниях и у здоровых людей) и 100% чувствительностью (обязательно выявляемых при развитии опухоли). Однако, не смотря на существующие проблемы с диагностической значимостью онкомаркеров, в целом ряде клинических ситуаций без их определения трудно обойтись.

### **Литература**

1. Змушко Е.И. Клиническая иммунология. / Е.И. Змушко, Е.С. Белозеров, Ю.А. Митин. – СПб. : Питер, 2001. – 576 с.
2. Кишкун А.А. Иммунологические исследования и методы диагностики инфекционных заболеваний в клинической практике / А. А. Кишкун. – М. : Медицинское информационное агентство, 2009. – 712 с.
3. Кишкун А.А. Клиническая лабораторная диагностика : Учеб. пособие для медицинских сестер / А. А. Кишкун. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 720 с.
4. Клиническая иммунология и аллергология: Учеб. пособие / Под ред. А.В. Караулова. – М. : Медицинское информационное агентство, 2002. – 651 с.
5. Ройт А., Бростофф Дж., Мейл Д. Иммунология: Учеб. издание. – М. : Мир, 2000. – 592 с.

## Получение белковых гидролизатов с применением ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба

**Шкуратова Е. Б.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра Микробиологии и биохимии, e-mail: [shkuratovaeб@yandex.ru](mailto:shkuratovaeб@yandex.ru))

**Аннотация.** Проведен анализ молекулярно-массового распределения пептидных фракций в составе гидролизата концентрата белков коровьего молока, полученного в процессе протеолиза ферментами, выделенными из гепатопанкреаса камчатского краба, акклиматизированного в Баренцевом море.

**Abstract.** The analysis of the molecular weight distribution of the peptide fractions consisting of hydrolyzed cow's milk protein concentrate obtained in the process of proteolysis by enzymes isolated from hepatopancreas king crab, acclimatized in the Barents sea.

**Ключевые слова:** протеолиз, ферменты, пептиды, камчатский краб.

**Key words:** proteolysis, enzymes, peptides, king crab.

Наличие достаточного количества отехнологического и холодильного оборудования промысла и переработки морских беспозвоночных, а также возможность их использования в качестве источников ферментов открывает новые пути для его применения. Ранее нами были показаны возможности использования этих ферментных препаратов с целью получения белковых гидролизатов различного назначения [1, 2].

Цель работы – провести анализ молекулярно-массового распределения пептидных фракций в составе гидролизата концентрата белков коровьего молока, получаемого в процессе протеолиза ферментами, морского происхождения.

Субстратом служил концентрат белка коровьего молока (КБКМ) (ВЕ 8527, Дания). Используемые ферменты из гепатопанкреаса камчатского краба (ФГКК) были выделены нами в виде ацетонового порошка. Способ его получения и свойства достаточно подробно описаны в предшествующих работах

Протеолиз КБКМ проводили, используя 5 %-ный водный раствор белка. Полученные гидролизаты осветляли центрифугированием (центрифуга РС-6, 5000 об/мин в течение 45 мин при 5 °С). Для хроматографического анализа в дальнейшем использовали супернатант.

Молекулярно-массовое распределение полученных гидролизатов исследовали методом эксклюзионной хроматографии среднего давления на

колонке «Супероза-12» (1,6 X 50 см), предварительно откалиброванной по стандартным глобулярным водорастворимым белкам производства фирмы «Serva» (ФРГ). В качестве элюента использовали 0,2 М хлорид натрия с добавлением азиды. Регистрацию оптической плотности проводили с использованием проточного ультрафиолетового детектора UV-1 «Prarmacía» (Швеция) при длине волны 280 нм. Интегрирование полученных хроматограмм проводили весовым методом в диапазоне молекулярных масс от свободного до полного объема хроматографической колонки [5].

Анализ зависимости активности ФГКК от температуры инкубационной среды показал, что повышение температуры в интервале от 25 °С до 50 °С приводит к существенному повышению эффективности протеолиза, о чем свидетельствовало уменьшение в гидролизате, полученном при 50 °С, удельного содержания высокомолекулярных структур (более 28 кД). При повышении температуры скорость гидролиза, как любой химической реакции, возрастает, но за счет тепловой денатурации молекулы фермента падает активность последнего, что приводит к снижению скорости процесса. Процесс денатурации становится преобладающим обычно при температуре выше 50 °С, что мы и наблюдали в наших экспериментах. Вероятно, повышение температуры инкубационной среды оказывает универсальное воздействие на активность любого фермента, не зависимо от источника его выделения. Таким образом, глубина гидролиза определяется температурной зависимостью активности фермента и в меньшей степени обусловлена свойствами сырья [4].

Увеличение соотношения фермент/субстрат за счет повышения концентрации ФГКК от 0,2 % до 5,0 % при продолжительности ферментализации 22 ч в водной среде без рН-стабилизации при температуре 50 °С снижало содержание высокомолекулярных структур (более 28 кД) в получаемом гидролизате более чем в три раза. При этом удельное содержание фракции с минимально определяемой в наших экспериментах молекулярной массой (менее 1,4 кД), в состав которой входят относительно короткоцепочечные пептиды и свободные аминокислоты, увеличивалось с 35,5 % до 63,8 % . Гидролиз проводили 22 ч при 50 °С без подведения рН.

Таким образом, определено, что гидролиз белоксодержащего сырья посредством ФГКК наиболее эффективно протекает в течение 5 – 6 ч, при рН 6,8 – 8,2 и температуре 50 – 55 °С, в количественном соотношении белоксодержащего субстрата и ферментного препарата – 1 кг: (5 – 7) г.

Так же следует отметить тот факт, что с точки зрения технологии и микробиологического контроля использование ФГКК, представляется более чем практичным, поскольку данный фермент проявляет активность и в диапазоне низких температур [6], при которых развитие микрофлоры, в том числе и патогенной, значительно замедляется.

## Литература

1. Мухин В. А., Новиков В. Ю. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2001. – 97 с.
2. Смирнова Е.Б., Мухин В.А. Особенности пищеварительной функции протеиназ беспозвоночных – обитателей холодных морей // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2007. – Т. 43. – № 5. – С. 398-403.
3. Шкуратова Е.Б., Мухин В. А., С.Н. Зорин, В.К. Мазо, В. Ю. Новиков. Использование ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба для получения белковых гидролизатов коровьего молока // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 2. – С. 47-50.
4. Мухин В. А., Новиков В. Ю. Протеолиз и протеолитические ферменты в тканях морских беспозвоночных. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2002. – 118 с.
5. Остерман Л. А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот / Л. А. Остерман – М. : Наука, 1998. – 410 с.
6. Мухин В.А. Некоторые биохимические особенности пищеварительной функции протеиназ морских беспозвоночных / Физиологические исследования рыб и беспозвоночных Баренцева моря// Сб. науч. тр. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 1996. – С.133–140.

## Адаптации пищеварительных протеиназ ракообразных Баренцева моря к низким температурам

Шкуратова Е. Б.<sup>1</sup>; Мухин В. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: shkuratovaeb@yandex.ru)

<sup>2</sup> (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», e-mail: vmukhin@pinro.ru)

**Аннотация.** Приведены данные по температурным адаптациям пищеварительных протеиназ некоторых беспозвоночных Баренцева моря к холодным условиям среды обитания.

**Abstract.** The data on temperature adaptations digestive proteinases of some invertebrates in the Barents sea to cold conditions of the habitat.

**Ключевые слова:** адаптация, протеиназы, беспозвоночные, температура.

**Key words:** adaptation, proteinase, invertebrates, temperature.

Протеолитические ферменты играют важную роль при адаптации клеточного метаболизма к изменяющимся условиям внешней среды и в осуществлении защитных функций организма. Система внутриклеточного протеолиза принимает активное участие в ответе на изменения внутренних и внешних факторов [1]. Изменение условий среды, в частности температуры, значительно влияет на структуру и функции ферментов, что можно рассматривать как пример адаптации на биохимическом уровне. Морские беспозвоночные являются пойкилотермными животными и для них легче, чем для теплокровных, установить взаимосвязь организма и среды.

Объектами данного исследования служили ракообразные Баренцева моря – акклиматизированный камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*, северная креветка *Pandalus borealis*.

В качестве материала были использованы пищеварительные органы (гепатопанкреас) вышеуказанных организмов. Порошкообразные ферментные препараты для дальнейших анализов получали из гепатопанкреаса морских беспозвоночных путем осаждения белковых веществ ацетоном.

В исследуемом материале определяли общую протеолитическую активность в диапазоне от 5 до 70 °С по расщеплению гемоглобина и казеината натрия, используя метод Ансона с некоторыми модификациями [2].

Согласно полученным данным, температурный максимум активности всех препаратов из гепатопанкреаса морских беспозвоночных по отношению к используемым белковым субстратам составляет 50-55 °С при 10-30 мин инкубации.

Эти результаты аналогичны результатам, полученным для теплокровных позвоночных (50 – 60 °С), хотя принято считать, что температурный оптимум активности ферментов обитателей холодных морей значительно ниже [3].

При температуре инкубационной среды более 50 °С (55 °С для камчатского краба) отмечается значительное снижение протеолитической активности пищеварительных протеиназ исследуемых объектов, что, очевидно, обусловлено денатурацией ферментов [4].

Нельзя не отметить и тот факт, что протеолитическая активность в ферментном препарате из гепатопанкреаса камчатского краба значительно превосходит таковую в ферментных препаратах из гепатопанкреаса креветки. Подобная высокая активность протеиназ является экстенсивной эволюционной компенсацией за слабую дифференциацию пищеварительной системы, невысокую субстратную специфичность ферментов и, как уже отмечалось, за холодную среду обитания (температура воды в Северных морях далека от максимума проявления активности большинства ферментов).

Таким образом, при достаточно коротких сроках инкубации (взаимодействие фермента с субстратом), максимальная активность всегда будет проявляться при более высоких температурах. Источник выделения (происхождение) ферментов в данном случае практически не имеет значения. Ограничением в данной ситуации будет являться только тепловая денатурация самого фермента, которая и происходит у большинства ферментов при температуре выше 55 °С.

В этой связи, значительно больший интерес представляет собой область низких температур, т.е. среднегодовых температур Баренцева моря. Отличительная черта протеолитической активности пищеварительного тракта морских беспозвоночных – наличие некоторой активности при низкой температуре (5 – 15 °С), что, вероятно, и следует рассматривать как биохимическую адаптацию к холодным условиям среды обитания данных организмов [4].

Так, при инкубации в течение 24 ч при 15 °С, протеиназы пищеварительных органов исследуемых организмов могли преобразовать в

1,2 – 2 раза больше субстрата, чем за аналогичное время инкубации при 55 °С, что, по-видимому, следует рассматривать как холодовую адаптацию.

В тоже время известно, что большинство протеиназ теплокровных животных, практически прекращают свою работу в холоде. Так, препараты трипсина свиньи могут храниться в холодильнике неделями при температуре около 5 °С.

Проявление весьма существенной активности при низких температурах (5 – 15 °С) инкубационной среды, свидетельствует об адаптационных механизмах, имеющих место в пищеварительных органах холодолюбивых морских беспозвоночных на биохимическом уровне. Таким образом, наиболее оптимальной температурой работы ферментов следует считать ту, при которой данный организм существует.

### Литература

1. Немова Н.Н. Внутриклеточные протеолитические ферменты у рыб./ Н. Н. Немова – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 1996. – 104 с.
2. Мухин В. А. Протеолиз и протеолитические ферменты в тканях морских беспозвоночных / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2002. – 118 с.
3. Gildberg A. Purification and characterization of cathepsin D from the digestive gland of the pelagic squid *Todarodes sagitatus* // J. Sci. Food Agric.- 1987. – Vol. 39. – P. 85-94.
4. Смирнова Е.Б., Мухин В.А. Особенности пищеварительной функции протеиназ беспозвоночных – обитателей холодных морей // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2007. – Т. 43, – № 5. – С. 398-403.

## Характеристика хитинолитических ферментов, выделяемых морскими микроорганизмами Баренцева моря

Шумская Н. В., Мухин В. А. Новиков В. Ю. (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», лаборатория биохимии и технологии, e-mail [shumskaya@pinro.ru](mailto:shumskaya@pinro.ru))

**Аннотация.** Из грунта литорали Баренцева моря выделены микроорганизмы, расщепляющие хитин. Изучены фракционный состав и хитинолитическая активность белков культуральной жидкости. Средняя молекулярная масса фракции белков, обладающих хитинолитической активностью, составляет 103,5 кД. Расщепление хитина обусловлено активностью всего хитиназного комплекса.

**Abstract.** Chitin splitting microorganisms were isolated from soil of the Barents Sea littoral. Their chitinolytic activity and fractional composition of cultural liquid proteins were studied. The average molecular mass of protein fraction having chitinolytic activity was 103,5 kDa. Decomposition of chitin takes place due to activity of all chitinolytic complex.

**Ключевые слова:** бактериобентос, хитин, хитиназы, хитинредуцирующая активность, хитинредуцирующие бактерии.

**Key words:** bacteriobenthos, chitin, chitinase, chitinolytic activity, chitin splitting microorganisms.

Отехнологического и холодильного оборудованияды промысла и переработки камчатского краба содержат трудно утилизируемые соединения. Наибольший интерес представляют полисахариды, которые составляют значительную часть отехнологического и холодильного оборудованиядов, весьма устойчивых к действию факторов окружающей среды, с трудом поддаются химическому расщеплению, практически не усваиваются большинством живых организмов. Микроорганизмы, обладая уникальными ферментными системами, являются основными регуляторами скорости трансформации полисахаридов в морской воде [1,2,3,4].

В связи с этим несомненный интерес представляет поиск новых высокоактивных штаммов хитинолитических бактерий и исследование их ферментов, способных сохранять свою активность при низких температурах.

В процессе проведения научно-исследовательской работы изучались микроорганизмы, выделенные из грунта литоральной зоны бухты Белокаменная Кольского залива (участка 1) и губы Териберская Баренцева моря (участка 2). Отбор проб грунта осуществляли посезонно в период с сентября 2013 г. по июнь 2014 г.



В результате проведенных микробиологических исследований было установлено, что в пробах грунта с участка 1 численность хитиноредуцирующих микроорганизмов за период исследований составляла в среднем около 4 КОЕ/г. По нашим расчетам масса хитина на грамм сухого грунта в данном районе составила  $7,5 \times 10^{-6}$  г (рис. 1).

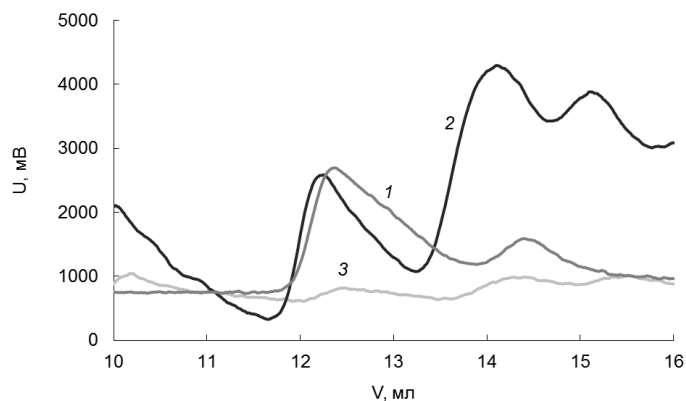


Рисунок 1 – Хроматограммы образцов гидролизатов грунта и D(+)-глюкозамина: 1 – грунт с участка 1; 2 – грунт с участка 2; 3 – D(+)-глюкозамин; U – величина сигнала детектора, мВ; V – объем элюента, мл

За весь период исследований на участке 2 выявлены микроорганизмы, способные расти на среде с хитином не образуя зоны лизиса, их численность в среднем составляет 6 КОЕ/г, в то время как масса хитина на грамм сухого грунта –  $0,94 \times 10^{-6}$  г.

Следует отметить летние месяца, где выделенные бактерии с хитинолитической активностью составили 3 % от численности микроорганизмов, способных расти на питательной среде с хитином.

Летний период характеризуется наличием на литорали частей краба, что возможно, связано с его линькой или гибелью в данном районе Баренцева моря (рис. 2).



Рисунок 2 – Остатки панцирей крабов на литорали Баренцева моря в период отлива

Из природных субстратов выделили 4 культуры микроорганизмов, обладающих способностью к активному росту на питательных средах, содержащих хитин.

После 60 суток культивирования исследуемых микроорганизмов в охлаждаемом термостате с постоянным перемешиванием при температурах от 0 до 10-15 С визуально можем наблюдать уменьшение хитина в питательной среде (рис. 3).

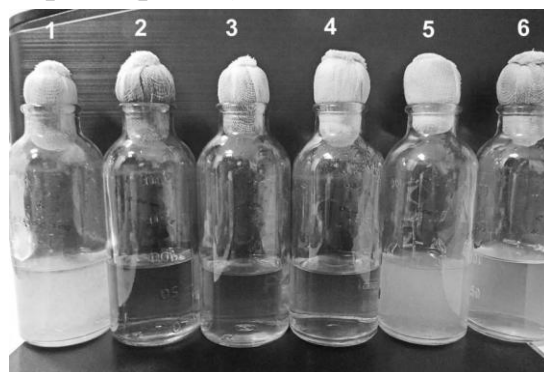


Рисунок 3 – Питательная среда, содержащая 1 % коллоидного хитина с культурами исследуемых микроорганизмов (экспозиция 60 суток):  
1 – без микроорганизмов; 2 – *Rhodococcus* sp.; 3 – *Bacillus* sp.; 4 – *Pseudomonas* sp.; 5 – дрожжи; 6 – *Acinetobacter* sp.

Полученные данные визуального наблюдения свидетельствуют о различной активности хитиназ выделенных культур (см. рис. 3). Так для микроорганизмов рода *Rhodococcus* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp. отмечена максимальная утилизация хитина в отличие от микроорганизмов рода *Acinetobacter* sp. и дрожжей. Следовательно, хитиноредуцирующая активность выделенных культур также будет отличаться.

Так для микроорганизмов рода *Rhodococcus* sp. хитиноредуцирующей активностью составляет 4,2 ед, в то время как для микроорганизмов рода *Bacillus* sp. и *Pseudomonas* sp. – 2,2 и 1,9 ед, а для рода *Acinetobacter* sp. 1,04 ед.

В свою очередь, эндохитиназная активность фермента культуры 1 выше по сравнению с таковой культур 2 и 4 и составляет 13,4 и 3 % соответственно. Эндохитиназную активность ферментов в культуральной жидкости культуры 3 определить не удалось. Экзохитиназная активность фермента культур 2 и 3 выше (820,6 и 643,9 АцГЛА $\times$ ч $^{-1}$  $\times$ г $^{-1}$  соответственно), чем у фермента культур 1 и 4 (278,9 и 131,9 АцГЛА $\times$ ч $^{-1}$  $\times$ г $^{-1}$  соответственно).

Микроорганизмы рода *Rhodococcus* sp. являясь по отношению к хитину наиболее активными по сравнению с другими исследуемыми культурами, что подтверждается не только расчетами хитиноредуцирующей активности, но и по полученным данным активности хитиназного комплекса [5].

Нужно отметить, что процессы накопления ферментов в среде и соответственно гидролиз хитина с образованием редуцирующих веществ и их утилизация продуцентом протекают одновременно. В каждый момент времени существует определенное равновесие между этими процессами. Поэтому в культуральной жидкости будет существовать равновесная концентрация N-ацетилглюкозамина, определяемая соотношением скорости образования и скорости усваивания клетками микроорганизмов. Увеличение содержания редуцирующих сахаров в культуральной жидкости указывает на то, что скорость биосинтетических процессов превышает скорость процессов утилизации продуктов гидролиза хитина [5].

Используя анионообменную хроматографию осуществляли разделение продуктов, образующихся в результате действия хитиназ микроорганизмов. Так из четырех исследуемых культуральных жидкостей, наличие N-ацетилглюкозамина, зафиксировано только для культуры 1. Для других исследуемых культур, где хитиназная активность ферментов меньше, N-ацетилглюкозамин не определялся. У культуры микроорганизмов рода *Rhodococcus* sp. наблюдается самая высокая эндохитиназная активность ферментов, что приводит, по-видимому, к высокой скорости образования N-ацетилглюкозамина, избыток которого наблюдали в культуральной жидкости.

При анализе состава белков культуральной жидкости выделенных культур методом гель-хроматографии обнаружено две фракции с диапазоном от 92,5 кД до 134,5 кД (фракция 1) и от 15 кД до 25 кД (фракция 2) (рис. 4).

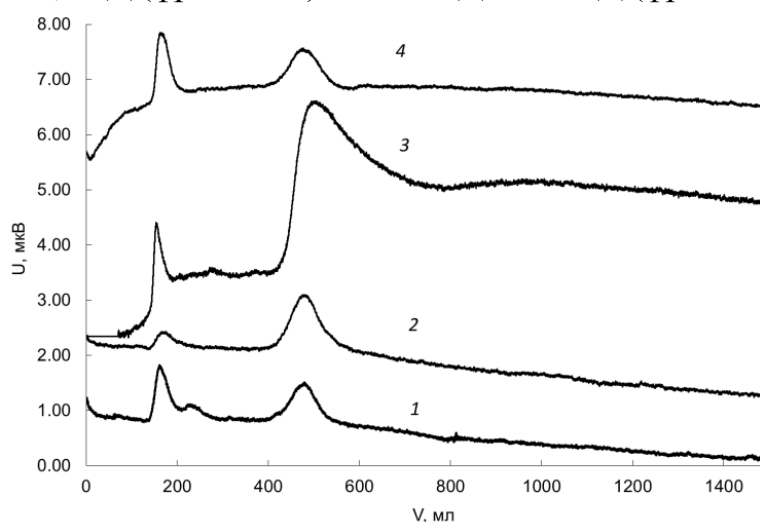


Рисунок 4 – Гель-хроматограмма комплекса водорастворимых белков культуральной жидкости исследуемых микроорганизмов (1 – *Rhodococcus* sp.; 2 – *Bacillus* sp.; 3 – *Pseudomonas* sp.; 4 – *Acinetobacter* sp.; U – величина сигнала детектора, мВ; V – объем элюента, мл)

На основании анализа научных публикация по свойствам ферментов, было сделано предположение, что хитинолитические ферменты исследуемых микроорганизмов ассоциированы с фракцией 1 [6, 7]. Несмотря на разную хитиназную активность выделенных культур диапазон молекулярных масс находится в пределах одного порядка.

По результатам планарного ПААГ-электрофореза в культуральной жидкости исследуемых культур выделены фракции с низкой молекулярной и высоко молекулярной массой, диапазон которых для выделенных микроорганизмов колеблется в широких пределах.

Важно отметить, что для всех исследуемых микроорганизмов выявлена белковая фракция с ММ 47 кД, в то время как фракция с ММ 69 кД отмечена у микроорганизмов рода *Rhodococcus* sp., *Bacillus* sp. и *Pseudomonas* sp. В свою очередь, для рода *Acinetobacter* sp. помимо белковой фракции с ММ 47 кД выделяется фракция с ММ 60 кД, которая также присутствует в белковом комплексе бактерий рода *Pseudomonas* sp.

Анализируя полученные данные можно сказать, что совместное наличие фракций с ММ 47 кД и 69 кД, характерно для микроорганизмов рода *Rhodococcus* sp., *Bacillus* sp. и *Pseudomonas* sp., хитиноредуцирующая активность которых выше по сравнению с микроорганизмами рода *Acinetobacter* sp., у которого обнаружена фракция с ММ 60 кД. На основании полученных данных можно предположить, что белковые фракции с ММ 67 кД и 60 кД относятся к хитиназам с разным механизмом действия.

На наш взгляд, микроорганизмы рода *Bacillus* и *Rhodococcus* участвуют в начальных этапах биодеструкции хитина панциря ракообразных, синтезируя протеазы и хитиназы. В свою очередь бактерии рода *Pseudomonas* sp. и *Acinetobacter* sp. могут включаться в последующие этапы разрушения хитина. Иными словами, исследуемые микроорганизмы обладают различной субстратной специфичностью.

Таким образом, результаты подтвердили наличие хитин-расщепляющих бактерий в экосистеме Баренцева моря. Из проб морского грунта литорали Баренцева моря выделены микроорганизмы родов *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Acinetobacter* изучены их хитиноредуцирующая активность и фракционный состав белков культуральной жидкости. Среди морских микроорганизмов велика вероятность обнаружения продуцентов высокоактивных хитинолитических ферментов с различной субстратной специфичностью.

## Литература

1. Gooday G. W. Physiology of microbial degradation of chitin and chitosan // Biodegradation. – 1990. – Vol. 1, No. 2-3. – P. 177-190.
2. Keyhani N. O., Roseman S. Physiological aspects of chitin catabolism in marine bacteria // Biochim. Biophys. Acta Gen. Sub. – 1999. – Vol. 1473, No. 1. – P. 108-122.
3. Reissig J. L., Strominger J. L., Leloir L. F. A modified colorimetric method for the estimation of N-acetylamino sugars // The Journal of Biological Chemistry. – 1955. – Vol. 217, No. 2. – P. 959-966.
4. Souza C. P., Almeida B. C., Colwell R. R., Rivera I. N. G. The Importance of chitin in the marine environment // Marine Biotechnology. – 2011. – Vol. 13, No. 5. – P. 823-830.
5. Declaire M., De Cat W., Tang V. H., Maraite H., Minier M., Goffic F. Le, Gullino M. L., Huynh N. Van. Determination of endo- and exochitinase activities of *Serratia marcescens* in relation to the culture media composition and comparison of their antifungal properties // Chitin Enzymology. Vol. 2 / Ed. by R. A. A. Muzzarelli. – Grottammare, Italy: Atec Edizioni, 1996. – P. 165-169.
6. Журавлева Н. Г., Лукьянов П. А. Хитинолитические ферменты: источники, характеристика и применение в биотехнологии // Вестник ДВО РАН. – 2004. – № 3. – С. 76-86.
7. Логинов О. Н. [и др.] Хитинолитическая активность бактерий рода *Pseudomonas*-потенциальных объектов агробiotехнологий. – М. : Изд-во ВНИРО/VNIRO Publishing, 2006. – 293-296 С.

**Биоресурсы, аквакультура  
и устойчивое развитие  
экосистем Арктики**

## Состояние водной среды и донных отложений губы Молочная оз. Имандра в зоне функционирования форелевого хозяйства

Анохина В. С., Кравец П. П., Приймак, П. Г., Малавенда С. С.,  
Тюкина О. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биологии,  
e-mail: priymakpg@mstu.edu.ru)

**Аннотация.** В работе оценивается экологическое состояние губы Молочная оз. Имандра в зоне функционирования форелевых хозяйств. Показано незначительное влияние форелевых хозяйств на состав воды и донных отложений на фоне суммированного техногенного воздействия.

**Abstract.** In this paper we study the ecological state of the Molochnaya Bay Imandra Lake in the work area of the trout farms. It is shown little impact trout farms on the composition of water and bottom sediments against the background of the total anthropogenic impacts.

**Ключевые слова:** рыбное хозяйство, аквакультура, химический состав, загрязнение, техногенное загрязнение, донные отложения.

**Key words:** fish industry, aquaculture, chemical composition, pollution, industrial pollution, bottom sediments.

Оз. Имандра – северный водоем с изначально устойчивой экосистемой и богатым разнообразием флоры и фауны, включающих ценнейших представителей арктической биоты. Этот уникальный водоем долгие годы подвергается мощнейшему антропогенному воздействию со стороны промышленных предприятий, что приводит к заметным негативным изменениям состава вод и донных отложений в местах повышенной экологической нагрузки. В последние годы к загрязнению водного объекта промышленными стоками добавились негативные факторы влияния на экосистему двух действующих аквахозяйств по выращиванию таких ценных пород рыб, как осетр и форель. Оз. Имандра, являясь водоемом высшей рыбохозяйственной категории, содержит все необходимые компоненты вод, благоприятствующие культивированию этих объектов. Вместе с тем, любое культивирование, которое сопровождается внесением в водную среду значительного количества кормов, увеличивает риск повышения содержания органических загрязнителей до критического уровня, снижающего биотическую и экологическую приемную емкость водного объекта. Именно поэтому мониторинг состояния экосистемы озера в местах перманентного антропогенного воздействия является первостепенной необходимостью.

Цель настоящего исследования: оценка экологического состояния экосистемы губы Молочная оз. Имандра в зоне функционирования форелевого хозяйства по химическому составу вод и донных отложений.

Оценку состояния водной среды и донных отложений выполняли в феврале 2015г. в расположении форелевого хозяйства, в районе сброса теплых вод КАЭС в губу Молочная. В связи с тем, что для донных осадков пресноводных гидрологических объектов экологические нормативы не разработаны, результаты анализа их химического состава в губе Молочная соотносили с показателями «условного фона» и сведениями из литературы [1, 2].

Пробы воды и грунта на гидрохимический анализ отбирали на 5-ти станциях локального участка акватории. Пробы воды на каждой станции отбирали в поверхностном горизонте (глубина 2,5 м). В зоне действия лососевой фермы определяли также глубину вод и течения. Для химического анализа донных отложений на каждой станции формировали среднюю из трех пробу грунта, который отбирали с помощью дночерпателя. Пробы воды и грунта исследовали на органическое загрязнение и содержание тяжелых металлов (таблица 1). Определение всех параметров было выполнено по стандартным методикам на сертифицированных приборах.

Таблица 1 – Исследуемые химические параметры

№ п/п	Параметр	Вода	Грунт
1	БПК5	+	
2	рН	+	
3	Фосфат-ион	+	
4	Нефтепродукты	+	+
5	Ртуть	+	+
6	Железо	+	+
7	Кадмий	+	+
8	Свинец	+	+
9	Фосфор общий	+	+
10	Нитрит-ион	+	+
11	Ион аммония	+	+



Анализ результатов химического анализа состава воды показал, что концентрация всех исследованных параметров на каждой станции не выходит за пределы допустимых значений для воды рыбохозяйственных водных объектов и по большинству показателей находится ниже утвержденных ПДК [3]. Таким образом, деятельность рыбоводного хозяйства не оказывает негативного воздействия на качество вод губы Молочная оз. Имандра. Однако в расположении форелевого комплекса установлено превышение фоновых значений по концентрации некоторых тяжелых металлов. Кадмий и свинец в донных осадках содержатся в концентрациях меньших, чем указывают другие авторы в отдаленных районах Бабинской Имандры [4, 5]. Концентрация ртути и нефтепродуктов превышала показатели принятого нами условного фона и фоновые показатели в удаленных участках Бабинской Имандры.

В зоне влияния рыбоводного хозяйства в пробах грунта установлено повышенное, по сравнению с фоном, содержание ионов аммония.

В силу особенностей кутовых течений исследуемый район испытывает влияние не только двух рыбоводных хозяйств, но и федеральной автотрассы, загрязняющей близлежащие воды за счет вредных атмосферных выпадений и поверхностных стоков. Таким образом, можно утверждать, что состояние экосистемы в исследуемом районе подвержено суммированному воздействию множества факторов.

## **Литература**

1. ГОСТ 17.1.2.04-77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.
2. Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л.: Наука, 1990. 221 с.
3. ГОСТ 155 372-87 Охрана природы, гидросфера, вода для рыбоводных хозяйств, общие требования и нормы.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометиздат, 1953. 296 с.
5. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Шаров А.Н., Вандыш О.И., Кудрявцева Л.П. Антропогенная трансформация арктической экосистемы озера Имандра: тенденции к восстановлению после длительного периода загрязнения // Водные ресурсы. – 2009 – Т.26, №3. С. 312-325.

## Особенности откорма разноразмерной мойвы Баренцева моря в августе-сентябре 2013 г.

Гордеева А. С. (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», e-mail: syromolot@pinro.ru)

**Аннотация.** Исследование питания мойвы выполняли на основании анализа данных, полученных в августе-сентябре 2013 г. Состав пищи и интенсивность питания мойвы варьировали в зависимости района, а доминирующими кормовыми объектами были эвфаузииды и копеподы. Жирность мойвы в целом была ниже среднего, и этот показатель существенно различался у различных размерных групп рыб.

**Abstract.** Research of capelin feeding was performed based on analysis of data obtained in August-September 2013. Food composition and feeding intensity of capelin varied depending on area, and euphausiids and copepods were the dominant food objects. Fatness of capelin was below average and significantly differed in various size groups of fishes.

**Ключевые слова:** мойва, питание, потребление пищи, Баренцево море.

**Key words:** capelin, feeding, food consumption, the Barents Sea.

**Введение.** Мойва – наиболее многочисленный пелагический вид рыб Баренцева моря, который с начала 70-х годов XX в. приобрел большое промысловое значение. В экосистеме Баренцева моря эта рыба играет весьма важную роль, так как служит основным кормовым объектом многих хищных рыб, морских млекопитающих и птиц [1-2]. Особенно велико ее значение в питании трески Баренцева моря [3]. Распределение и сезонные миграции мойвы существенно влияют на поведение и миграции этих видов.

**Материалы и методы.** Мониторинг питания мойвы в ПИНРО проводился в 1976-1992 гг., а также с начала 2000-х гг. Материалы настоящей работы основаны на данных анализа содержимого 588 желудков, собранных в августе-сентябре 2013 г. в ходе российско-норвежской экосистемной съемки. Обработку желудков проводили по стандартной методике [4]. Проводилась идентификация объектов питания до минимально возможного таксона, рассчитывалась их доля по массе. Интенсивность питания мойвы определяли по индексу наполнения желудков (ИН) в процентилях. Жирность оценивали по коэффициенту жирности в % как отношение веса внутреннего жира к весу рыбы без внутренностей.

**Результаты и обсуждение.** В целом, с точки зрения океанографических условий, 2013 г. характеризовался повышенным теплосодержанием вод (на уровне теплых и аномально теплых лет и выше среднегодовалого уровня). Вследствие этого, в августе-сентябре

акватория нагула мойвы была достаточно широкой – от западной части архипелага Шпицберген до архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ). Пробы на питание мойвы были собраны преимущественно в северных и северо-восточных районах, вне наиболее плотных концентраций этого вида [5].

Характер питания мойвы в разных районах в августе-сентябре 2013 г. существенно различался. Наиболее высокая интенсивность питания мойвы традиционно отмечалась в нижних слоях воды в светлое время суток, где в это время концентрируется основная масса кормовых организмов.

Наиболее интенсивное питание мойвы отмечалось на севере моря в районе Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) (79-81° с.ш.), где во второй половине сентября нагуливалась мойва всех размерных групп (11-19 см) (рис. 1) при доминировании крупных половозрелых особей длиной 15-17 см. В составе пищи мойвы в этом районе было обнаружено 19 видов жертв, принадлежащих к разным таксономическим группам, большая часть которых принадлежала к отряду Соперода.

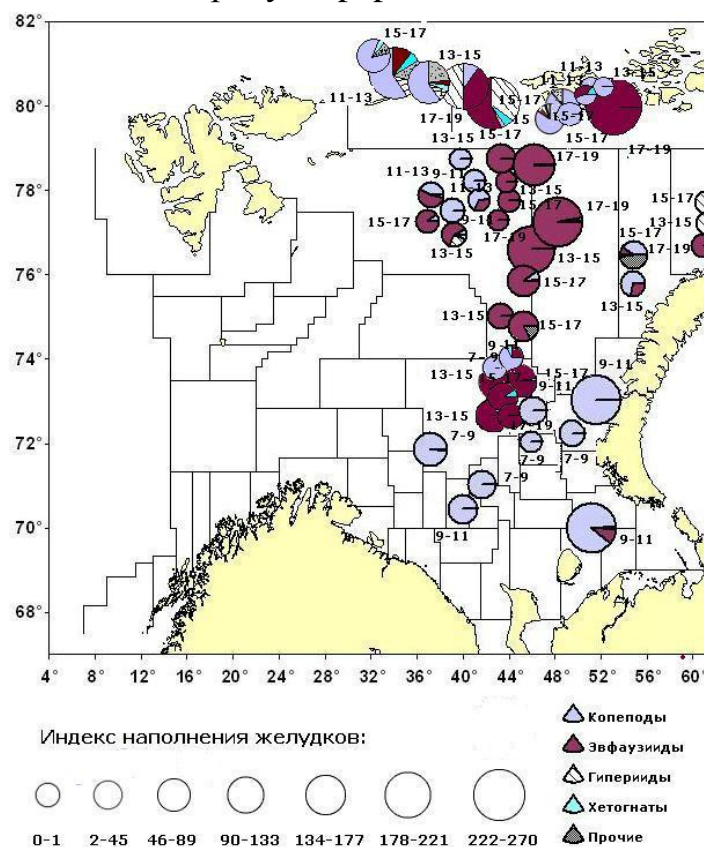


Рисунок 1 – Состав пищи (% по массе) и интенсивность ее потребления мойвой в северо-западных и северо-восточных районах Баренцева моря в августе-сентябре 2013 г. (Диаметр круга соответствует индексу наполнения желудка, ‰)

Основной откорм проходил в дневное время в нижних слоях, где мойва активно питалась копеподами, гипериидами, эвфаузидами, щетинкочелюстными, а также аппендикуляриями *Oikopleura* sp. и крылоногими моллюсками *Limacina helicina*. Питались практически все особи (около 95 %). Индекс наполнения составлял до 297 ‰. Среди копепод в питании мойвы преобладали *Calanus glacialis* (стадии III, IV, самки – f) и *Calanus hyperboreus* (IV, f). В меньших количествах в желудках встречались *Calanus finmarchicus* (V, f), *Metridia longa* (V, f) и *Pareuchaeta norvegica* (IV-VI, f). Эвфаузииды в желудках мойвы были представлены *Thysanoessa inermis* (15-25 мм) и *Meganyctiphanes norvegica* (23-32 мм), гиперииды – *Themisto libellula* (5-22 мм) и *Themisto abyssorum* (15 мм). В значительных количествах в питании мойвы встречались также хетогнаты и единично – личинки (zoea) крабов *Hyas* sp. и переваренная рыба.

Пища в желудках находилась на разных стадиях переваренности (от 2 до 5), что может свидетельствовать о высокой активности питания мойвы в течение всего светлого времени. Состав пищи и интенсивность питания мойвы варьировали в зависимости участков отбора проб, а накормленность – еще и от времени сбора. Состав пищи мойвы в районе Земли Франца-Иосифа в 2013 г. был сходным с ее питанием в 2012 г., однако ИН желудков был значительно (в 2,5 раза) выше уровня предыдущего года.

На юго-востоке Баренцева моря распределялась мелкая неполовозрелая мойва (длиной 7-11 см). В ее питании было обнаружено 10 таксонов жертв, из которых большинство составляли копеподы и эвфаузииды. Соотношение кормовых организмов и интенсивность питания мойвы варьировали в зависимости от районов (рис. 1).

В Колгуевском районе, где пробы были взяты в дневное время в придонном горизонте, распределялась мойва длиной 9-10 см. Здесь мойва активно откармливалась – питались все особи, ИН составил 213 ‰. Основу ее питания составляли копеподы – 88 % массы (*C. finmarchicus* (III-V, f); *M. longa* (IV); *Pseudocalanus* sp. (IV-V, f); *Temora longicornis* (V, f)). Кроме того, в желудках встречались молодь эвфаузиид и щетинкочелюстные.

В Северо-Центральном районе, где также встречалась мелкая мойва длиной 9-10 см, проба была взята в раннее утреннее время в верхних слоях воды, когда рыба еще не опустилась в нижние слои для откорма. Тем не

менее, пища встречалась у всех особей, и ИН достигал 75-88 ‰. Однако пища в желудках мойвы в основном была на поздних стадиях переваренности (3-4). Основу питания, как и в Колгуевском районе, составляли те же виды и стадии копепод, в небольших количествах встречались также молодь эвфаузиид и *Clione limacina*.

В Северной части Новоземельского мелководья в начале сентября также встречалась мелкая мойва длиной 7-9 см со сходным характером питания. Питались 91 % особей, ИН достигал 112 ‰. В питании мойвы доминировали копеподы (*C. finmarchicus* (IV-V, f); *C. hyperboreus* (IV); *M. longa* (IV-V); *Pseudocalanus* sp. (f)), а также встречались эвфаузииды (*T. inermis* (13 мм)). На более северном участке этого района при сходной доле питающихся рыб (80-100 ‰) и относительно невысоком ИН (38-77 ‰), пища в желудках мойвы была сильно переварена (3-5 стадии) и также представлена преимущественно копеподами, а также щетинкочелюстными. Наиболее интенсивное питание мойвы было отмечено на севере этого района, где ИН достигал 214 ‰.

На севере и северо-востоке Баренцева моря (районы Возвышенности Персея, полуострова Адмиралтейства и мыса Желания) распределялась мойва длиной от 9 до 19 см. В питании было обнаружено 15 таксонов жертв, в основном копеподы и эвфаузииды.

В районе мыса Желания, где встречалась мойва длиной 11-19 см, пробы были взяты утром в придонном слое. Почти 85 % рыб имели пустые желудки, ИН был крайне низок и не превышал 4,6 ‰. Пища в желудках и кишечнике была сильно переварена. В пищевом комке доминировали эвфаузииды и гиперииды.

Проба в районе полуострова Адмиралтейства была собрана также в придонном слое в утреннее время. Несмотря на то, что накормленность рыб была высокой (питалось 88 %), ИН составил 37 ‰ у мойвы длиной 13-15 см и 62 ‰ у рыб длиной 15-17 см. Основу питания мойвы составляли копеподы (*C. finmarchicus* (V), *C. glacialis* (IV-V, f) и эвфаузииды (личинки, *T. inermis* и *M. norvegica*). Кроме того, в желудках рыб первой группы встречались также щетинкочелюстные, у более крупных особей – гиперииды, личинки рыб и *C. limacina*.

В отличие от 2012 г., в 2013 г. питание мойвы в этом районе было

слабым (ИН меньше почти в 3 раза), что однако может быть связано со временем отбора проб. Значение эвфаузиид, составляющих основу пищи мойвы в прошлом году, было небольшим, а в ее питании в 2013 г. доминировали копеподы.

В районе Возвышенности Персея встречалась разноразмерная мойва длиной 9-19 см. Наиболее активно питалась крупная рыба 13-19 см, собранная в дневное время, ИН в среднем составил 150 ‰, а у наиболее крупных рыб достигал 270 ‰. В питании мойвы доминировали эвфаузииды – *T. inermis*, *T. rashii* и *M. norvegica*. У рыб длиной 15-17 см в питании также встречались копеподы, щетинкочелюстные и аппендикулярии. В другой пробе, собранной чуть севернее, интенсивность питания была значительно ниже, ИН у всех размерных групп не превышал 31 ‰. Здесь основу питания мелких неполовозрелых особей (9-13 см) составляли копеподы. С увеличением длины тела мойвы ее пища становилась разнообразнее, в ее питании увеличивалась массовая доля эвфаузиид (у рыб длиной 11-13 см – 50 %, 13-15 см – 60 %, 15-17 см – более 90 %), в частности *T. inermis*. У особей длиной 11-15 см в пище также встречались гиперииды *T. libellula*.

Остальные пробы в районе Возвышенности Персея были отобраны в ранние утренние часы (4-5 часов). Мойва питалась очень слабо, всего 8-27 % особей, ИН составлял от 2,3 % до 69 %, а у крупной мойвы достигал 195,5 ‰. В питании рыб длиной до 17 см встречались исключительно эвфаузииды (*T. inermis*, *M. norvegica*), более крупные особи питались также гипериидами. Также в желудках встречалась переваренная рыба. Самая низкая накормленность мойвы отмечена в северной пробе этого района (от 0,4 % у мойвы длиной 13-15 см до 9,9 и 12,8 % у рыб длиной 9-11 и 11-13 см соответственно). Основу питания мойвы составляли копеподы, (*C. finmarchicus* (II-V); *C. glacialis* (IV); *Pseudocalanus* sp. (IV-V, f); *T. longicornis* (f), *Oithona similis* (f)). У рыб длиной 11-13 см в питании встречались также эвфаузииды. Вся пища была сильно переварена.

В районе Центрального желоба также распределялась разноразмерная мойва длиной 9-19 см. В питании мойвы было обнаружено

10 таксонов жертв, в основном копеподы и эвфаузииды. В пробах, собранных в ранние утренние часы встречались эвфаузииды (99,6 % от массы) – *M. norvegica* и *Thysanoessa* spp., реже *T. inermis*. В зависимости от длины тела мойвы менялись и размеры пищевых объектов: так, мойва длиной 13-15 см питалась эвфаузидами размерами 15-22 мм, а рыбы длиной 15-17 см употребляли в пищу более крупных жертв размерами до 36 мм. Также в желудках встречалась переваренная рыба. Пища в желудках мойвы была сильно переварена (4-5 стадии). Питалось от 54 до 85 % рыб, интенсивность питания варьировала от 40 до 119 %.

Более мелкие рыбы питались слабо, ИН был очень низким и не превышал 7,4 %. В питании рыб доминировали копеподы – *Oithona similis* (f, m), *Pseudocalanus* sp. (IV-V, f), *T. longicornis* (V, f, m) и *C. finmarchicus* (IV-V). Кроме того, в ее питании отмечены также щетинкочелюстные и эвфаузииды *Thysanoessa* sp.

Жирность молоди мойвы в южной части моря в 2013 г. была невысокой – от 3,9-6,9 % у рыб длиной 7-9 см до 5,4-8,0 % у рыб длиной 9-11 см. Жирность более крупных половозрелых особей в целом была значительно выше. Наиболее высокие значения средней жирности крупной мойвы (13-19 см) отмечались в районе мыса Желания (10,4-12,0 %), а также традиционно в районе Земли Франца-Иосифа (8,5-9,1 %) и на некоторых участках районов Возвышенности Персея и Центрального желоба (8,4-10,0 %). В этих районах такой уровень жирности обеспечивает успешное созревание для большей части популяции мойвы – для самцов уровень жирности, обеспечивающий переход к созреванию, составляет 8,5-9,3 %, для самок – 5,6-6,2 % [9]. В то же время средние показатели жирности мойвы в других локальных районах моря были чрезвычайно малы. Например, в центральных и северо-восточных районах моря минимальные показатели жирности не превышали 0,9 %.

В целом, интенсивность питания мойвы в 2013 г. сходна с уровнем 2012 г., а условия летне-осеннего откорма в северной части Баренцева моря могут рассматриваться как удовлетворительные. На севере и юго-востоке Баренцева моря при максимальных значениях ИН основу пищи мойвы составили копеподы. В центральных и северо-восточных районах моря преобладающей пищей мойвы служили эвфаузииды, но здесь индексы наполнения желудков были ниже. У мелких особей в питании дополнительно чаще встречались аппендикулярии и крылоногие

моллюски, у крупных половозрелых рыб – крупные эвфаузииды, в том числе *M. norvegica*.

В 2013 г. наблюдалась тенденция сокращения численности наиболее важных для мойвы видов копепод – северо-атлантического *C. finmarchicus* и арктического *C. glacialis* и повышения численности мелких видов, не представляющих пищевой ценности для мойвы – *Pseudocalanus minutus* и *Metridia longa*. Как результат, средняя масса и упитанность мойвы в 2013 г. снизилась. Это привело к тому, что, несмотря на высокую численность мойвы, биомасса ее запаса в 2014. была относительно невысокой.

### Литература

1. Рекомендации по рациональной эксплуатации баренцевоморской мойвы / Сост. Г.И. Лука, Н.Г. Ушаков, В.К. Ожигин [и др.] – Мурманск: ПИНРО, 1991. 193 с. указаны на обороте тит. листа.
2. Dolgov, A.V. The role of capelin (*Mallotus villosus*) in the foodweb of the Barents Sea // ICES J. Mar. Sci. – 2002. – Vol. 59, № 5. – P. 1034-1045
3. Долгов А.В. Питание и трофические отношения трески Баренцева моря в 80-90-е годы: автореф. дис. канд. биол. наук. – М. – 1999. – 24 с.
4. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики. – 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во ВНИРО. – 2004. – 300 с.
5. Prozorkevich D., Prokhorova T. Pelagic fish abundance and distribution [Electronic resource] // Survey report from the joint Norwegian / Russian ecosystem survey in the Barents Sea August-October 2013; – Bergen: IMR, 2013. – No. 4. – P. 38-56.
6. Оганесян С.А., Двинин Ю. Ф. Зависимость темпа полового созревания от интенсивности жиронакопления у рыб (на примере баренцевоморской мойвы) // Экология, биологическая продуктивность и проблемы марикультуры Баренцева моря : (тез. докл. II Всесоюз. конф.) / ММБИ [и др.]. – Мурманск, 1988. – С. 186-188.



## Биохимический подход в изучении популяций морских млекопитающих

**Ерохина И. А.** (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория морских млекопитающих, e-mail: [irina.erohina58@mail.ru](mailto:irina.erohina58@mail.ru))

**Аннотация.** Представлены результаты многолетних исследований биохимических показателей крови гренландских тюленей (*Pagophilus groenlandica* Erxleben, 1777) беломорской популяции и серых тюленей (*Halichoerus grypus grypus* Erxleben, 1777) из мурманских колоний восточно-атлантической популяции. Показана возможность применения биохимического тестирования в системе оценки состояния популяций морских млекопитающих.

**Abstract.** The results of long-term studies of blood biochemical parameters of harp seals (*Pagophilus groenlandica* Erxleben, 1777) of White Sea population and grey seals (*Halichoerus grypus grypus* Erxleben, 1777) from East-Atlantic population are presented. The possibility of using biochemical testing in the evaluation of marine mammal populations was shown.

**Ключевые слова:** морские млекопитающие, гренландский тюлень, серый тюлень, биохимия крови.

**Key words:** marine mammals, harp seal, grey seal, blood biochemistry.

Биохимический подход в изучении природных популяций, состоящий в сравнении биохимических особенностей разных популяций и детальном их изучении в одной и той же [1], широко используется уже более полувека. Чаще всего данный подход ассоциируется с изучением биохимического полиморфизма методом электрофоретического анализа белков, позволяющего разделить белковые молекулы, кодируемые различными аллелями одного локуса. Данные литературы о биохимическом полиморфизме у различных видов морских млекопитающих немногочисленны и, в основном, посвящены вопросам систематики, тогда как особенности и динамика внутривидовой структуры изучены пока еще недостаточно.

В наших исследованиях некоторых видов арктических ластоногих изучение биохимического полиморфизма не выделялось в самостоятельную задачу. Мы использовали этот прием наряду с другими методами в оценке состояния беломорской популяции гренландского тюленя *Pagophilus groenlandica* Erxleben, 1777. У этого вида достаточно полно описана полиморфная система трансферрина (Tf), но данные по беломорской

популяции относятся, главным образом, к 60-м годам прошлого века. В связи с этим определенный интерес представляло оценить данную систему с точки зрения выявления возможных изменений в генетической структуре популяции за последние десятилетия. Для этого применяли метод электрофореза в полиакриламидном геле после осаждения остальных белков плазмы риванолом [2]. Было обнаружено 5 типов Tf: AA, AB, BB, AC и BC (рис.1).

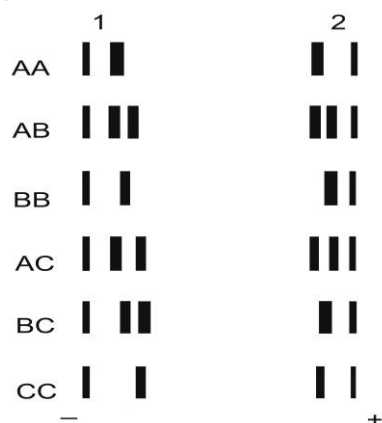


Рисунок 1 – Схематическое изображение типов трансферрина, обнаруженных у гренландского тюленя методом электрофореза (по [3]):

1 – носитель комбинированный гель крахмал-агар, pH = 9,0,

2 – носитель агаровый гель, pH = 6,3

Среди обследованных животных (128 особей) распределение типов Tf по частоте встречаемости оказалось следующим: AA – 15,9%; AB – 39,3%; BB – 28,8%; AC – 7,4%; BC – 8,6%; CC – 0%. Такое распределение, отмеченное в 1993 году, близко к данным, полученным для беломорского гренландского тюленя ровно 30 лет назад, в 1963 году [3]: AA – 17,3%; AB – 38,5%; BB – 30,8%; AC – 6,7%; BC – 6,7%; CC – 0%, что может свидетельствовать в пользу стабильности генетической структуры популяции. Соотношение гомозиготы:гетерозиготы по Tf составляет 44,7:55,3 (наши данные) и 48,1:51,9 [3]. Кроме популяции в целом, мы также анализировали полиморфизм Tf в различных внутрипопуляционных группах: взрослые особи, нормальные щенки и заморыши (недокормленные щенки, по разным причинам оставленные матерью). Доля заморышей в приплоде не превышает, как правило, 3% от родившихся щенков. Тем не менее, нельзя не учитывать роль таких особей в популяции, так как они появляются каждый год, часть из них выживает. Следовательно, в популяции всегда имеется группа животных с разного рода аномалиями, характер и число которых могут, в

определенной степени, влиять на состояние популяции и перспективы ее развития. По частоте встречаемости типов Tf выделенные нами группы существенно различаются (табл.1), что позволяет говорить об адаптивном значении того или иного типа молекулы для особи и популяции в целом.

Таблица 1 – Частота встречаемости типов трансферрина у беломорских гренландских тюленей, %

Группы тюленей	Типы трансферрина					
	AA	AB	BB	AC	BC	CC
Взрослые, n = 10	0	40	40	10	10	0
Нормальные щенки, n = 99	26.4	37.7	24.5	1.9	9.5	0
Щенки-заморыши, n = 29	3.4	44.8	27.7	17.2	6.9	0

Соотношение гомо- и гетерозигот в группах различно: взрослые – 40:60; нормальные щенки – 52,7:47,3; щенки-заморыши – 24,3:75,7. Резко выделяется высокая степень гетерозиготности по Tf у щенков-заморышей. Учитывая биологические особенности этой внутривидовой группы, можно предположить, что гомозиготные по Tf особи имеют некоторое преимущество перед гетерозиготными. Однозначно оценить значение определенного соотношения типов Tf в группах трудно из-за, во-первых, малочисленности выборок и, во-вторых, отсутствия литературных данных по этому вопросу относительно морских млекопитающих. Можно лишь проводить аналогии с другими видами животных, у которых изучена связь белкового полиморфизма с рядом жизненно важных признаков. Так, есть данные о том, что в популяции мышей *Microtus pennsylvanicus* гомозиготные по Tf особи отличаются высокой выживаемостью [4], а при изучении полиморфизма Tf у северных оленей наблюдали связь высокой частоты встречаемости определенного типа белка с бесплодием самок [5].

Исследования биохимического полиморфизма, несомненно, важны при изучении сходства и различия популяций, особенностей и динамики внутривидовой структуры. Их эффективность повышается при комплексном использовании других подходов – морфологического, онтогенетического, физиологического, этологического и др. Взрывное распространение относительно простых электрофоретических методов в популяционной биологии, наблюдаемое в 70-80-х годах прошлого века, привело к тому, что другим методам уделялось гораздо меньше внимания.

К тому же, на фоне несомненных достоинств биохимического метода его недостатки большей частью преуменьшались, приводя к некорректной интерпретации данных. А.В.Яблоков [1] выделяет их, по крайней мере, четыре: 1) подвижность при электрофорезе одних и тех же белков в разные периоды развития и физиологического состояния неодинакова даже у одной и той же особи; 2) некоторые белки способны к быстрым изменениям под влиянием внешних условий; 3) существуют мутации, понижающие ферментную активность белков и искажающие картину частоты данного аллеля; 4) трудности верной интерпретации биохимического фенотипа из-за варьирования условий электрофореза. Наконец, для получения верной картины биохимического полиморфизма в популяции желательно иметь выборку не менее сотни особей.

Таким образом, ряд ограничений подвергает сомнению возможность интерпретации электроморф как универсальных генетических маркеров. Тем не менее, изучение биохимического полиморфизма дает определенную информацию о популяциях, поэтому продолжает использоваться и в настоящее время [6] наряду с более совершенными методами – исследованиями ДНК [7, 8].

Биохимический подход в изучении природных популяций животных не ограничивается исследованием полиморфизма. Характеристика биохимической изменчивости создает фактическую основу для понимания биохимических особенностей, их сути и выраженности у разных по экологии систематически близких видов и разных популяций в пределах одного вида. Накопление данных по основным элементам биохимического статуса животных создает основу для разработки методологии эколого-биохимического мониторинга, поиска чувствительных индикаторов экологического неблагополучия той или иной популяции, специфических и неспецифических изменений под влиянием факторов среды. В связи с этим нами проводилось биохимическое обследование беломорской популяции гренландского тюленя (1989-2000 гг.), что позволило оценить на молекулярном уровне изменения в популяции за этот период.

У беломорских гренландских тюленей изучались следующие параметры: белковый состав плазмы крови (в том числе реактанты острой фазы – гаптоглобин и модифицированный альбумин), некоторые показатели обмена – свободный аминный азот, мочевины, креатинин, глюкоза, кальций, фосфор. Обнаружены различия по изученным

показателям между выделенными внутрипопуляционными группами, а также в пределах каждой группы в разные годы наблюдений (рис.2).

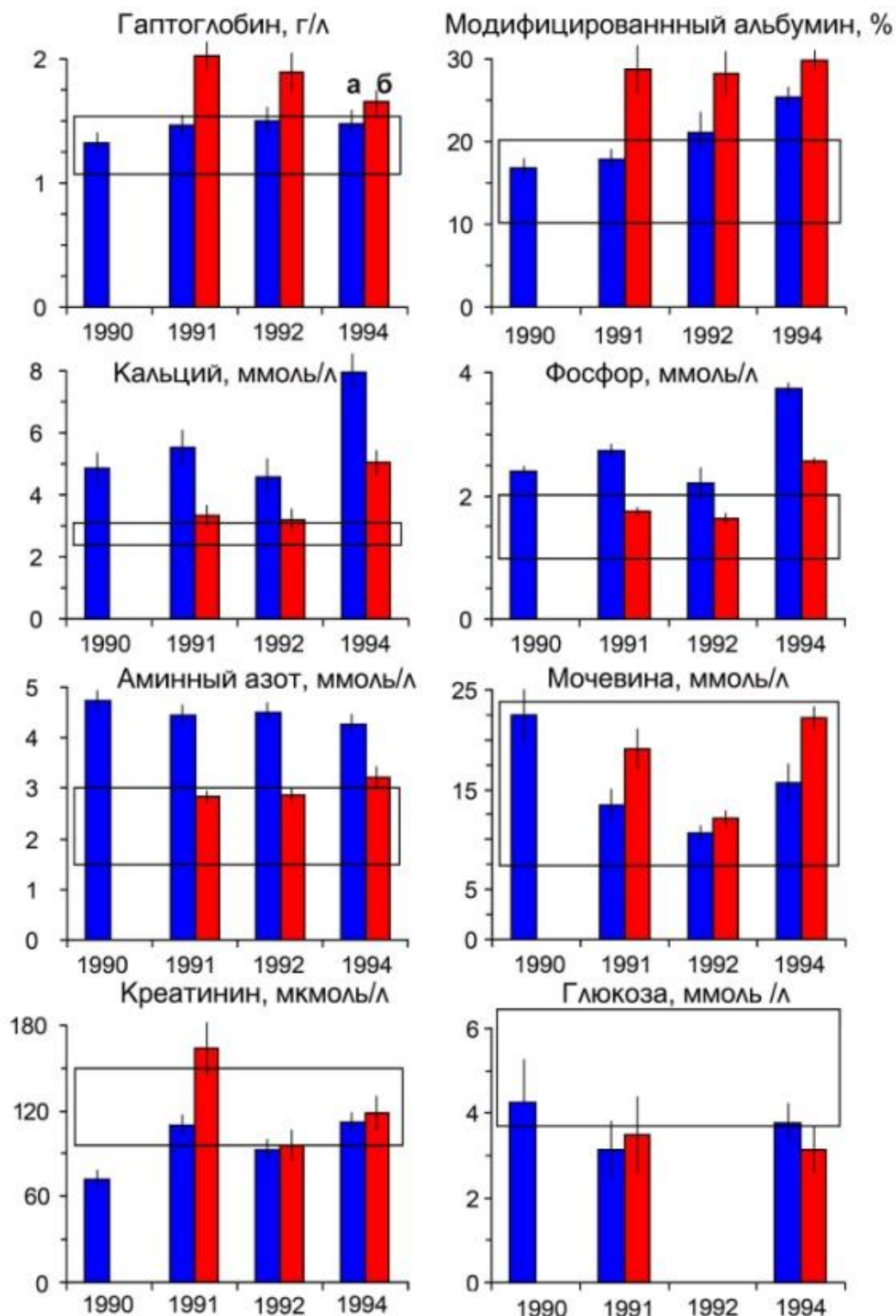


Рисунок 2 – Биохимические параметры плазмы крови нормальных щенков (а) и заморышей (б) гренландского тюленя беломорской популяции.

В рамках – значения нормы для изученных показателей

Особого внимания заслуживает характеристика модифицированного альбумина ( $A_m$ ), поскольку его содержание в плазме крови служит неспецифическим показателем физиологического состояния животного [9]. У заморышей во все годы наблюдения уровень  $A_m$  достоверно выше, чем у нормальных щенков, и выше нормы, что свидетельствует о неблагоприятном их состоянии. Иная картина наблюдается у нормальных щенков. К 1994 году содержание  $A_m$  в их крови достоверно ( $p < 0.001$ ) увеличивается по сравнению с 1990–1991 гг. и становится выше нормы. Этот факт свидетельствует о неблагоприятных тенденциях в состоянии внешне нормальных особей: на молекулярном уровне отмечены отклонения от нормального состояния, хотя внешне это явно не проявляется. Если в 1991 г. нормальные щенки и заморыши различались по восьми из девяти изученных показателей, то в 1994 г. таких показателей всего пять. Учитывая, что к этому времени отмечено увеличение числа показателей, отличных от нормы, можно говорить о том, что внешне нормальные щенки 1994 г. рождения в своем состоянии, по данным биохимического исследования крови, приближаются к заморышам. Следует отметить, что на неблагоприятные тенденции в развитии беломорской популяции гренландского тюленя указывали и данные других ученых [10].

В последние годы мы изучали биохимические показатели крови у серого тюленя (*Halichoerus grypus grypus* Erxleben, 1777). Этот вид занесен в Красную книгу России (III категория), в Мурманской области подлежит полной охране. Размножающиеся колонии этих животных расположены у восточной границы видового ареала. Внимание к ним обусловлено и все еще недостаточной их изученностью, и тем, что после завершения периода размножения животные мигрируют к берегам Норвегии, где они являются объектами охоты. Кроме этого, в условиях климатических флуктуаций и усиления факторов беспокойства, связанных с деятельностью человека в регионе, необходима оценка состояния животных во времени. Нами были изучены показатели крови, позволяющие оценить физиологическое состояние животных на уровне норма-патология, в 2006 и 2013 гг. Особое внимание уделялось активности ключевых ферментов метаболизма, включая индикаторы пассивного переноса иммуноглобулинов от матери к детенышу (гамма-глутамилтрансфераза) и показатели степени упитанности детенышей (щелочная фосфатаза). Представленные на рисунке 3 данные

свидетельствуют об отсутствии за последние 7 лет заметных изменений в метаболическом статусе щенков серого тюленя в период от рождения до завершения молочного питания.

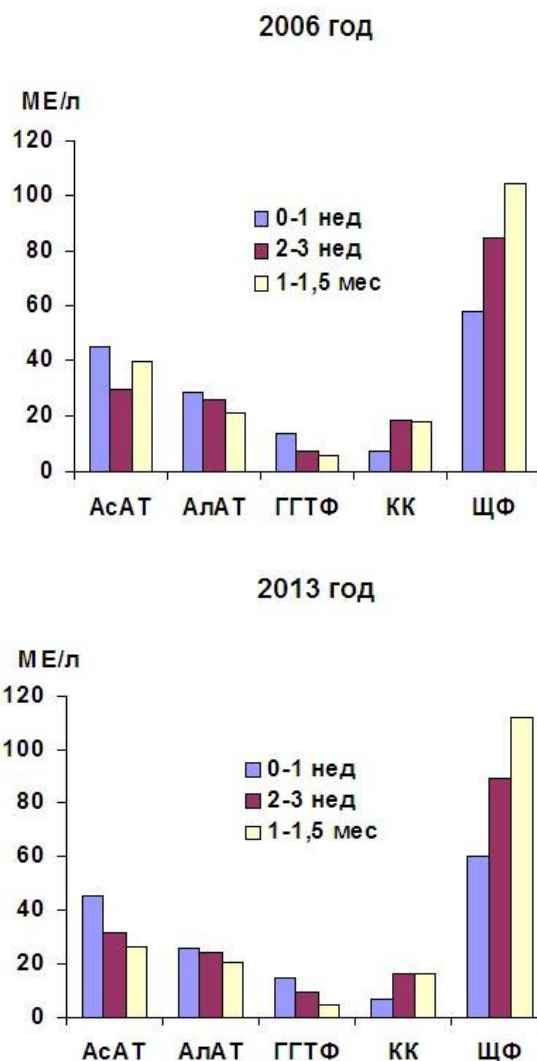


Рисунок 3 – Некоторые метаболические параметры крови серых тюленей в раннем периоде постнатального развития:

АсАТ – аспаргатаминотрансфераза; АлАТ – аланинаминотрансфераза; ГГТФ – гамма-глутамилтрансфераза; КК – креатинкиназа; ЩФ – щелочная фосфатаза

Таким образом, приведенные здесь примеры использования биохимических методов в изучении популяций морских млекопитающих показывают не только теоретическую значимость в области изучения биохимических аспектов адаптаций, но и возможность решения практических задач биомониторинга и биотестирования состояния животных в естественной среде обитания и в аквакультуре.

## Литература

1. Популяционная биология / А. В. Яблоков. – М.: Высшая школа. – 1987. – 303 с.
2. Гааль Э. Электрофорез в разделении биологических макромолекул / Э. Гааль, Г. Медьеши, Л. Верецкеи. – М.: Мир. – 1982. – 448 с.
3. Naevdal G. Protein polymorphism used for identification of harp seal populations // *Arbok. Univ. Bergen*. – 1965. – N. 9. – P. 1–20.
4. Шилов И. А. Динамика популяций и популяционные циклы // Структура популяций у млекопитающих / И. А. Шилов – М.: Наука. – 1991 – С. 151-172.
5. Осипова Г. Н. Трансферрины и бесплодие самок северных оленей // Повышение продуктивности оленеводства Республики Саха (Якутия). Новосибирск. – 1994. – С.29-32.
6. Засыпкин М.Ю. Исследование аллозимной изменчивости северного морского котика (*Callorhinus ursinus*): итоги и перспективы / Морские млекопитающие Голарктики/ Сб. науч. тр. – Калининград: Капрос, 2010. – С. 213-220.
7. Matthee C.A., Fourie F., Oosthuizen W.H., Meyer M.A., Tolley K.A. Mitochondrial DNA sequence data of the Cape fur seal (*Arctocephalus pusillus pusillus*) suggest that population numbers may be affected by climatic shifts // *Mar. Biol.* 2006. V.148, N 4. P.899-905.
8. Curtis C., Stewart B., Karl S. Genetically effective population sizes of Antarctic seals estimated from nuclear genes // *Conserv. Genet.* 2011. – V.12. – P.1435-1446.
9. Троицкий Г.В. Степень модификации сывороточного альбумина как токсикологический тест / Г. В. Троицкий, Г. А. Касимова, С. Н. Борисенко // *Вопр.мед.химии*. – 1987. – Т. 33. – № 2. – С.37-38.
10. Timoshenko Yu.K. Harp seals as indicators of the Barents Sea ecosystem//Whales, seals, fish and man: Proc.Int.Symp.Biol.of Mar.Mamm.in the North East Atlantic, 29 nov.-1 dec.1994, Tromso, Norway/Ed.A.S.Blix, L.Walloe, O.Ultang.-Amsterdam: Elsevier Sci.B.V., 1995.-P.509-522.



## Оценка влияния бактериопланктона на регенерацию фосфатов в различных водных массах Баренцева моря

**Иванов С. А.** (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИИРО»), лаборатория промышленной океанографии, e-mail: [ivanovsa@pinro.ru](mailto:ivanovsa@pinro.ru))

**Аннотация.** В соответствии с опубликованными материалами известна общая картина баланса компонентов гидрохимического состава Баренцева моря. В частности, бактериопланктон осуществляет регенерацию фосфатов в глубинных слоях моря, которые в последствии вновь вступают в оборот биогенных элементов, как питательные вещества для фитопланктона. Таким образом, формируется так называемый рециклинг. В этой работе оценивалась динамика фосфатов в глубоководных слоях моря в результате этих процессов.

**Abstract.** Published materials generally show the balance of hydrochemical composition components of the Barents Sea. In particular, bacterioplankton performs regeneration of phosphates in the deep-sea layers. Subsequently, these phosphates enter the biogenic elements circulation again as nutrients for phytoplankton. Thus, so-called recycling is developing. The purpose of this study was to evaluate the phosphate dynamics in the deep-sea layers as a result of these processes.

**Ключевые слова:** рециклинг, бактериопланктон, регенерация, фосфаты, биогены, Баренцево море, Арктика.

**Key words:** recycling, bacterioplankton, regeneration, phosphates, nutrients, Barents Sea, Arctic.

В ходе весенне-летней вегетации происходит интенсивное развитие фитопланктона в поверхностном слое моря [1-3]. Затем отмершие клетки оседают в нижележащие слои, где их расщепляет бактериопланктон и регенерируются фосфаты, которые в свою очередь вновь способствуют развитию фитопланктона. Описание этого процесса в опубликованных материалах производится обобщенно, тогда как эти процессы протекают в различных районах по-разному. Таким образом, было бы более правильным его исследовать в различных водных массах, по отдельности.

Для решения поставленной задачи требуется наличие наблюдений за фосфатами в конкретной водной массе хотя бы за два смежных месяца в году. К сожалению, количество подобных лет ограничено. В соответствии с материалами работы О.В. Титова [2] уже в апреле в атлантических водах может наблюдаться однократный рециклинг оборачиваемости фосфатов, к июлю количество циклов может достигать 3, а к сентябрю – 4-5. В баренцевоморских водах скорость рециклинга значительно ниже, а в

арктических потребляется только зимний запас биогенов [2]. Процесс регенерации фосфатов происходит наиболее заметно, с точки зрения их динамики, в летние месяцы (июнь-июль), когда пик фотосинтеза прошел и количество оседающей органики велико.

Цель данной работы – оценить влияние бактериопланктона на процесс регенерации фосфатов в различных водных массах Баренцева моря.

Для реализации задачи оценки динамики фосфатов была произведена выборка из океанографической базы данных ПИНРО. Использовались материалы океанографических съемок ПИНРО за 1950-2012 гг. Вначале, была оценена обеспеченность наблюдениями за фосфатами по месяцам, горизонтам и водным массам Баренцева моря. Водные массы определялись по методике, предложенной В.К. Ожигиным и В.А. Ившиным [4], с некоторыми изменениями [5] (рис. 1). Далее, для тех месяцев, лет, горизонтов и водных масс, обеспеченность которых данными по фосфатам позволяла проводить исследования, производился расчет среднего арифметического значения. Это действие было необходимо для возможности проведения анализа исходных данных по одному параметру, характеризующему всю водную массу. Затем строились графики годового хода концентрации фосфатов по каждому году, горизонту и водной массе. Был получен большой объем графической информации (около 5000 графиков), позволяющий проводить анализ сезонной динамики фосфатов в разрезе горизонтов, месяцев года, отдельных лет и водных масс.

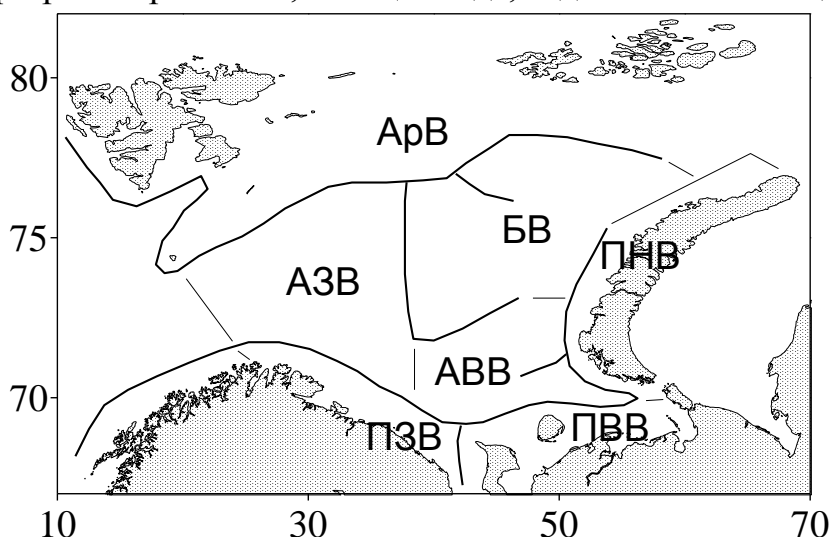


Рисунок 1 – Водные массы (АЗВ – Атлантические Западные, АВВ – Восточные воды, ПЗВ – Прибрежные Западные, ПВВ – Прибрежные Восточные, ПНВ – Прибрежные Новоземельские воды, БВ – Баренцевоморские, АрВ – Арктические воды)

*Арктические воды.* По данным, полученным в 1964 г. в июне-июле, видно, что в поверхностном 20-метровом слое в этот период продолжалось потребление фосфатов и их значения снижались от 0,46 до 0,24  $\mu\text{M}/\text{л}$ , в то же время на горизонте 50 м их концентрация увеличивалась от 0,61 до 0,96  $\mu\text{M}/\text{л}$  (рис. 2). В 1972 г. в период июнь-июль увеличение фосфатов наблюдалось во всем слое, но на поверхности оно было менее заметно – 0,26-0,31  $\mu\text{M}/\text{л}$ , чем на горизонте 50 м – 0,33-0,72  $\mu\text{M}/\text{л}$ . Подобная ситуация отмечалась в следующие годы: 1964, 1972, 1974, 1984, 1987, 1990, 1993 и 2005. Однако в некоторые годы (1973, 1981) эта закономерность не соблюдалась, и вплоть до июля происходило снижение уровня фосфатов во всех слоях моря. Наличие таких лет может объясняться сдвигом сроков начала и окончания пика фотосинтеза.

Таким образом, полученные материалы демонстрируют увеличение концентрации фосфатов в подповерхностном слое (глубже горизонта 30 м) в июне-июле, что свидетельствует о наличии регенерации фосфатов бактериопланктоном в Арктической водной массе Баренцева моря. Это в некоторой степени противоречит опубликованным ранее материалам. Отсутствие увеличения концентрации фосфатов в данный период является скорее исключением и может объясняться задержкой сроков фотосинтеза.

*Атлантические воды (западная часть).* В 1959 г. наблюдалось уменьшение концентрации фосфатов вплоть до июля во всех слоях моря, но интенсивность их потребления была ниже, чем в предыдущий период (до июня), т.е. отмечалось снижение интенсивности изъятия биогенов. При этом она снижалась все больше с увеличением глубины. Так, на горизонте 200 м концентрации фосфатов изменялись от 0,60 до 0,58  $\mu\text{M}/\text{л}$ . В 1970 г. наблюдения за фосфатами в этой водной массе в июле не производились, однако увеличение указанных показателей в слое моря от 100 м и глубже наблюдалось в более ранний период (с мая по июнь) – от 0,75 до 0,80  $\mu\text{M}/\text{л}$  на фоне их потребления фитопланктоном. В последующем (1971 г.) уровень фосфатов возрастал от мая к июню во всех слоях, в том числе и на поверхности. В 1972 г. происходило уменьшение концентрации фосфатов до июля в поверхностных водах, т.е. они интенсивно потреблялись фитопланктоном. В слое глубже 50 м наблюдалось увеличение их концентраций на величину от 0,05 до 0,15  $\mu\text{M}/\text{л}$ , происходила регенерация. В 1973 г. наблюдалась совершенно другая картина, происходило снижение концентрации фосфатов в поверхностном 20-метровом слое вплоть до

августа, в слое 30-100 м они увеличивались от мая к июню и далее к августу опять уменьшались. Лишь на глубинах свыше 200 м отмечалось их равномерное увеличение от мая к летним месяцам.

Динамика фосфатов в последующие годы в некоторых случаях попадала в приведенные выше сроки, а иногда существенно различалась. Наблюдалась изменчивость сроков начала и окончания роста/падения концентрации фосфатов. В некоторые годы обнаруживался второй максимум их значений, примерно, в августе-сентябре.

Таким образом, общая тенденция снижения фосфатов весной и последующего возрастания летом существует, но сроки и характер изменчивости трудно описать одним или несколькими шаблонами. По-видимому, сказывается и тот факт, что эта часть Баренцева моря наиболее подвержена адвективному фактору в годовом ходе концентрации гидрохимических параметров.

*Атлантические воды (восточная часть).* В 1971 г. в распределении концентрации фосфатов наблюдалось два максимума – мартовский и июньский. Они прослеживались во всех слоях моря. При этом в придонном слое июньский максимум составлял примерно 1,10  $\mu\text{M}/\text{л}$ , тогда как в марте он составлял всего около 0,95  $\mu\text{M}/\text{л}$ , т.е. фактически посредством регенерации был превышен зимний уровень фосфатов. В следующем 1972 г. наблюдения не проводились с начала года до мая, а годовой ход включал также 2 максимума. Первый – в июне, второй – в сентябре. При этом сентябрьские концентрации фосфатов на горизонте 250 м были максимальны и превышали уровень 1,20  $\mu\text{M}/\text{л}$ . Стартовый, июньский и сентябрьский максимумы наблюдались и в некоторые последующие годы (1973, 1975, 1979, 1981, 1985, 2001 и 2008).

*Баренцевоморские воды.* В 1971 г. отмечалось уменьшение концентрации фосфатов во всех слоях в период с июня по июль. В 1972 г., как и для атлантических восточных вод, выделялось два максимума концентрации фосфатов – в июне и сентябре. В другие годы наблюдения за фосфатами либо не проводились, либо выполнялись не в смежные месяцы года или охватывали позднелетний диапазон. На основании такой скудной обеспеченности данными затруднительно сделать какие-либо выводы о степени регенерации в этой части моря.

*Прибрежные западные воды.* По данным ПИНРО, в 1959 г. с апреля по июль в слое 0-50 м наблюдалось равномерное снижение концентрации

фосфатов от 0,67 до 0,15  $\mu\text{M}/\text{л}$ . На глубинах свыше 100 м от июня к июлю значительно сократилась степень убывания содержания фосфатов, это, скорее всего, обусловлено их регенерацией. В 1970 г. с мая по июль происходило уменьшение концентрации фосфатов в слое 0-20 м – от 0,53 до 0,15  $\mu\text{M}/\text{л}$ , а на глубинах свыше 50 м она возрастала с мая по июнь и снова убывала к июлю, т.е. формировался второй после стартового максимум содержания фосфатов. В некоторые годы (например, в 1972 г.) их максимум фиксировался в июле, а иногда отмечалось уменьшение концентрации фосфатов с апреля по июль в поверхностных водах и попеременное возрастание/убывание в слоях глубже 100 м. Как и в случае с более мористой водной массой – атлантических западных вод, в прибрежных западных водах наблюдалась динамичность сроков возрастания/убывания содержания фосфатов в виду адвективного фактора.

*Прибрежные восточные и новоземельские воды.* В прибрежных восточных водах с июня по июль 1971 г. происходило убывание концентрации фосфатов во всех слоях моря, это связано с мелководностью этой части Баренцева моря и тем, что фотосинтез здесь протекает во всей толще вод. В 1972 г. в поверхностном 50-метровом слое происходило убывание содержания фосфатов с июня по сентябрь, и только в придонном слое был обнаружен их максимум в июле, т.е. несмотря на интенсивный фотосинтез во всей толще моря удалось выявить процесс регенерации по динамике фосфатов в придонном слое. В новоземельских прибрежных водах наблюдения за фосфатами проводились в основном в позднелетний период года, либо не в смежные месяцы, что не позволяет дать характеристику годового хода в стартовые месяцы вегетационного периода. Регенерация фосфатов там обнаруживалась в период с июля по август и с августа по сентябрь.

#### Заключение

В различных водных массах Баренцева моря выявлялось увеличение концентрации фосфатов (максимально на 0,4  $\mu\text{M}/\text{л}$  в арктических водах) после прохождения пиковой стадии фотосинтеза, что обуславливалось наличием процесса регенерации бактериопланктоном.

В восточной части Баренцева моря (в баренцевоморских водах и восточной части атлантических вод) наблюдалось до 3-х максимумов годового хода фосфатов (март, июнь, сентябрь), что свидетельствует также о трех значимых вспышках цветения фитопланктона. В восточной части

атлантических вод в процессе регенерации формировалось содержание фосфатов, превышающее стартовые концентрации.

В арктических водах в период с июня по июль в преобладающее количество лет происходило повторное вовлечение фосфатов в фотосинтез или, так называемый, рециклинг, что опровергает опубликованные ранее материалы [2].

В западных атлантических и прибрежных водах наблюдалось регулярное смещение сроков начала и окончания роста/падения концентрации фосфатов, что не позволяет четко выделить сезонный ход этого процесса.

В прибрежных восточных мелководных районах, где фотосинтез интенсивно протекает во всей толще моря трудно оценить степень регенерации фосфатов, т.к. они тут же вовлекаются в следующий цикл их потребления фитопланктоном. И только лишь в придонном слое в некоторые годы можно обнаружить наличие роста концентрации фосфатов.

## Литература

1. Аржанова Н.В. Регенерация биогенных элементов при бактериальном распаде органического вещества отмершего планктона в Арктическом океане // Условия среды и биопродуктивность моря. – М.: Легкая и пищевая пром-сть. – 1982. – С. 7-14.
2. Титов О.В. Трансформация фосфатов и первичная продукция в Баренцевом море / Автореф. на соиск. ст. канд. геогр. наук. – С-Пб : РГГМУ, – 1995. – 19 с.
3. Несветова Г. И. Гидрохимические условия функционирования экосистемы Баренцева моря./ Г. И. Несветова – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002. – 295 с.
4. Ожигин В.К., Водные массы Баренцева моря. / В. К. Ожигин, В. А.Ившин – Мурманск: ПИНРОю – 1999. – 48 с.
5. Иванов С.А. Сравнительный анализ изменчивости гидрохимических параметров в различных водных массах Баренцева моря / Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций (к 80-летию ММБИ КНЦ РАН)/ Материалы Международной научной конференции. – Мурманск, – 1-3 апреля 2015 г. –Мурманск: ММБИ КНЦ РАН. – 2015. – 2 с.

## **Биотехнические характеристики арктических тюленей в связи с их служебным использованием**

**Кавцевич Н. Н.<sup>1</sup>, Березина И. А.<sup>2</sup>, Ерохина И.А.<sup>1</sup>**

**1** (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория морских млекопитающих, e-mail: chiv1@front.ru, irina.erohina58@mail.ru)

**2** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "МГТУ", кафедра биологии, e-mail: irina.berezina.80@mail.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты определения некоторых свойств тюленей, перспективных для служебного использования. Отмечается необходимость оценки в таких исследованиях эколого-физиологических параметров животных.

**Abstract.** Results of determination of some properties of seals, perspective for service use are presented. Necessity of environmental physiology parameters evaluation in such researches of animals is marked.

**Ключевые слова:** арктические ластоногие, биотехнические системы (БТС), экологическая физиология.

**Key words:** arctic pinnipeds, marine mammal systems (MMS), environmental physiology.

Биотехническая характеристика (БТХ) это параметр (свойство) животного, характеризующий возможности его функционирования в качестве элемента биотехнической системы (БТС). Показатели надежности работы животных в различных условиях имеют большое значение. Так, например, важно, какова вероятность обнаружения данного объекта при заданной глубине акватории, характере грунта и определенных гидрометеорологических условиях за один проход, какой ширины полосу животное способно обследовать, сколько времени оно может работать с требуемой надежностью, и какой отдых требуется между рабочими циклами. Необходимо знать предельную сложность решаемых животным логических задач и максимальную длину цепи действий (по числу входящих элементов), параметры долговременной и кратковременной памяти, а также множество других физических и психических характеристик. Если они недостаточно изучены, то при разработке БТС для решения прикладной задачи обязательным начальным этапом работ является определение недостающих или уточнение БТХ выбранного вида морских животных [1].

В ряде работ исследователей ММБИ и МГТУ определены характеристики сенсорных систем серого и гренландского тюленей, кольчатой нерпы, морского зайца, играющие важную роль в формировании поведенческих программ ластоногих [2-10]. Кроме параметров животных, непосредственно связанных с выполнением ими определенных служебных задач, к БТХ следует, очевидно, отнести и некоторые эколого-физиологические показатели, отражающие способность морских млекопитающих к длительному пребыванию в условиях неволи в стабильном функциональном состоянии [6, 11].

В частности, мы изучали динамику формирования двигательных условных рефлексов на зрительные стимулы у взрослых, половозрелых, и молодых серых тюленей (самцы девяти и двух лет и самки восьми и двух лет), обучавшихся с двухмесячного возраста выполнению различных движений по жестовым командам. Применяли методы "дифференцировочная дрессировка" и "выбор по образцу" [12]. Проводились также эксперименты по распознаванию звуков чистых тонов и сложных звуковых раздражителей морским зайцем, серым и гренландским тюленями.

Взрослых серых тюленей обучали дифференцировке двумерных изображений. В качестве зрительных стимулов использовали изображения геометрических фигур (белые кольцо, квадрат и треугольник на черном фоне) (рис. 1а).

Детально ход экспериментов описан нами ранее [6]. В итоговом эксперименте число правильных ответов составляло 80–100 %. При обучении по этой же стандартной методике морскому коту потребовалось 79 опытов с 51 предъявлением в каждом для достижения уровня дифференцировки 95 %. В начале же обучения наблюдалось 35–40 % межсигнальных (т.е. неправильных) реакций [13].

Молодые серые тюлени (самец и самка, возраст 2 года) после предварительного обучения с применением жестов дифференцировали трехмерные объекты (шар, тор, цилиндр). У них 90–95%-ный уровень распознавания предметов был достигнут в первой половине серии из 18 опытов. Самец дал в среднем  $92,9 \pm 1,6$  % правильных ответов (594 предъявления), самка –  $81,8 \pm 2,8$  % (786 предъявлений). Впоследствии, после обучения правилу выбора по образцу, тюлени из трех закрепленных на стенке вольера предметов выбирали (прикасались носом) один,



соответствующий предъявленному образцу. Таких опытов с самкой проведено 10 (575 предъявлений,  $61,48 \pm 5,79$  % правильных ответов), с самцом – 22 (1135 предъявлений) со средним числом правильных ответов  $82,8 \pm 3,8$  % (рис. 1б, в). В отличие от остальных животных, молодой самец не участвовал в представлениях океанариума, где тюлени выполняли серии движений преимущественно по жестовым командам.

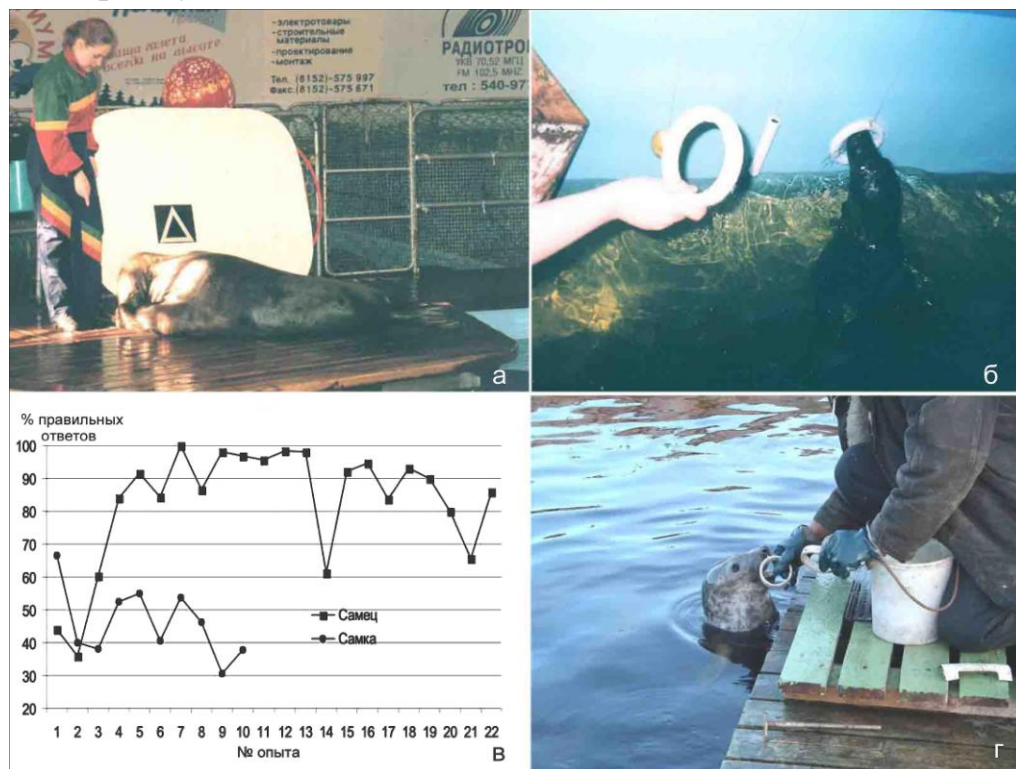


Рисунок 1 – Дифференцировка двумерных объектов (а),  
выбор предметов по образцу (б, в, г)

Таким образом, при содержании в неволе и обучении у серых тюленей вырабатывалась прочная "установка на обучение" с использованием раздражителей определенного типа и "комплексного раздражителя", главным элементом которого является тренер-экспериментатор. Животные, не имевшие длительного опыта выполнения движений по динамическим, жестовым командам, демонстрировали высокий уровень обобщения при дифференцировке и выборе по образцу трехмерных зрительных раздражителей. Выявленные различия, по-видимому, связаны также с особенностями восприятия и формирования у ластоногих образов двумерных и трехмерных изображений.

В опытах на морском экспериментальном полигоне ММБИ "Красные камни" в губе Сайда была поставлена более сложная задача: выбрать требуемый предмет из двух, находящихся в воде, и доставить его

экспериментатору. В качестве объектов для выбора и апортировки использовали "гантель" и "кольцо" белого цвета. Первоначально тюленю предъявляли один из предметов и по команде "ищи" требовали найти и доставить такой же. Сначала объект располагали на поверхности воды, затем погружали в воду, увеличивая глубину по мере достижения успешного выбора до тех пор, пока тюлень не стал уверенно находить данный предмет на дне. После этого перешли к экспериментам по выбору одного предмета из двух, затопленных на дне (рис. 1г). Впоследствии экспериментальную работу продолжили, используя для распознавания, выбора по образцу и апортировки объекты сложной формы.

Оценивая БТХ исследованных тюленей, можно сделать следующие выводы:

1. Серые тюлени проявляют высокий уровень способности к обобщению при выборе предметов по относительному признаку одинаковости и подобия ("выбор по образцу" зрительных стимулов) и по различию – при распознавании звуковых стимулов;

2. При определении минимальной степени подобия плоских геометрических фигур, различаемых тюленями, результаты, показанные серым тюленем, значительно выше, чем результаты морского зайца, что связано с видовыми различиями в образе жизни и пищедобывательном поведении;

3. Минимальный частотный интервал между звуками чистых тонов, распознаваемыми морским зайцем, составил 8 Гц, гренландским тюленем – 20 Гц;

4. При распознавании тюленями сложных звуковых стимулов ведущую роль играют периодичность следования и длительность составляющих их звуков чистых тонов.

Полученные данные об особенностях обучения и поведения тюленей, распознавания ими раздражителей различной модальности применимы в сравнительных исследованиях элементарной рассудочной деятельности животных, при формировании индивидуальных программ подготовки животных для научно-исследовательских и практических целей.

В качестве БТХ, отражающих уровень жизнеспособности детенышей тюленей, могут служить показатели динамики изменений состава крови в ходе адаптации животных к условиям неволи. Так, известно, что к возрастным особенностям состава крови относится уравнивание в определенные периоды жизни количества лимфоцитов и нейтрофилов, что

получило название "физиологического перекреста". У человека это явление изучено наиболее детально и отмечается на 4-е сутки жизни и в 4 года [14]. Позднее, при половом созревании, окончательно устанавливается нейтрофильный профиль крови, и ее состав в норме остается стабильным. Естественно, что у других видов млекопитающих с разной продолжительностью жизни и особенностями онтогенеза сроки физиологического перекреста могут различаться. Это явление наблюдается у тюленей №1 и №2, но отсутствует у тюленей №3 и №4 (рис. 2). Первые достигли периода полового созревания (4-5 лет), вторые – погибли.

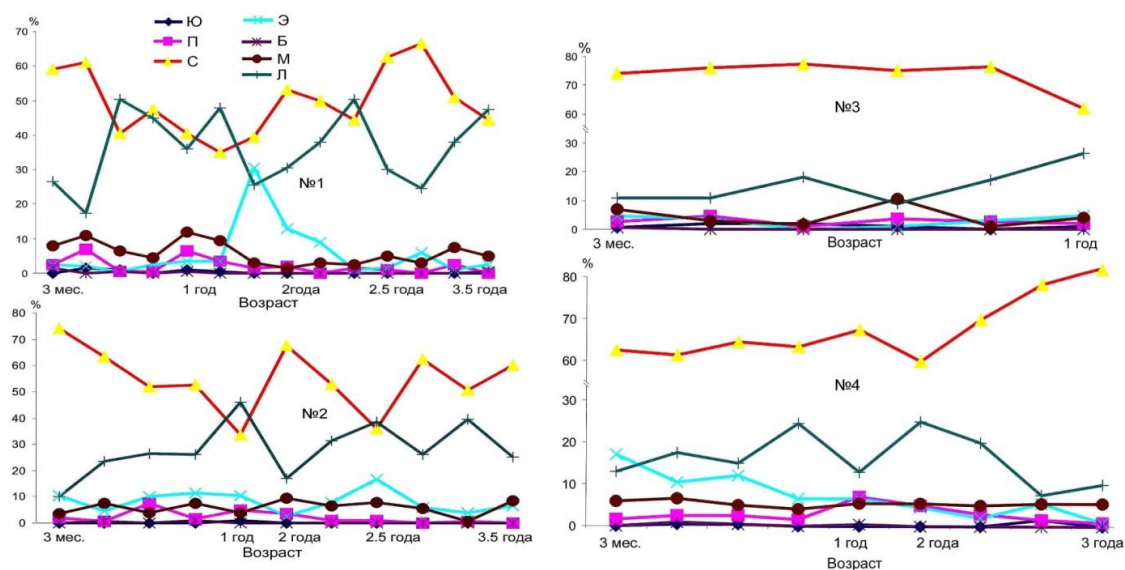


Рисунок 2 – Динамика изменения соотношения лейкоцитов различных типов у щенков гренландских тюленей:

Ю, П, С – юные, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы;  
Э – эозинофилы; Б – базофилы; М – моноциты; Л – лимфоциты

Результаты наших исследований свидетельствуют, что при определении БТХ морских млекопитающих, включаемых в биотехнические системы, необходимо, кроме психофизических, учитывать эколого-физиологические параметры животных.

### Литература

1. Журид Б. А., Верижникова С. А. Мы понимаем друг друга. – Севастополь : Задруга, 1997. – 496 с.
2. Березина И. А. Формирование зрительной дифференцировки у серых тюленей // Естественнонаучные проблемы арктического региона : тез. докладов второй региональной научной студенческой конференции, Мурманск, 15–16 мая 2001 г. – Мурманск, 2001. – С. 10–11.

3. Трошичев А. Р. Кавцевич Н. Н. Распознавание простых и сложных звуковых сигналов морским зайцем // Морские млекопитающие Голарктики : сб. науч. тр. по материалам междунар. конф., Коктебель, Крым, Украина, 11–17 октября 2004 г. – М., 2004. – С. 546–550.
4. Березина И.А., Кавцевич Н.Н. Распознавание тюленями зрительных и слуховых стимулов // Ученые записки МГПУ. Серия биологические науки. 2004. Вып. 1. С. 24–30.
5. Березина И. А., Кавцевич Н. Н., Калинин А. М. Определение минимального частотного интервала между двумя разными звуковыми сигналами, распознаваемыми представителями семейства настоящие тюлени [Электронный ресурс] // Наука и образование : материалы науч.-техн. конф. – Мурманск: МГТУ – 2007. – С. 505-509.
6. Экспериментальные исследования морских млекопитающих в условиях Кольского залива. – Апатиты: КНЦ РАН. – 2007. – 254 с.
7. Кавцевич Н. Н., Березина И. А. Биотехнические характеристики морских млекопитающих, перспективных для служебного использования // Морские животные на службе человеку : материалы науч.-практ. семинара, 4 октября 2010 г., Североморск. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. – 2011. – С. 25–33.
8. Березина И. А., Кавцевич Н. Н. Распознавание серыми тюленями зрительных раздражителей // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. – 2011. – Т. 13 (39). – № 1(5). – С. 1052-1056.
9. Пахомов М. В. Исследование возможности дифференцировки объектов по цветовому признаку представителями трех видов настоящих тюленей // Материалы ХХІХ конф. молодых ученых ММБИ. – Мурманск, 2011. – С. 169–174.
10. Березина И. А. Исследование поведения настоящих тюленей в условиях неволи : автореф. дис. канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2013. – 23 с.
11. Кавцевич Н. Н., Ерохина И. А. Биохимические и цитологические исследования морских млекопитающих в Арктике. – Апатиты: КНЦ РАН, – 1996. – 169 с.
12. Зорина З. А., Полетаева И. И. Зоопсихология. Элементарное мышление животных. – М. : Аспект Пресс. – 2001. – 320 с.
13. Дашевский Б.А., Близнюк Я. И. Роль зрительного внимания в процессе выработки дифференцировки у северного морского котика // Биологические науки. – 1989. – № 3. – С. 27–29.
14. Бобова Л.П., Кузнецов С.Л., Сапрыкин В.П. Гистофизиология крови и органов кроветворения и иммуногенеза. – М. : Новая волна. – 2003. – 157 с.

## Расчет и построение карт уязвимости Кольского залива от нефтяного загрязнения

**Калинка О. П., Карнатов А. Н., Ващенко П. С., Шавыкин А. А.**  
(г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, *kalinka@mmbi.info*)

**Аннотация.** дано представление о важных компонентах биоты и особо значимых объектах экосистемы Кольского залива с точки зрения нефтяного загрязнения. В соответствии с разработанной методикой произведен расчет и построение сезонных карт интегральной уязвимости от разливов нефти. Выявлены наиболее уязвимые районы – мелководные участки прибрежной полосы, требующие приоритетной защиты.

**Abstract:** given the understanding of valued components of the biota and particularly significant objects of the Kola Bay ecosystem from the point of view for oil pollution. In accordance with the developed methodology for the calculation and mapping of seasonal integrated vulnerability to oil spills. Identified the most vulnerable areas – shallow waters in the coastal zone that require priority protection.

**Ключевые слова:** Кольский залив, уязвимость, нефть, загрязнение, прибрежно-морские акватории, сезонные карты, экологическая безопасность.

**Key words:** Kola Bay, vulnerability, oil, pollution, coastal and marine waters, seasonal maps, ecological safety.

Кольский залив представляет собой объект интенсивного природопользования. Поэтому привлекает повышенное внимание как возможный источник загрязнения (в том числе нефтяного) не имеющий аналогов в российской и зарубежной Арктике. Выполнение любых операций с нефтью в арктических водах сложнее, чем в южных морях. Поэтому, уязвимость морских экосистем высоких широт в условиях роста транспортировок и нефтегазовых работ на шельфе Арктики требует серьезного отношения к вопросам экологической безопасности. В этой связи актуальным становится тема создания карт экологической уязвимости морских акваторий и берегов Кольского залива от нефтяного загрязнения. Их использование позволит определить более ранимые и устойчивые к загрязнению районы, облегчит выбор приоритетов при ликвидации разливов нефти, способствуя минимизации ущерба окружающей среде. Однако в России отсутствует единая общепризнанная методика построения таких карт. Нет и официальных нормативных документов, регламентирующих их содержание, расчет и построение.

Поэтому, целью настоящей работы являлась разработка подхода к оценке интегральной экологической уязвимости прибрежно-морских акваторий от действия нефти и построение соответствующих карт для Кольского залива.

На основании проведенного анализа существующих подходов к оценке уязвимости морских акваторий в России и за рубежом, а так же с учетом рекомендаций международных организаций был предложен алгоритм расчета интегральной уязвимости морских акваторий от действия нефти на примере Кольского залива. В соответствии с ним, на предварительном этапе был выделен перечень учитываемых компонентов среды (особо значимые объекты, абиотическая составляющая) и биоты (экологические группы/подгруппы/отдельные виды). Определены временные границы пяти сезонов для Кольского залива на основе биологических особенностей развития и поведения выделенных групп/подгрупп биоты. Построены сезонные карты исходного распределения биологических компонентов (в единицах измерения, принятых для каждой из групп биоты), и составлены карты наличия особо значимых объектов. Далее выполнена их нормировка для приведения в единые относительные единицы измерения, что необходимо для дальнейшего сложения карт и учета вклада значимых объектов и каждой из групп/подгрупп биоты в итоговую интегральную уязвимость. Степень уязвимости биологических организмов была оценена с учетом их чувствительности к токсиканту, способности восстанавливать исходное обилие и структуру, а так же потенциальным воздействием самой нефти. Для абиотической составляющей приоритетность защиты оценивалась исходя из эколого-экономической и социо-культурной значимости присутствующих объектов. На завершающем этапе карты нормированного распределения групп биоты посезонно складывались, предварительно умноженные на соответствующие им коэффициенты уязвимости. Аналогична процедура получения карт уязвимости абиотических объектов. Суммируя посезонно оба этих набора данных по формуле (1), была рассчитана интегральная уязвимость акватории от нефти (рисунок 1), учитывающая сезонное обилие биоты ( $Y_b$ ), наличие значимых объектов ( $Y_a$ ), а так же их различную уязвимость к нефтяному загрязнению, с помощью дополнительных коэффициентов ( $k$ ):

$$Y_{\Sigma} = k_b \times Y_b + k_a \times Y_a \quad (1)$$



Полученные значения уязвимости для каждого сезона делятся на три равных диапазона (ранги). Полигоны с разными значениями рангов отмечаются на итоговых картах цветом светофорной шкалы: ранг 1 – зеленый, 2 – желтый, 3 – красный. Примеры построенных карт для зимы и лета представлены на рисунке 1.

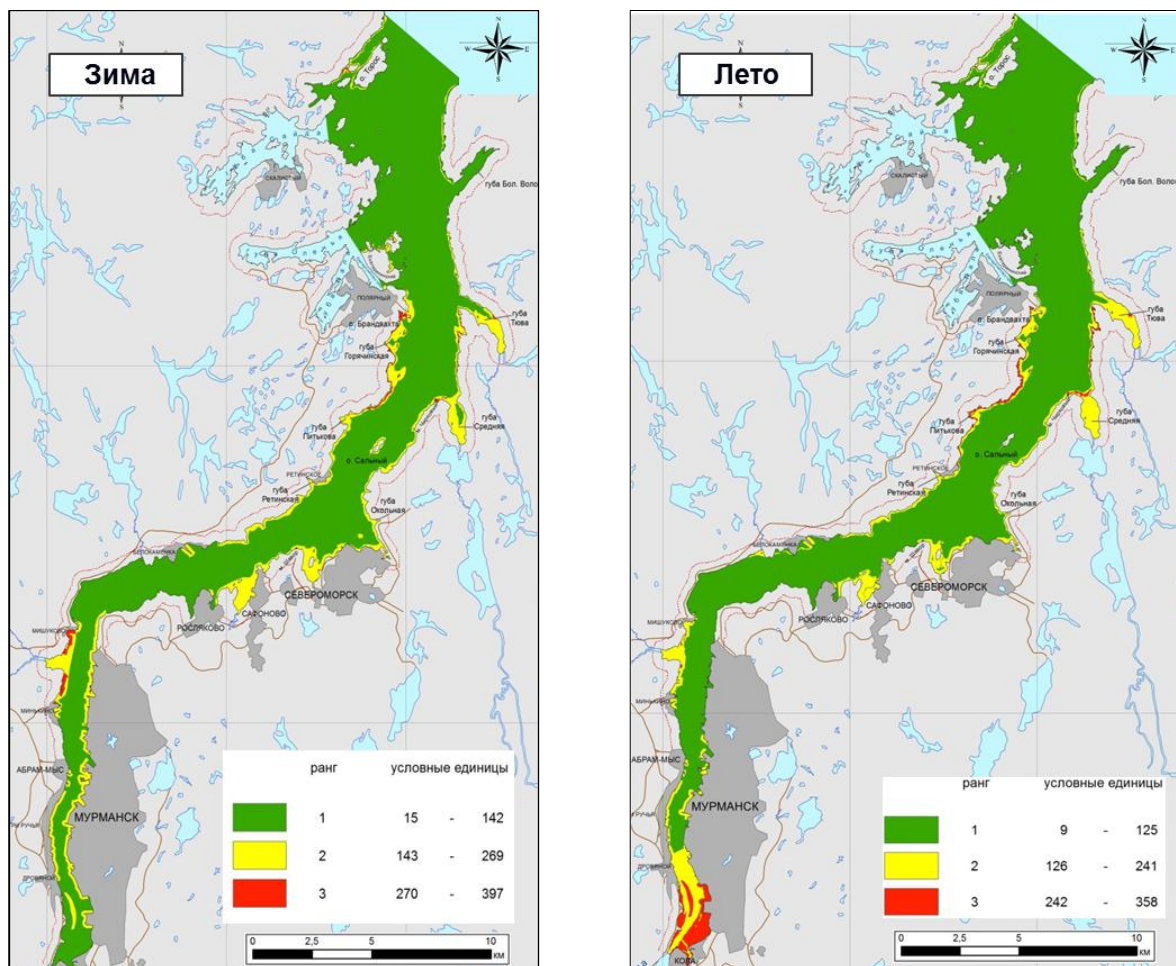


Рисунок 1 – Карты интегральной уязвимости акватории Кольского залива от действия нефти в зимний (ноябрь-декабрь) и летний (июль-август) сезоны

Участки с рангом 3, выделенные красным цветом, представляют собой районы приоритетной защиты. Это западное побережье на юг от ЗАТО Полярный до губы Питыкова во все сезоны, и восточное побережье между губами Тюва и Средняя во все сезоны, исключая осень. В летний период особо уязвимы мелководные участки кутовой части залива. Создание карт интегральной уязвимости представляет собой важный этап в деле предотвращения, готовности и реагирования на чрезвычайные ситуации. Такие карты служат ключевым рабочим инструментом, помогающим ликвидаторам нефтяного разлива принять правильные оперативные решения при ликвидации последствий аварий.

## Состояние сообществ макроводорослей на литорали Кольского залива в 1999 и 2009 гг.

**Канищева О. В.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биологии, e-mail: olga.goncharova1986@rambler.ru)

**Аннотация.** Проведено исследование состояния литоральных фитоценозов Кольского залива. Наиболее разнообразно были представлены бурые водоросли. Биомасса и количество видов макрофитов варьируют в разных местах исследования. Минимальная биомасса водорослей обнаружена на литорали мыс Притыка, наибольшая – в центральной части залива.

**Abstract.** Research on littoral phytocenoses state of the Kola bay is carried out. The most diversity was observed among the brown algae. Biomass and abundance of the macrophytes vary in different research areas. The minimum biomass of seaweed is found out within tidal area of Prityka cape, the maximum biomass is in the central part of the Kola bay.

**Ключевые слова:** макроводоросли, биомасса, литораль, морские экосистемы, Кольский залив.

**Key words:** macroalgae, biomass, intertidal zone, marine ecosystems, the Kola bay.

### Введение

В настоящее время водоросли во всем мире привлекают все большее внимание исследователей самого разного профиля. Макроводоросли как неподвижные организмы, доминирующие в прибрежных сообществах, первыми сталкиваются с загрязнением морского побережья, поэтому при проведении экологического мониторинга являются главными объектами исследований.

От первичной продукции, создаваемой водорослями прибрежья, в значительной мере, зависят промысловые ресурсы Баренцева моря в целом и здоровье человека в конечном итоге. Недооценка роли первичного продукционного звена в экосистемах Баренцева моря и необдуманное нарушение этого компонента в связи с хозяйственным освоением баренцевоморского региона может привести к серьезным экологическим последствиям [1].

Кольский залив – крупнейший и богатейший водоем на Мурманском побережье Баренцева моря, который интенсивно эксплуатируется. По его берегам сосредоточены крупные заполярные города с большим населением и развитой промышленностью. Состояние биоты водоема во многом зависит от состояния морских растений как первичных продуцентов [2].



Цель данной работы – исследовать таксономический состав и показатели обилия макроводорослей в разных частях Кольского залива. Задачами настоящего исследования являются изучение видового разнообразия и количественных характеристик макрофитобентоса на литорали Кольского залива.

### Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили сборы многоклеточных водорослей, доминирующих в макрофитоценозах литорали Кольского залива. Для анализа состояния фитоценозов макроводорослей выбрано 3 участка: мыс Притыка, мыс Абрам-Мыс и бухта Белокаменка (в соответствии с рисунком 1). Пробы отобраны в феврале – мае 1999 г. (Е.В. Шошиной) и в марте – мае 2009 г. (О.В. Канищевой).

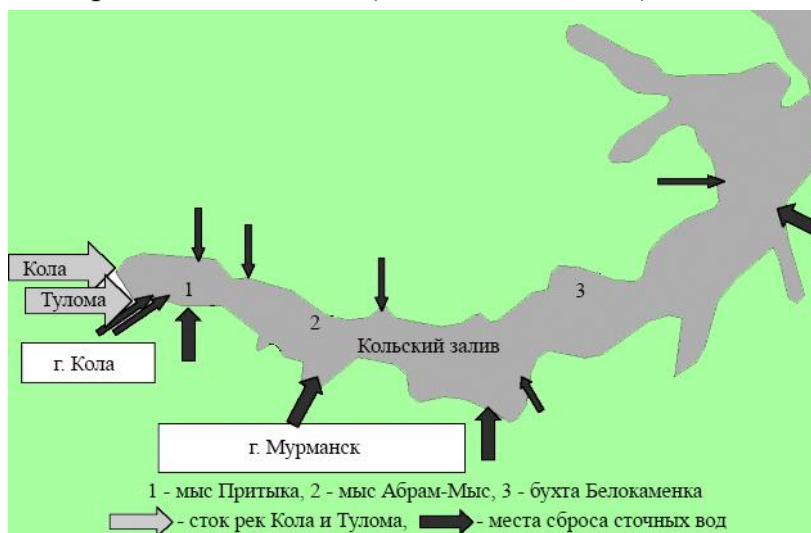


Рисунок 1 – Схема исследуемых участков Кольского залива Баренцева моря [2]

Пробы водорослей отбирались в наиболее характерных местах обитания во время сизигийных отливов методом вертикальных трансект с использованием рамки площадью 0,25 м<sup>2</sup> [3]. Камеральная обработка проб проводилась на кафедре биологии Мурманского государственного технического университета.

При обработке материала оценивали видовой состав и общую биомассу растений (В, кг/м<sup>2</sup>).

### Результаты и обсуждение

Сравнение видового состава водорослей показывает, что от открытой к кутовой части залива прослеживается обеднение в видовом разнообразии макрофитов, в том числе и на примере доминирующих видов. В целом, макроводоросли в Кольском заливе характеризуются слабым

количественным разнообразием видов по сравнению с не столь загрязненными губами на Мурманском побережье [4]. Обеднение в видовом составе сообществ водорослей на литорали вызвано, в первую очередь, нефтяным загрязнением залива.

Видовое разнообразие макрофитов в исследуемых районах Кольского залива приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Таксономический состав макроводорослей в исследуемых районах Кольского залива в 1999 и 2009 годах

Виды	Район					
	м. Притыка		м. Абрам-Мыс		б. Белокаменка	
	1999	2009	1999	2009	1999	2009
<i>Phaeophyta</i>						
<i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville			В	+	В	+
<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			В		В	
<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>Laminaria digitata</i> (Hudson) Lamouroux			В		+	
<i>L. hyperborea</i> (Gunnerus) Foslie			В		В	
<i>Petalonia fascia</i> (O.F.Müller) Kuntze			+		+	
<i>Pilayella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman	+	+	+	+	+	
<i>Pseudolithoderma subextensum</i> (Waern) Lund					+	
<i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane (=Laminaria saccharina (Linnaeus) Lamouroux)			В	+	+	+
<i>Rhodophyta</i>						
<i>Ahnfeltia plicata</i> (Hudson) Fries				+		
<i>Devaleraea ramentacea</i> (Linnaeus) Guiry			+	+	+	
<i>Hildenbrandtia prototypus</i> Nardo			+		+	
<i>Odonthalia dentata</i> (Linnaeus) Lyngbye			В	+	+	+

Виды	Район					
	м. Притыка		м. Абрам-Мыс		б. Белокаменка	
	1999	2009	1999	2009	1999	2009
<i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) Kuntze		+	+	+	+	+
<i>Phycodrys rubens</i> (Linnaeus) Batters			В	+		+
<i>Polysiphonia stricta</i> (Dillwyn) Greville (= <i>Polysiphonia urceolata</i> (Lightfoot) Greville)			+	+	+	+
<i>Porphyra laciniata</i> (Lightfoot) C. Agardh				+		
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Linnaeus) Kützing				+		+
<i>P. urceolata</i> (Lightfoot) Greville			+		+	
<i>Chlorophyta</i>						
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillwyn) J. Agardh	+		+	+	+	+
<i>Capsosiphon groenlandicus</i> (J. Agardh) Vinogradova			+			
<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>Monostroma grevillei</i> (Thuret) Wittrock			+	+	+	+
<i>Protomonostroma undulatum</i> (Wittrock) Vinogradova						+
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret	+		+		+	
<i>Ulvaria obscura</i> (Kützing) Gayral	+	+	+	+	+	+
<i>Urospora penicilliformis</i> (Roth) Areschoug	+		+		+	

*Примечание:* «+» – вид растет в данном месте, «В» – вид встречен в выбросах.

По данным С.Е. Завалко и Е.В. Шошиной в 1999 г. [2] было обнаружено 27 видов литоральных макроводорослей, наиболее разнообразно были представлены бурые водоросли – 13 видов (43 %), красные и зеленые составляют по 7 видов (соответственно по 26 %), что в целом практически соответствует количеству видов, обнаруженных в наших исследованиях. На литорали Кольского залива в 2009 г. отмечено 28 видов макроводорослей в исследуемых районах, среди которых также наиболее разнообразно представлены бурые водоросли – 12 видов (42 %), красные и зеленые составляют соответственно по 8 видов (29 %) (в соответствии с рисунком 2).

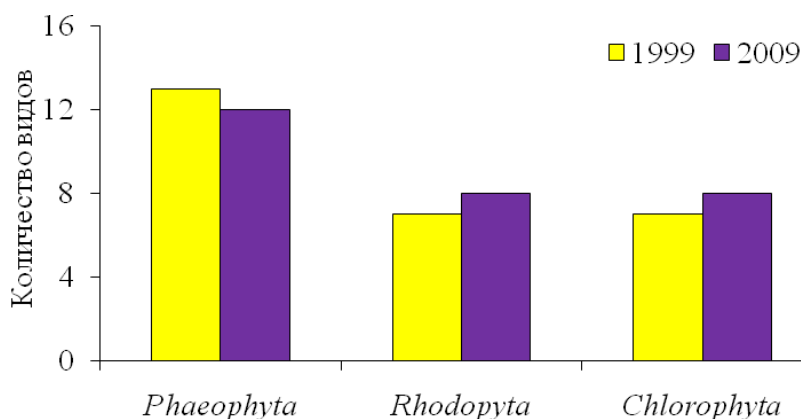


Рисунок 2 – Количество видов водорослей в разных отделах, встреченных на литорали Кольского залива в 1999 и 2009 гг.

На разных участках Кольского залива видовой состав и численность растений разных видов сильно варьируют. Максимальное количество видов встречается на литорали бухты Белокаменка и мыс Абрам-Мыс (в соответствии с рисунком 3). На литорали в районе б. Белокаменка преобладают грунты с каменистой и илисто-песчаной фацией, и отмечается постоянная океаническая соленость (25 – 34 ‰). Сочетание видов макроводорослей при таком типе биотопа характерно для устьев, заливов и бухт. В районе м. Абрам-Мыс преобладают грунты с каменистой фацией, здесь отмечены достаточно сильные колебания солености (2 – 30 ‰) [5]. На нижнем горизонте литорали встречаются крупные скопления *Fucus serratus* и *Laminaria saccharina*.

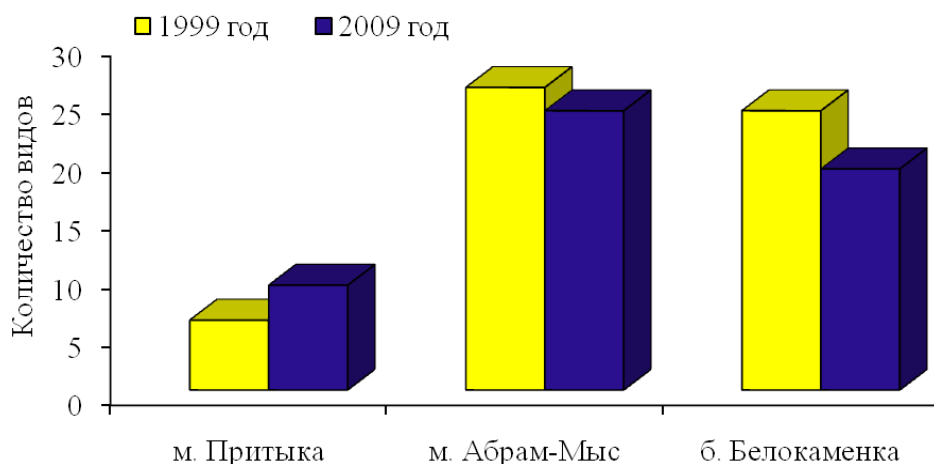


Рисунок 3 – Количество видов водорослей в сообществах фукусовых водорослей в исследуемых районах Кольского залива в 1999 и 2009 гг.

Наименьшее число видов отмечается на литорали в районе мыса Притыка (в куту Кольского залива). В районе м. Притыка на всем протяжении приливно-отливного цикла 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 [2]. В кутовой части залива отмечена концентрация азотсодержащих элементов в воде, превышающая предельно допустимые концентрации в 100 раз [6].

Биомасса водорослей в литоральных фитоценозах весьма варьирует в исследованных районах Кольского залива. Наблюдаемое закономерное снижение биомассы сообщества с продвижением к внутренней части залива в ряду: б. Белокаменка – м. Абрам-Мыс – м. Притыка – наглядно демонстрирует общее угнетение макрофитов на литорали Кольского залива по сравнению с незагрязненными районами.

Анализ данных показывает, что в 1999 г. были отмечены более высокие значения биомассы по сравнению с 2009 г. Максимальная биомасса водорослей наблюдалась на литорали в районе м. Абрам – Мыс и б. Белокаменка (в соответствии с рисунком 4).

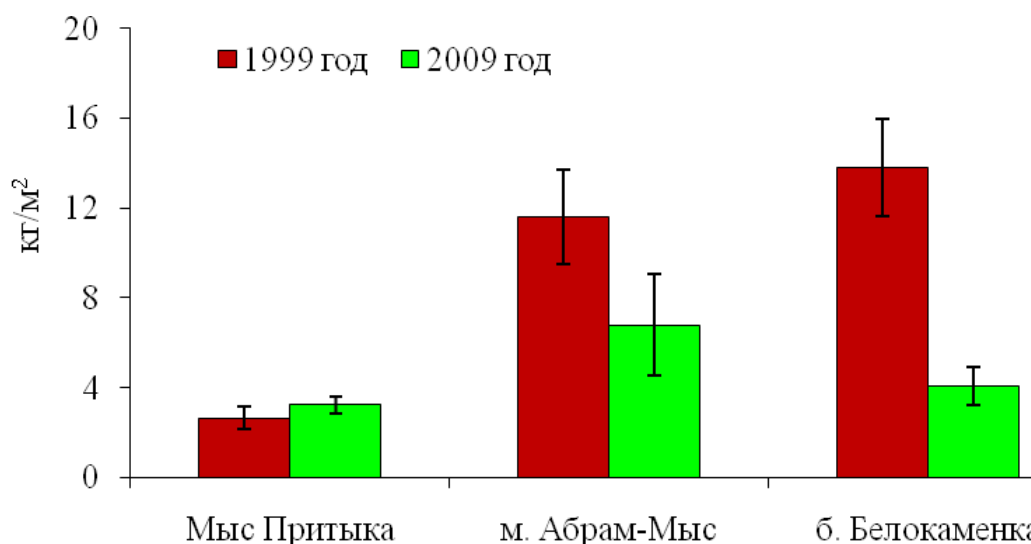


Рисунок 4 – Биомасса макрофитов в сообществах фукусовых водорослей в исследуемых районах Кольского залива в 1999 и 2009 гг.

Биомасса макрофитов на мягких грунтах составила около 3,5 кг/м<sup>2</sup>, на каменистых россыпях – до 14 кг/м<sup>2</sup>. Наименьшая биомасса водорослей в исследуемые года отмечается на литорали в районе мыса Притыка, что

обусловлено совокупностью гидрологических факторов: соленостью, эвтрофированием, ледовым режимом и гранулометрическим составом грунта.

### **Заключение**

Исследование показало, что в настоящее время видовой состав макроводорослей, встреченных в Кольском заливе, типичен для сообществ фукусовых в защищенных местообитаниях на Мурманском побережье Баренцева моря. При движении от открытой к кутовой части залива прослеживается обеднение в видовом составе водорослей, в том числе и на примере доминирующих видов. На литорали около г. Мурманска (по сравнению с менее загрязненными районами) наблюдается снижение биомассы, количества видов, а также общее угнетение водорослей-макрофитов.

### **Литература**

1. Воскобойников Г. М. Механизмы адаптации, регуляции роста и перспективы использования макрофитов Баренцева моря: Автореф. дисс. докт. биол. наук. – Мурманск, 2006. 45 с.
2. Завалко С. Е., Шошина Е. В. Многоуровневая морфофизиологическая оценка состояния фукусовых водорослей в условиях антропогенного загрязнения (Кольский залив, Баренцево море) // Вестник МГТУ. – 2008 – Т. 11, № 3 – С. 423-431.
3. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под. ред. Цыбань А. В. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 185 с.
4. Шошина Е.В., Аверинцева С.Г. Распределение водорослей в губе Ярнышной Баренцева моря // Гидробиол. иссл-ния в заливах и бухтах северных морей России. – Апатиты, 1994. С. 38-61.
5. Тюкина О. С., Малавенда С. С. Микрофитопланктон поверхностного слоя прибрежного района южного колена Баренцева моря // Материалы XXVII конференции молодых ученых ММБИ КНЦ РАН. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2009. С. 168-170.
6. Завалко С. Е., Полищук А. С., Дмитриева Е. Г. и др. Многоуровневая оценка морфофизиологических параметров бурых водорослей литорали Кольского залива в градиенте химического загрязнения // [Электронный ресурс]. – Мурманск: МГТУ, 2002. Международная научно-техническая конференция «Наука и образование 2002».

## **Особенности выращивания радужной форели в УЗВ в Мурманской области**

**Капитанчук Ю. С.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра  
биоэкологии, e-mail: kapitanchuck2011@yandex.ru)

**Аннотация.** Выращивание рыбы в УЗВ позволяет обеспечить круглогодичное производство объектов аквакультуры вне зависимости от климатических условий района размещения предприятия и наличия значительных водных ресурсов, незначительный объем потребления свежей воды обеспечивает минимальное воздействие на окружающую среду. В УЗВ воздействие патогенов значительно снижено, но возможность занесения инфекции в бассейны рыбоводного комплекса сохраняются. Так как главной особенностью УЗВ является наличие и использование биофильтров и рециркуляционной воды, лечение заболеваний рыб в таких системах требуют другого подхода, чем в традиционных хозяйствах.

**Annotation:** Growing fish in the installation of a closed water (ICW) allows you to ensure year-round production of aquaculture species, regardless of climatic conditions in the project area and the presence of significant water resources, the small volume of fresh water consumption ensures minimum impact on the environment. In ICW exposure to pathogens is significantly reduced, but the possibility of infection in fish swimming pools of the complex remain. Since the main feature of ICW is the availability and use of biofilters and recirculation of water, treatment of fish diseases in these systems require a different approach than traditional farms.

**Ключевые слова:** установка замкнутого водообеспечения, выращивание, рыба, заболевание, распространение, бактерии, исследования, лечение.

**Key words:** the recirculating water, cultivation, fish, disease, distribution, bacteria, research, treatment.

Создание рыбоводных комплексов с использованием установок замкнутого водообеспечения (УЗВ) позволяет вести эффективное круглогодичное производство любых объектов аквакультуры (рыб, креветок, двустворчатых моллюсков и т.д.) вне зависимости от климатических условий района размещения предприятия и наличия значительных водных ресурсов, так как данная технология основана на повторном использовании воды с применением биологических и механических фильтров. В то время как традиционное рыбоводство полностью зависит от внешних условий: температура воды, уровень кислорода и т.д., в УЗВ эти внешние факторы исключаются полностью,

либо частично, поскольку такого плана рециркуляционные технологии позволяют рыбоводам полностью контролировать все производственные параметры, обеспечивая стабильные и оптимальные условия для рыб, что, в свою очередь, приводит к меньшему стрессу и лучшему росту. Результатом подобных стабильных условий становится постоянный и предсказуемый рост, позволяющий рыбоводу точно прогнозировать, когда рыба достигнет определенного этапа развития или размера [1]. Аквакультура в УЗВ считается не только одной из самых легких и экономически выгодных способов производства рыбы, но и наиболее экологическим методом по выращиванию рыбы и других объектов аквакультуры. Во-первых, из-за меньшего количества используемой воды в УЗВ и, во-вторых, из-за меньшего объема сбрасываемой загрязненной воды, обеспечивая минимальное воздействие на окружающую среду.

Также одним из важнейших из таких преимуществ является аспект заболеваний. В УЗВ воздействие патогенов значительно снижено, поскольку попадание в установку инвазионных заболеваний из окружающей среды сведено к минимуму вследствие ограниченного использования воды. В обычных условиях вода для рыбоводства берется из реки или озера, что, естественно, повышает риск внесения заболеваний. В УЗВ, благодаря ограниченному потреблению воды, вода обычно берется из скважины или ключа, где риск заболеваний минимален [1]. Однако выращивание рыб в этих системах не решает проблемы болезней. Распространение и передача инфекционного или инвазионного заболевания в УЗВ может происходить от рыбы к рыбе через воду, инвентарь и т.д. Главным источником заражения всегда являются более ослабленные и восприимчивые к заболеваниям рыбы. Такие экземпляры как можно скорее необходимо изолировать из системы [2].

В 2014 году в аквакомплексе, одного из предприятий Мурманской области, оснащенном установкой замкнутого водообеспечения, в изолированном бассейне с автономными фильтрами которого содержалась радужная форель. Данный вид рыб считается одним из наиболее пригодных для выращивания в условиях УЗВ от малька до товарного вида. На данном предприятии вода, подаваемая в рыбоводный комплекс, доставлялась из артезианской скважины по распределительной сети. Физико-химические параметры доставляемой воды по результатам гидрохимических исследований соответствовали ветеринарно-санитарным



требованиям для форелевых хозяйств. Температура воды на день обследования рыбоводного объекта составляла 6<sup>0</sup>С.

При клиническом осмотре радужной форели были отмечены некроз и разрушение спинного плавника с нарушением целостности кожных покровов у его основания. У отдельных экземпляров наблюдалось разрушение кожи с оголением мышц на спинной поверхности. При микроскопическом исследовании нативного и окрашенного мазков с пораженных участков были выделены палочковидные бактерии с характерными вращательными движениями. На основании клинических признаков и микроскопического исследования был предварительно поставлен диагноз флексибактериоз. Окончательный диагноз был поставлен после проведения бактериологического исследования (с выделением возбудителя) в аккредитованной Мурманской облветлаборатории.

По результатам бактериологического исследования, проведенного областной ветеринарной лабораторией г. Мурманска был получен следующий результат: из доставленных экземпляров радужной форели с поверхности язв и почек выделена культура возбудителя флексибактериоза – *Flexibacter columnaris*.

*Flexibacter columnaris* (семейство Cytophagaceae) – возбудитель флексибактериоза («серое седло») – бактериальное заболевание пресноводных рыб, вызывающие поражения жабр и кожи рыб; регистрируется у всех культивируемых видов рыб. Наибольшую опасность представляет для молоди лососевых и карповых рыб. В колониях на средах и на рыбе образует характерные столбчатые массы. Являются постоянными компонентами водного бактериоценоза [3].

В соответствии с Инструкцией о мероприятиях по борьбе с миксобактериозами лососевых рыб, утвержденной Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 18.09.1998 № 13-4-2/1395, в связи с установлением диагноза флексибактериоз рыб, относящегося к особо опасным болезням животных, приказом Комитета по ветеринарии установлены ограничительные мероприятия по миксобактериозу лососевых рыб в рыбоводном бассейне с обязательным выполнением Плана оздоровительных мероприятий.

Специалистами ветеринарной службы – ихтиопатологами были даны рекомендации по проведению эффективных лечебно-оздоровительных мероприятий против миксобактериоза лососевых рыб в УЗВ с использованием

марганцевокислого калия (концентрации 1-1,5 г/м<sup>3</sup> в течение 5-10 мин.), фуразолидона (50 г/л в течение 5 дней), а также для поддержания оптимального гидрохимического режима в карантинном рыбоводном бассейне с проведением чистки и дезинфекции рыбоводного бассейна с использованием дезинфицирующих средств, промывкой механического фильтра от остатков корма и фекалий, и биофильтра от взвешенных частиц или его заменой.

Помимо бактериальных заболеваний у выращиваемых рыб в УЗВ, наиболее часто встречаются заболевания, вызванные простейшими (родов *Costia*, *Apiosoma*, *Trichodina*, *Trichodinella*), ракообразными (*Argulus*, *Ergasilus*). Цикл их развития прямой. Заражение может происходить от рыбы к рыбе, через воду, рыбоводное оборудование. При оптимальных условиях и стабильном состоянии хозяина регистрируют единичное число паразитов. Диагноз ставят на основании клинических признаков, эпизоотологических данных и обнаружения большого количества паразитов. Профилактические мероприятия включают оптимизацию условий выращивания и недопущение контакта с больными рыбами [4].

В 2014 году при паразитологическом исследовании рыбы, выращиваемой в том же аквахозяйстве Мурманской области, оснащенном УЗВ, при проведении микроскопии мазков из соскобов слизи с поверхности тела, жабр и плавников обнаружены инфузории рода *Apiosoma*, ИИ – 7-73; сосущие инфузории рода *Trichophrya* (*Capriniana piscium*), ИИ – 3-15 (2013 г.). Для проведения антипаразитарной обработки ихтиопатологами были даны рекомендации: 2,5% солевые ванны, с экспозицией 15 минут или прямое добавление в бассейн. Поваренная соль – эффективное средство при антипаразитарной обработке и для снятия стресса выращиваемым рыбам. Соль не оказывает негативного действия на биофильтр. Формалиновые ванны (1мл на 10 л воды), с экспозицией 10-15 минут, с обязательным проведением пробных ванн. Также могут быть использованы: малахитовый зеленый, метиленовый синий, фиолетовый «К». Как правило, такими препаратами в УЗВ рыбу подвергают кратковременной обработке, после чего их незамедлительно сливают в канализационную сеть и исключают из водообмена. Все эти препараты оказывают негативное воздействие на биофильтр, и их нельзя использовать для длительной обработки.

Лечение заболеваний рыб в УЗВ отличается от лечения на традиционных рыбных хозяйствах. На традиционных рыбных хозяйствах

вода используется только один раз, прежде чем она покидает систему. В УЗВ использование биофильтров и постоянная рециркуляция воды требуют другого подхода. Добавление лекарственных препаратов влияет на всю систему, включая рыбу и биофильтры, поэтому при лечении требуется большая осторожность. Обработка против эктопаразитов может осуществляться путем добавления химических веществ в воду. В пресноводных системах использование поваренной соли (NaCl) является эффективным способом уничтожения большинства паразитов, в том числе, бактериального заболевания жабр. Также для лечения паразитарных инфекций в УЗВ разрешается использование формалина (НСНО). Доказано, что механическая фильтрация является довольно эффективным методом против распространения эктопаразитов. Например, использование 70-микронной фильтрующей ткани удаляет некоторые стадии развития *Gyrodactylus*, а 40-микронная фильтровальная ткань может удалить яйца различных паразитов. Наиболее надежным способом обработки рыб является проведение лечебных ванн. Вместо этого, для наиболее эффективного лечения применяют следующий метод: рыба содержится в бассейне, где поступление воды отключается и оксигенация или аэрация бассейна осуществляется за счет распылителей. В бассейн добавляется раствор необходимого химического вещества, в котором рыбу оставляют плавать в течение определенного времени. Затем поступление воды опять открывается и, по мере водообмена в бассейне, раствор постепенно разбавляется. Вода, вытекающая из бассейна, разбавляется водой, находящейся в системе УЗВ, потому что концентрация в биофильтре будет значительно ниже, чем в обработанном бассейне. Таким образом, в отдельном бассейне можно достичь относительно высокой концентрации химического вещества с целью уничтожения паразита, в то же время уменьшая воздействие данного средства на систему биофильтрации. Как рыбы, так и биофильтры могут быть адаптированы к обработке солью, формалином и др. веществами, медленно повышая концентрации от одной обработки к другой. После обработки рыбы, эта вода, вместо возврата в систему, также может быть откачана в отдельный блок для деградации.

Правильное использование лекарственных препаратов и дезинфицирующих средств – составная часть успешного выращивания рыб в УЗВ. В любом случае необходимо внимательно следить за параметрами качества воды, чтобы обнаружить любые изменения, поскольку они могут

указывать на какое-либо воздействие на биофильтр. Может потребоваться изменение рационов кормления, использование большего количества подпиточной воды или изменение расхода воды в системе [1].

### **Литература**

1. Якоб Брайнбалле. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. – Копенгаген, – 2010 г.
2. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н., Казарникова А.В., Коваленко М.В. Причины возникновения и пути распространения заболеваний рыб в УЗВ // Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. – 2008. – 112 с.
3. Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. Часть 1. – Москва: Изд-во АМБ-агро. – 1998. – 198с.
4. Казарникова А.В. Заболевания осетровых рыб в замкнутой системе водоснабжения // Ветеринария № 3. – 2007 г.

## Молекулярно-филогенетический анализ трех популяций медуз *Aurelia aurita*

Котова А. В., Адонин Л. С. (г. Санкт-Петербург, Институт цитологии  
РАН, e-mail: leo.adonin@gmail.com)

**Аннотация.** В настоящей работе проведен филогенетический анализ трех географически-локализованных популяций сцифоидной медузы *Aurelia aurita*: Белое, Черное и Японское моря. Анализ проведен на основании последовательностей 18 и 28S рРНК. Показано, что медузы из Белого и Черного моря образуют общий кластер, а медузы из Японского моря объединены в отдельную ветвь. Обнаружены различия в кариотипах этих медуз.

**Abstract.** We conducted phylogenetic analysis of three geographically-localized populations scyphomedusa *Aurelia aurita*: White, Black and Japanese seas. The analysis is performed on the basis of sequences 18 and 28S rRNA. It is shown that the jellyfish from the White and the Black seas form a common cluster and jellyfish from Japanese seas are united in a other branch. We have shown significant differences in the karyotypes of these jellyfish.

**Ключевые слова:** *Aurelia aurita*, мезоглеин, рРНК, филогения.

**Key words:** *Aurelia aurita*, mesoglein, rRNA, phylogeny.

Сцифоидные медузы из рода *Aurelia* – наиболее изученные представители типа Cnidaria. На протяжении прошлого века исследователи выделяли разное количество видов в роде *Aurelia*, но к концу 20-го века только *A.aurita*, *A.limbata*, *A.labiata* признаны морфологически отличимыми. *A.aurita* долгое время считалась видом-космополитом из-за морфологического сходства взрослой фертильной особи из разных географически удаленных популяций. Характерной чертой медуз является наличие «толстой» прослойки межклеточного вещества – мезоглеи, заключенной между двумя эпителиальными слоями (эпи- и гастродермой). Мезоглеин – один из мажорных белковых компонентов мезоглеи, открытый в нашей лаборатории. В настоящей работе провели сравнение мезоглеина и его гена у медуз из трех популяций: Белого (БМ), Черного (ЧМ) и Японского морей (ЯМ). При сравнении SDS-электрофореграмм гомогенатов мезоглеи выяснилось, что набор белковых полос разных популяций сходен. Однако, в мезоглее медуз из ЯМ присутствует белок с молекулярной массой около 53/55 кДа, в то время как масса мезоглеина медуз из БМ и ЧМ – 47 кДа. Антитела против мезоглеина медуз из БМ связывают

только белок 47 кДа. Белок 53/55 кДа не выявляется антителами против мезоглеина ни на иммуноблотах, ни на парафиновых срезах. Возможные различия в структуре гена проверили методом ПЦР с праймерами, специфичными к гену мезоглеина медуз из БМ. ПЦР-продукты ожидаемой длины получили только на матрице кДНК, полученных с poly(A)RNA мезоглеальных клеток медуз ЧМ и БМ.

С помощью полученных нами последовательностей генов 18S и 28S рРНК, мы реконструировали филогенетические связи между тремя популяциями медуз из БМ, ЧМ и ЯМ. Несмотря на географическую удаленность БМ и ЧМ, медузы этих популяций образуют единую группу, в то время, как медузы из ЯМ формируют отдельный кластер. Помимо этого, при сравнении кариотипов этих медуз показано, что кариотип медуз БМ и ЧМ представлен 19 ( $2n=38$ ) парами хромосом, а медуз ЯМ – 17 ( $2n=34$ ) парами. Полученные результаты свидетельствуют о существовании 2-х видов *Aurelia*: обитающего в БМ и ЧМ, *Aurelia aurita* и *A.sp.1* ЯМ.

## Углеводороды в донных осадках Баренцева моря

Литовская А. М., Багрянцева У. П. (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО»,  
e-mail: litovskaya@pinro.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты определения содержания алифатических и полициклических ароматических углеводородов в донных осадках Баренцева моря в сентябре 2014 года, обсуждается их состав, особенности распределения и источники поступления.

**Abstract.** The results of determination of the contamination of the Barents sea sediment by the aliphatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons in September, 2014 are introduced. Compound, features of their distribution and sources of receipt is discussed.

**Ключевые слова:** алифатические углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, источники поступления.

**Key words:** aliphatic hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons, sources of receipt.

Странами ООН, участвующими в мероприятиях по улучшению и охране окружающей среды, согласован общий перечень наиболее важных (приоритетных) веществ, загрязняющих океан. К их числу относятся, прежде всего, нефть и нефтепродукты, а также их составляющие, такие как полициклические ароматические углеводороды. Пока не прекратится транспортировка нефти морским путем и по подводным нефтепроводам, пока будет проводиться разработка морских нефтегазовых месторождений, аварии неизбежны, так же как неизбежно нефтяное загрязнение океана.

В последнее время центр работ нефтегазового комплекса все дальше перемещается в море. С увеличением объемов добычи, переработки, транспортировки, хранения и потребления нефти и нефтепродуктов расширялись масштабы их разливов и загрязнения ими окружающей среды. В настоящее время Российская Арктика становится основным ресурсным регионом России, так как здесь сосредоточены главные запасы всех полезных ископаемых страны [1].

В ПИНРО проводится мониторинг загрязнения элементов экосистемы Баренцева моря. Он предусматривает выполнение наблюдений за уровнем содержания алифатических (АЛУ) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде, донных осадках и промысловых видах гидробионтов. Высокие уровни содержания ПАУ и

АЛУ в объектах морской среды часто являются показателем нефтяного загрязнения. Мониторинг ПАУ в морской окружающей среде обусловлен их канцерогенными и мутагенными свойствами.

В работе использованы экспедиционные материалы, собранные сотрудниками ПИНРО в Баренцевом море (рейс НИС «Протей», сентябрь 2014 г.), на 8 станциях (см. рис. 1). Проанализировано 8 проб донных осадков, представленных в основном серым илом.

АЛУ (*n*-парафины) в верхнем слое донных осадков представлены широким спектром углеводородов от C<sub>8</sub> до C<sub>31</sub>. Из изопреноидов были идентифицированы пристан (iC<sub>19</sub>) и фитан (iC<sub>20</sub>).

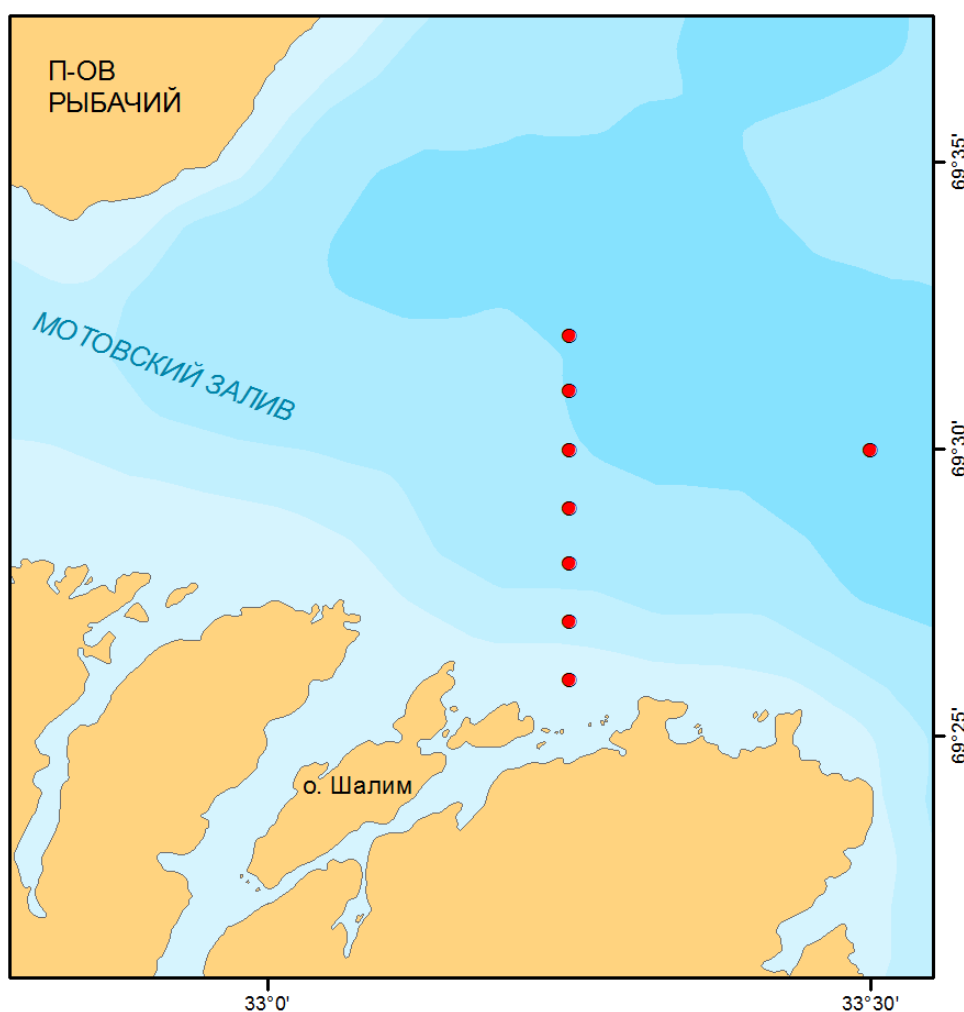


Рисунок 1 – Станции отбора проб донных осадков Баренцева моря

Отношение содержания нормальных алканов с нечетным и четным числом атомов углерода в цепи (CPI), а также низкокипящих и высококипящих алканов ( $nC_8-nC_{22}/nC_{23}-nC_{31}$ ) используют как индикаторы степени превращения углеводородов, их природы и условий нахождения в донных осадках [2].



В составе алифатических соединений донных осадков преобладали углеводороды как нефтяного, так и биогенного происхождения, о чем свидетельствовала динамика значений углеродного коэффициента СРІ (0,73-1,26).

О нефтяном происхождении АЛУ свидетельствуют динамика соотношения изопреноидов пристан/фитан в донных осадках Баренцева моря –  $\leq 1,0$ , а также доминирование низкокипящих алканов (1,04-1,88). Одним из наиболее четких критериев определения АЛУ в исследованных пробах является наличие на хроматограммах экстрактов углеводородов, выделенных из донных осадков, «горба» неразделенных газовой хроматографией соединений, которые представлены в основном циклоалканами и нафтено-ароматическими углеводородами [3].

Нормативы содержания АЛУ в донных осадках отсутствуют, но по литературным данным природный уровень АЛУ в морских донных осадках может достигать 50 мкг/г сухой массы. Содержание АЛУ в донных осадках открытых районов Баренцева моря варьировало от 0,43 до 1,22 мкг/г сухой массы и было значительно ниже техногенного фонового уровня, характерного для верхнего слоя донных осадков Западно-Арктического шельфа – 340 мкг/г сухой массы [4].

В составе ПАУ определялись 19 соединений: нафталин (Naph), аценафтилен (AcI), аценафтен (Ac), флуорен (Fln), фенантрен (Phe), антрацен (Ant), флуорантен (Flt), пирен (Py), бенз(а)антрацен (BaA), хризен (Chry), бенз(б)флуорантен (BbF), бенз(к)флуорантен (BkF), бенз(а)пирен (BaP), индено(1,2,3-сd)пирен (IPy), дибенз(аh)антрацен (DBA), бенз(g,h,i)перилен (Bper), 2-метилнафталин (2-Me), 1-метилнафталин (1-Me) и перилен (Per).

Суммарное содержание ПАУ в верхнем слое донных осадков Баренцева моря варьировало от 3,16 до 26,8 нг/г сухой массы осадка.

Сходства и различия между составом компонентов ПАУ могут использоваться для идентификации источников их поступления в окружающую среду [5].

Из группы углеводородов, которые являются индикаторами промышленных и других выбросов, выделяют Py, Flt, Bper, BbF, IPy. Пирен и флуорантен являются преобладающими компонентами выбросов систем, связанных с пиролизом органического вещества.

Фенантрен может иметь петрогенное (нефтяное), пирогенное (высокотемпературное разложения органических топлив) и также диагенное

(преобразование рыхлых осадков в осадочные горные породы в верхней зоне земной коры) происхождение. Флуорантен – универсальный компонент процесса высокотемпературного разложения органических материалов и присутствует в продуктах сгорания твердых топлив (угля, торфа, древесины).

Отношение между содержанием индивидуальных ПАУ Phe/Ant и Flt/Py используется для того, чтобы выявить различия между углеводородами разного происхождения [6]. Фенантрен термодинамически более устойчив, чем антрацен, значительное превышение уровня содержания фенантрена над его изомером антраценом характерно для загрязнения нефтепродуктами [7].

Превышение содержания флуорантена над содержанием пирена (Flt/Py) связано с пиролитическим происхождением ПАУ [8], а именно со сгоранием углей.

Концентрации фенантрена колебались в диапазоне 0,35-2,15 нг/г, антрацена – 0,06-0,27 нг/г сухой массы, что указывает на загрязнение донных осадков нефтепродуктами. Флуорантен универсальный компонент процесса сгорания твердых топлив. Концентрации флуорантена колебались в диапазоне 0,63-2,81 нг/г, пирена – 0,43-1,32 нг/г сухой массы. Коэффициент Flt/Py на всех участках превышает 1. Это связано с пиролитическим происхождением ПАУ (сгоранием органического топлива).

Суммарное содержание канцерогенных ПАУ (КПАУ) (BaA, BbF, BaP, IPy и DBA) варьировало от 3,8 до 22 %  $\Sigma$ ПАУ. Бенз(а)пирен является единственным потенциально канцерогенным соединением, для которого установлены токсикологические характеристики позволяют судить об истинном уровне канцерогенной активности [9]. Содержание бенз(а)пирена в среднем составляло 1,5 %.

Одним из критериев происхождения ПАУ в донных осадках являлось отношение суммарного содержания низкомолекулярных соединений ( $\Sigma$ НМС) к суммарному содержанию высокомолекулярных соединений ( $\Sigma$ ВМС). Петрогенное загрязнение характеризуется господством НМС (AcI, Ac, Fln, Phe, An, Flt), в то время как ВМС (BaA, Chry, BbF, BkF, BaP, Ipy, DBA, Bpeг) доминируют в загрязнениях, вызванных протеканием пиролитических процессов [10]. Для донных осадков на большинстве исследованных станций соотношение было больше 1, что указывало на петрогенное происхождение ПАУ.

В России отсутствуют нормативы содержания загрязняющих веществ в морских донных осадках. В соответствии с классификацией

уровней загрязнения, принятой Норвежским Государственным Агентством по охране окружающей среды (SFT), содержание  $\Sigma$ ПАУ и бенз(а)пирена в исследованных пробах не превышало фоновых уровней – <300 и <10 нг/г сухой массы соответственно [11].

## Литература

1. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М.: Научный мир. – 2013. – 432 с.
2. Матишов Г. Г. Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение).// Матишов Г. Г., и др./ – Апатиты. – 1997. – 404 с.
3. Пересыпкин В.И., Александров А.В. Поступление и особенности распределения алкано-нафтеновых углеводородов в донных осадках Кандалакшского залива Белого моря // Океанология. – 1996. – Т. 36. – № 5. – С. 727-734.
4. Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. – М.: Научный Мир. – 2002. – 135 с.
5. Page D.S., Boehm P.D., Douglas G.S. at al. Pyrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments record past human activity: a case study in Prince William Sound, Alaska // Mar. Poll. Bull. 1999. – Vol. 38, – No 4. – P. 247-260.
6. Budzinski H., Jones I., Bellocq J. et al. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary // Mar. Chem. 1997. – Vol. 58. – P. 85-97.
7. Sicre M.A., Marty J.C., Saliot A. at al. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in different sized aerosols over the Mediterranean Sea: occurrence and origin // Atmos. Environ. 1987. – Vol. 21. – P. 2247-2259.
8. Butler J.D., Crossley F. Reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons absorbed on soot particles // Atmosphere Environment. 1981. – No 15. – P. 91-94.
9. Peters C.A., Knightes C.D., Brown D.G. Long-term composition dynamics of PAH-containing NAPLs and implications for risk assessment // Environ. Sci. Technol. – 1999. – Vol. 33. – P.4499-4507.
10. Muel B., Saguem S. Determination of 23 polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particulate matter of the Paris area and photolysis by sun light // Inter. J. Environ. Analyt. Chem. – 1985. – Vol. 19. – P.111-131.
11. Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J., Sørensen J. Klassifisering av miljøkvalitæt i fjorder og kystfarvann. Veiledning // SFT Veiledning, – 1997. – Vol. 97, – No 3. – 36 pp.

## Динамика фито обрастания крупно-обломочного материала на литорали Мурмана

Малавенда С. С.<sup>1</sup>, Малавенда С. В.<sup>2</sup>, Митяев М. В.<sup>2</sup>, Герасимова М. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», *msergmstu@yandex.ru*),

<sup>2</sup> (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН).

**Аннотация.** Впервые показано, что на валунной литорали Мурманского побережья гидродинамика и среднесуточный градиент температуры воздуха определяют скорость абразии крупнообломочного материала, а так же плотность его обрастания макроводорослями. Соотношение и биомасса видов-эксплерентов варьирует в зависимости от гидрологических и метеорологических условий. Основу формирующихся фитоценозов составляют однолетние виды-эксплеренты (*Acrosiphonia arcta*, *Blidingia minima*, *Spongomorpha aeruginosa*, *Pylaiella littoralis* и др.). В фукусовых фитоценозах валунной литорали Мурманского побережья данные группировки являются промежуточной стадией обрастания крупнообломочного материала.

**Abstract.** It was shown that hydrodynamics and average gradient of temperature determine the rate of abrasion of coarse material on the boulders littoral of Murmansk coast, as well as its density fouling by macroalgae. The ratio of biomass and eksplerents species varies depending on the meteorological and hydrological conditions. Formed the basis phytocenoses make annual species (*Acrosiphonia arcta*, *Blidingia minima*, *Spongomorpha aeruginosa*, *Pylaiella littoralis*). In Fucus phytocenoses of boulder littoral Murmansk coast this groups are an intermediate stage fouling of coarse material.

**Ключевые слова:** валунная литораль, абразия, фитоценозы, бентос, водоросли-макрофиты, виды-эксплеренты, Мурманское побережье, Баренцево море

**Key words:** boulder littoral, abrasion, plant communities, benthos, algae, macrophytes, eksplerent species, Murmansk coast of the Barents Sea

О динамике бентосных фитоценозов известно немного и сведения касаются главным образом изменений вызванных антропогенным воздействием или направленных на их восстановление. Актуальность изучения сукцессии литоральных фитоценозов на подвижных валунных грунтах обусловлена широким распространением данного типа биотопов на побережье Мурмана, а также результаты таких исследований могут быть использованы при строительстве береговых и портовых сооружений на валунных насыпях. Цель работы – исследовать абразию крупнообломочного материала и его обрастание водорослями-макрофитами на литорали Мурманского побережья.

## Материалы и методы

Исследование проводили в губе Зеленецкая Баренцева моря на базе биостанции ММБИ КНЦ, в течение 2004-2013 гг. Наблюдения за фитообрастанием проводили с 2009 по 2013 г. В губе было заложено три полигона, на каждом из которых оборудовали по 3 экспериментальные площадки (на каждом горизонте литорали). На каждой экспериментальной площадке выставляли не менее трех образцов крупнообломочного материала, которые экспонировали в течение года. У экспериментальных образцов крупнообломочного материала измеряли вес, объем и площадь поверхности (с точностью до 5 г, 1см<sup>3</sup> и 1см<sup>2</sup> соответственно), определяли тип горной породы, описывали грани (ровные, слабо гофрированные, гофрированные, сильно гофрированные) и ставили порядковый номер. Через год образцы крупнообломочного материала снимали с литорали и перевозили в лабораторию, где чистили, сушили, обмеряли (масса, площадь и объем) и вновь устанавливали на полигонах.

При исследовании фитообрастания в лабораторных условиях с крупнообломочного материала срезали все обрастатели и фиксировали их 4% раствором формалина для дальнейшей идентификации, определения видовой насыщенности (N, видов/м<sup>2</sup>), индекса Шеннона (H) и биомассы (B, г/м<sup>2</sup>). Видовую идентификацию водорослей выполняли по определителям [1, 2, 3], а также по ключам, приведенным в ряде систематических работ [4, 5, 6]. Таксономия была сверена с международной базой данных AlgaeBase [7].

Анализируя влияние абиотических факторов, проведен однофакторный дисперсионный анализ ANOVA в пакете PAST с уровнем значимости 95% для каждого фактора отдельно. Анализ сходства видового состава в пробах выполняли с применением индекса Брея-Куртиса в программном пакете PAST. Для дисперсионного анализа полученных данных качественные параметры ранжировали:

- горизонт литорали 1 – верхний, 2 – средний, 3 – нижний;
- поверхность валуна: 1 – ровная, 2 – слабо гофрированная, 3 – гофрированная, 4 – сильно гофрированная;
- состав валуна: 1 – гранит, 2 – гранит-мигматит, 3 – габбро-диабаз.

Присвоенные ранги по высоте над уровнем моря и морфологии поверхностей образцов крупнообломочного материала, отражают степень благоприятности данного фактора для оседания и прикрепления зигот. Так,

чем выше горизонт литорали, тем длительнее период воздушной экспозиции и тем более суровые условия создаются для макрофитов, на гладкой поверхности закрепиться спорам и зиготам труднее, чем на неровной (гофрированной). О влиянии состава горной породы на прорастание зигот ничего неизвестно, поэтому ранги присвоены по степени распространения типов пород на Мурманском побережье.

### **Скорость разрушения экспериментального субстрата**

В настоящее время скорость абразии Мурманского побережья всеми исследователями признается очень медленной. Несмотря на это постоянно происходит разрушение крупнообломочного материала. По наблюдениям в губе Зеленецкой в течение 2004-2013 гг. были выявлены следующие закономерности. Средняя скорость разрушения угловатого крупнообломочного материала  $55 \pm 8$  мкм/год, максимальная скорость фиксируется в первые три года постановки образцов на литораль ( $75 \pm 24$  мкм/год), в последующие годы не превышают  $40 \pm 5$  мкм/год [8]. В целом, от верхней литоральной зоны к нижней зоне скорость абразионного разрушения уменьшается. Следовательно, чем дальше материал находится выше уровня моря, тем быстрее он разрушается.

Иначе происходит процесс разрушения хорошо окатанных валунов, средняя скорость разрушения которых значительно меньше ( $11 \pm 6$  мкм/год), чем угловатого материала. Их разрушение происходит периодически в периоды активизации абразионного разрушения на побережье (фиксировалось два раза за 10 лет наблюдения, [8]).

Таким образом на скорость абразии влияют:

1 – среднегодовые температуры воздуха и среднесуточного градиента температур;

3 – высокий (более 2) штормовой коэффициент (отношение количества штормов к количеству штилей);

2 – среднегодовая скорость ветра и высокая повторяемость нагонных ветров.

В заключение отметим, что весь крупнообломочный материал перед началом изучения макрофитов-эксплерентов уже находился в литоральной зоне более 3 лет. Следовательно, скорость разрушения образцов стабилизировалась, соответствует средней скорости абразионного разрушения и изменялась только в зависимости от погодных условий, а водоросли заселяют субстрат типичным для данного района Мурманского побережья образом.

### **Фоновые фитоценозы**

Экспериментальные полигоны были оборудованы в пределах валунной литоральной фации, на которой доминирует фитоценоз фукоидов. Фукусовые водоросли покрывают литораль не сплошным покровом, а мозаично (в поясе фукоидов наблюдаются участки, различной протяженности и ширины, занятые однолетними водорослями).

Особенностью литоральных фитоценозов губы Зеленецкая заключается в том, что в верхней литоральной зоне макрофитов нет, в средней литоральной зоне доминируют два вида фукоидов [9], соотношение которых закономерно изменяется с высотой над уровнем моря. В этом поясе выделяется два яруса растительности: верхний формируют фукусовые водоросли с эпифитами, второй – сезонные водоросли. Нижней горизонт литорали формируют ламинариевые и сезонные водоросли, а биомасса сезонных видов значительно больше, чем в средней литоральной зоне.

### **Обрастание экспериментального материала макрофитами**

Всего выявлено 51 вида водорослей заселявшие крупнообломочный материал, в том числе 12 видов бурых, 19 – красных и 20 – зеленых (табл). Наиболее представлены видами семейства *Cladophoraceae* и *Ulothricaceae*. По видовому разнообразию преобладают красные и зеленые группы водорослей, по биомассе – зеленые и бурые. Суммарная биомасса водорослей обрастателей за четыре года исследований в среднем составляла  $190 \pm 50$  г/м<sup>2</sup>. Наибольшая (более 800 г/м<sup>2</sup>) зафиксирована в 2009-2010 гг., минимальная ( $30 \pm 5$  г/м<sup>2</sup>) в 2011-2012 гг. в период активизации абразионного разрушения субстрата и перестройки литорали Мурманского побережья [8]. В этот период закрепиться удалось представителям 7 видов, которые сформировали два видовых комплекса: комплекс 1 (*Blidingia minima* (80%)-*Spongomorpha aeruginosa* (10%)) и комплекс 2 (*S. aeruginosa* (60%)-*Pylaiella littoralis* (40%)).

В 2012-2013 гг. происходит изменение видового состава макрофитов-обрастателей. Так до 2012 г. доминировали четыре вида *Acrosiphonia arcta*, *B. minima*, *S. aeruginosa* и *P. littoralis*. В 2012-2013 гг. число доминантов расширилось до 9 видов, в которые вошли *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Scytosiphon lomentaria*, *Rhizoclonium implexum*, *Ulvaria obscura* и *Polysiphonia fucoides*. Изменение видового состава и обилия ряда видов зафиксировано по всей ширине средней литоральной зоны, в нижней литоральной зоне изменений не произошло.

Так же зафиксировано изменение состава доминантных видов обрастателей в зависимости от степени прибойности береговой зоны. Так на участках берега защищенных от нагонных (северных) ветров доминирует комплекс 1 (площадки 2, 3), на участке берега с сильным прибоем (площадка 1) оба комплекса присутствуют совместно.

Анализ сходства видового состава с применением индекса Брея-Куртиса выявил отсутствие устойчивых группировок в формировании сообщества обрастателей. Тем не менее, водоросли-обрастатели на 10 экспериментальных образцах крупнообломочного материала обнаруживают сходство (попарное) видового состава, а на 8 нет. Дисперсионный анализ влияния свойств субстрата (экспериментального крупнообломочного материала) и характеристик макрофитов-обрастателей выявил значимые зависимости между ними (при уровне значимости 0.05, единственное, что не влияет на видовое разнообразие – тип горной породы).

Таким образом, вокруг экспериментальных площадок развито сообщество макрофитов, близкое по видовому составу к группировкам, формирующимся на самих экспериментальных площадках. Следовательно, мы можем рассматривать процессы, происходящие на экспериментальных площадках, как типичные естественно-природные (для данного конкретного места) процессы ранней стадии развития сообщества водорослей-макрофитов.

#### **Общие закономерности формирования сообществ первого года**

В литературе описаны ранние стадии развития сообществ макрофитов, где доминируют однолетние представители бурых, красных и зеленых водорослей [9, 10]. Для формирования устойчивого сообщества фукусовых или ламинариевых водорослей требуется длительное время.

Крупнообломочный материал (субстрат), постоянно испытывает негативное воздействие гидро-, метеофакторов, в результате чего могут гибнуть многолетние водоросли, а на освободившееся пространство поселяются сезонные водоросли (сообщество нитчаток). Среди неплотного покрова однолетних растений гораздо выше вероятность закрепиться, и прорасти многолетним водорослям [11]. Постепенно часть наиболее жизнеспособных многолетних водорослей сможет перерасти своих предшественников и вытеснить их.

Ареалы распространения однолетних видов макрофитов (доминанты обрастания субстрата на экспериментальных площадках) обширны: от высоких широт Мурманского побережья и Шпицбергена до Балтийского



моря и Центральной Атлантики. На Мурманском побережье такие фитоценозы выявлены на литоральной фации пляжей (сложены мелкообломочным материалом) в условиях малопригодных для жизнедеятельности многолетних водорослей. В то же время, в поясе фукоидов однолетние водоросли являются обычными видами при небольшой биомассе. Вероятно, одной из причин ограниченного развития однолетних водорослей на валунной фации литорали может быть их низкая конкурентоспособность к фукусам. В фоновых фитоценозах Мурманского побережья под пологом фукусов биомасса однолетних видов (создающих «ядро» обрастания) не велика, значительно ниже, чем на свободном от фукусов пространстве.

Следовательно, мы можем утверждать, что виды макрофитов, которые формируют «ядро» сообщества обрастателей субстрата (в нашем случае образцов крупнообломочного материала) в первый год освоения незанятого пространства, являются видами эксплерентами, а сам процесс, несомненно, является первичной стадией сукцессии на отдельных участках внутри фитоценоза.

### **Заключение**

Таким образом, выявлено, что на скорость абразии крупнообломочного материала на литорали Мурманского побережья влияют метеофакторы: температура воздуха (среднегодовая и среднесуточного градиента температур) и ветровой режим (скорость ветра, направление и повторяемость нагонных ветров). Помимо скорости ветра можно использовать штормовой коэффициент, который фиксирует периоды изменения скорости абразионного разрушения.

Экспериментальное изучение фитообрастания в пределах валунной фации литорали Мурманского побережья показало, что основу формирующихся фитоценозов составляют однолетние виды-эксплеренты (*Acrosiphonia arcta*, *Blidingia minima*, *Spongomorpha aeruginosa*, *Pylaiella littoralis*). Видовой состав и биомасса обрастаний изменяется под воздействием гидрометеорологических условий, а так же зависит от положения субстрата в литоральной зоне и морфологических особенностей крупнообломочного материала.

Выявлено, что в поясе фукусовых фитоценозов на валунной литоральной фации Мурманского побережья аналогичные группировки являются первой стадией обрастания субстрата макрофитами.

## Литература

1. Виноградова К.Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. Л.: Наука, – 1974. – 166 с.
2. Зинова А.Д. Определитель бурых водорослей северных морей СССР – М.-Л.:АН СССР. – 1953. – 225 с.
3. Зинова А.Д. Определитель красных водорослей северных морей. – СССР. М.-Л.:АН СССР. – 1955. – 220 с.
4. Виноградова К.Л. Роды Chaetomorpha Kütz. и Rhisoclonium Kütz. (Siphonocladales) в северных морях СССР // Новости систематики низших растений. – 1986. – Т.23. – С. 13-25.
5. Виноградова К. Л. Виды Ceramium (Ceramiales, Rhodophyta) в северных морях России // Ботанический журнал. – 2005. – Т. 90. – № 6. – С. 884-890.
6. Виноградова К.Л. Виды Porphyra (Bangiales, Rhodophyta) в северных морях России // Ботанический журнал. – 2007. – Т. 92. – № 4. – С. 532-543.
7. Guiry, M.D., Guiry, G.M. 2014. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 10 October 2014.
8. Митяев М.В. Мурманское побережье (геолого-геоморфологические и климатические особенности, современные геологические процессы). Апатиты: Изд. КНЦ РАН. – 2014. – 226 с.
9. Макаров М.В., Рыжик И.В., Воскобойников Г.М. Восстановление зарослей фукусовых водорослей на литорали Баренцева моря // Труды ВНИРО. – 2007. – Т. 147. – С. 376-380.
10. Михайлова Т.А. Стадии формирования сообществ ламинариевых на внесенном субстрате (Белое море) // Ботанич. журн. – 2006. – Т. 91. – № 12. – С. 1816-1834.
11. Fletcher R.L., Callow M.E. The settlement, attachment and establishment of marine algal spores // Br. Phycol. J. – 1992. – V. 27. – P. 303-329.

## Показатели лейкоцитарной формулы крови серых тюленей в постнатальном онтогенезе

**Минзюк Т. В., Кавцевич Н. Н.** (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН,  
лаборатория морских млекопитающих, e-mail: minzyuk@mail.ru,  
chiv1@front.ru)

**Аннотация.** Проведено сравнительное исследование некоторых показателей клеток крови у серых тюленей от рождения до периода завершения молочного питания. Показано отсутствие за последние 7 лет заметных изменений по морфологическим показателям и составу клеток крови у щенков.

**Abstract.** Comparative study of some indicators of blood cells in gray seals from birth to completion of the period of milk supply was carried out. The absence of noticeable changes in the last 7 years according morphological parameters and cell blood composition in seal pups is shown.

**Ключевые слова:** серый тюлень, клетки крови, лейкоцитарная формула крови.

**Key words:** gray seal, blood cells, leukocytic blood count.

Атлантический серый тюлень (*Halichoerus grypus grypus* Erxleben, 1777) – охраняемый вид ластоногих, включенный в 1978 г. в Красную книгу СССР (III категория). Обитает в прибрежной зоне Баренцева моря. Данный вид является одним из редких и малоизученных видов ластоногих России, в связи с удаленностью мест его обитания. В Мурманской области, где его промысел запрещен с 1958 г., вид подлежит полной охране [1]. По всему побережью СССР любительскую и спортивную охоту на тюленей запретили в 1970 г., а коммерческий промысел, доля которого была невелика, – в 1975 г.

Размножающиеся колонии этих животных расположены у восточной границы видового ареала, где адаптивные возможности могут проявляться наиболее ярко. Внимание к таким колониям обусловлено и все еще недостаточной их изученностью, и тем, что после завершения периода размножения животные мигрируют к берегам Норвегии, где являются объектами охоты.

На основе материалов полученных в 2006 году на ценных залежках в Баренцевом море впервые было проведено комплексное исследование биохимических, морфологических, цитохимических параметров крови серого тюленя разных возрастных групп [2, 3]. Показано, что в первые 1.5 месяца жизни у детенышей серых тюленей происходит интенсивное становление клеточного иммунитета, а в возрасте 3-4-х месяцев, когда

животные начинают самостоятельно питаться рыбой, процессы пролиферации и дифференцировки лимфоидных клеток, осуществляющих реакции специфического иммунитета, замедляются.

Цель настоящей работы – провести сравнительное изучение клеточного состава крови щенков серого тюленя с аналогичными данными более ранних исследований, что позволит эффективнее оценить механизмы резистентности лейкоцитов крови у ластоногих, особенно на начальных этапах постнатального онтогенеза, для оценки перспектив развития популяции этих морских млекопитающих.

Материал получен на щенках залежках в 2006 и 2013 гг. (о. Большой Айнов, Баренцево море). Для сравнения выбраны 3 возрастные группы серых тюленей: 1 – новорожденные, 2 – питающиеся молоком (2-3 недели), 3 – завершившие молочное вскармливание (1-1.5 месяцев). Кровь брали из экстрадуральной вены в шприц с гепарином. Мазки изготавливали общепринятым способом, для морфологического исследования окрашивали по Романовскому-Гимза. Препараты изучали, используя масляную иммерсию (объектив 100×, окуляр 10×). Количественные параметры клеток определяли при помощи видеосистемы и программного обеспечения Axio Vision 4.5 фирмы Zeiss.

У обследованных особей отмечены достоверно близкие показатели лейкоцитарной формулы крови в 2006 и 2013 гг. исследований. Кровь всех новорожденных серых тюленей содержит "юные" нейтрофилы, метамиелоциты, эритроциты, нормоциты и эритроциты с низким содержанием гемоглобина. У питающихся молоком и завершивших молочное вскармливание щенков эти клетки встречаются в единичных случаях. Новорожденные щенки отличаются самым высоким содержанием палочкоядерных, т.е., не вполне дифференцированных нейтрофилов (1-6%). У животных закончивших молочное питание отмечено возрастание количества эозинофилов (до 6%). Это связано с тем, что в 1-1.5 мес. щенки больше не получают с молоком матери антител для защиты от инфекций, а собственные механизмы специфического иммунитета еще только формируются. Эозинофилия в периферической крови млекопитающих наблюдается при аллергических реакциях разного происхождения. Основную роль аллергенов играют вещества, поступающие с воздухом и пищей (особенно в период начала самостоятельно питания).

У тюленей до 1-1.5 месяцев преобладают сегментоядерные нейтрофилы (58-63%), их количество у завершивших молочное питание снижается до 41-43%. Максимальное количество сегментов в нейтрофилах

достигает 7, в среднем индекс сегментации по Гинеку 3.4-3.5, т.е. степень зрелости нейтрофилов высокая. Отмечено высокое число нейтрофилов с вакуолями в цитоплазме. Встречаются (также как и у щенков, исследованных в 2006г.) нейтрофилы с ядрами необычной формы, в которых отдельные сегменты соединены друг с другом нитями хроматина, сходящимися в одной точке, а не последовательно. Такие клетки нами выявлены у гренландских тюленей [4], морского зайца [5] и хохлача [6].

Количество базофильных лейкоцитов остается очень низким у всех рассмотренных животных – от 0 до 1.5%. Большинство лимфоидных клеток крови серых тюленей – малые и средние лимфоциты, но у всех щенков в значительном количестве (5-10% от числа лимфоцитов) встречаются и большие лимфоциты с признаками активированных клеток (сильно базофильная цитоплазма, светлое ядро). Лимфоциты, содержащие в цитоплазме азурофильные гранулы, "большие гранулярные лимфоциты", у щенков, родившихся в 2013 году не выявлены.

Исследование 2013 года подтверждает наличие "физиологического перекреста" (рис. 1) (уравнивание количества лимфоцитов и нейтрофилов) у щенков серого тюленя в возрасте 1-1.5 месяцев, наблюдавшееся ранее [3]. При этом у новорожденных и у взрослых животных наблюдается нейтрофильный профиль крови.

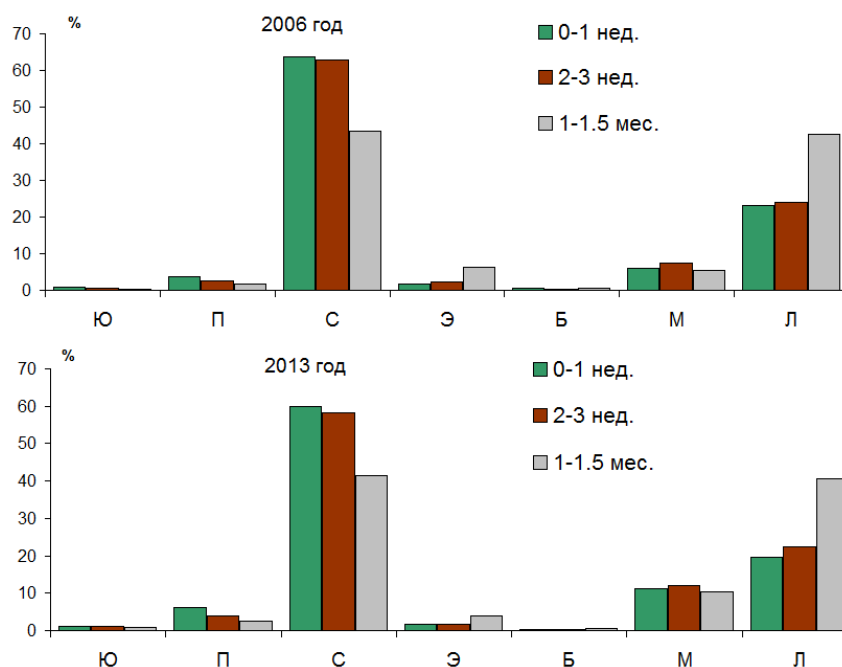


Рисунок 1 – Показатели лейкоцитарной формулы крови серых тюленей в раннем периоде постнатального развития (Ю – юные клетки, П – палочкоядерные и С – сегментоядерные нейтрофилы, Э – эозинофилы, Б – базофилы, М – моноциты, Л – лимфоциты)

Появление физиологического перекреста на ранних этапах постнатального онтогенеза у тюленей, наиболее вероятно, обусловлено интенсивной пролиферацией лимфоидных клеток, связанной с развитием системы специфического иммунитета животных. У человека высокий уровень сегментоядерных нейтрофилов в первые дни и месяцы жизни рассматривается как приспособление, обеспечивающее неспецифическую защиту организма от инфекций [7], а "перекресты" отмечаются в возрасте 4-х дней и 4-х лет.

Особенностью состава крови серых тюленей является наличие гигантских тромбоцитов. При повышении потребностей в тромбоцитах костный мозг начинает вырабатывать тромбоциты больших размеров. Поэтому логично было бы связать это явление у тюленей с процедурой взятия крови, однако у других исследованных видов морских млекопитающих подобные гигантские формы нами не обнаружены. Гигантские или макротромбоциты – обычный компонент крови кошек, вне зависимости от состояния животных [8]. Не исключено, что продуцирование макротромбоцитов – видовая либо возрастная особенность кроветворения серого тюленя.

Результаты наших исследований показывают, что в периферической крови щенков серого тюленя встречаются низкодифференцированные формы лейкоцитов и эритроцитов. Физиологический перекрест лейкоцитарной формулы крови происходит в возрасте 1-1.5 месяцев. При этом ранее нами было показано, что наибольшие изменения в клеточном составе крови тюленей происходят в первые 3-4 месяца постнатального онтогенеза. Представленные данные свидетельствуют об отсутствии в последние 7 лет заметных изменений по морфологии и составу клеток крови, стабильности развития основных клеточных факторов, определяющих уровень резистентности организма потомства тюленей на начальных этапах постнатального онтогенеза щенков серых тюленей.

## Литература

1. Красная книга Мурманской области / коллектив авторов. Мурманск: Мурманское книжное изд-во, 2003. – 400с.
2. Ерохина И.А. Особенности метаболизма серого тюленя (*Halichoerus grypus Fabricus*, 1791) в раннем постнатальном периоде развития // ДАН. 2009. – Т 424. – №3. – С. 419-421.

3. Кавцевич Н.Н., Минзюк Т.В. Клеточный состав крови серых тюленей (*Halichoerus grypus*) разного возраста // Зоологический журнал. – 2011. – Т. 90, – №9. – С.1122-1126.
4. Кавцевич Н.Н. Особенности клеточного состава крови гренландских тюленей (*Pagophilus groenlandicus*) различного возраста // Зоологический журнал. – 2003. – Т. 82, – № 6. – С. 758–761.
5. Минзюк Т. В. Клеточный состав крови морского зайца // Проблемы арктического региона. Эколого-эволюционные исследования морских организмов и экосистем / Матер. XIV межд. науч. конф. студентов и аспирантов – Том. I – г. Мурманск. – 2014. – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, – 2014. – С. 116-122.
6. Минзюк Т. В., Кавцевич Н.Н. Новые данные о клеточном составе крови тюленя хохлача // ДАН. – 2010. – Т. 435, – № 5. – С. 714-717.
7. Алексеев Н.А. Гематология детского возраста: Руководство для врачей. СПб: Гиппократ, – 1998. – 544 с.
8. Риган В.Дж., Сандерс Т.Г., Деникола Д.Б. Атлас ветеринарной гематологии. М.: АКВАРИУМ ЛТД, – 2000. – 136с.

## Роль цветового зрения в экологии арктических тюленей

**Пахомов М. В.** (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория биотехнических систем, e-mail: [edr750v@yandex.ru](mailto:edr750v@yandex.ru))

**Аннотация.** В работе приводятся результаты эксперимента по исследованию цветового зрения тюленей с помощью выработки дифференцировочного условного рефлекса на цвет объекта. Показана способность серых тюленей и кольчатых нерп дифференцировать основные спектральные цвета друг от друга при минимальной освещенности в 20 – 30 Лк. Способность к цветоразличению проанализирована с точки зрения особенностей условий обитания конкретного вида тюленей.

**Abstract.** The paper presents the results of an experiment to study color vision seals through the development of differentiating conditioned reflex to the color of the object. The ability of gray seals and ringed seals to differentiate basic spectral colors from each other with a minimum illumination of 20 – 30 lux. Ability to color differentiation analyzed in terms of features of habitat conditions specific type of seals.

**Ключевые слова:** Цветовое зрение, тюлени, условный рефлекс, среда обитания.

**Key words:** Color vision, seals, conditioned reflex, habitat.

В современном мире отчетливо прослеживается возрастающий интерес к природным запасам углеводородов залегающих в шельфовых зонах Арктики. Активно разрабатываются проекты буровых платформ, газо-нефтепроводов, танкеров, судов обеспечения и подводной и прибрежной инфраструктуры. Из области теории в практическую сферу сместился вопрос подледного бурения и добычи углеводородов в Арктике [1]

Одним из наиболее эффективных методов охраны морских объектов и прибрежной инфраструктуры является создание биотехнических систем двойного назначения. Основным функциональным элементом биологической составляющей данных систем целесообразнее всего использовать настоящих тюленей. Для отработки новых методов противодействию подводным диверсантам, поиску и подъему затонувших и дрейфующих объектов необходимы знания о цветовосприятии тюленей. В научной литературе данные о цветовом зрении настоящих тюленей фрагментарны и носят, в основном, теоретический характер, данные о цветовосприятии серых тюленей в научной литературе фактически не представлены.

Цветовое зрение – это способность животного различать световые излучения по спектральному составу независимо от их интенсивности. Эта



способность обеспечивается наличием в сетчатке двух (и более) типов зрительных рецепторов с разной спектральной чувствительностью (приемников) и специальных нервных клеток (в сетчатке и мозговых зрительных центрах), обрабатывающих сигналы от этих приемников. Животное с одним типом рецепторов не может различать цвета (так называемые ахроматы), все излучения для него уравнены по интенсивности. Светлота (яркость) – это одно из качеств цвета, по аналогии со свойствами зрения человека, субъективно воспринимаемое как степень яркости поверхности, отнесенная к яркости, воспринимаемой как белая. Определение темного и светлого очень древний механизм, он наблюдается у простейших одноклеточных животных, для различения света и темноты [2].

Таким образом, если животное способно отличать хроматический цвет от аналогичного по светлоте или яркости ахроматического, то это свидетельствует о наличии у животного аппарата цветового зрения [2].

Представители отряда Хищных (*Carnivora* Bowdich, 1821), к которым относятся настоящие тюлени (*Phocidae* Gray, 1821), имеют в сетчатке палочки для ночного и сумеречного зрения и колбочки для дневного (цветового) зрения. Соотношение палочек к колбочкам колеблется от 1:200 для некоторых типично ночных хищников до 1:20 для некоторых дневных видов [3]. У ластоногих соотношение палочек к колбочкам в среднем 20-40:1, характерное для наземных хищников-универсалов [4]. Большинство Хищных, предположительно, являются дихроматами, то есть имеют в сетчатке только два типа колбочек с различными типами фотопигментов.

В ходе эволюции зрительной системы животных образовалось большое разнообразие типов фотопигментов (опсинов), отличающихся как по чувствительности к определенной части спектра, так и по чувствительности к количеству фотонов, необходимых для фоторецепции [5]. Спектральная чувствительность опсинов может сдвигаться, в зависимости от характеристик освещения среды обитания вида [6].

В ходе ряда исследований было установлено, что ахроматическая чувствительность некоторых представителей ластоногих довольно велика и, в целом, идентична сумеречному зрению человека [7, 8, 9, 10].

Использование психофизических методов исследования позволило установить способность к различению цветов у ряда видов ластоногих и сирен, у ламантина [11], калифорнийского морского льва [7], гренландского, обыкновенного и серого тюленей [12].

Согласно гипотезе, выдвинутой Левенсоном [13] у тюленей мезопийный тип зрения, т.е. в процессе одновременно задействованы как колбочки, так и палочки.

Целью работы являлось изучение видоспецифических особенностей цветового зрения трех представителей настоящих тюленей, обитающих в Баренцевом море.

В экспериментах, в период с 2009 по 2014 годы, участвовали 4 серых тюленя (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791), 5 гренландских тюленя (*Pagophilus groenlandicus* Erxleben, 1777) и 2 кольчатые нерпы (*Phoca hispida* Schreber, 1775). Исследования проводились на биотехническом аквакомплексе ММБИ в городе Полярный.

В работе использовался метод вызванных поведенческих реакций, когда у тюленя, в ходе тренировок, вырабатывается двигательный условный рефлекс, стимулом для которого служит цвет предъявляемого объекта [14].

Исследование подразделялось на 3 этапа:

На первом этапе планировалось выяснить – возможно ли выработать у тюленей условный рефлекс, используя в качестве условного раздражителя цвет объекта. То есть – способны ли исследуемые тюлени отличать синий цвет от двух других основных хроматических цвета.

Эти цвета были выбраны потому, что, во-первых, именно наличие таких типов фоторецепторов в сетчатке постулирует трехкомпонентная теория цветовосприятия, а, во-вторых, при суммировании именно этих цветов можно получить все остальные спектральные и несектральные цвета.

Синий цвет, как подкрепляемый стимул, был выбран потому, что учитывая коротковолновый сдвиг светочувствительности у морских млекопитающих, синий цвет должен быть наиболее заметным для ластоногих [15].

На втором этапе необходимо было установить отличается ли цветовосприятие тюленей на суше и под водой, на разных глубинах. А так же выяснить при каких показателях освещенности тюлени способны отличать цвета.

И на третьем этапе предстояло выяснить, отличают ли тюлени другие цвета друг от друга и возможна ли выработка условного рефлекса при использовании в качестве раздражителя один из пяти основных хроматических цветов.

А также выяснить при дифференцировке цветов тюлени распознают именно цвет объекта, или пользуются какими-либо иными признаками. Для

чего тюленям предъявляли пару табличек – первая табличка окрашена каким-либо из пяти хроматических цветов, а вторая серая, равная первой по светлоте.

Результаты первого этапа показали, что для двух групп животных (серые тюлени и кольчатые нерпы) цвет предмета может служить условным раздражителем. На основе которого возможна выработка устойчивых условных рефлексов.

Результаты второго этапа демонстрируют, что все животные уверенно дифференцируют табличку синего цвета от красной при различных уровнях освещенности и на разной глубине.

Серые тюлени и кольчатые нерпы в тех же условиях способны отличить табличку синего цвета от зеленой.

Минимальная освещенность при которой животные были способны дифференцировать цвета составила 20 – 30 люкс. Для человека это минимальная освещенность при которой возможно комфортное чтение.

Исследования на третьем этапе показали, что и серые тюлени и кольчатые нерпы способны отличать друг от друга 5 основных спектральных цвета.

Также эти животные показали, что они идентифицирует объекты разных цветов именно по цветности, так как легко отличали все основные цвета от оттенков серого, которые аналогичны им по светлоте.

Некоторые затруднения у этих животных возникали с дифференцировкой зеленого и желтого цветов (у большинства подопытных доля верных ответов была в районе или чуть выше 75%, что для такого количества предъявлений означает границу случайного угадывания), что, по-видимому, имеет физиологические причины. А также, затруднения у некоторых животных были связаны с дифференцировкой табличек голубого цвета и ее монохромного аналога, что, вероятно, объясняется высокой светлотой этих цветов.

Проанализировав результаты эксперимента и условия среды обитания изучаемых видов, можно заметить, что гренландские тюлени обитают в монохромной среде с ограниченной видимостью, где зрение не играет важной роли. Вблизи паковых льдов, где видимость на суше ограничивается условиями полярной ночи и частыми метелями. Цветовая гамма данного района скудная и состоит в основном из оттенков серого. Под водой, не смотря на относительно большие показатели прозрачности вод Баренцева моря [16], цветовое зрение так же не целесообразно и на первый план выходит резкость и разрешающая способность зрения. В

периоды повышения биопродуктивности в этих районах, именно когда у гренландского тюленя и идет основной нагул, то есть тюлени активно охотятся, за счет активного размножения фито- и зоопланктона возрастает мутность вод, что делает зрение бесполезным для распознавания объектов охоты. Во время отдыха на льду опасность для гренландского тюленя представляют только белые медведи, численность которых в районах обитания гренландского тюленя не велика [17].

В тоже время серый тюлень и кольчатая нерпа обитают преимущественно у побережий на мелководье, с множеством островов, где окружающая среда более разнообразна в плане окрасок предметов. В прибрежной зоне больше хищников, которые могут напасть на тюленя, а также богаче рацион корма. Из-за обитания в более сложной среде и поведенческий репертуар данных животных шире. Этим видам свойственно ярко выраженное поисково-исследовательское поведения, которое практически отсутствует у гренландских тюленей [14]. Серые тюлени и кольчатые нерпы – одиночные животные, то есть при восприятии окружающего мира, могут полагаться только на собственные сенсорные системы, в то же время гренландские тюлени образуют большие колонии, и часть сенсорных функций перераспределяется между всем сообществом. В результате для серого тюленя и кольчатой нерпы развитая способность дифференцировать цвета служит важным источником информации об окружающем мире, а для гренландского тюленя является функцией, малополезной в его среде обитания.

## Литература

1. Матишов Г. Г. Перспективы освоения Мирового океана и арктических морей // Морские млекопитающие на службе человеку: Материалы научно-практического семинара (4 октября 2010г. Североморск) / Отв. Ред. Академик Г.Г. Матишов. – Ростов-на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, – 2011. – С. 5-17.
2. Хьюбел Д. Глаз, зрение, мозг: перевод с английского. – М.: Мир, – 1990. 239 с.
3. Peichl L. Diversity of mammalian photoreceptor properties: Adaptations to habitat and lifestyle? //The Anatomical Record – 2005. – Vol. 287. – Part A. – P.1001-1012.
4. Hanke F.D., Hanke W., Scholtyssek C., Dehnhardt G. Basic mechanisms in pinniped vision // Experimental Brain Reseach, – 2009. – Vol. 199. –P. 299–311
5. Plachetzki, D. C., Degnan, B. M., Oakley, T. H. The Origins of Novel Protein Interactions during Animal Opsin Evolution // PLoS ONE, – 2007. – Vol. 2. – N 10.

6. Terakita A. The opsins// *Genome Biology*. – 2005. – Vol.6. – N. 3. – P. 213-218
7. Griebel U., Schmid A. Color vision in the California sea lion (*Zalophus californianus*)// *Vision Research* – 1992. – Vol. 32. – Iss. 3. – P. 477-482
8. Griebel U., Konig G., Schmid A. Spectral sensitivity in two species of pinnipeds (*phoca vitulina* and *otaria flavescens*)// *Marine Mammal Science*, 2006. – Vol. 22. – Iss. 1. – P. 156–166
9. Scholtyssek C., Kelberb A., Dehnhardt G. Brightness discrimination in the harbor seal (*Phoca vitulina*)//*Vision Research*. – 2008. – Vol. 48. – Iss. 1. – P. 96-103
10. Wartzok D., McCormick M.G. Color discrimination by a bering sea spotted seal, *Phoca largha*// *Vision Research*. – 1978. – Vol. 18. – Iss. 7. – P. 781-784
11. Dehnhardt G. Sensory systems // *Marine Mammal Biology. An Evolutionary Approach* / Ed. by A. Hoelzel. Blackwell Publishing, – 2002. – P.116-141.
12. Lavigne D.M., Ronald K. Pinniped visual pigments// *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. – 1975. – Vol. 52. – Iss. 2. P. – 325-329
13. Levenson D. H., Ponganis P. J. Visual pigments of marine carnivores: pinnipeds, polar bear, and sea otter // *Journal of Comparative Physiology*. – 2006. – Vol. A 192. – P. 833–843.
14. Войнов В. Б., Сенсорные возможности арктических тюленей в морских биотехнических системах // В. Б. Войнов, А. А. Зайцев, Ю. В. Литвинов, А. Л. Михайлюк, М. В. Пахомов / *Вестник Южного научного центра*. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 87–95.
15. Ишкулов Д. Г., Михайлюк А.Л., Пахомов М.В. Особенности цветовосприятия у серых тюленей // *Вестник КНЦ РАН*. – 2013. – №4(15). – С. 88-94.
16. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / ред. Ф.С. Терзиев. Л.: Гидрометеоиздат. – 1990. – 278 с.
17. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» федеральной целевой программы «Мировой океан»). Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. – 2007. – Выпуск 2. – 633 с.

## Семенная продуктивность галофитных подорожников кустовой части Кольского залива Баренцева моря

Приймак Е. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биологии,  
e-mail: cassiopa@yandex.ru)

**Аннотация.** исследовалась семенная продуктивность двух видов галофитных подорожников произрастающих на побережье Кольского залива Баренцева моря.

**Abstract:** The analyze seeds production of two halophyte species plantago growing on the coast of the Kola Bay of the Barents Sea.

**Ключевые слова:** Кольский залив, семенная продуктивность, подорожники, галофиты.

**Key words:** Kola Bay, seed production, plantago, halophyte.

Приморская растительность – это важный элемент северных экосистем, участвующая в формировании экологически значимых ландшафтов береговой зоны [1]. Для приморской растительности на мурманском побережье характерно спорадическое распространение, обусловленное особенностями берегов. Она встречается по берегам мелководных участков фьордов, на побережьях устьев впадающих в заливы рек, на пляжах и осушках аккумулятивных берегов губ и заливов [2]. Одними из видов, произрастающих на верхней литорали и супралиторали, являются галофитные виды р. *Plantago*. На мурманском побережье между камней, в трещинах скал, реже на приморских лугах встречаются *Plantago schrenkii* К. Koch. и *Plantago maritima* L. Последний в виде гибридной формы *P. maritima subsp. maritima* и *P. maritima subsp. borealis*, как *Plantago subsp. subpolaris* L. [3]. Это эвгалофитные виды.

*Plantago maritima* L. – Гемикриптофит с мясистыми линейными листьями немного длиннее цветочных стрелок или короче их, но не более чем вдвое. Листья зеленые с единичными фиолетово-буроватыми пятнами, голые или слегка опушенные. Соцветия от узкоцилиндрических до почти головчатых, 0,8–7,3 см дл. и (0,3) 0,5–0,7 (0,8) см шир., обычно густые, внизу часто с расставленными цветками. Коробочка яйцевидная, коническая или конически-яйцевидная, на верхушке часто усеченная, 3–5

мм дл. и 2,3– 3 мм шир., (1) 2 (3) – семянная. Распространен по морским берегам Европы, Северной Африки, Северной и Южной Америки [4, 5].

*P. schrenkii* К. Koch. Гемикриптофит с линейными мясистыми листьями (0,5) 1–11 (14) см дл. и 0,3–3,5мм шир., обычно вдвое короче цветочных стрелок или длиннее. Листья очень часто с фиолетово – или красновато – бурными пятнами. Цветочные стрелки немногочисленны до 18 см дл., 0,7–1 мм толщ., соцветия от короткоцилиндрических до почти шаровидных, (0,3) 0,5–1,7 см дл. и 0,4–0,7 см шир., малоцветковые. Коробочка от узко – до широкояйцевидной или реже коническая, иногда с усеченной верхушкой, 2,5–4,3 мм дл. и 1,7–2,3 мм шир., (1) 2 (3) – семянная. Распространен по морским побережьям севера Фенноскандии, европейской части России (материка и островов, в том числе Новой Земли [4, 5].

Цель настоящего исследования заключалась в определении семенной продуктивности двух галофитов морских побережий *Plantago schrenkii* К. Koch. и *Plantago maritima* L. Работы проводились на побережье в кутовой части Кольского залива Баренцева моря, м. Притыка. В 2-х экотопах закладывались по 3 геоботанические площадки 0,25 м<sup>2</sup>. Возрастные группы определялись по шкале А. А. Уранова [6]. Сбор растительного материала проводился в период цветения и полной зрелости семян. Фертильность пыльцы определялась йодным методом [7]. Семенная продуктивность определялась по общепринятой методике [8]. Учитывали число соцветий на особь, число цветков и плодов на особь, семязачатков. В плодах подсчитывали число семян. Определялась потенциальная и реальная семенная продуктивность. Потенциальная продуктивность – это среднее количество семяпочек, образующихся на одной особи. Реальная (фактическая) семенная продуктивность – это среднее количество зрелых, полноценных семян на одну особь.

В районе исследований на каменисто-илистой литорали подорожники образуют монотипные фитоценозы с проективным покрытием до 20 %, подорожник морской тяготеет к крупным валунам, а подорожник Шренка – занимает оставшиеся пространства. Наибольшая плотность растений отмечается на супралиторали в фитоценозе приморского луга с ПП 100 % (рис. 1). Возрастной спектр подорожника Шренка полночленный с преобладанием молодых вегетирующих особей (рис. 2).

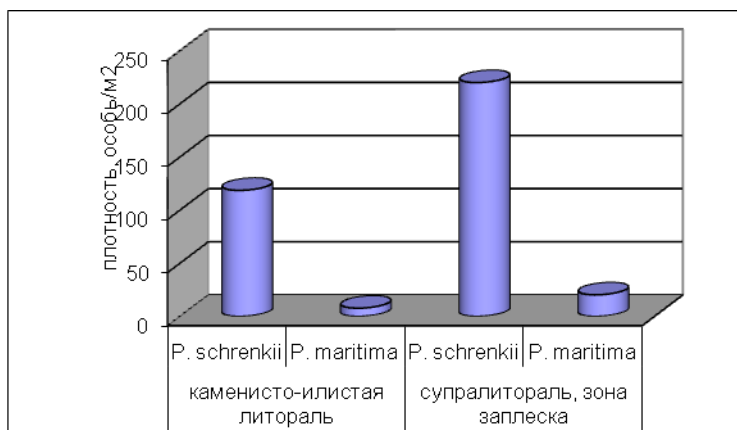


Рисунок 1 – Плотность сообщества подорожников

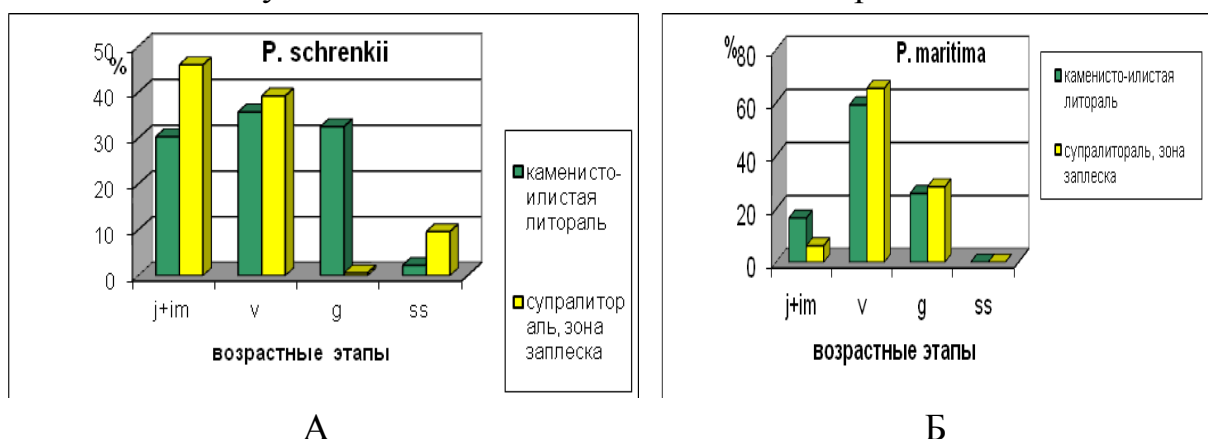


Рисунок 2 – Возрастной спектр подорожников в различных экотопах:  
 А – *Plantago schrenkii*; Б – *Plantago maritima*

Отмечается небольшое количество генеративных особей в фитоценозе приморского луга. Преобладание особей виргинильной возрастной категории так же характерно для подорожника морского в двух экотопах, при этом субсенильных особей не отмечено, вероятно вследствие сильной партикуляции и омоложения популяции. Таким образом, сообщества подорожников в исследуемом районе вполне устойчивы.

Цветение подорожников в исследуемом районе в 2014 г. началось с 10 июня. Оценивая репродуктивную способность видов с точки зрения качества пыльцы, ее способности к прорастанию, были получены следующие результаты: фертильность пыльцы на каменисто-илистой литорали подорожника Шренка составляет 73%, для подорожника морского 74% и повышается до 91% и 93% во втором экотопе соответственно. Спектр факторов оказывающих влияние на качество зрелой пыльцы достаточно широк, и в нашем случае первостепенное значение, вероятно, имеет режим периодического затопления, что требует более детального изучения.



Потенциальная продуктивность подорожников составляет для *P. schrenkii* 561,9 шт. семян/особь и 500,59 шт. семян/особь на каменисто-илистой литорали и супралиторали соответственно. Для *P. maritima* - 8803,5 шт. семян/особь и 5428,19 шт.семян/особь первом и втором экотопе. Реальная продуктивность намного ниже процент семенификации (отношение значения реальной семенной продуктивности к значению потенциальной семенной продуктивности, выраженное в процентах) в наших исследованиях составил для *P. schrenkii* 23% , 38% и для *P. maritima* 18%, 29,9 % соответственно.

Таким образом, реальная семенная продуктивность, коэффициент семенификации и фертильность пыльцы подорожников выше на супралиторали в зоне заплеска, чем у растений произрастающих на верхней литорали в зоне периодических затоплений. Хотя потенциальные возможности растений произрастающих на верхней литорали выше.

## Литература

1. Лавриненко И.А. Дистанционный мониторинг растительности маршей побережья Баренцева моря // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. – Т. 9. – № 2. – С.67–72.
2. Королева Н.Е., Чиненко С.В., Сортланд Э.Б. Сообщества маршей, пляжей и приморского пойменного эфемеретума мурманского, терского и востока Кандалакшского берега (Мурманская область) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2011. – №9. – С. – 26–62.
3. Арктическая флора СССР. Выпуск VIII. Часть 2. Семейства *Orobanchaceae* – *Plantaginaceae*. Л., 1983. С. – 22-24.
4. Шипунов А.Б. Подорожники (Роды *Plantago* и *Psyllum* MiLL, *Plantaginaceae*) Европейской России и сопредельных территорий. Дисс. на соиск. уч. ст. к. б.н., 1998. – 301с.
5. Флора Мурманской области: в 5 т. Т. 5 (*Primulaceae*, *Asteraceae*). М. – АН СССР. – 1966. – 548 с.
6. Уранов А.А. Большой жизненный цикл и возрастной спектр ценопопуляций цветковых растений // Тезисы докл. 5 делегатского съезда. Киев : Всес. бот. об-во. – 1973. – 36 с.
7. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М. – 1974. – 237 с.
8. Вайнагий И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. 1974. Т.59. № 6. С.826–831.

## Содержание тяжелых металлов в мидии (*Mytilus edulis* L.) из Кольского залива Баренцева моря

Сергеева К. Э., Кравец П. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
кафедра биологии, PPKravec@mail.ru)

**Аннотация.** Приведены данные по двустворчатым моллюскам *Mytilus edulis* L. в Кольском заливе. Показано, что мидии как фильтраторы накапливают тяжелые металлы. Было выявлено, что содержание тяжелых металлов в мидиях Кольского залива не превышает нормативов ПДК, что свидетельствует о том, что моллюсков можно использовать для дальнейшего биомониторинга.

**Abstract.** The data on bivalves *Mytilus edulis* L. in the Kola bay. It is shown that the mussels as filter-accumulate heavy metals. It was found that the content of heavy metals in mussels Kola bay does not exceed the MPC, which indicates that the shellfish can be used for future biomonitoring.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, двустворчатые моллюски, Кольский залив.

**Key words:** heavy metals, bivalve mussels, Kola bay.

Массовые и долгоживущие виды гидробионтов удобно использовать для целей биологического мониторинга, характеризующего состояние водной среды [2, 5]. Мидия один из наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков Кольского залива. Как организмы-фильтраторы они принимают активное участие в накоплении в тканях тяжелых металлов, что позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды.

Цель настоящей работы – выяснить содержание свинца, кадмия и меди в мягких тканях литоральных мидии Кольского залива.

Моллюски собраны в осенний период 2014 г. с литорали вблизи поселка Абрам-мыс, бухты Белокаменная и губы Пала. Анализ тяжелых металлов в мягких тканях моллюсков проводился на базе ГОБВУ «Мурманская Облветлаборатория».

Одной из широко распространенных групп ядов для организмов обрастания и других гидробионтов являются соли тяжелых металлов. Кадмий угнетающе действует на кальций-зависимый протеолиз [4]. Соли меди влияют на изменение жирового показателя в органах и теле мидии [6]. При отравлении моллюсков солями свинца в различных органах и тканях, нарушаются физиологические барьеры, это влечет за собой нарушения их функционирования, что снижает жизнеспособность особей и в тяжелых случаях ведет к летальному исходу [7].

Мягкие ткани *M. edulis* аккумулируют большое количество тяжелых металлов, металлы переносятся в биссус почти в пропорциональном отношении [8]. Биссус *Mytilus edulis* может использоваться для биомониторинга меди [10] и ртути [9].

По концентрациям тяжелых металлов в мягких тканях мидии можно построить ряд химических элементов по их убыванию (табл.). Концентрации микроэлементов в мидии по степени убывания расположились следующим образом – Cu > Pb > Cd .

Таблица 1 – Значения концентрации тяжелых металлов в сухой массе мягких тканей мидий (мг/кг<sub>сух</sub>)

Химический элемент	Абрам-мыс	бухта Белокаменная	губа Пала
Pb	0,1	0,1	0,11
Cd	0,035	0,039	0,057
Cu	0,52	0,6	0,7

Нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов в моллюсках, по данным Санитарных правил и норм [1], составляют: для меди – 30.0, свинца – 10.0, кадмия – 2.0 мг на килограмм сырой массы.

Сухая масса мягких тканей мидий составляет в среднем 20 % их сырой массы. Для сравнения полученных концентраций химических элементов в мягких тканях моллюсков с ПДК использовали коэффициент перехода от сухой к сырой массе мягких тканей мидий, равный 5 [3]. При сравнении концентрации тяжелых металлов в мягких тканях мидий из Кольского залива относительно санитарных норм мы установили, что содержание кадмия, меди и свинца в моллюсках меньше ПДК.

## Литература

1. Беляев М. П., Гнеушев М. И., Глотов Я. К., Шамов О. И. Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания. – М., 1993. – 78 с.
2. Дятлов С. Е. Биотехнология воспроизводства качества среды и биоресурсов // Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей: Междунар. конф. (13 – 16 сент. 2005 г.). – Донузлав, 2005. – С. 241–249.
3. Козинцев А.Ф. Сезонная динамика содержания тяжелых металлов в мидии (*Mytilus galloprovincialis*) из бухты Казачья Черного моря / А.Ф. Козинцев // Морський екологічний журнал. – 2006. – Т. V, № 4. – С. 41 – 46.

4. Крупнова М. Ю., Немова Н. Н., Скидченко В. С. Влияние солей меди и кадмия на активность лизосомальных протеиназ мидий *Mytilus edulis* L. // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Сб. науч. ст. Петрозаводск, 2009. Т. 1. С. 84-88.
5. Лоева И. Д., Игнатенко П. Н. Состояние экосистемы Черного и Азовского морей по результатам многолетнего комплексного мониторинга. // Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей: Междунар. конф. (13 – 16 сент. 2005 г.). – Донузлав, 2005. – С. 147 – 148.
6. Стадниченко С.В., Золотарев В.Н. Анализ продуктивности морских моллюсков в системе экологического мониторинга Черного моря // Экологические проблемы Черного моря, 1997. С. 279-283.
7. Танеева, А.И. К механизму действия меди на черноморских мидий // Экология моря, 1986. С. 83-87.
8. Ikuta K. Correlations between ratios of metal concentrations in byssuses to those in soft bodies and metal concentrations in soft bodies of bivalves // Bull. Fac. Agric. Miyazaki Univ. 1986. Vol. 33. P. 265-273.
9. Szefer P., Ikuta K., Frelek K., Zdrojewska I., Nabrzyski M. Mercury and other trace metals (Ag, Cr, Co, and Ni) in the soft tissue and byssus of *Mytilus edulis* from the east coast of Kyushu Island, Japan // Sci. Tot. Environ. 1999. Vol. 229. P. 227-234.
10. Szefer P., Ikuta K., Kushiya S. et al. Distribution and association of trace metals in soft tissues and byssus of *Mytilus edulis* from the east coast of Kyushu Island, Japan // Arch. Environ. Cont. Toxicol. 1997. Vol. 32. P. 184-190.

## О возможной стихийной интродукции новых видов в экосистему Баренцева моря

Соколов К. М. (г. Мурманск, ФГБУН «ПИНРО», e-mail: sokol\_km@pinro.ru)

**Аннотация.** В работе анализируются абиотические и биотические предпосылки и оценивается возможность трансарктического расселения видов крупных ракообразных из Берингова и Чукотского морей в Баренцево море. Рассматривается наиболее возможный маршрут такого переселения. Указываются виды десятиногих, появления которых потенциально можно ожидать в Баренцевом море в будущем.

**Abstract.** The paper aimed to examine some abiotic and biotic preconditions of the trans-Arctic migration of large Crustacean from the Bering and Chukchi seas to the Barents Sea as well as to evaluate the possibility of such settlement. The most probable route of the transmigration is considered. The Decapod species potentially expected in the Barents Sea in the future are indicated.

**Ключевые слова:** моря российской Арктики, десятиногие раки, возможные трансарктические миграции.

**Key words:** Russian Arctic seas, Decapoda, possible trans-Arctic migration.

На рубеже XX и XXI веков в Баренцевом море появился новый для этих вод вид ракообразных – краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio*. К настоящему времени эти крабы в новой для себя экосистеме образовали самовоспроизводящуюся популяцию на северо-востоке моря, активно расширяют свой ареал, увеличивают общую численность и биомассу.

Результаты современных генетических исследований особей этого вида, принадлежащим к различным популяциям, указывают на высокую вероятность тихоокеанского происхождения этого вида, ныне успешно осваивающегося в Баренцевом море [1]. При этом, авторы также предполагают, что вселение краба-стригуна опилио в Баренцево море не было однократным событием, но заключалось в многолетнем порционном проникновении сюда особей нескольких поколений. Учитывая такую версию, вселение краба-стригуна опилио в Баренцево море должно было происходить из Берингова моря через Чукотское, Восточно-Сибирское моря, море Лаптевых и Карское море.

В целом, расселение организмов на нашей планете происходит постоянно с момента возникновения жизни и присуще подавляющему большинству видов. Как правило, ареалы имеют границы, пульсирующие относительно своих центров [2]. На уровне популяций такое

пульсирование может быть индуцировано процессами, происходящими внутри них (например, появление урожайных поколений), изменениями в экосистемах (например, уменьшение численности хищников, расширение распределения жертв), а также вариациями абиотических условий существования. При этом, биотические причины, как правило, обусловлены абиотическими.

Исходя из свершившегося факта вселения краба-стригуна опилио в баренцевоморскую экосистему, практический интерес представляет определение возможности проникновения в Баренцево море новых для этого водоема видов ракообразных.

Целью данной работы явилось прогнозирование появления в Баренцевоморской экосистеме новых для нее видов крупных ракообразных северотихоокеанского происхождения.

Для достижения поставленной цели были решены две задачи:

- Выделить особенности арктических морей России, способствующие проникновению крупных ракообразных с востока на запад;
- Качественно оценить возможность появления новых видов крупных ракообразных в Баренцевом море. Определить предполагаемых новых переселенцев в этот водоем.

Главная особенность Баренцева, Карского морей, море Лаптевых, а так же Восточно-Сибирского и Чукотского морей, омывающих северные берега Российской Федерации, состоит в том, что они имеют общий бассейн и соединены достаточно широким проливами между собой. Естественные границы между этими морями достаточно условны. В наибольшей степени такая граница свойственна Баренцеву и Карскому морям, соединяющимся между собою мелководными узкими проливами Югорский Шар, Карские Ворота и Маточкин Шар, а также глубоководной частью Желоба Св. Анны (глубиной до 620 м).

Карское море с морем Лаптевых соединяется мелководными проливами Вилькицкого, Шокальского, Красной Армии и Белоброва, а также относительно глубоководным Желобом Воронина.

Море Лаптевых с Восточно-Сибирским морем соединяют три мелководных пролива: Дмитрия Лаптева, Этерикан, Санникова, а также обширной шельфовой частью к северу от Новосибирских о-вов.

Из всех арктических морей РФ, Восточно-Сибирское и Чукотское моря соединены, пожалуй, в наибольшей степени – широким и мелководным проливом Лонга, а также водами к северу от о. Врангеля.

Таким образом, основной предпосылкой для трансарктического проникновения морских организмов в пределах морей российской Арктики, как, впрочем, и всех морей Северного Ледовитого океана, является свободный водообмен всех участков его акватории.

Успеху потенциального расширения ареала любого вида в пределах рассматриваемых в работе морей будут способствовать либо препятствовать их термогалинный режим, ледовитость, система течений.

### **Краткий обзор течений арктических морей России**

Чукотское море имеет активный водообмен с Беринговым морем. Из последнего через Берингов пролив со скоростью 30-150 см/сек вливаются теплые тихоокеанские воды [3], которые разбиваются на несколько рукавов, из которых наиболее теплым и активным является Аляскинское прибрежное течение, проникающее до моря Бофорта. В отдельные годы значительное развитие получает Лонговская ветвь теплого течения, которая проникает и в Восточно-Сибирское море.

Более слабые струи, теряющие свои тепло и скорость на шельфе Чукотского моря, постепенно погружаются ко дну и направлены в северном и северо-восточном направлениях.

По шельфу севернее о-ва Врангеля из Чукотского моря поток вод проникает в Восточно-Сибирское море. Значительная часть этих вод, огибая о. Врангеля и смешиваясь с прибрежным течением, через пролив Лонга вливается обратно в Чукотское море. В западном направлении воды Восточно-Сибирского моря движутся по глубинам 50-200 м. Вдоль материкового побережья на глубинах менее 50 м существует устойчивый перенос вод в восточном направлении.

Затекающие из Восточно-Сибирского моря по шельфу севернее Новосибирских островов воды далее движутся на запад через центральную и северную части моря Лаптевых, проникая в Карское море через и участок шельфа к северу от архипелага северная Земля, а также (частично и в отдельные годы) через проливы между островами. Далее эти воды привносятся в северную, относительно глубоководную часть Карского моря и затем входят в Баренцево море между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля.

Необходимо отметить, что сила и даже направление течений в российской Арктике в целом изменчивы в межгодовом аспекте. Дополнительную изменчивость привносит ветровая активность, усиливающая либо ослабляющая постоянные течения.

### **Краткий обзор ледовитости и термохалинных условий арктических морей России**

Чукотское море по своим температурным условиям является достаточно неоднородным водоемом. Через Берингов пролив сюда попадают воды тихоокеанского происхождения, а через Чукотский желоб – охлажденные атлантические воды. Западная часть моря холоднее восточной. Вертикальное распределение температуры почти однородно. Минимальная зимняя температура придонных вод составляет около минус 1,8 °С в среднем изменяясь около 0 °С. Соленость придонных слоев близка к 33-33,5 ‰. Минимум льда в Чукотском море приходится на период со второй половины августа до начала октября. Зимой лед, как правило, покрывает почти все море.

Восточно-Сибирское море – одно из самых холодных арктических морей. В силу своей относительной мелководности и отсутствия желобов от поверхности до дна оно заполнено поверхностными арктическими водами. В придонных слоях в зимний период температура составляет около минус 1,3 – минус 1,5 °С. Прибрежные мелководные, опресненные участки моря подвержены значительному сезонному выхолаживанию. Соленость подвержена значительным межсезонным изменениям, повышаясь до 26-30 ‰ в зимний период и уменьшаясь до 18-24 ‰ летом. Северные окраины моря имеют более высокую соленость.

Восточно-Сибирское море – самое ледовитое из всех морей российской Арктики. Период открытой воды на отдельных участках продолжается всего 3-4 месяца. Ледяной массив на востоке моря в течение всего года почти примыкает к побережью материка.

Термохалинные особенности вод моря Лаптевых близки к таковым Восточно-Сибирского моря. Придонные воды северной части моря Лаптевых образованы преимущественно охлажденными водами атлантического происхождения с температурами минус 0,4 – 9 °С и соленостью около 34 ‰. Большую часть года (октябрь-май) море Лаптевых покрыто льдом. Летняя кромка льдов часто меняет положение.

Водная масса Карского моря состоит из арктических, атлантических и опресненных вод речного стока. Прилежащий ко дну слой вод на



глубинах около 100 м в зимний период имеет температуру минус 1,3 – минус 1,7 °С и соленость, близкую к 34 ‰. В желобах Св. Анны и Воронина находятся воды с еще более высокой соленостью – около 35%. Температура этих вод как правило, колеблется между 0 и 1 °С.

На воды Карского моря значительно влияют реки Енисей и Обь, общий годовой сток которых составляет 1034 км<sup>3</sup> [4]. Распресненные воды распределяются на поверхности, образуя высокие градиенты температуры и солености с ниже лежащими слоями. В осенне-зимнее время море почти полностью покрывается льдами. С июня по сентябрь на обширных пространствах моря лед может отсутствовать.

Исходя из некоторых особенностей течений арктических морей России, одним из вероятных путей проникновения морских животных из Берингова моря в Баренцево является следующий: Берингов пролив – шельф Чукотского моря к северу от о. Врангеля – северная окраина Восточно-Сибирского моря – участок шельфа к северу от Новосибирских о-вов – центральная и северная части моря Лаптевых – проливы Северной Земли и воды вблизи ее северной оконечности – южный склон Желоба Св. Анны в Карском море – воды Баренцева моря вблизи западного берега архипелага Новая Земля.

Этот маршрут находится в пределах глубин 100-300 м, обычных для обитания множества видов донных животных. Воды здесь имеют соленость, близкую к океанической. Течения на большей части этого маршрута направлены на запад, что способствует переносу пелагических организмов. Температурные условия в этих водах не столь суровы и изменчивы, как на мелководных участках, близких к материку, где важную роль играет также сток трех крупных рек: Енисея, Лены и Оби, опресняющих значительные акватории и образующих три серьезные преграды на пути возможных миграций морских организмов. Относительная мелководность прибрежных акваторий, обуславливающая суровые температурные условия в зимний период и наличие прибрежных течений, направленных на восток, также препятствуют миграции животных на восток в этих водах.

Можно предположить, что протяженным долговременным трансарктическим миграциям морских организмов и продолжает способствовать уменьшение ледового покрова Арктики, наиболее ярко наблюдаемое с 2007 г. [5]. Согласно результатам спутниковых

наблюдений, начиная с 2008 г., летом льды Арктики не достигают побережья России.

Уменьшению площади льдов, как более инерционному процессу, предшествовало повышение теплосодержания водных масс, что так же потенциально могло способствовать проникновению видов.

Можно предположить, что путь по указанному выше вероятному маршруту был проделан крабом-стригуном опилио из Чукотского моря в Баренцево. Расстояние, которое возможно, преодолел этот вид за несколько лет, составило около 4250 км.

В пользу этой версии свидетельствуют данные по встречаемости этого вида в арктических морях России. Так, в Чукотском море, этот вид достаточно обычен [6]. Он отмечен также в фауне моря Лаптевых [7], Карского моря [8]. Автору неизвестно о находках этого вида в Восточно-Сибирском море, но учитывая его присутствие в смежных морях, можно предположить, что и этот водоем также может быть отнесен к его ареалу.

Проникновению краба-стригуна опилио с востока на запад в арктических морях России способствовал ряд его биологических особенностей: терпимость к холодным водам и широкому диапазону глубин, высокая индивидуальная плодовитость, эврихалинность, наличие пелагической личинки [9]. Учитывая это, можно предположить, что другие донные ракообразные, имеющие схожие черты биологии, также имеют вероятность трансарктического переселения.

Среди таких видов целесообразно в первую очередь указать животных, найденных в Чукотском море. Известно, что здесь в начале 21 века были обнаружены ранее не отмечавшиеся пятиугольный волосатый краб *Telmessus cheiragonus* (Tilesius, 1812) и острорылый краб *Oregonia gracilis* (Dana, 1851) ([http://www.arctic.noaa.gov/aro/russian-american/2004\\_2005/](http://www.arctic.noaa.gov/aro/russian-american/2004_2005/)). В Беринговом море обитает близкий им по биологии четырехугольный волосатый краб *Erimacrus isenbeckii* (Brandt, 1848) [10].

При существовании гипотетической вероятности трансарктического переселения этих видов в западном направлении, сама такая вероятность невелика. Так, видам-мигрантам все сложнее будет закрепиться в новой для себя экосистеме, так как этому будут препятствовать, в числе прочих причин, уже успешно адаптировавшиеся виды.

## Литература

1. Dahle G., Agnalt A.-L., Farestveit E., Sevigny J.-M. and Parent E. Population genetics – snow crab. Genetic Differentiation around the Arctic Ocean? // Report from the workshop: Workshop on king- and snow crabs in the Barents Sea. Tromsø, Norway, 11–12 March 2014. – P. 56-59.
2. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, – 1975. – 739 с.
3. Коучмен Л. К., Огорд К., Трипп Р. Б. Берингов пролив / Пер. с англ. Миневич А. Я.; Под ред. Никифорова Е. Г. – Л. : Гидрометеоздат. – 1979. – 199 с.
4. Кривцов В.А. Физическая география России: Общий обзор. Рязань: R&TL ltd. – 2001. – 168 с.
5. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <http://www.arctic.noaa.gov/detect/ice-seaice.shtml> актуально на 27/03/2015
6. Соколов В.И. Фауна десятиногих ракообразных (Crustacea, Decapoda) в арктических морях России и сопредельных акваториях // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. – М., 2008. – Вып. 8. – С. 340-345.
7. Фауна и экосистемы моря Лаптевых и сопредельных глубоководных частей Арктического бассейна. В серии: Исследования фауны морей. – Вып. 54(62). Часть II. СПб., 2004. – 180 с.
8. Соколов А.М. Интродукция краба-стригуна опилио в Карское море. Пример дальнейшей адаптивной стратегии этого вида в российском секторе Арктики (по результатам исследований ПИНРО в 2013 г.) // Рыб. хоз-во. – 2014. – № 6. – С. 63-68.
9. Первеева Е.Р., Абрамова Е.В. Особенности биологии и распределения стригуна опилио (*Brachyura*, *Majidae*) на ранних стадиях онтогенеза в сахалинских водах // Известия ТИНРО: сб. науч. тр. – Владивосток, 2005. – Т.: 143. – С. 63-83.
10. Слизкин А., Сафронов С. Промысловые крабы прикамчатских вод. – Петропавловск-Камчатский: Северная пацифика, 2000. – 142 с.

## Особенности пространственной и трофической структуры макробентосного сообщества лагунной экосистемы Ермолинской губы (Кандалакшский залив, Белое море)

Столяров А. П. (г. Москва, ФГБОУ ВПО «МГУ» им. М.В. Ломоносова, кафедра гидробиологии, *macrobenthos@mail.ru*)

**Аннотация.** Изучена видовая, пространственная и трофическая структура макробентоса Ермолинской губы и проанализированы основные изменения произошедшие с момента ее изучения. Зарегулирование губы, ее заиление и уменьшение связи с морем привело к преобладанию в сублиторали губы литорально-сублиторального комплекса, а виды характерные для сублиторали в 60-е годы сейчас в основном встречаются на входе в губу.

**Abstract.** The species, spatial, trophic structure of macrobenthos of the Ermolinskaya lip was investigated and the main changes occurred from the moment of its studying were analysed. The overregulation of the lip, silting and reduction of connection with the sea has led to prevalence in sublittoral of the lip of littoral-sublittoral complex of species, and species, which were typical for sublittoral in 60th years now basically meet on an input in the lip.

**Ключевые слова:** эстуарные экосистемы, макробентос, структура, разнообразие, Белое море.

**Key words:** estuarine ecosystems, macrobenthos, the structure, species diversity, White sea.

Ермолинская губа представляет собой один из многочисленных небольших заливов Белого моря, отделенный от основного бассейна мелководным (в отлив не более 1 м) порогом. Она является типичным морским прибрежным водоемом лагунного типа. Прибрежные лагуны – это мелководные в большинстве случаев озеровидные водоемы, отделенные от моря барьером (наносными косами, баром, коралловым рифом и т.д.) и связанные с ним (постоянно или временно) одним или несколькими узкими проливами [4,17]. Прибрежные лагуны можно рассматривать как особый тип эстуарных экосистем, где морская вода смешивается с пресноводным континентальным стоком [14,15,20]. Прибрежные лагуны в геологическом времени являются эфемерными экосистемами. В течение относительно короткого временного периода они могут менять свою форму и размеры под воздействием естественных процессов [16]. В лагунах, как и в эстуарных экосистемах в силу их мелководности и относительной замкнутости бассейна наблюдаются

значительные изменения абиотических факторов (солености, прозрачности вод, характера грунтов, содержания в них органических веществ, рН и E<sub>h</sub> среды, а в приливных системах продолжительности обнажения дна, осушения литорали, температуры и т.д., что приводит к формированию нескольких разновыраженных и разнонаправленных изменений (градиентов) видовой структуры сообществ живых организмов (экотонов) [1,3,6,7,8,10,11,13,18,19].

Детальное исследование зообентоса Ермолинской губы последний раз проводилось в 1957, 1962 и 1965 гг. [2,5]. Основное внимание в данных исследованиях было уделено особенностям видового состава, распределению и трофической структуре сублиторального зообентоса. В нашей работе мы постарались равномерно охватить все районы и зоны Ермолинской губы – от соленого марша и верхней литорали до средней, нижней и сублиторали, а также от кута губы, куда впадает два ручья (один довольно крупный), до выхода из нее, где располагается обширная мидиевая банка. Таким образом, мы исследовали как литоральный, так и сублиторальный макробентос (зоо- и фитобентос). Надо отметить, что в губе Ермолинской в настоящее время площадь приливо-отливной полосы составляет около 40% всей губы, поэтому изучение литоральных сообществ является важным и даже необходимым дополнением к сублиторальному исследованию этой прибрежной экосистемы.

Наше внимание было сосредоточено в основном на изучении особенностей видовой, пространственной и трофической структуры сообществ макробентоса, как одного из важнейших элементов мелководной прибрежной экологической системы лагунного типа, а также на тех изменениях, которые произошли за последние 50 лет с начала исследования Ермолинской губы [2,5].

По данным литоральной и сублиторальной съемки 2013, 2014 гг. изучен видовой состав и пространственная структура макробентоса Ермолинской губы и проанализированы основные изменения произошедшие с момента ее изучения (1957, 1962, 1965 гг.). В Ермолинской губе наиболее существенные изменения пространственной структуры сообщества наблюдаются относительно мареографического уровня – от верхней литорали к нижней и сублиторали. При этом интегральные показатели структуры сообщества макрзообентоса (видовое разнообразие, общая плотность, общая биомасса) увеличивались от верхней литорали к средней и нижней и снижались к сублиторали.

Снижение общих показателей структуры сообщества в сублиторали вызвано существенным заилением дна этого водоема и преобладанием в осадках процессов сульфатредукции (осадки с запахом сероводорода). Продольный же градиент структуры сообщества (от кутовых районов к мористым) менее выражен, что связано с более стабильными абиотическими условиями обитания макробентосных организмов на большей части губы (высокая и мало меняющаяся соленость воды, постоянство характера грунтов – практически везде они представлены мягкими осадками). В Ермолинской губе, расположенной мористее губы Грязной и менее опресненной, наблюдается заселение всех горизонтов литорали (за исключением верхнего) более морскими формами беспозвоночных животных [9]. В целом в губе Ермолинская можно выделить 4 сообщества макробентоса, различающихся трофической структурой – сообщество верхней литорали с доминированием собирающих детритофагов *Hydrobia ulvae*, *Macoma balthica* и скоблильщиков-обгрызателей *Littorina saxatilis*, средней литорали, где преобладали фильтраторы *Mya arenaria* и в меньшей степени *Mytilus edulis*, нижней литорали при доминировании фильтраторов *Mytilus edulis* и сублиторали, где лидирующее положение занимали группировки собирающих детритофагов *Macoma balthica*. По данным сублиторальной съемки 1962, 1965 гг. Кузнецов А.П. [5] в пределах сублиторали основного бассейна выделял два биоценоза: 1) двустворчатого моллюска *Macoma balthica* с преобладанием северобореальных животных и 2) голотурии *Chiridota laevis* и многощетинкового червя *Pectinaria hyperborea* с преобладанием южноарктических видов. В биоценозе *Macoma balthica* в это время преобладала группировка собирающих детритофагов, а в сообществе *Chiridota laevis* – группировка грунтоедов. На выходе из губы в зоне активной гидродинамики преобладали сестонофаги (мидии, асцидии) [2].

Зарегулирование губы, ее заиление и уменьшение связи с морем привело к преобладанию в сублиторали губы литорально-сублиторального комплекса, а виды характерные для сублиторали (более холодолюбивые и стеногалинные) в 1957, 1962, 1965 гг. сейчас в основном встречаются на входе в губу. Это могло произойти в результате небольшого повышения температуры воды в лагуне в связи с уменьшающимся притоком холодных морских вод, что способствовало распространению здесь более тепловодных бореальных видов беспозвоночных животных,

преимущественно литоральной природы. Этому же могло способствовать понижение солености воды основного бассейна губы в весенний период, что могло стать причиной гибели или перемещения в более благоприятные морские условия животных, не приспособленных к такому снижению солености [12,13]. Ну и, наконец, снижение плотности или исчезновение многих характерных видов, встреченных в 60-е годы, объясняется чрезмерным заилением осадков, снижением содержания кислорода в придонных слоях воды и грунта и активизацией процессов сульфатредукции и, как следствие, повышенным содержанием сероводорода в поверхностных слоях осадков.

В заключении отметим, что Ермолинскую губу можно рассматривать, как небольшую эстуарную экосистему лагунного типа, имеющую значительную связь с морем и соответственно более постоянную и высокую соленость по сравнению с обычными эстуариями (например, рядом расположенный эстуарий р. Черной). Несмотря на то, что градиент солености в губе не выражен (только в самом куту в области впадения большого ручья, а также на верхней литорали и в соленом марше наблюдается некоторое снижение солености), эта экосистема (пока в значительной степени морская) имеет тенденцию к формированию водоема с переменной и пониженной соленостью по сравнению с основным бассейном Ругозерской губы. Это связано с постепенным зарегулированием губы, изменением ее гидрологического режима (уменьшение скорости течения) и как следствие все увеличивающимся заилением ее осадков и площади литорали. В дальнейшем можно прогнозировать отшнуровывание ее от основного бассейна Великой салмы, значительное опреснение и превращение в солоноватый водоем или настоящую эстуарную экосистему. При этом большая часть приливно-отливной полосы, скорее всего, будет утрачена и превратится в береговую зону.

### **Литература**

1. Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря // Исследования фауны морей. – Т. 60 (68). СПб.: ЗИН РАН. – 2007. – 292 с.
2. Броцкая В. А., Жданова Н. Н., Семенова Н. Л. Донная фауна Великой Салмы и прилежащих районов Кандалакшского залива Белого моря // Труды Кандалакшско-го гос. Заповедника. Вып. IV. Воронеж: Воронежское книжное издательство. – 1963. – С. 159-182.

3. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. М.: Тов-во науч. изданий КМК. – 2006. – 285 с.
4. Зданович В. В., Криксунов Е. А. Гидробиология и общая экология: словарь терминов. М.: Дрофа. – 2004. – 192 с.
5. Кузнецов А. П. Материалы по изучению Ермолинской губы (Кандалакшский залив, Белое море) как экосистемы. Часть I. Донная фауна // Труды ин-та океанологии АН СССР. – 1970. – Т. 88. – М.: Наука. – С. 98-112.
6. Лисицын А. П. Маргинальные фильтры и биофильтры мирового океана // Океанология на старте 21 века. – М.: Наука. – 2008. – С. 159-224.
7. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова. – 1996. – 400 с.
8. Столяров А.П. Структурно-функциональная организация эстуарных экосистем Белого моря: прототипическая модель // Успехи соврем. биол. 2012. – Т. 132. – № 4. С. – 354–369.
9. Столяров А.П. Особенности структурной организации сообщества макробентоса в эстуарных экосистемах (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи соврем. биол. – 2013. – Т. 133. – № 2. – С. 191–208.
10. Столяров А. П., Бурковский И. В. Особенности структурной организации экосистемы эстуария и функциональная взаимозависимость ее частей (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи соврем. биол. – 2005. – Т. 125. – № 6. – С. 579–592.
11. Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука. – 1974. – 236 с.
12. Хлебович В.В. О реакциях беломорских организмов на понижение солености в связи со сбросом пресных вод в морские заливы // Гидробиол. ж. 1975. – Т.11. – N 5. – С. 88- 91.
13. Хлебович В. В. Экология особи (очерки фенотипических адаптаций животных). – Санкт-Петербург: ЗИН РАН. – 2012. – 143 с.
14. Day J. W, C.A.S. Hall, W.M. Kemp & A. Yáñez-Arancibia Estuarine Ecology. John Wiley & Sons, Inc., New York. – 1989. – 558 pp.
15. De Wit, R. Biodiversity of Coastal Lagoon Ecosystems and Their Vulnerability to Global Change. In Ecosystems Biodiversity. Grillo O., Venore G. (Ed.). – 2011. – P. 29-40.
16. Dennison W.C., Thomas J.E., Cain C.J., Carruthers T.J.B., Hall M.R., Jesien R.V., Wazniak C.E., Wilson D.E. Shifting Sands: Environmental and cultural change in Maryland’s Coastal Bays. IAN Press Cambridge MD. – 2009. – 396 pp.



17. Kjerfve, B., Coastal Lagoons. Chapter 1. In Coastal lagoon processes. Kjerfve, B. (ed.). Elsevier Oceanography Series, Amsterdam. – 1994. – P. 1-8.
18. Meire P., Ysebaert T., Van Damme S., Van den Bergh E., Maris T., Struyf E. The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem // Hydrobiologia. 2005. – V. 540. – P. 1–11.
19. Montagna P.A., Palmer T.A., Pollack J.B. Hydrological Changes and Estuarine Dynamics. Springer Briefs in Environmental Science. – 2013. – V. 8. – 94 p
20. Pritchard D.W. What is an estuary: physical view point. In Estuaries. G.H. Lauff (ed.). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Publ. – 1967. – N. 83. – P. 3-5.

## Стандартизация и анализ динамики производительности российского промысла черного палтуса в Баренцевом море

Третьяков И. С. (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», e-mail: tis@pinro.ru)

**Аннотация.** Проведены расчеты стандартизированной производительности промысла черного палтуса норвежско-баренцевоморской популяции *Reinhardtius hippoglossoides* российским промысловым флотом в период 1964-2014 гг. Полученный ряд индексов проанализирован в сравнении с российскими донными съемками.

**Abstract.** Assessment of Greenland halibut standardized Russian fishing fleet catch-per-unit effort (CPUE) for the period from 1964 to 2014 was prepared. CPUE index was analyzed in comparison with the Russian bottom survey.

**Ключевые слова:** черный палтус, Баренцево море, индексы численности, улов на усилие, стандартизация.

**Key words:** greenland halibut, Barents sea, abundance index, catch-per-unit effort, standardization.

В связи с существенными неопределенностями в текущей оценке запаса черного палтуса [1], а также противоречивой информации о динамике численности, полученной по данным съемок, был проведен поиск альтернативных индексов динамики численности запаса палтуса. Поставлена цель стандартизировать производительность отечественного промысла черного палтуса в Баренцевом море и на основе анализа ее динамики сделать заключение о возможности использования производительности в качестве индексов изменения состояния запаса.

В работе использовались промысловая и биологическая базы данных ПИНРО, материалы Рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству, российские и зарубежные публикации. Работы выполнены в соответствии с методиками, принятыми в ПИНРО и ИКЕС.

Анализ информации о выловах палтуса показал, что состав флота в рассматриваемый период претерпел значительные изменения. Повысилась эффективность орудий лова и изменилась структура флота [2]. Данное обстоятельство не позволяет принять динамику производительности флота в качестве индикатора динамики численности популяции. Для выделения из данных по производительности сигнала о динамике численности палтуса, была выполнена работа по стандартизации уловов на единицу усилия отечественного промыслового флота. Проведен детальный анализ

потраловой информации о выловах палтуса отечественными судами, установлено, что только половина из представленных типов судов вела стабильный промысел в течение длительных периодов времени (в соответствии с рисунком 1), вылавливая значительную часть от общего вылова. В дальнейшем были учтены только те типы судов, вылов которых составил более 5% от общего вылова. Исключение было сделано для судов типа ТФМФ и ПСТ-М, т.к. их вылов почти целиком пришелся на период открытия промысла и составил основную долю уловов в это время.

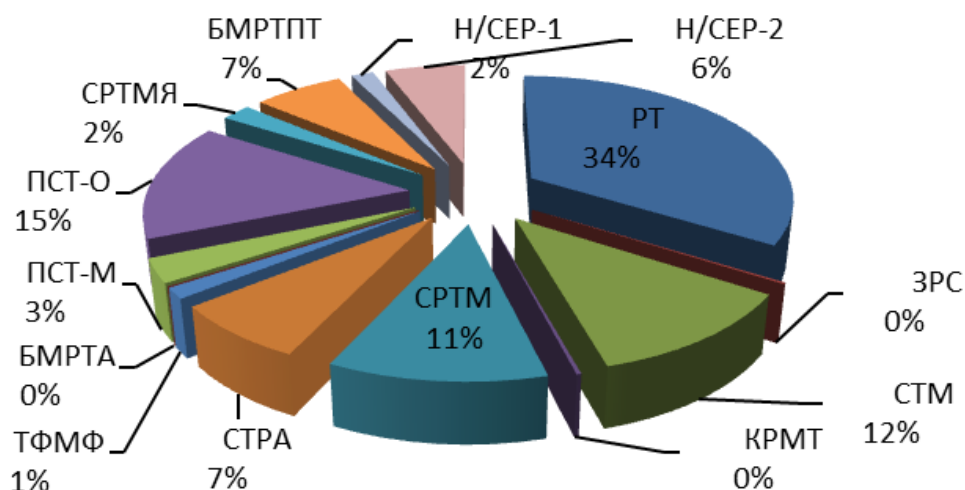


Рисунок 1 – Общий вылов черного палтуса на спецпромысле всеми судами, разделенными по типам

Поскольку период промысла отечественными судами охватывает временной отрезок в 50 лет, за это время произошли значительные изменения в составе рыбодобывающих флотов, их оснащении, а соответственно, и в производительности промысла. Для того чтобы выявить закономерности, наиболее характерные для своего времени, в истории отечественного промысла можно условно выделить четыре периода:

- начало специализированного промысла (1964-1977 гг.);
- начало регулирования промысла (1978-1991 гг.);
- запрет специализированного промысла (1992-2009 гг.);
- открытие промысла, современный этап (2010-2014 гг.).

Стандартизация уловов на усилии осуществляется на основе метода обобщенных линейных моделей (GLM), реализованного в среде программирования R.

Алгоритм расчетов был следующий:

- Выбор независимых переменных, которые могут влиять на изменчивость CPUE;

- Выполнение расчетов по оценке параметров модели для разных наборов независимых факторов;
- Диагностика полученных результатов с помощью метода ANOVA (программная среда R) и информационного критерия Акаике (AIC) с целью нахождения наилучшего варианта модели;
- Оценка годовых значений индекса величины запаса с использованием «наилучшей» линейной модели.

Выделены основные факторы, влияющие на производительность промысла, проведена диагностика модели множественной линейной регрессии для различных комбинаций факторов. Суммарная статистика модели [3] показывает, что наибольший эффект на изменение производительности оказывает фактор года. Также очень сильно влияет местоположение судна, ведущего промысел, месяц, и тип судна. Горизонт лова оказывает меньшее влияние на зависимую переменную.

В связи с закрытием этого вида для коммерческого промысла в 1991 году, ряд выловов был прерван. Промысел открылся только с 1996 года, что совпало с введением новых орудий лова. С этого периода наблюдается резкий скачок производительности, что не позволяет построить единый ряд стандартизированной производительности. Принято решение разбить данные на два периода: 1964-1991 гг и 1996-2014 гг.

Для проверки качества модели, проведена регрессионная диагностика (в соответствии с рисунком 3).

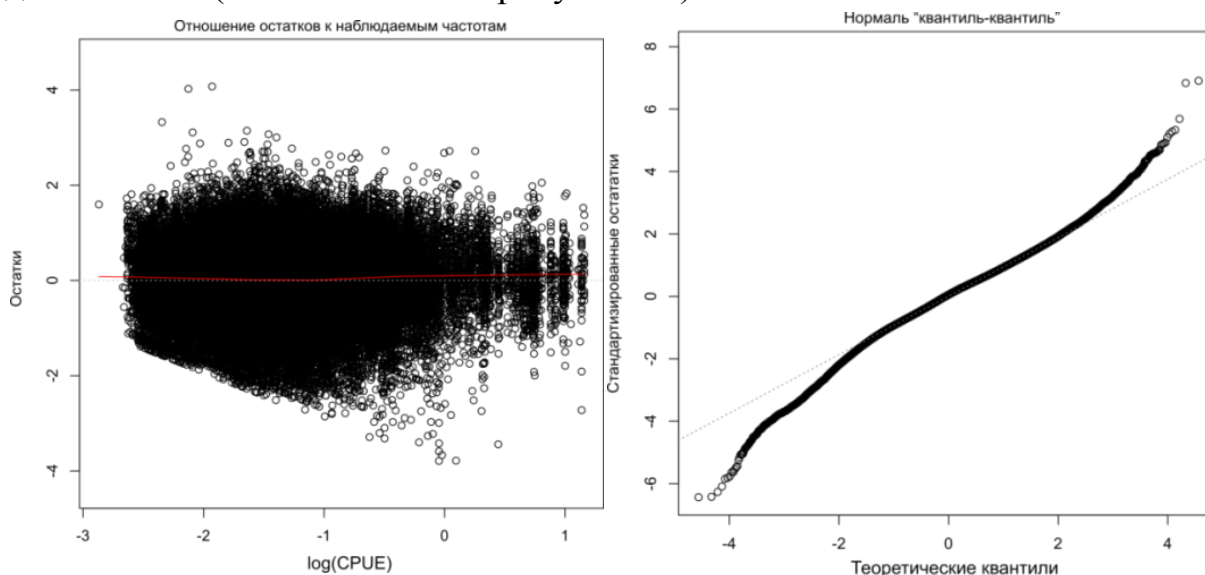


Рисунок 3 – Результаты диагностики модели: (А) – распределение остатков моделируемых значений по отношению к наблюдаемым данным; (Б) – соответствие распределения остатков нормальному закону

Рисунок 12А характеризует зависимость остатков от теоретических значений результативного признака. В данном случае остатки распределены случайным образом. Наличие какого-либо тренда в распределении остатков говорило бы о том, что модель незакончена и присутствует неучтенный фактор, который мог бы объяснить вариативность данных. В данном случае, распределение остатков представляет собой бессистемный шум, присущий всем натуральным данным. Рисунок 12Б иллюстрирует соответствие распределения остатков нормальному закону распределения. На основании этого рисунка можно судить о том, что остатки в целом распределены нормально и применение выбранной модели оправдано для имеющегося набора данных [8].

Полученные индексы представлены на рисунках 4 и 5. Проведено сравнение стандартизированных индексов производительности промысла 1996-2014 гг. с российской донной съемкой 1996-2012 гг.

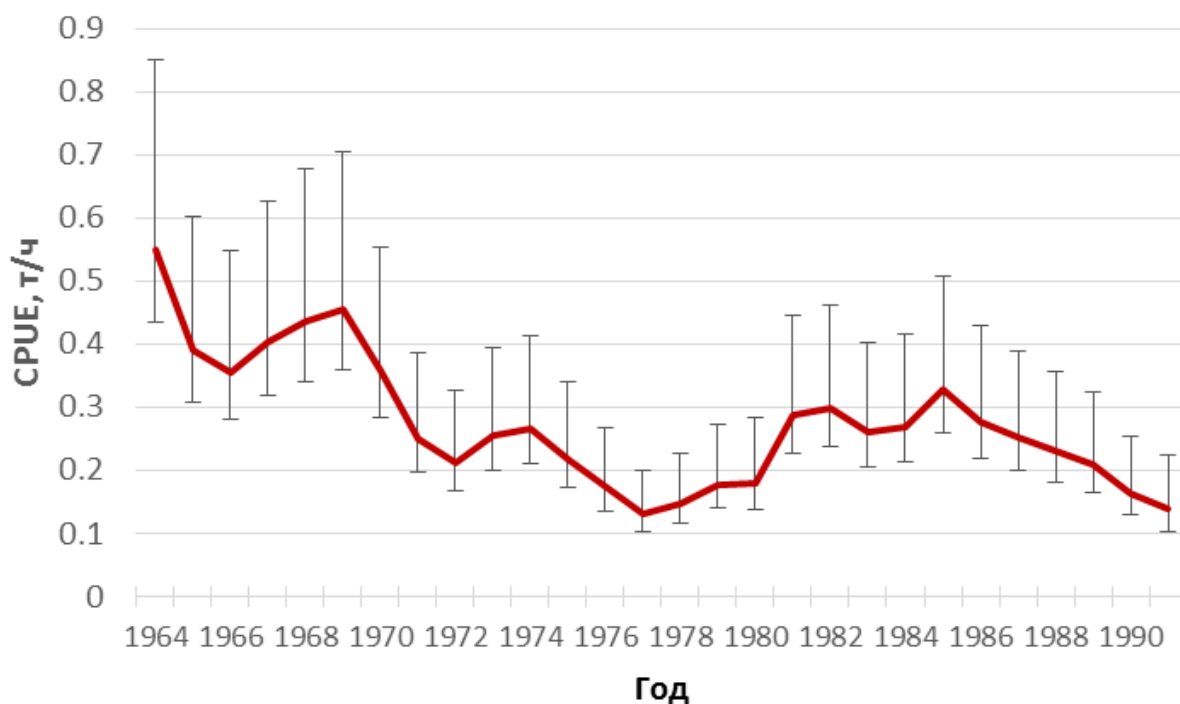


Рисунок 4 – Стандартизированная производительность промысла отечественных судов в период 1964-1991 гг. Вертикальными линиями отмечаются 95% доверительные интервалы



Рисунок 5 – Стандартизированная производительность промысла отечественных судов в период 1996-2014 и оценки биомассы по данным российской донной съемки 1996-2012 гг. Вертикальными линиями отмечаются 95% доверительные интервалы для производительности промысла

Рассчитанные индексы и результаты съемок показывают относительную стабильность запаса и рост в последние годы. Оценка параметров уравнения регрессии этих переменных показала статистически значимый (при уровне значимости 0,95) уровень корреляции между производительностью промысла и российской съемкой.

В целом результаты сравнения рассчитанных индексов с информацией о численности запаса, полученной из различных источников, позволяют рассматривать стандартизированную производительность отечественного промысла в качестве показателя величины запаса наряду с данными тралово-акустических съемок. В дальнейшем эти данные будут использованы в качестве настроечных индексов для когортных и продукционных моделей.

## Литература

- 1 Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 18 April-24 April 2013, ICES Headquarters, Copenhagen // ICES CM 2013/ACOM:05. – 682 p.
- 2 Смирнов О.В. Черный палтус норвежско-баренцевоморской популяции. – Мурманск: Изд-во ПИНРО. – 2006. – 113 с.
- 3 Teetor, Paul. R Cookbook: [Proven recipes for data analysis, statistics, and graphics]. – Sebastopol, CA: O'Reilly, – 2011. – 413 p.

## Распределение микрофитопланктонных сообществ на акватории Баренцева моря в июне 2013 года

Тюкина О. С., Куделя Я. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биологии, e-mail: tyukinaos@mstu.edu.ru)

**Аннотация.** В работе рассматриваются таксономический состав, эколого-географическая характеристика и обилие микрофитопланктонных сообществ Баренцева моря в июне 2013 года. Показано, что фитопланктон был представлен четырьмя отделами водорослей, численность изменялась от нескольких десятков до 74 тыс. кл./л; биомасса – от нескольких мкг/л до 4 мг/л.

**Abstract.** We have analyzed the taxonomic structure, the ecological and geographic characteristics, and the abundance and biomass of micro phytoplankton of the Barents Sea in June 2013. It is shown that phytoplankton was represented by four divisions of algae, the number of phytoplankton varied from a several tens to 74 thousand cells / l; biomass – from a few mcg / l to 4 mg / l.

**Ключевые слова:** фитопланктон, Баренцево море.

**Key words:** phytoplankton, Barents Sea.

Баренцево море является окраинным морем Северного Ледовитого океана, располагается на границе с Атлантическим океаном в пределах материковой отмели [1]. Исследования фитопланктона (ФП) Баренцева моря берут начало в 80-х годах 19 столетия [2] и в настоящее время оно наиболее изучено по сравнению с другими российскими морями Арктики [3]. Но так как ФП формируют коротко циклические организмы, быстро реагирующие на климатические сдвиги, изменяя свое распространение, фитопланктонные исследования моря остаются весьма актуальными в связи с климатическими колебаниями «теплых» и «холодных» аномалий [3, 4].

Цель работы – исследование состояния фитопланктонного сообщества Баренцева моря в июне 2013 года.

Сбор материала был проведен в экспедиции "Арктический плавучий университет – 2013" на НИС "Профессор Молчанов" в 2013 году с 7 по 20 июня. Отбор биологического материала и лабораторные исследования выполняли по стандартным методикам [5]. Пробы воды отбирали розеткой из батометров с поверхностного горизонта и над слоем пикноклина – резкого скачка плотности воды на глубине (ПК). ПК залегал на разных

глубинах от 20 до 50 м. Материал фиксировали раствором формальдегида, доводя его содержание в пробе до 2 %. Для концентрации проб использовали метод обратной фильтрации с использованием мембранных фильтров с порами 2 мкм. Всего было обработано 64 пробы с 32 станций на базе кафедры биологии Мурманского государственного технического университета (рисунок 1). Количественный анализ материала проводили в камерах Нажотта и Горяева объемами 0,01 и 0,0009 мл под световым микроскопом (при увеличении  $\times 40-800$ ). Каждую пробу просматривали не менее трех-пяти раз. Кроме того, редкие крупные формы просматривали в полном объеме в камере Богорова (при увеличении  $\times 56-98$ ). Линейные параметры клеток измеряли с помощью окуляр-микрометра. Биомассу ФП вычисляли методом аппроксимации к простым геометрическим телам [6].

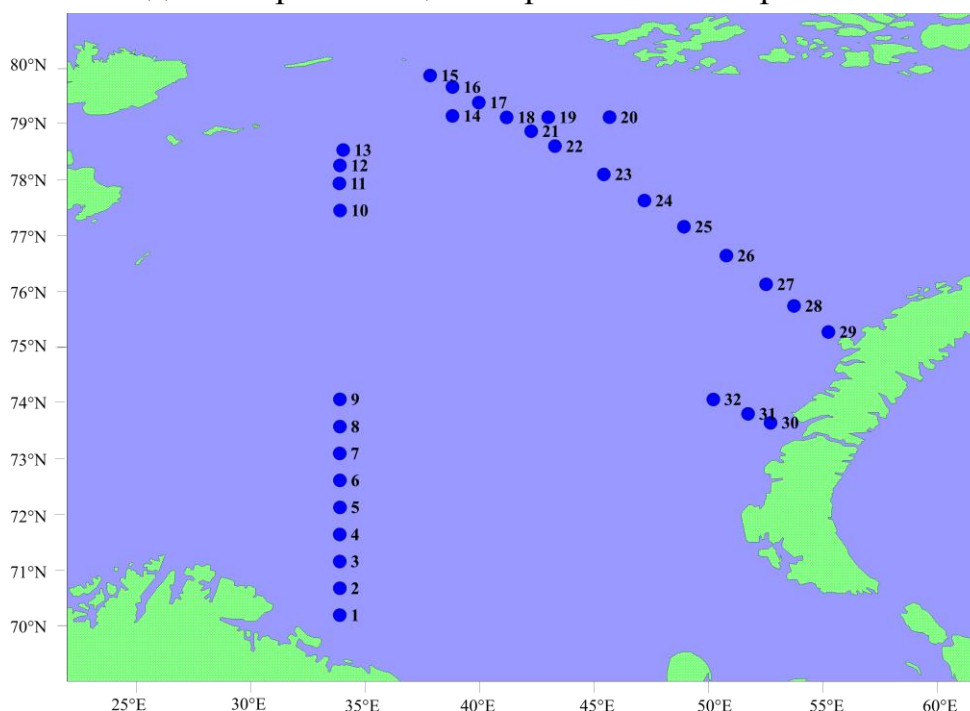


Рисунок 1 – Расположение станций отбора фитопланктонных проб

Комплекс планктонных микроводорослей на исследованной акватории был представлен четырьмя систематическими группами: Dinophyta (динофитовые водоросли или динофлагелляты), Bacillariophyta (диатомовые водоросли), Chrysophyta (золотистые водоросли) и Euglenophyta (евгленовые водоросли). Всего в пробах было отмечено 45 достоверно различимых вида ФП и 4 надвидовых таксона. Наиболее высокое видовое разнообразие было отмечено у диатомовых водорослей (59 % от общего количества достоверно различимых видов), преобладал род *Thalassiosira*. На долю представителей динофитовых водорослей



пришлось 35 %. Наиболее разнообразно был представлен род *Protoperidinium*. Виды эвгленовых и золотистых водорослей составили 6 %.

Из отдела Bacillariophyta было идентифицировано 26 видов, принадлежность 1 вида была установлена до рода (*Tabellaria* sp.). Кроме того, в пробах присутствовали представители двух классов диатомовых водорослей (Pennatophyceae и Centrophyceae), видовая принадлежность которых не была установлена (таблица 1). Из водорослей отдела Dinophyta в ФП было отмечено 16 видов. Золотистые микроводоросли были представлены 2 видами, эвгленовые – 1 видом. Количество видов на одной станции варьировало от 1 до 14. Наибольшее сходство видов ФП сообществ наблюдали в Западном и в Северо – Восточном районах Баренцева моря.

Таблица 1 – Таксономический список фитопланктона, зарегистрированный в Баренцевом море в июне 2013 г.

Отдел	Таксон
Bacillariophyta	<i>Amphiprora hyperborea</i>
	<i>Bacteriosira fragilis</i>
	Centrorhyceae
	<i>Chaetoceros atlanticus</i>
	<i>Chaetoceros borealis</i> f. <i>solitaria</i>
	<i>Chaetoceros concavicornis</i>
	<i>Chaetoceros convolutus</i>
	<i>Chaetoceros danicum</i>
	<i>Chaetoceros decipiens</i>
	<i>Chaetoceros diadema</i>
	<i>Chaetoceros furcellatus</i>
	<i>Chaetoceros teres</i>
	<i>Coscinodiscus neoradiatus</i>
	<i>Coscinodiscus radiatus</i>
	<i>Diploneis interrupta</i>
	<i>Eucampia zodiacus</i>
	<i>Grammatophora arcuata</i>
	<i>Navicula pelasica</i>
	<i>Navicula septentrionalis</i>
	<i>Nitzschia frigida</i>
<i>Nitzschia grunowii</i>	
Pennatophyceae	
<i>Rhizosolenia semispina</i>	

Отдел	Таксон
	<i>Tabellaria sp.</i>
	<i>Thalassiosira bioculata</i>
	<i>Thalassiosira decipiens</i>
	<i>Thalassiosira gravida</i>
	<i>Thalassiosira hyalina</i>
	<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>
Dinophyta	<i>Ceratium arcticum</i>
	<i>Ceratium fusus</i>
	<i>Ceratium lineatum</i>
	<i>Ceratium longipes</i>
	<i>Ceratium tripos</i>
	<i>Dinophysis acuminata</i>
	<i>Dinophysis norvegica</i>
	<i>Dinophysis rotundata</i>
	<i>Gyrodinium fusiforme</i>
	<i>Protoperedinium conicum</i>
	<i>Protoperedinium curvipes</i>
	<i>Protoperedinium decipiens</i>
	<i>Protoperedinium depressum</i>
	<i>Protoperedinium monacanthus</i>
<i>Protoperedinium pellucidum</i>	
<i>Protoperedinium pyriforme</i>	
Chrysophyta	<i>Dictyocha speculum</i>
	<i>Octactis octonaria = Distephanus speculum var. octonarius</i>
Euglenophyta	<i>Euglena sp.</i>

Наиболее распространенными видами из перидиней были *Protoperedinium curvipes*, *P. decipiens*, а также *Dinophysis rotundata* и *D. acuminata*. Из диатомовых микроводорослей наиболее распространены были *Thalassiosira nordenskioldii* и *T. gravida*.

По литературным данным для Баренцева моря зарегистрировано 307 достоверно различимых вида пелагического ФП, относящегося к 8 отделам водорослей [3]. В связи с этим, можно сделать вывод, что видовое биоразнообразие ФП сообществ на исследуемой акватории в данный период времени было небольшим, что делает эти сообщества чувствительными к негативным воздействиям.

Подавляющее большинство зарегистрированных видов ФП на рассматриваемой акватории по географической принадлежности относятся к аркто-бореальным видам (43 %), также были отмечены космополитные (35

%) и бореальные виды (9 %) (рисунок 2А). По экологической принадлежности в исследованных микрофитоценозах основу составляли неритические виды – 47 % (рисунок 2Б). Доля панталассных видов составила 15 %, океанических – 21 % и микрофитобентосных – 4 %. В обоих случаях для 13% видов приуроченность не была выяснена. В целом, для баренцевоморского ФП характерно преобладание неритических аркто-бореальных и космополитных форм в разных соотношениях в зависимости от сезона [3, 7].

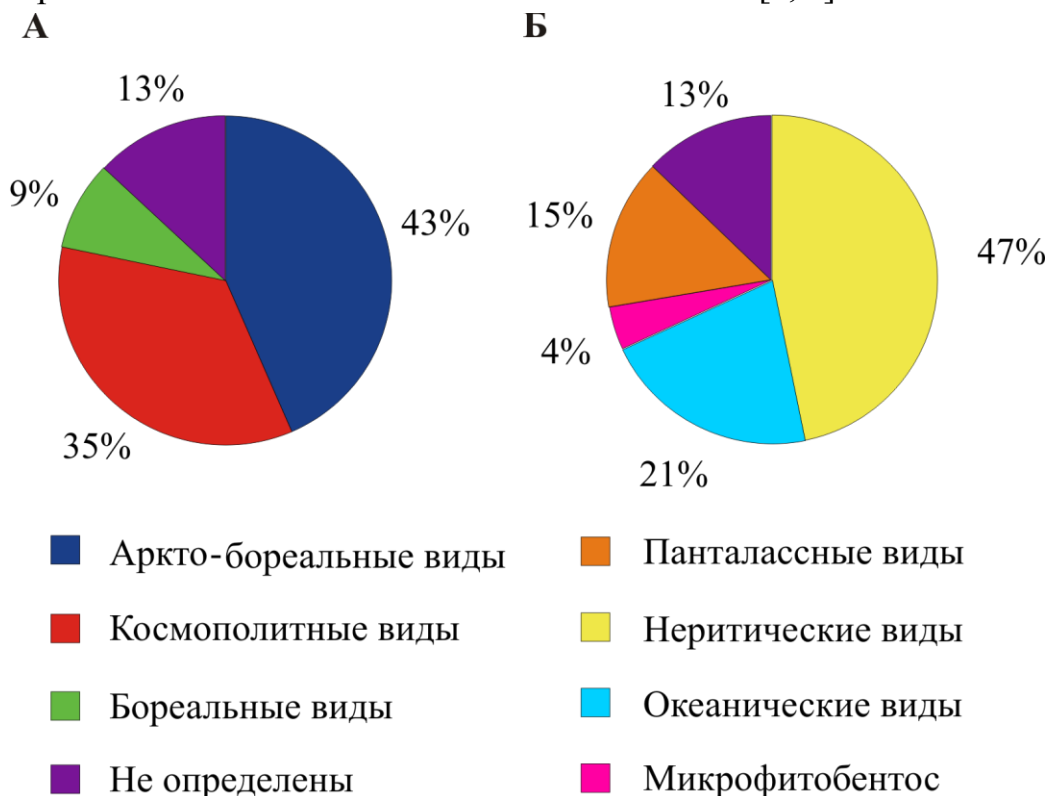


Рисунок 2 – Эколого – географический состав фитопланктона Баренцева моря в июне 2013 года:

А – географическая характеристика, %; Б – экологическая характеристика, %

Кроме того, в работе рассматривали вертикальное и пространственное распределение показателей обилия.

Численность ФП в слое 0 метров варьировала от нескольких десятков кл./л (в районе Новоземельской банки на станциях 34 и 24) до 74 тыс. кл./л. Наибольшие значения показателя были зарегистрированы в районах Центральной возвышенности (станция 9 – 39 тыс. кл./л) и Земли Франца Иосифа (ЗФИ) (станции 15, 20 – 74 и 45 тыс. кл./л соответственно). На остальных станциях численность ФП варьировала не значительно, и среднее значение по станциям составило 5 тыс. кл./л.

Численность ФП над ПК варьировала от нескольких сотен кл./л (станция 19 в районе ЗФИ) до 63 тыс. кл./л (район Демидовской банки станция 6). Также высокие значения показателя ФП были зарегистрированы на станциях 9 (Центральная возвышенность – 50 тыс. кл./л) и 15 (ЗФИ – 51 тыс. кл./л). На остальных станциях численность ФП варьировала не значительно, и среднее значение по станциям составило 9 тыс. кл./л, что больше, чем в поверхностном слое. Подавляющую численность ФП на акватории формировали диатомовые водоросли.

Биомасса ФП на исследованной акватории в слое 0 метров изменялась в пределах от нескольких мкг/л (северо-восточный район, станции 32 и 24) до 2,3 и 3,9 мг/л (западный район, станции 2 и 3 соответственно). Среднее значение показателя по станциям составило 537 мкг/л.

Биомасса ФП над ПК изменялась в пределах от 0,9 мкг/л (ЗФИ, станция 19) до 3 мг/л (западный район, станция 6). Среднее значение биомассы над ПК по станциям было равно таковому в поверхностном слое и составило 511 мкг/л. Основные значения биомассы ФП на акватории формировали динофитовые водоросли.

Таким образом, пространственное распределение показателей обилия ФП на рассматриваемой акватории было не однородно: относительно значимые величины показателей были получены на Кольском разрезе и в районе западнее ЗФИ; в то время как на большинстве станций вертикальное распределение обилия ФП было однородно, за исключением станций 3 и 6.

В заключение можно сказать следующее, что видовое разнообразие ФП Баренцева моря в июне 2013 г. было небольшим (45 достоверно различимых вида) и представлено четырьмя отделами: диатомовыми, динофитовыми, золотистыми и эвгленовыми водорослями. Наибольшее сходство видов ФП наблюдали в Западном и в Северо – Восточном районах Баренцева моря. По эколого-географической характеристике ФП на акватории исследования можно охарактеризовать как аркто-бореальный неритический комплекс видов. Значение численности ФП в бассейне изменялось от нескольких десятков кл./л до 74 тыс. кл./л и формировалось, в основном, представителями диатомовых водорослей. Значение биомассы ФП варьировало от нескольких мкг/л до 3,9 мг/л и формировалось, в основном, представителями динофлагеллят. В пространственном распределении значимые показатели обилия были получены на Кольском

разреze и в районе западного ЗФИ. На большинстве станций вертикальное распределение показателей обилия было однородно.

Авторы выражают благодарность организаторам проекта «Арктический плавучий университет – 2013» за предоставленную возможность участия в нем.

### Литература

1. Баренцево море // Академик. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/67409/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%BE>.
2. Милейковский С.А. Историко-библиографический обзор отечественных исследований морского планктона за столетие. М.: Наука. – 1970. – 195 с.
3. Комплексные исследования больших морских экосистем России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН ММБИ, – 2011. – С. 91-137.
4. Jacobsen T., Ozhigin V.K. The Barents Sea: Ecosystem, Resources, Management (Half a century of Russian – Norwegian cooperation). Norway, Trondheim, Tapir Academic Press. – 2011. P. – 46-70.
5. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1979. – 168 с.
6. Hillebrand H., Durselen C.-D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae // G. Phycol. – 1999. – V. 35. – P. 403 – 424.
7. Макаревич П. Р., Дружкова Е. И. Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей. М.: Наука, – 2010. – 338 с.

## Половое созревание гольца озерного в условиях Кандалакшского рыбоводного завода

**Щербак К. С.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биологии,  
e-mail: littel1988@mail.ru)

**Аннотация.** Проанализированы гистологические срезы гонад гольца озерного Кольского полуострова и описаны четыре из пяти стадий созревания рыб. Показано, что генеративная продуктивность гольца озерного Кольского полуострова является важным оценочным критерием в изменчивости особей под давлением факторов среды.

**Abstract.** Histological section of gonads of the lacustrine charr of the Kola Peninsula were analyzed, and four out of five stages of fish maturing were described. Was stated that generative efficiency of the lacustrine charr of the Kola Peninsula is important criterion in estimating variability of individuals under the pressure of factors of the environment.

**Ключевые слова:** голец озерный, аквакультура, рыбное хозяйство.

**Key words:** lacustrine charr, aquaculture, fish industry.

Озерный голец (*Salvelinus alpinus lepechini*) – ценный представитель ихтиофауны Кольского полуострова. В природе палия широко использует возможности биотопов и образует в разных озерах адаптированные формы, максимально используя свой репродукционный потенциал. В некогда промысловых озерах Мурманской области озерные формы гольцов (палии) достигают возраста семи лет (6+), созревают в возрасте 3+. Гольцы принадлежат к многократно нерестующим рыбам, их плодовитость – от 1 до 5 тыс. икринок.

В последние десятилетия на полуострове не ведется специализированная добыча этого вида рыб по экономическим причинам и из-за падения численности в местах традиционного лова. Развитие в регионе нового рыбохозяйственного направления – аквакультуры, стимулировало интерес хозяйственников к товарному выращиванию палии в условиях существующих рыбоводных заводов, хотя дискуссия о целесообразности пополнения запасов этой рыбы в водоемах Мурманской области ведется с конца прошлого века, тогда же были осуществлены первые попытки ввести объект в аквакультуру региона [1].

Производственные работы осуществляли на лососевых рыбоводных заводах системы ФГБУ «Мурманрыбвод». На завершающей стадии формирования искусственного маточного стада рыб все работы административным решением были остановлены. Тем не менее,

практическая задача адаптации элементов биотехники к условиям северных рыбоводных заводов была реализована, положительные итоги подтверждены результатами исследований [2].

Доказательства перспективности заводского культивирования палии в регионе обусловили дальнейший интерес к изучению особенностей биологии вида в условиях субарктики и выбора его озерной формы с наибольшей экологической потенцией.

Важным оценочным критерием перспективности биологического объекта для целей культивирования является генеративная продуктивность особей и ее изменчивость под давлением факторов среды. Изучение состояния воспроизводительной системы рыб на отдельных этапах жизненного цикла гольца озерного как в природных водоемах, так и в контролируемых человеком условиях, – задача, требующая решения на очередном этапе исследований.

Была поставлена задача оценить возможности и характер созревания гольца озерного в контролируемых заводских условиях по состоянию гонад и составляющих их мужских и женских половых клеток.

Голоц озерный (палия) *Salvelinus alpinus lepechini* (G), выращенный на Кандалакшском (КЭЛЗ) рыбоводном заводе из икры от производителей оз. Топозеро.

Биологические пробы рыб формировали из заводских особей, содержащихся в одинаковых условиях на протяжении всего периода выращивания. Исследовали морфологическое и гистологическое состояние гонад разновозрастных (возрасте 2+, 3. и 4.) и разноразмерных (мелкие, средние, крупные) рыб одной генерации. Гонады самок и самцов препарировали, фиксировали в 70% спирте и использовали для изготовления гистологических срезов; идентифицировали пол и стадию зрелости под микроскопом. В процессе исследования автором изготовлено и проанализировано 52 гистологических препарата гонад.

Характер созревания оценивали с использованием универсальной шкалы зрелости половых желез [3] Ооциты классифицировали по [4], данные сравнивали с результатами гистологических исследований других авторов [5].

При детальном изучении гистологических срезов гонад самок гольца озерного было идентифицировано четыре из пяти известных состояний ооцитов, названных Персовым степенями развития ооцитов периода протоплазматического роста (ПР). На препаратах не просматривались оогонии и ооциты ранней профазы мейоза. Младшая генерация ооцитов была представлена ооцитами 2-й и 3-й ступеней. На индивидуальных

гистологических срезах гонад рыб, представленных младшими возрастами, встречаются отдельные ооциты, завершившие протоплазматический рост, в яичниках присутствуют также оогонии и ооциты начальных фаз периода.

При последующем росте обнаруживаются ооциты с сильно увеличенным объемом протоплазмы и накоплением в ней трофических зерен желтка и капель жира. У части рыб старшей возрастной группы выявлены ооциты, завершившие трофоплазматический рост и готовые к вымету. По состоянию гонад обнаружены отнерестившиеся самки с опустевшими фолликулами в яичниках.

У заводских особей гольца на гистологических препаратах самок выявлены растянутые оболочки и резорбция части ооцитов. Причина резорбции не установлена, но по сведениям из научной литературы это может быть вызвано несоответствием условий среды (т.е. условий выращивания) биологическим потребностям вида, что вполне согласуется с данными о неудовлетворительных условиях содержания рыб на предприятии.

Половые клетки самцов были представлены сперматогониями, сперматоцитами 1-го и 2-го порядка, а также половыми клетками, вступившими в стадию созревания или завершившими процесс сперматогенеза.

На период проведения исследований не выявлено особей обеих полов с текучими половыми продуктами.

Потомство гольца озерного из водоемов субарктического пояса Европейского Севера России успешно созревает и нерестится в контролируемых человеком условиях.

## Литература

1. Терехин Ю.В. Рекомендации по искусственному разведению гольцов на рыбноводном заводе "Имандра". – Мурманск: ПИНРО, – 1984. – 10 с.
2. Анохина В. С. Характеристика крови и гистология половых желез заводского и дикого гольца озерного // В. С. Анохина, А. Н. Квасоварова, К. С. Щербак / Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2012. – Т. 15. – № 4. – С. 691-700.
3. Сакун О. Ф., Буцкая Н. А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. Мурманск, Рыбное хозяйство. – 1963. – 46 с.
4. Taranger G. L. Sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., aspects of environmental and hormonal control // Bergen, Norway. 1993.
5. Персов Г. М. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей.- Тр. ММБИ. – М.-Л.:Наука. – 1966. – 7-44 с.



# **Экология, природопользование и устойчивое развитие**

## К вопросу о факторах, влияющих на заражение мойвы Баренцева моря нематодой *Anisakis simplex* L. в 2007-2011 гг.

**Бессонов А. А.** (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», e-mail: [bessonov@pinro.ru](mailto:bessonov@pinro.ru))

**Аннотация.** Изучена регрессионная зависимость заражения мойвы личинками нематоды *Anisakis simplex* от массовой доли эвфаузиид в питании мойвы, биомассы нерестового запаса рыбы и численности эвфаузиид. Выявлена положительная корреляция зараженности мойвы от массовой доли эвфаузиид в ее питании и отрицательная корреляция – от биомассы ее нерестового запаса.

**Abstract.** Regression dependence of capelin infection by larvae nematodes *Anisakis simplex* on euphausiids portion in capelin diet, biomass of mature capelin and the number of euphausiids was studied. Positive correlation of contamination of this type of fish from the mass fraction of euphausiids in its diet, and a negative correlation from the biomass of mature fish are established.

**Ключевые слова:** мойва, нематода, *Anisakis simplex*, регрессия, заражение, питание.

**Key words:** capelin, nematode, *Anisakis simplex*, regression, invasion, diet.

Мойва (*Mallotus villosus* Müller, 1776) – стайный преимущественно бореальный пелагический вид, распространенный в северной части Атлантического и Тихого океанов. Наиболее многочисленная ее популяция обитает в Баренцевом море. Основу ее питания составляют массовые виды мезо- и макропланктона. Она служит важнейшим объектом питания трески, пикши и других видов рыб, а также морских млекопитающих и птиц [1].

Мойва является одним из наиболее эксплуатируемых промысловых объектов в Баренцевом море (в 2013 г. ее улов составил более 180 тыс. т). На рынке мойва востребована в охлажденном, наиболее опасном с точки зрения заражения человека, виде. С 2000 г. ПИНРО проводит мониторинг зараженности промысловых видов рыб и мойвы, в том числе, личинками нематоды *Anisakis simplex*, направленный на оценку качества и паразитарной безопасности водных биологических ресурсов [2, 3, 4, 5, 6].

Нематоды семейства Anisakidae относятся к числу наиболее распространенных паразитов в Мировом океане. В результате сложного жизненного цикла паразиты попадают в желудочно-кишечный тракт морских млекопитающих, птиц, рыб и рептилий, где достигают половой зрелости. Промежуточные и резервуарные хозяева нематод – рыбы и беспозвоночные (преимущественно ракообразные семейства Euphausiidae) [7]. Основным местом паразитирования этих нематод в рыбе является полость тела. Они

локализуются на поверхности печени и мезентерии. Большинство личинок неподвижны, но некоторые особи могут мигрировать по различным органам в полости тела рыбы, а также проникать в мышечные ткани и гонады. Анизакидные личинки могут быть патогенны для человека, они вызывают паразитарную болезнь – анизакидоз [8, 9]. В мире описано более 160 тыс. случаев анизакидоза, из которых 90 % зарегистрировано в Японии [10].

Основная цель настоящей работы – определение факторов, влияющих на уровень заражения мойвы нематодой *A. simplex* L.

### **Материал и методика**

В работе использованы данные, полученные в ходе экспедиций научно-исследовательских судов ФГБНУ «ПИНРО» в 2007–2011 гг. в Баренцевом море. За этот период методом неполного паразитологического вскрытия обработано 1720 экз. рыб размером от 9,5 до 20,5 см [11].

Для характеристики степени инвазии рыб личинками *A. simplex* в работе рассчитаны следующие показатели: экстенсивность заражения как количество зараженных особей в процентах от общего числа обследованных рыб и индекс обилия, который отражает среднее число паразитов данного вида в одной исследованной рыбе [12, 13]. Для построения регрессионной модели выбраны следующие показатели: биомасса половозрелой мойвы в Баренцевом море (тыс. т) [14], численность эвфаузиид (экз. на 1000 м<sup>3</sup>) и массовая доля эвфаузиид в питании мойвы (отношение общей массы эвфаузиид в желудке к общей массе пищевого комка, выраженное в %).

Данные по численности эвфаузиид и их значению в питании мойвы любезно предоставлены лабораторией трофологии ФГБНУ «ПИНРО».

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием программного обеспечения Microsoft Office и Statistica. При обработке материалов анализ проводили поэтапно, начиная с однофакторной регрессии для каждого из факторов с последующим добавлением следующих факторов. Для оценки совместного влияния установленных факторов применяли скорректированный коэффициент детерминации.

### **Результаты и обсуждение**

Результаты выполненного исследования показали, что в 2007 г. было заражено  $69,3 \pm 10,7$  % мойвы, при индексе обилия  $1,53 \pm 0,32$ . В 2011 г. показатели заражения снизились, экстенсивность достигла  $33,4 \pm 3,4$  %, индекс обилия – до  $0,56 \pm 0,08$  (рис. 1).

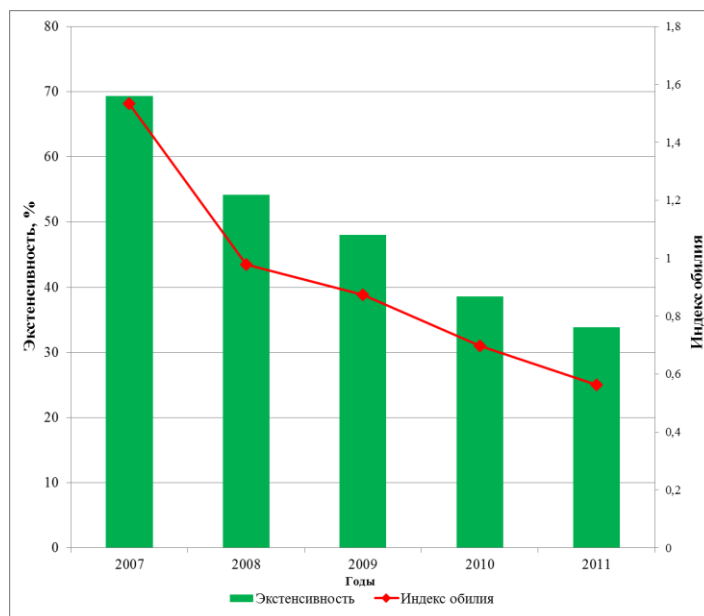


Рисунок 1 – Межгодовая динамика экстенсивности и индекса обилия заражения мойвы нематодой *A. simplex l.*

В 2007-2008 г. биомасса нерестового запаса мойвы резко увеличилась с 844 тыс. т. до 2486 тыс. т. и до 2011 г., этот уровень сохранялся с незначительными межгодовыми изменениями.

Численность эвфаузиид в 2007-2009 г. увеличилась до своего максимума, который составил 2600 экз./1000 м<sup>3</sup>. Однако к 2011 г. она снизилась до 898,5 экз./1000 м<sup>3</sup>.

По данным лаборатории трофологии ПИНРО массовая доля эвфаузиид в питании мойвы с 2007 г. до 2010 г. снизилась с 62,7 % до 35,3 %, а в 2011 г. составила 45,9 %.

Статистический анализ показал различие между значениями коэффициента детерминации для индекса обилия и экстенсивности заражения, при этом значения коэффициента детерминации, полученные для индекса обилия, были выше. В результате множественного регрессионного анализа с зависимой переменной индекс обилия и всех трех рассматриваемых факторов в качестве предикторов коэффициент детерминации равнялся 0,83, а для экстенсивности – 0,77.

Наибольшую значимость для зараженности имеют показатели массовой доли эвфаузиид в питании мойвы ( $R^2 = 0,74$ ) (таблица 1), так как этот фактор является, по сути, следствием объединения двух других рассматриваемых факторов, и заражение нематодой *A. simplex l.*, происходит в основном через питание эвфаузидами. Зависимость между зараженностью и массовой долей эвфаузиид в питании мойвы является положительной линейной ( $R^2 = 0,74$ ). Зависимость от биомассы половозрелой мойвы является

отрицательной линейной и не столь значительной ( $R^2 = 0,60$ ). Возможно, это объясняется увеличившейся численностью мойвы, а также частичным переходом на питание другими видами планктонных организмов.

Следует подчеркнуть, что зависимость зараженности мойвы от численности эвфаузиид нами не обнаружена, что подтверждается результатами простого линейного и множественного регрессионного анализа. В последнем случае стандартизированный коэффициент  $\beta$  для численности эвфаузиид не достиг статистической значимости ( $\beta = 0,24$ ). Предполагается, что это связано с изменяющейся зараженностью личинками нематоды *A. simplex* самих эвфаузиид, но, в настоящее время такие данные отсутствуют. Низкое значение скорректированного  $R^2$  и его большое различие с  $R^2$  может объясняться небольшой выборкой, используемой для регрессионного анализа (всего за 5 лет).

Таблица 1 – Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) индекса обилия *A. simplex* I. при влиянии исследуемых факторов

Массовая доля эвфаузиид в питании мойвы, %	Биомасса половозрелой мойвы, тыс. т	Численность эвфаузиид, экз./1000 м <sup>3</sup>	Совместное влияние массовой доли эвфаузиид в питании мойвы (%) и численностью эвфаузиид (экз./1000 м <sup>3</sup> )	
$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$	Скорректированный $R^2$
0,74	0,60	0,007	0,60	0,30

Проведенный анализ показал высокую вероятность того, что основным источником заражения мойвы личинками нематоды *A. simplex* в Баренцевом море являются эвфаузииды. Установлена высокая степень корреляции заражения мойвы от массовой доли эвфаузиид в ее питании. Заражение мойвы также зависит от ее биомассы, но не зависит от численности эвфаузиид, что может быть связано с зараженностью самих эвфаузиид нематодой *A. simplex* I.

Проведенные исследования показывают, что для полного понимания факторов, влияющих на заражение мойвы нематодой *A. simplex*, требуются исследования эвфаузиид на зараженность патогенными для человека личинками нематод.

## Литература

1. Dolgov A.V. The role of capelin (*Mallotus villosus*) in the foodweb of the Barents Sea // ICES J. Mar. Sci. 2002. Vol.59. № 5. P. 1034-1045.

2. Бакай Ю.И., Зуйков Г.В., Карасев А.Б. Некоторые данные по выживанию личинок *Anisakis simplex* в рыбе при промышленном производстве продукции на судах типа БМРТ // Паразиты и болезни морских и пресноводных рыб Северного бассейна: сб. науч. тр. Мурманск: ПИНРО. 1998. С. 122-126.
3. Бессонов А.А., Калашникова М.Ю. Результаты мониторинга зараженности мойвы нематодой *A. simplex* // Вестник ветеринарии. – 2013. – № 64. – С. 83-85.
4. Карасев А.Б., Бакай Ю.И. Оценка зараженности трески и окуня-клювача в Баренцевом море личинками анизакидных нематод // Материалы отчетной сессии по итогам НИР ПИНРО в 1992 г. Мурманск: ПИНРО. 1993. С. 220-231.
5. Об утверждении инструкции о передаче данных государственного мониторинга водных биологических ресурсов...: Приказ Федерального агентства по рыболовству от 3 июня 2010 г. № 518.
6. Karasev A.B., Bakay Yu.I. Infection of the Barents Sea cod, *Gadus morhua*, and redfish, *Sebastes mentella*, with larval anisakid Nematodes: long-term data // Bull. of the Scand. Soc. for Parasitology. 1994. Vol. 4. № 2. P. 11-12.
7. Гаевская А.В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2005. 223 с.
8. Сердюков А.М. Проблема анизакидоза // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1993. № 2. С. 50-54.
9. Audicana, M.T., Ansotegui, I.J., de Corres, L.F., Kennedy, M.W., *Anisakis simplex*: dangerous – dead and alive? // Trends Parasitol. 18(1). 2002. P. 20-24.
10. Козырева Т.Г., Юрченко Т.Ю., Корнюков Г.В. Трусакова, А.С. Довгалева, В.И. Шейко, Т.А. Семенова Анизакидоз желудочно-кишечного тракта человека // Актуальные вопросы эпидемиологии инфекционных болезней (сб. научных трудов, вып.10). М.: ЗАО МП «ГИГИЕНА», 2011. – С.757-762.
11. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука. 1985. 121 с.
12. Гаевская А.В. Паразитология и патология рыб: энциклопедический словарь-справочник (издание второе, дополненное и переработанное). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2006. 396 с.
13. Margolis L., Esch G.W., Holmes J.C. The use of ecological terms in parasitology (Report of AN AD HOC committee of the American society of parasitologists). Kuris A.M., Schad G.A. // J. Parasitol. 1982. 68(1). P. 131-133.
14. Anon. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), – ICES CM 2013/ACOM:05. – 726 pp.

## Вирио- и бактериопланктон шельфа Баренцева моря

**Венгер М. П., Широколобова Т. И.** (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, e-mail: *venger@mmbi.info*)

**Аннотация.** Изучение планктонных вирусов и бактерий Баренцева моря показало, что от летнего к зимнему периоду их обилие в водной толще уменьшилось в среднем в 2 раза (от  $6.7$  до  $3.0 \times 10^6$  частиц/мл и от  $1.1$  до  $0.6 \times 10^6$  кл/мл) при снижении размаха вариации в 3 и 5 раз, соответственно. Значительные изменения количественных характеристик по сезонам наблюдались в верхней части фотического слоя.

**Abstract.** The study of bacterio- and virioplankton of the Barents Sea has shown that their abundance in the water layer has decreased an average of 2 times (from  $6.72$  to  $2.96 \times 10^6$  particles/ml and from  $1.06$  to  $0.58 \times 10^6$  cells/ml) with a decrease in range variability in the 3 and 5 times, respectively, from the summer to the winter period. Significant changes in the quantitative characteristics of seasonal was observed in the upper part of the photic layer.

**Ключевые слова:** вириопланктон, бактериопланктон, баренцевоморский шельф.

**Key words:** virioplankton, bacterioplankton, Barents Sea shelf.

В условиях меняющегося климата и интенсивного освоения углеводородных месторождений Арктики знания о наиболее массовых компонентах планктона шельфовых морей приобретают несомненную важность в прогнозировании их продуктивности и реакции пелагических сообществ на загрязнение.

Экология автохтонных вирусов в морях Русского Севера и в частности Баренцева моря, практически не изучена. Фрагментарными являются для него и сведения о современном состоянии сообществ бактериопланктона – потенциального объекта вирусных атак.

В ходе рейсов на НИС «Дальние Зеленцы» в открытых и прибрежных участках Баренцева моря исследован бактерио- и вириопланктон контрастных гидрологических сезонов (август 2010 г. и ноябрь 2013 г.). Их количественный учет проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии (Olympus BX 51 с системой анализа изображений). Препараты бактерий окрашивали флуорохромом DAPI на ядерных фильтрах, диаметр пор  $0.2$  мкм [1], препараты вирусов – флуорохромом SYBR Green I на фильтрах Anodisc («Wathman»), диаметр пор  $0.02$  мкм [2].

Результаты определений свидетельствовали, что в летний гидрологический сезон численность бактериопланктона находилась в диапазоне  $10^5$ – $10^6$  кл/мл, а биомасса не превышала  $100$  мг/м<sup>3</sup>. В открытых

водах шельфа разность между минимальной и максимальной величиной показателей достигала  $3.6 \times 10^6$  кл/мл и  $59.12 \text{ мг/м}^3$ , соответственно.

Повышенным содержанием бактерий выделялся прогретый поверхностный слой южного участка шельфа, их пониженным содержанием (в среднем в 4 раза) характеризовались холодные слои водной толщи северного участка [3]. Снижение обилия с продвижением на север сопровождалось увеличением размеров клеток, что подтверждала и тесная отрицательная связь между их численностью и средними объемами ( $r_s = -0.78$ , при  $p \geq 0.05$ ). Выявленная зависимость согласуется с результатами высокоширотных экспедиций ММБИ с 1983 по 1992 гг. [4].

В прибрежных водах шельфа амплитуда значений численности и биомассы бактериопланктона соответствовала –  $1.4 \times 10^6$  кл/мл и  $80.47 \text{ мг/м}^3$ . Количественные показатели в слое прогретых вод незначительно отличались (в среднем в 1.3 и в 1.4 раза, соответственно) от показателей нижележащих холодных слоев. Относительную однородность их распределения определяли активные фотосинтетические процессы, о чем свидетельствовали концентрации хлорофилла ( $1.4 \pm 0.3 \text{ мг/м}^3$ ), приуроченные к глубинам 5–45 м [5, 6].

Сравнение прибрежных и открытых участков показало, что при соизмеримости обилия бактериопланктона в их поверхностных слоях, величина этого параметра в толще прибрежных вод достоверно превосходила величину в толще вод открытой части шельфа. Установленные в наших исследованиях значения численности были сопоставимы с показателями других арктических акваторий. Так, в летние месяцы в центральной части Баренцева моря количество бактерий изменялось от 0.4 до  $4.1 \times 10^6$  кл/мл [7]. В его северо-западной части и прилегающей акватории Северного Ледовитого океана (СЛО) регистрировали величины  $0.2\text{--}3.2 \times 10^6$  кл/мл (в 2003 г.) и  $0.2\text{--}1.0 \times 10^6$  кл/мл (в 2004 г.) [8]. Воды, омывающие берега архипелагов Земля Франца Иосифа и Шпицберген, характеризовались численностью  $0.7\text{--}1.0 \times 10^6$  кл/мл [9] и  $0.9 \times 10^6$  кл/мл [10], соответственно.

Количественные определения вириопланктона в открытых водах баренцевоморского шельфа выявили его максимальные концентрации в верхней части фотического слоя, минимальные – у дна [3]. Обилие вирусов в поверхностном слое изменялось в диапазоне  $1.7\text{--}35.8 (8.5 \pm 2.9) \times 10^6$  частиц/мл, в придонном –  $2.0\text{--}3.1 (2.7 \pm 0.4) \times 10^6$  частиц/мл. Отношение численности вирусов к численности бактерий ( $N_V/N_B$ ) находилось в



пределах 2–30, рассчитанное [по 11] число возможных контактов между ними варьировало от 1 до 62 в сутки. Количество вирусных частиц положительно коррелировало с количеством бактерий при тесноте связи показателей  $r_s = 0.76$  (при  $p \geq 0.05$ ).

В прибрежных водах шельфа концентрация вириопланктона изменялась от 14.5 до  $32.4 \times 10^6$  частиц/мл. В поверхностном слое ее средние значения достигали  $25.2 \pm 0.6 \times 10^6$  в мл. Показатель не снижался с глубиной, количество вирусных частиц в придонном слое ( $20.1 \pm 0.8 \times 10^6$  в мл) и водной толще над ним ( $23.5 \pm 1.0 \times 10^6$  в мл) оставалось сопоставимым.

Отношение  $N_V/N_B$  находилось в пределах 13–57. Число возможных контактов вирусных частиц с клетками бактерий варьировало от 10 до 54 в сутки. Между обилием вирусов и биомассой бактериопланктона установлена умеренная корреляция  $r_s = 0.50$  (при  $p \geq 0.05$ ).

В отличие от бактериопланктона, распределение вирусов носило более выраженный неоднородный характер. В прибрежье их численность на порядок превышала значения в открытых участках (за исключением локального максимума на юге-востоке). Количество вирусных частиц открытых вод находилось в верхней части диапазона их обилия в глубоководных районах Арктики [12, 13]. В прибрежных водах их концентрация превосходила таковую у берегов Карского моря [14] и моря Бофора [15].

Вириопланктон повсеместно превышал обилие бактериопланктона (в среднем в 7 раз в открытых водах и в 29 раз в прибрежных). Скорость контактов между ними являлась максимальной в прибрежье и южной части открытого шельфа, минимальной – в его северной части. Полученные соотношения численности вирусов и бактерий ( $N_V/N_B$ ) (2–57) оказались близки к величине изменения параметра (5–70) в водах центральной Арктики. При этом в ее глубоководных районах частота контактов между вирусами и бактериями была существенно ниже (1–13 контактов/сутки) [13], чем в открытых и прибрежных участках баренцевоморского шельфа (1–62 и 10–54 контактов/сутки, соответственно).

Из предварительного анализа результатов зимнего гидрологического сезона следует, что численность бактериопланктона открытых шельфовых вод изменялась от  $10^5$ – $10^6$  кл/мл, а максимум биомассы превышал  $144 \text{ мг/м}^3$ . Вертикальное распределение показателей характеризовалось относительной

равномерностью при сохранении широтной зональности как в зимний, так и в летний периоды. Биомасса зимнего сообщества бактерий (на 91 %) формировалась за счет крупных палочковидных и нитчатых форм, в результате чего средний объем клеток составил  $0.093 \pm 0.007$  мкм<sup>3</sup> против их среднего объема  $0.054 \pm 0.006$  мкм<sup>3</sup> летом, когда основную часть бактериопланктона составляли мелкие кокковидные формы бактерий.

Зимой в поверхностных водах средние значения численности были более низкими, чем летом ( $0.7 \pm 0.07 \times 10^6$  кл/мл против  $1.3 \pm 0.3 \times 10^6$  кл/мл), а биомассы – более высокими ( $75.59 \pm 12.20$  мг/м<sup>3</sup> против  $45.11 \pm 4.78$  мг/м<sup>3</sup>).

В придонных водах сезонные различия показателей сообществ были менее значительными и составили соответственно  $0.5 \pm 0.01 \times 10^6$  кл/мл и  $40.18 \pm 4.81$  мг/м<sup>3</sup> для зимы и  $0.4 \pm 0.03 \times 10^6$  кл/мл и  $31.89 \pm 3.46$  мг/м<sup>3</sup> для лета.

Согласно данным 1984 и 1985 гг. численность бактерий в водной толще Баренцева моря в зимний период также снижалась, и уменьшались ее значения с переходом от южных станций к северным. Биомасса в общих чертах повторяла ход изменения численности клеток, а их объемы зимой возрастали в среднем в 1.5–2 раза [4]. Значения параметров бактериопланктона в наших исследованиях и исследованиях 80-х годов были достаточно близки. Так, численность по акватории моря в 2013 г. составила  $0.4–1.1 \times 10^6$  кл/мл, биомасса –  $26.61–144.68$  мг/м<sup>3</sup>, против декабря 1984 г. и января 1985 г. –  $0.2–0.7 \times 10^6$  кл/мл и  $51.0–103.3$  мг/м<sup>3</sup>, соответственно. При среднем объеме клеток  $0.050–0.234$  мкм<sup>3</sup> (по нашим определениям) и  $0.181–0.388$  мкм<sup>3</sup> (по данным 80-х годов).

Проводимые в зимний период вирусологические исследования показали, что количество вирусных частиц в акватории моря изменялось от  $0.2$  до  $10.7 \times 10^6$  в мл. В поверхностных водах их средняя численность составляла  $4.7 \pm 1.2 \times 10^6$  при диапазоне значений  $1.3–10.7 \times 10^6$  в мл, в придонных водах соответственно  $1.0 \pm 0.8 \times 10^6$  при диапазоне  $0.2–7.2 \times 10^6$  в мл.

За исключением максимума в прибрежье, наибольших концентраций вириопланктон достигал на севере шельфа, где в среднем в 4 раза превосходил значения показателя более южно расположенных областей. Увеличение вирусного обилия с юга на север следовало бактериальному распределению лишь в придонных водах, в поверхностных – численность бактерий к северу заметно снижалась. Соотношение  $N_V/N_B$  в этих слоях

находились в диапазоне 1–13 и 2–16, соответственно. Между количеством вирусов и биомассой бактерий выявлена умеренная положительная связь  $r_s = 0.46$  (при  $p \geq 0.05$ ).

Немногочисленные зимой исследования арктических морских акваторий также свидетельствовали о низкой численности их вириопланктона [16, 17]. Например, в море Бофорта до глубины 60 м ее средние значения составляли  $5.3 \pm 2.8 \times 10^6$  частиц/мл и были сопоставимы с обилием в поверхностных водах Баренцева моря. Переход к зимнему периоду также сопровождался снижением вирусных концентраций (в среднем в 3 раза). При этом средняя величина показателя соотношения  $N_V/N_B$ , по сравнению с нашими данными, оставалась неизменной (15 – летом и 14 – зимой), и, вероятно, определялась низким уровнем развития сообществ потенциальных вирусных хозяев – бактерий в пелагиали покрытого льдами моря (с октября по июль) [17].

Таким образом, полученные по двум рейсам данные свидетельствовали о массовом доминировании вирусов в микропланктоне Баренцева моря, о сезонной и пространственной изменчивости количественных показателей как вирио-, так и бактериопланктона, а также о неравномерности распределения вирусов относительно распределения их потенциальных хозяев – бактерий, что могло определяться как физиологическим состоянием клеток доминирующей популяции, так и преобладанием формы вирусной инфекции в каждый конкретный момент времени. Достоверная корреляция вирусного обилия с количественными показателями бактериопланктона указывала на принадлежность большинства морских вирусов к бактериофагам. При смене гидрологических сезонов концентрация вирусов являлась достаточно динамичным показателем и тем самым подтверждала, что вирусы не инертные частицы, а активные члены морских планктонных сообществ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-05-31367).

## Литература

1. Porter K.G., Feig Y.S. The use DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. V. 25. N. 5. P. 943–948.

2. Noble R.T., Fuhrman J.A. Use of SYBR Green for rapid epifluorescence count of marine viruses and bacteria // *Aquat. Microb. Ecol.* 1998. V. 14. P. 113–118.
3. Венгер М.П., Широколобова Т.И., Макаревич П.Р., Водопьянова В.В. Вирусы в пелагиали Баренцева моря // *Докл. РАН.* 2012. Т. 446, № 3. С. 345–349.
4. Планктон морей Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 352 с.
5. Венгер М.П. Бактериопланктон северо-восточной части Баренцева моря // *Вестник Южного научного центра.* 2011. Т. 7. № 4. С. 55–60.
6. Венгер М.П. Микробные сообщества в водах западного побережья архипелага Новая Земля // *Материалы XXX конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 150-летию со дня рождения Н.М. Книповича «Проблемы океанографии, биологии и освоения биоресурсов морей российской Арктики»* (г. Мурманск, май 2012). – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2012. – С. 31–35.
7. Howard-Jones M.H., Ballard V.D., Allen A.E., Frischer M.E., Verity P.G. Distribution of bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the central Barents Sea during summer // *Journal of Marine Systems.* 2002. V. 38. P. 77–91.
8. Tammert H., Olli K., Sturluson M., Hodal H. Bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the northern Barents Sea // *Deep-Sea Res. II.* 2008. V. 55. P. 2199–2209.
9. Венгер М.П. Сообщества бактериопланктона в водах архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа // *Материалы XXIX конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 140-летию со дня рождения Г.А. Ключе «Морские исследования экосистем Европейской Арктики»* (г. Мурманск, май 2011 г.). – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2011. С. 29–33.
10. Дворецкий В.Г., Венгер М.П., Макаревич П.Р., Моисеев Д.В. Летний бактерио- и зоопланктон прибрежных вод архипелага Шпицберген // *Биология моря.* 2012. Т. 38. № 1 С. 82–85.
11. Murray A.G., Jackson G.A. Viral dynamics: a model of the effects of single-celled planktonic organisms and other particles // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1992. V.14. P. 113–118.
12. Hodges L.R., Bano N., Hollibaugh J.T., Yager P. Illustrating the importance of particulate organic matter to pelagic microbial abundance and community structure – an Arctic case study // *Aquat. Microb. Ecol.* 2005. V. 40. P. 217–227.

13. Steward G.F., Fandino L.B., Hollibaugh J. T., Whitley T. E., Azam F. Microbial biomass and viral infections of heterotrophic prokaryotes in the sub-surface layer of the central Arctic Ocean // *Deep-Sea Research I*. 2007. V. 54. P. 1744–1757.
14. Копылов А.И., Косолапов Д.Б., Заботкина Е.Б., Боярский П.В., Шумилкин В.Н., Кузнецов Н.А. Планктонные вирусы, гетеротрофные бактерии и нанофлагелляты в пресных и морских прибрежных водах бассейна Карского моря (Арктика) // *Биология внутренних вод*. 2012. № 3. С. 15–24.
15. Clasen J.L., Brigden S.M., Payet J.P., Suttle C.A. Evidence that viral abundance across oceans and lakes is driven by different biological factors // *Freshwater Biology*. 2008. V. 53. P. 1090–1100.
16. Wells L.E., Deming J.W. Significance of bacterivory and viral lysis in bottom waters of Franklin Bay, Canadian Arctic, during winter // *Aquat. Microb. Ecol.* 2006. V. 43. P. 209–221.
17. Payet J.P., Suttle C.A. Physical and biological correlates of virus dynamics in the southern Beaufort Sea and Amundsen Gulf // *Journal of Marine Systems*. 2008. V. 74. P. 933–945.

## Исследование чувствительности тест-объектов к различному техногенному загрязнению донных отложений

Горбачева Е. А. (Мурманск, ФГБНУ «ПИИРО», e-mail: gorbach@pinro.ru)

**Аннотация.** Исследована токсичность донных отложений прибрежья и открытых районов Баренцева и прибрежья Белого морей с использованием в качестве тест-объектов микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum* и личинок жаброногого рачка *Artemia salina*. Показана избирательная чувствительность данных тест-организмов к различному техногенному загрязнению.

**Abstract.** Biotesting of bottom sediments in the coastal and open waters of the Barents Sea and the coastal waters of the White Sea using microalgae *Phaeodactylum tricornutum* and larvae of shrimp *Artemia salina* was carried out. The paper presents selective tolerance of test organisms to various technogenic pollution.

**Ключевые слова:** биотестирование, *Phaeodactylum tricornutum*, *Artemia salina*, токсичность, донные отложения

**Key words:** biotesting, *Phaeodactylum tricornutum*, *Artemia salina*, toxicity, marine sediments

В настоящее время для оценки уровня загрязнения донных отложений наряду с химико-аналитическими методами используются приемы биотестирования. Биотестирование позволяет определить токсичность, обусловленную совокупностью всех присутствующих в пробе токсических химических веществ и метаболитов, с учетом их антагонистического и синергического влияния [1].

В качестве объектов для биотестирования могут быть выбраны разнообразные гидробионты: бактерии, водоросли, высшие растения, ракообразные, моллюски, рыбы. Каждый из этих тест-объектов заслуживает внимания и имеет специфические преимущества. Однако ни один из организмов не является универсальным, самым чувствительным ко всем веществам в равной степени [2].

В наших исследованиях сравнивалась чувствительность к различному техногенному загрязнению донных отложений двух тест-объектов – морской золотистой водоросли *Phaeodactylum tricornutum* и личинок солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina*. Биотестированию подвергались донные отложения, отобранные на участках размещения хозяйств марикультуры, портов, свалок старых судов и в районах, удаленных от источников загрязнения. Исследования

проводились в прибрежье и открытых районах Баренцева и прибрежье Белого морей в 2001-2014 гг.

О токсичности донных отложений судили на основании биотестирования их водных вытяжек. При получении вытяжек каждую пробу донных отложений смешивали с водой из условно чистого района моря в объемном соотношении 1:4 и встряхивали в течение 2 ч. После смешивания суспензии давали отстояться 1 ч. Полученную надосадочную жидкость сливали и центрифугировали в течение 10 мин при скорости 4000 об/мин.

Водоросль *Ph. tricornutum* культивировали на среде Гольдберга в модификации Кабановой, при освещенности 4000 лк и температуре 20-22 °С. При постановке экспериментов использовали общепринятую методику [3, 4]. В качестве регистрируемого показателя выбрали изменение численности водоросли.

Изучение воздействия вытяжек донных отложений на *A. salina* осуществляли по выживаемости личинок. В соответствии с методикой [3, 5] в чашки Петри, содержащие 40 мл чистой морской воды или исследуемого раствора, помещали по 20 личинок в возрасте до 1 сут. Подсчет количества выживших рачков проводили через каждые 24 ч. Продолжительность экспериментов 96 ч.

Исследования, проведенные в районе размещения хозяйства марикультуры в губе Палкина Кандалакшского залива Белого моря, показали, что более высокую чувствительность к загрязнению отходами форелевой фермы, накапливающимся в донных отложениях, проявили личинки *A. salina*. В вытяжках донных отложений, отобранных под садками, смертность рачков могла достигать 25-93 %. Негативное воздействие донных отложений на выживаемость личинок прослеживалось на расстоянии 20 и 100 м от садков. Снижение численности водоросли *Ph. tricornutum* в вытяжках не зависело от места отбора проб и, вероятно, не было связано с функционированием марихозяйства на акватории губы.

В донных отложениях из районов Мурманского торгового и Мурманского рыбного портов, РТП «Атомфлот», ПО «Судоверфь» и свалок старых судов (все объекты расположены в Кольском заливе Баренцева моря) в значительных количествах присутствуют нефтяные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), тяжелые металлы, полихлорированные бифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды. К загрязнению среды в данных районах наиболее чувствительной оказалась

культура *Ph. tricornutum*. В вытяжках донных отложений клетки водоросли или полностью погибали, или их численность снижалась до 7-75 % по сравнению с контролем. На личинок *A. salina* вытяжки донных отложений этих районов токсическое действие не оказывали.

Сопоставление результатов биотестирования и химико-аналитических исследований показало, что токсичные для водоросли *Ph. tricornutum* донные отложения, отобранные в районах портов, РТП «Атомфлот», ПО «Судоверфь» и свалок старых судов, характеризовались высоким содержанием меди, цинка и свинца до 156, 656 и 156 мкг/г сухой массы соответственно. Установлены статистически достоверные значения коэффициента корреляции между уровнем токсичности донных отложений Кольского залива для водоросли и содержанием в донных отложениях меди ( $r = 0,52^*$ ; \* – достоверно при  $P < 0,05$ ), цинка ( $r = 0,49^*$ ) и свинца ( $r = 0,51^*$ ). Повышенный уровень накопления меди и цинка в донных отложениях указанных районов может быть связан с использованием красок, содержащих эти металлы, при техническом обслуживании судов [6].

В открытые районы Баренцева моря поллютанты поступают с водами Северо-Атлантического течения, несущего загрязняющие вещества от побережья северной Европы, в результате атмосферного переноса и работы рыбопромысловых и транспортных судов. Содержание в донных отложениях нефтяных углеводородов, ПАУ, тяжелых металлов, ПХБ и хлорорганических пестицидов здесь на 1-2 порядка ниже, чем в Кольском заливе, и соответствует фоновым уровням. К загрязнению донных отложений открытых районов Баренцева моря наиболее чувствительны личинки *A. salina*. Из 109 исследованных проб донных отложений токсичными для рачков являлись 13 (12 %). Отобраны они были как на незначительном удалении от берега, так и на расстоянии нескольких сотен километров от материка. Для водоросли *Ph. tricornutum* из 80 изученных образцов донных отложений токсичными оказались только 2 (2,5 %).

Не прослеживается связь между уровнем накопления нефтяных углеводородов, ПАУ, тяжелых металлов, ПХБ и хлорорганических пестицидов в донных отложениях открытых районов Баренцева моря и повышенной гибелью личинок *A. salina* или подавлением роста водоросли *Ph. tricornutum* в полученных из них вытяжках. Возможно, в донных отложениях присутствовали загрязняющие вещества, которые не были



определены в результате проведенных исследований. Химико-аналитическому определению, из-за отсутствия технических возможностей и высокой стоимости анализов, обычно подвергается далеко не весь спектр токсикантов, поступающих в водоем. Вместе с тем суммарное действие всего комплекса загрязняющих веществ на тест-объекты могло оказаться выше, чем токсичность каждого отдельного поллютанта или даже их арифметической суммы за счет синергического эффекта.

Токсичные для обоих тест-объектов пробы донных отложений регистрировались крайне редко и, как правило, в непосредственной близости от источников антропогенного воздействия. Так, например, в вытяжке донных отложений Кольского залива, отобранных вблизи пос. Белокаменка, все личинки *A. salina* погибли в течение 96 ч. Численность водоросли *Ph. tricornutum* в конце эксперимента составляла здесь лишь 12 % по сравнению с контролем. Повышенную смертность личинок (до 48 %) и снижение численности водоросли (до 61 % по сравнению с контролем) отмечали в вытяжках донных отложений бухты Озерко (Мотовский залив Баренцева моря), на расстоянии 700 м от расположенной на берегу буровой установки. Анализ содержания загрязняющих веществ в донных отложениях, отобранных в бухте Озерко и в районе пос. Белокаменка не проводился.

Присутствие незначительного количества проб токсичных для обоих тест-объектов обусловлено существенными отличиями в чувствительности биотестов к загрязняющим веществам. Кроме того, биотестированию подвергались водные вытяжки донных отложений. Известно, что многие токсиканты плохо переходят из донных отложений в их водные вытяжки [7]. В результате высокие концентрации поллютантов, способные оказывать токсическое действие как на водоросль *Ph. tricornutum*, так и на личинок *A. salina*, создаются в вытяжках достаточно редко даже в случаях значительного загрязнения донных отложений.

Полученные данные о чувствительности водоросли *Ph. tricornutum* и личинок *A. salina* к различному техногенному загрязнению среды расширяют наши знания об этих тест-объектах и могут быть использованы при проведении биологического мониторинга. При организации такого мониторинга важным является вопрос о выборе тест-объектов для биотестирования. Для адекватной оценки токсичности морской среды необходимо учитывать токсикорезистентность биотестов к различному техногенному загрязнению и включать в набор тест-объектов для

проведения исследований наиболее чувствительные к данному антропогенному воздействию организмы.

Таким образом, изученные биотесты существенно отличались по уровню токсикорезистентности к различному техногенному загрязнению донных отложений. К загрязнению донных отложений в районах портов, свалок старых судов наиболее чувствительной оказалась водоросль *Ph. tricorutum*, открытых районов Баренцева моря и участков размещения марикультуры – личинки *A. salina*. Результаты исследований могут быть использованы при выборе тест-объектов для проведения токсикологического мониторинга морской среды.

### Литература

1. Бакаева, Е.Н. Место биотестовых исследований донных отложений в мониторинге водных объектов / Е.Н. Бакаева, А.М. Никаноров, Н.А. Игнатова // Вестник Южного научного центра РАН. – 2009. – Т. 5, № 2 – С. 84-93.
  2. Филенко, О.Ф. Биотестирование: возможности и перспективы использования в контроле поверхностных вод / О.Ф. Филенко // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 185-193.
  3. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М.: РЭФИА, НИА – Природа, 2002. – 118 с.
  2. ГОСТ Р 53910-2010 Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2010. – 41 с.
  3. ГОСТ Р 53886-2010 Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2010. – 35 с.
  4. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. – 265 с.
- Методика получения водных вытяжек из донных отложений для их биотестирования / Э.П. Щербань, О.М. Арсан, Т.Н. Шаповал [и др.] // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 100-111.

## Перманентная адаптация

**Гудимов А. В.** (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория зообентоса;  
e-mail: alexgud@mail.ru)

**Аннотация.** Физиологические и поведенческие реакции донных животных имеют большую чувствительность к колебаниям факторов среды, чем это предполагалось ранее. Микро-адаптация к условиям обитания является непрерывно текущим процессом, не прекращающимся ни на одно мгновение жизни организма.

**Abstract.** Physiological and behavioral responses of bottom invertebrates are highly sensitive to any environmental fluctuations. The micro-adaptation process is continuous during the whole life of an organism.

**Ключевые слова:** перманентная адаптация, колебания, мидии, физиология, поведение, потребление кислорода, уровень раскрытия створок

**Key words:** continuous adaptation, fluctuations, blue mussels, physiology, behavior, oxygen consumption, shell gape size.

Адаптационный процесс в широком смысле как процесс взаимодействия организма и среды отражает фундаментальное единство живой и мертвой природы. По сути, адаптация как процесс приспособления организма к окружающей среде тождественна понятию жизни. Этим обусловлена и сложность изучения механизмов адаптации. Поэтому остаются справедливыми слова одного из крупнейших специалистов в области теории автоматического регулирования Роберта Калабы, отметившего в 1962 г.: «В настоящее время мы можем сказать, что адаптивное регулирование есть тайна, завернутая в головоломку, спрятанную внутри загадки».

Исследования физиологических и поведенческих адаптаций мидий проводили в условиях естественных колебаний факторов среды (рис. 1) на базе проточной аквариальной ММБИ в п. Дальние Зеленцы в 1986-1990 гг.

Обнаружено, что независимо от сезона и величины амплитуды колебаний факторов среды (температуры, солености, концентрации взвеси и фитопланктона, освещенности) физиологические функции испытывали постоянные колебания разного временного масштаба (рис. 1-2).

Оказалось, что физиологические и поведенческие реакции донных животных имеют большую чувствительность к колебаниям факторов среды, чем это предполагалось ранее. Например, под влиянием

флуктуаций температуры воды на величину около  $0.1^{\circ}\text{C}$  интенсивность дыхания мидий изменялась на 10-20 % в среднем.

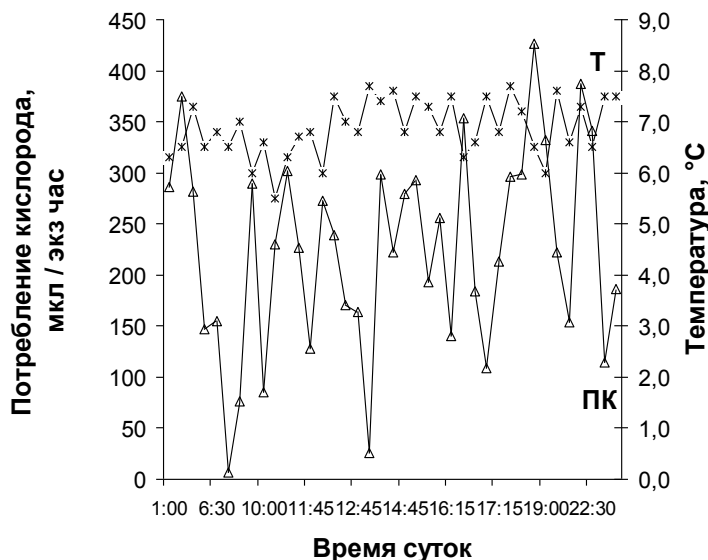


Рисунок – 1. Суточная изменчивость температуры (Т, звездочки) и потребления кислорода взрослыми мидиями (ПК, треугольники)

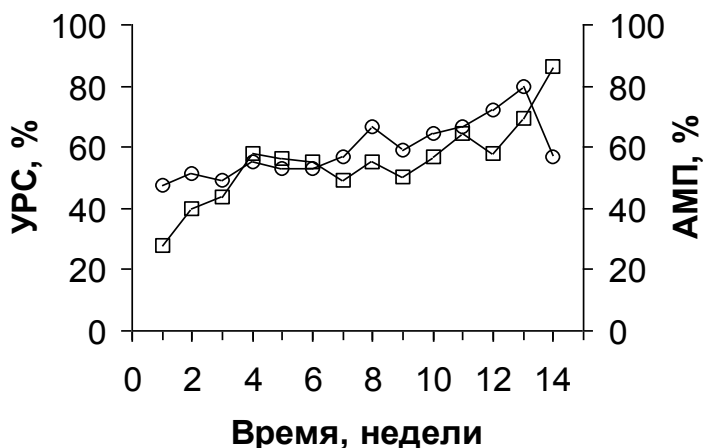


Рисунок – 2 Изменения среднего уровня раскрытия створок (УРС) и максимальной амплитуды их движения (АМП) у акклиматизированных мидий в последовательности 14 недель

Поскольку экспериментальные животные (мидии и голотурии) находились в условиях природного переменного градиента факторов среды, их физиологические функции также всегда находились в колебательном режиме, демонстрируя волнообразность адаптационных реакций. Внешней причиной ритмов активности мидий были приливно-отливные явления. Однако периодичность реакций была неустойчивой. Более того, часто наблюдалось, что изменение функции не соответствует

направлению и величине изменения фактора среды. Такое рассогласование отчасти объясняется влиянием нескольких экологических факторов.

С другой стороны, всякий организм неизбежно находится в двойственных отношениях со средой обитания. С одной стороны он стремится достичь согласованности с ней, а с другой – всегда сохраняет определенную независимость, никогда не достигая идеальной "пригнанности" к окружающей среде. Эта некоторая рассогласованность организма с внешней средой является, очевидно, ведущей стороной адаптационного процесса, обеспечивая высокую готовность аппарата адаптации к деятельности, сохраняя его рабочий тонус. Неполнота соответствия организма среде обитания поддерживает существование некоего внутреннего градиента, противоречия между внешней и внутренней средой. Преодоление этого противоречия является, вероятно, основной движущей силой адаптации, развития и эволюции

Таким образом, исследование жизнедеятельности моллюсков в условиях максимально приближенных к природным показало, что их микро-адаптация к условиям среды является непрерывно текущим процессом, не прекращающимся ни на одно мгновение жизни организма.

## Некоторые особенности морфофизиологических изменений тимуса семги в онтогенезе

Кабанова Н. А.<sup>1</sup>, Журавлева Н. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биоэкологии, e-mail: *salmova.natalya@yandex.ru*)

<sup>2</sup> (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория ихтиологии)

**Аннотация.** Анализ изменений строения и функции тимуса связан с практикой рыборазведения ценных видов рыб. Изучение особенностей морфофизиологических изменений тимуса семги в онтогенезе. показало, что он является иммунологическим органом с ограниченным доступом антигенов и специализирован для производства Т – клеток. В настоящее время тимусу приписывают становление и развитие иммунологических реакций.

**Abstract.** Analysis of changes in the structure and function of the thymus is associated with the practice ryborazve Denia valuable fish species. The study of morphological and physiological features of changes in salmon thymus ontogeny. showed that it is an immunological organ with little access og antigens and is specialized for the production of Т – cells. At present, the thymus is credited with the establishment and development of immunological reactions.

**Ключевые слова:** тимус, иммунологическая реакция, марикультура, семга.

**Key words:** thymus, immunological reactions, mariculture, salmon.

Общий объем мировой рыбной продукции (добыча и разведение) по данным ФАО увеличился за последние пять лет на 11 млн. тонн и достиг более 150 млн. тонн. Этот рост получен исключительно за счет аквакультуры (44% от общего объема мирового производства рыбопродукции или 65,18 млн. тонн) [1]. По прогнозам ФАО, к 2020 году объем продукции аквакультуры будет равен общему мировому вылову. Истощение биологических ресурсов океана, снижение нагрузки на морские биологические ресурсы и растущая потребность человека в рыбопродуктах отчасти могут быть компенсированы за счет морской и пресноводной аквакультуры. На данный момент специалисты вынуждены констатировать, что максимальная продукция, которая доступна мировому рыболовству в Мировом океане в начале XXI века, не может превышать 85 млн. т [2].

В настоящее время наряду с совершенствованием промысла морских биологических ресурсов значительные средства вкладываются в формирование инфраструктуры, связанной с товарным выращиванием ценных видов рыб. Общая продукция аквакультуры в Европе в настоящее время составляет 2,4 млн. т. [3].

Для того, чтобы марикультура стала экологически безопасным видом природопользования, необходимы исследования всех аспектов этой деятельности.

Как известно, качество и здоровье рыбы, выращиваемой интенсивными методами, а также степень напряженности врожденного иммунитета объектов аквакультуры определяются их видовыми, возрастными, индивидуальными морфофизиологическими, биохимическими особенностями, но и абиотическими факторами внешней среды, оказывающими существенное влияние на физиологическое состояние организма [4].

Анализ изменений строения и функции тимуса у различных рыб, в частности ценных промысловых, имеет особый интерес в связи с практикой их рыборазведения. Целью настоящей работы является изучение особенностей морфофизиологических изменений тимуса семги в онтогенезе. Использовались стандартные методы. Материалом для работы служили предличинки в возрасте 4-5 суток после вылупления, личинки, молодь трески и палтуса в возрасте 1 и 2 месяцев.

Повсеместно нарастающий интерес исследователей к проблемам инфекционной и неинфекционной иммунологии рыб продиктован насущными запросами рыбоводной практики и промысловой ихтиологии [5]. Сведения о гистофизиологии тимуса рыб ограничиваются сопоставлением степени развития тимуса и способности к выработке антител (Good et al, 1964).

У лососевых тимус изучался, главным образом, в конце прошлого и начале нашего века Е. В. Маурером [6], И. Нусбаумом и У. Примаком [7]. О. Г. Робертсон и Б. С. Векслер [8] исследовали процессы инволюции тимуса у нерки.

У Ж. А. Гаммара [9], давшего описание тимуса семги, размером 130 мм нет указаний на многие важные детали гистофизиологии этого органа, например, на время появления кровеносных сосудов, наличие или отсутствие телец Гассала, гистохимические особенности тканей, входящих в состав этого органа, а также нет данных о гистохимических перестройках этого органа в онтогенезе.

Как показали экспериментальные исследования и морфологические наблюдения, тимус состоит из эпителия и соединительнотканых элементов. В синцитии тимуса различают клетки эпителиального и соединительнотканного происхождения. Крайне спорный вопрос о происхождении лимфоцитов, так как для решения этого вопроса необходимы особые экспериментальные исследования.

В ходе работы было проведено комплексное исследование структуры и функции тимуса. У предличинки семги в первые дни после вылупления тимус не сформирован. У годовиков можно различить периферический слой, корковое и мозговое вещество. Через базальную мембрану в тимус проникают кровеносные сосуды и единичные соединительнотканые элементы. У семги двух-трех лет отмечено увеличение размеров данного органа, прежде всего, за счет увеличения количества клеток мозгового и, отчасти коркового слоя. Мукополисахариды метакроматически окрашиваются тионином, толуидиновым синим, а также азур-эозином. Наблюдается возрастное увеличение в соединительной ткани семги кислых мукополисахаридов. В стенке кровеносных сосудов отчетливо выявляются аргирофильные волокна. В тимусе семги на стадии смолтификации и семги старших возрастных групп обнаружена обильная кровеносная сеть не только в корковом, но и в мозговом веществе. У исследованных организмов не отмечено инволюции тимуса. Структура сформированного тимуса аналогична структуре данного органа других позвоночных животных и млекопитающих. Таким образом, морфогенетические перестройки в тимусе семги происходят в зависимости от возраста. Также исследования показывают, что тимус у костистых рыб является иммунологическим органом с ограниченным доступом антигенов.

Гистологические исследования позволяют не только судить о механизмах, обеспечивающих устойчивость организмов при действии различных неблагоприятных факторов, особенно биотических факторов среды, но и составить представление о закономерностях эволюционных преобразований иммунологической реактивности. Таким образом, тимус считается ключевым органом иммунной системы у позвоночных. Это уникальный орган, его развитие может быть прослежено на протяжении эволюции, начиная с древних видов рыб в виде разрастания эпителия фарингальной области желудочно-кишечного тракта. Тимус является специализированным органом для производства Т – клеток. В настоящее время тимусу приписывают становление и развитие иммунологических реакций.



## Литература

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры // FAO, ISSN 2070-6197, Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Rome, 2010. 246 с.
2. Котенев Б. Н. Экосистемная стратегия оценки биоресурсов Мирового океана: мировой вылов и резервы сырьевой базы / Б.Н. Котенев // Инф.-аналитический сб. "Мировой океан: использование биологических ресурсов". – Вып. 2. – М., 2001.- С. 69-88.
3. FAO year book. Fishery statistics. Aquaculture production / Annualize FAO. Fishery Country Profiles. <http://www.fao.org/fi/fcp/fcp.asp>. – 2008.-Vol. 90/2. -214 pp.
4. Salmova, N Mariculture as an element of environmental management / N. Salmova, N. G. Zhuravleva / «Наукаиобразование» – 2014. [Электронный ресурс] : материалы межд. науч. – техн. конф. (Мурманск, 27 марта 2014). – Мурманск: МГТУ, 2014.- С. 1007- 1013
5. Shchepak, L.V. The study of the early development of the most promising cleaner fish *Labrus bergylta* ( ballan wrasse) / L.V. Shchepak, N. G. Zhuravleva / Наука и образование» – 2014. [Электронный ресурс] : материалы межд. науч. – техн. конф. (Мурманск, 27 марта 2014). – Мурманск: МГТУ, 2014.- С. 1017-1021.
6. Maurer, E. W. Schilddrüse und Thymus der Teleostier / E. W. Maurer // Morph. Jahrb. Bd. 11. 1886.
7. Nussbaum, I. Zur Entwicklungsgeschichte der iymphoiden Elemente bei den Knochenfischen / I. Nussbaum, Y. Prymak // Anat. Anz. Bd. 1901. – 19. – Н 1.
8. Robertson, O. H. Histological changes in the organs and tissues of senile castrated kokanee salmon (*On corhynchus nerka*) / O. H. Robertson, B. C.Wexler // Gen. Comp. Endocrinology. 1962. – 2. – pp. 458-472.
9. Hammar, J. A. Zur Frage der thymus function. I. Über die angebliche Rolle der thymus als regulator des nucleinaushaltes des organisms. Zur mikroskop / J. A. Hammar // Anat. Forsch. 1927. – 9. – pp. 49-67.

## Реактивность тимуса сеголеток семги при его непосредственном повреждении

Кабанова Н. А., Журавлева Н. Г. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
кафедра биоэкологии)

**Аннотация.** С помощью гистологических методов изучена реактивность тимуса сеголеток семги при его непосредственном повреждении. Спустя 3 часа в травмированном тимусе сеголеток семги обнаружены образования типа телец Гассалья. Лимфоциты в подобных условиях погибали, в эпителиальных клетках наблюдались множественные фигуры митозов. К 15 суткам после операции место бывшего повреждения полностью эпителизировано. Отмечено присутствие тимических лимфоцитов. По прошествии 30 суток восстанавливается мышечная ткань. С момента повреждения непосредственно тимуса полного восстановления структуры органа не произошло.

**Abstract.** With the help of histological methods the reactivity of the damaged thymus of salmon juvenile was studied. After 3 hours some formation of Hassal's bodies were found in the injured thymus of salmon juvenile. Lymphocytes were died in similar conditions, multiple mitotic divisions were observed in the epithelial cells. By 15th day after the procedure the site of the former damage was completely covered by epithelium. The presence of thymic lymphocytes was noted. After 30 days muscle tissue was recovered. Since damage procedure the full thymus structure restoration has not happened.

**Ключевые слова:** тимус, лимфоциты, тимоциты, тельца Гассалья, кариорексис, кариолиз, кариопикноз, полиморфноядерные лейкоциты.

**Key words:** thymus, lymphocytes, thymocytes, Hassal's bodie, karyorhexis, karyolysis, karyopyknosis, polymorphonucleocytes.

Анализ литературных сведений показывает ограниченность данных по реактивности тимуса. Было изучено в эксперименте, каким образом реагирует вилочковая железа на воздействия, направленные непосредственно на орган.

С помощью хорошо прокаленной над спиртовкой иглы, затем смоченной в стерильной взвеси кармина в одной серии опытов и в другой серии опытов иглы, смоченной в стерильной взвеси кармина и культуры *Sarcina lutea* пытались вызвать асептическое воспаление и выявить защитные явления в исследуемом органе сеголеток семги. Укол органа иглой сопровождался механической травмой тимуса и нарушением кровеносных сосудов, что естественно, приводило к кровоизлияниям, которые были выявлены как в поврежденных участках тимуса, так и в подлежащей

соединительной и мышечной тканях. Описание воспалительных процессов в тимусе сеголеток семги при «введении» как одного кармина, так и его с культурой *Sarcina lutea* ввиду одинаковой перестройки структуры органа, дается на примере опытов с «введением» кармина.

Через 5 минут после начала опыта по краю раневого канала обнаруживали массу дефинитивных эритроцитов и лимфоцитов с крупными ядрами. Цитоплазма эпителиальных клеток, расположенных по краю раневого канала, изменена, гомогенизирована, содержит вакуоли. Ядра отдельных эпителиальных клеток выявляются слабо, их ядерная оболочка плохо видна, распыленность ядерного вещества в цитоплазме (кариолиз). Наблюдается отечность эпителиальных клеток, количество слизистых клеток уменьшено. Лимфоциты расположены рыхло, последние с большим количеством глыбок хроматина. Между лимфоцитами сосредоточена тканевая жидкость.

По истечению одного часа после операции отмечается некоторое разрушение эпителиальной стромы коркового вещества. Уменьшение количества слизистых клеток в эпителии в сравнении с контролем, скопление отечной жидкости между лимфоцитами, а также между эпителиальными клетками, наличие дегенерирующих лимфоцитов с кариорексисом и кариолизом ядер. Характерным для данной стадии является свободное расположение значительной части лимфоцитов и округлившихся эпителиальных клеток. Последнее произошло в результате дезинтеграции клеток и их гибели. Вместе с тем в поверхностном слое наблюдается митоз эпителиальных клеток. Около базальной мембраны расположены единичные «слизистые» клетки.

Через 3 часа вместе введения кармина происходит дальнейшее разрушение, затрагивающее все слои тимуса, и обнажение базальной мембраны. Здесь можно было наблюдать обособление клеточных элементов органа, лимфоцитов от соседства с эпителием. В результате нарушались те тесные взаимоотношения, которые существуют между эпителиальной основой и лимфоцитами. Это немедленно сказывалось на состоянии последних, отличающихся, как известно, особой лабильностью и неустойчивостью. В связи с изменившимися условиями существования лимфоциты подвергались разрушению. Распаду лимфоцитов предшествовали глубокие изменения их структуры. Обнаруживаются очаги некроза, в которых видны контуры кровеносных сосудов и различных клеточных элементов, а также кармина.

В травмированном тимусе сеголеток семги обнаружены образования типа телец Гассалья. Травмирована мышечная ткань. Обращает на себя внимание различное отношение к травме эпителия и лимфоцитов. В то время как последние в подобных условиях погибали, в эпителиальных клетках наблюдались множественные фигуры митозов. В эпителиальных клетках – зерна кармина.

В интактном тимусе интенсивно идет митоз в клетках поверхностного и мозгового слоев.

Спустя 6 часов усиление процессов кариорексиса, кариолиза и кариопикноза. В детрите отмечено появление микроорганизмов. В относительно неповрежденных участках органа обнаружено значительное количество зерен (секрета), расположенных как в цитоплазме эпителиальных клеток, так и, главным образом, в межклеточных пространствах. Выявлено начало процесса фагоцитоза. Количество слизистых клеток в области раневой поверхности незначительно.

Через 12 часов после нанесения травмы обнаружен фагоцитоз зерен кармина эпителиальными клетками. Клетки раневой поверхности дистрофически и некротически изменены. Ближе к базальной мембране происходит сильнейший некроз, масса клеточного детрита.

По прошествии суток в структуре тимуса выявлены отличия в сравнении со структурой последнего в более ранние сроки. Произошло частичное отслаивание клеток мозгового вещества от базальной мембраны. В этот срок в области раневого канала помимо детрита, и других клеточных элементов, начинают появляться полиморфноядерные лейкоциты. Участок между отслаивающейся базальной мембраной и мозговым веществом заполнен детритом. В относительно неповрежденных участках, расположенных ближе к раневой поверхности, обнаруживаются глыбки хроматина от лизиса ядер клеток.

Спустя двое суток после «введения» кармина эпителиальные клетки начинают фагоцитировать пикнотически измененные ядра некротизированных клеток. Участок, прилежащий к раневой поверхности, состоит почти полностью из эпителиальных клеток. Лимфоциты фагоцитируют кармин, а они, в свою очередь, сфагоцитированы эпителиальной клеткой. Кармин у вторично фагоцитированных клеток расположен более плотно. Обращает на себя внимание поведение жизнеспособного эпителия, проявляющего способность к росту. Он

нарастает на раневую поверхность, отделяя поврежденные ткани от окружающей среды. Прослеживаются участки, лишенные клеток.

Через трое суток после начала эксперимента в тимусе сеголеток семги произошло смыкание краев раневой поверхности. Деление тимуса на гистотопографические зоны отсутствует. Весь участок восстановленного тимуса состоит почти из одних эпителиальных клеток, большинство которых содержит в цитоплазме большое количество зерен кармина и ядерного хроматина погибших клеток. Фагоцитируют полиморфноядерные лейкоциты.

В тканях под тимусом выявлена полость внесосудистых эритроцитов, экстравазаты (они были и в ранние сроки) среди которых можно различить полиморфноядерные лейкоциты, лимфоциты и другие клетки.

Через 5 суток произошло увеличение количества фагоцитировавших полиморфноядерных лейкоцитов, большое количество фагоцитов.

Можно отметить те же самые структурные отклонения от нормы, что и в выше описанный срок, но количество дистрофически измененных и дегенерирующих лимфоцитов меньше, чем в предыдущие сроки наблюдения.

Среди эпителиального регенерата замечены незначительные скопления эритроцитов.

К 15 суткам после операции место бывшего повреждения полностью эпителизировано. Отмечено присутствие тимических лимфоцитов. В поверхностном слое видны слизистые клетки. Фагоцитарные реакции интенсифицируются между поверхностным и бывшим корковым слоем выявляются запустевшие кровеносные сосуды, вокруг которых скапливаются тимоциты. В месте повреждения базальной мембраны происходит врастание эпителиальных клеток в поврежденную ткань. В подлежащей рыхлой соединительной ткани отмечено увеличение численности полиморфноядерных лейкоцитов. Сильно травмирована мышечная ткань.

По прошествии 30 суток восстанавливается мышечная ткань. Преобладают эпителиальные клетки, соединяющиеся между собой отростками. Отмечены скопления тимоцитов и увеличение количества слизистых клеток. Выявлено обилие фагоцитирующих клеток, особенно полиморфноядерных лейкоцитов. С момента повреждения непосредственно тимуса полного восстановления структуры органа не произошло.

## Содержание свободных аминокислот в разных частях таллома и в онтогенезе бурой водоросли *Fucus vesiculosus*

Клиндух М. П., Облучинская Е. Д. (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория альгологии, e-mail: [klindukh.maria@yandex.ru](mailto:klindukh.maria@yandex.ru), [okaterine@yandex.ru](mailto:okaterine@yandex.ru))

**Аннотация.** В работе представлены данные об изменении в содержании свободных аминокислот в различных частях таллома бурой водоросли *F. vesiculosus*, а также в молодых растениях этого же вида из разных мест обитания в южной части Баренцева моря. Данные получены с применением метода ВЭЖХ.

**Abstract.** The paper presents data on changes in the content of free amino acids in different parts of the brown alga *F. vesiculosus* thallus, as well as in young plants of the same species from different habitats in the southern part of the Barents Sea. Data obtained by the HPLC method.

**Ключевые слова:** свободные аминокислоты, апексы, таллом, рецептакулы, онтогенез, *F. vesiculosus*.

**Key words:** free amino acids, apexes, thallus, receptacles, ontogeny, *F. vesiculosus*.

Свободные аминокислоты в растительном организме выполняют роль строительных элементов для различных соединений (белковые молекулы, пептиды, фитогормоны и др.), участвуют в механизмах обезвреживания аммиака, участвуют в защитных реакциях в ответ на неблагоприятные условия [1, 2, 3].

Состав и количественное содержание свободных аминокислот в бурых водорослях Баренцева моря изучен слабо.

Целью данной работы было исследовать состав и содержание свободных аминокислот в разных частях таллома и в онтогенезе бурой водоросли *Fucus vesiculosus* с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

### Материалы и методы

Материал для исследования был собран в весенний период 2014 года в б. Оскара губы Зеленецкая, в губе Ура и на Абрам-мысе Кольского залива Баренцева моря.

Объектом исследования послужили водоросли вида *Fucus vesiculosus* в возрасте 5+ – 7+ лет и молодые растения в возрасте – 0 – 1+ года. Для определения содержания свободных аминокислот у взрослых растений

использовали апикальную часть, среднюю часть таллома и рецептакулы. Молодые растения использовали целиком.

Определение аминокислот проводили по модифицированной нами методике на жидкостном хроматографе фирмы Shimadzu LC-20AD Prominence (Япония) с детектором на фотодиодной матрице Shimadzu SPD-M20A Prominence и хроматографической колонкой 250x4.6 мм Supelco C18, 5 мкм (США). Хроматографический анализ проводили в градиентном режиме при скорости потока элюента 1,2 мл/мин и температуре термостата колонки 55-60 °С. В качестве подвижной фазы использовали растворы: 0,06 моль/л ацетата натрия с рН 5.5, 1% раствор изопропилового спирта в ацетонитриле, 0,06 моль/л ацетата натрия с рН 4.05. Детектирование осуществляли при длине волны 254 нм.

В процессе определения содержания аминокислот на ВЭЖХ были внесены изменения в программу градиентного элюирования для разделения пиков фенилтиокарбамильных производных аргенина треонина, пролина и хлорида аммония.

Определение содержания свободных аминокислот проводили в четырехкратной повторности.

#### Результаты и обсуждение

В результате выполнения работы в исследуемых образцах водорослей было определено 18 аминокислот, 8 из которых относятся к незаменимым для человека.

Суммарное содержание свободных аминокислот в различных частях таллома взрослых растений оказалось разным в зависимости от места сбора водорослей. Для *F. vesiculosus*, произрастающего в б. Оскара, суммарное содержание свободных аминокислот в разных частях таллома изменяется в пределах ошибки. Для водорослей, собранных в г. Ура и на Абрам-мысе, характерно более низкое содержание свободных аминокислот в средней части таллома по сравнению с апикальной частью и рецептакулами (табл. 1).

Таблица 1 – Суммарное содержание свободных аминокислот в *F. vesiculosus*, мг/г водоросли

Наименование исследуемой части растения	Место сбора водоросли		
	бухта Оскара	Абрам-мыс	губа Ура
апикальная часть	4,61 ± 1,90	9,94 ± 3,29	7,36 ± 2,31
средняя часть таллома	7,60 ± 1,78	4,81 ± 0,38	2,24 ± 0,81
рецептакулы	6,00 ± 0,69	13,12 ± 1,54	11,91 ± 2,28
молодые растения	10,69 ± 1,58	10,38 ± 1,12	8,22 ± 0,66

У молодых водорослей из б. Оскара суммарное содержание свободных аминокислот выше, чем в частях таллома взрослых растений. У молодых водорослей, произрастающих в г. Ура и на Абрам-мысе, содержание свободных аминокислот выше, по сравнению со средней частью таллома взрослых растений, и практически не отличается от суммарного содержания свободных аминокислот в апикальной части и рецептакулах взрослых растений (табл. 1). При этом у молодых растений вне зависимости от места сбора содержание свободных аминокислот оказалось высоким относительно всех исследованных образцов и практически не отличалось.

В составе свободных аминокислот у *F. vesiculosus* в наибольшем количестве содержались аланин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, которые составляют от 56 до 87% от суммарного количества свободных аминокислот в водоросли, что не противоречит данным, представленным в литературе [4, 5]. В некоторых пробах апикальной и талломной частей взрослых растений наблюдалось относительно высокое (от 5 до 10% от суммарного содержания) количество серина, пролина и цистина с цистеином. В небольшом количестве в *F. vesiculosus* из разных мест сбора содержались аминокислоты: аргинин, гистидин, глицин, тирозин, гидроксипролин. Образец расхождения фенолтиокарбамильных производных свободных аминокислот представлен на рисунке 1.

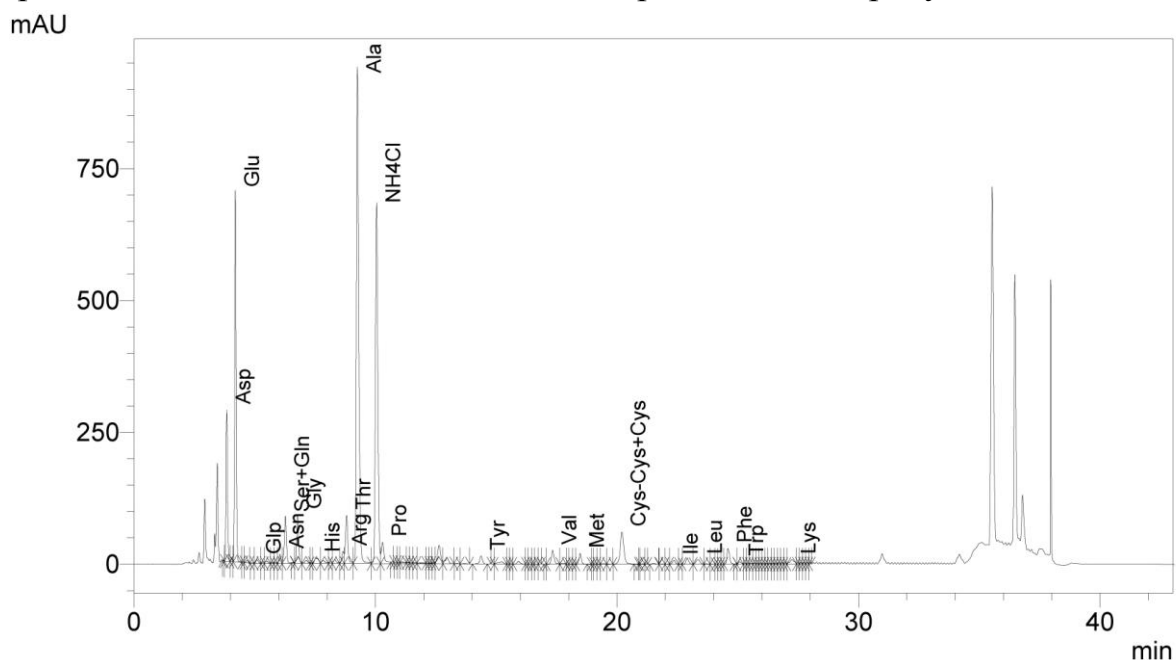


Рисунок 1 – Хроматограмма пробы апикальной части *F. vesiculosus* (б. Оскара, 17.04.14); определение свободных аминокислот



Из незаменимых аминокислот в исследуемых образцах бурой водоросли *F. vesiculosus* были обнаружены: валин, изолейцин, лейцин, лизин метионин, треонин, триптофан и фенилаланин. Их содержание в различных частях взрослого растения и в молодых водорослях незначительно и в сумме составляет от 0,22 до 0,78 мг/г водоросли.

При определении состава и содержания свободных аминокислот во всех пробах *F. vesiculosus* было обнаружено высокое содержание хлорида аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), который является продуктом распада амидов (аспарагина и глутамина) в ходе проведения пробоподготовки. Высокое содержание амидов в *F. vesiculosus* вероятнее всего связано с тем, что водоросли в весенний период запасают азот для процессов роста и развития. При этом у водорослей, собранных в г. Ура и на Абрам-мысе, больше амидов содержали апикальные части и рецептакулы взрослых растений и молодые растения. А у водорослей, произрастающих в б. Оскара, средняя часть таллома взрослых водорослей и молодые водоросли содержали больше глутамина и аспарагина, по сравнению с апикальной частью и рецептакулами.

Различия в содержании свободных аминокислот в разных частях таллома у взрослых водорослей, собранных из разных мест, связаны с условиями произрастания. Для каждого места сбора водорослей факторы внешней среды индивидуальные и их комплексное воздействие влияет на метаболизм и онтогенез водорослей, а значит и на распределение и содержание в них различных веществ. Из данных литературы известно, что транспорт фотоассимилятов у бурых высокоорганизованных водорослей направлен из зрелых, наиболее интенсивно фотосинтезирующих зон, в молодые участки [6]. Судя по полученным нами результатам, у взрослых водорослей, произрастающих в г.Ура и на Абрам-мысе, этот процесс по отношению к свободным аминокислотам протекает более интенсивно, чем для водорослей из б. Оскара. Вероятно, это связано с тем, что б. Оскара располагается восточнее остальных мест сбора водорослей, а значит температура морской воды в б. Оскара ниже. Возможно, это оказывает воздействие на процессы онтогенеза, которые у водорослей из б. Оскара могут быть смещены по отношению к водорослям из г. Ура и Абрам-мыса.

#### Заключение

В результате проведенной работы установлено, что для водоросли *F. vesiculosus*, вне зависимости от исследуемого участка таллома и

возраста растения, характерно преобладание в составе свободных аминокислот аланина, глутаминовой и аспарагиновой кислот. Молодые водоросли вида *F. vesiculosus* содержат больше свободных аминокислот, по сравнению со средней частью таллома взрослой водоросли. Количественное содержание свободных аминокислот в разных частях взрослых водорослей вида *F. vesiculosus* может меняться в зависимости от условий места произрастания растений.

### Литература

1. Красильникова Л. А. Биохимия растений / Л. А. Красильникова, О. А. Авксентьева, В. В. Жмурко, Ю.А. Садовниченко; под ред. к.б.н. Л.А. Красильниковой. – Ростов н/Д: «Феникс», Харьков: Торсинг, 2004. – 224 с.
2. Кузнецов, В. В. Физиология растений: Учеб. для вузов / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева: – М.: Высш. шк., 2005. – 736 с.: ил.
3. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений: Учеб. Пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 244 с.
4. Ключкова Н. Г. Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав / Н.Г. Ключкова, В.А. Березовская; отв. ред. В. С. Леви. – Владивосток; Петропавловск-Камчатский: Даль-наука, 1997. – 155 с.
5. Барашков Г. К. Сравнительная биохимия водорослей / Г.К. Барашков. – М.: Изд. «Пищевая промышленность», 1972. – 336 с.
6. Камнев А. Н. Структура и функции бурых водорослей / А.Н. Камнев. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 200 с.

## Количественная характеристика и сезонная изменчивость кладок у дуплогнездящихся птиц в городской черте города Мончегорска

**Корякина Т. Н.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биоэкологии, e-mail: o\_umi@list.ru)

**Аннотация.** В материале рассматривается количественный размер кладок большой синицы и обыкновенной горихвостки за четыре года исследований в городских условиях. Для большой синицы, как вида с полициклическим циклом размножения, просматривается сезонная изменчивость размера кладки, когда количество яиц в кладке сначала постепенно увеличивается, а потом, к концу сезона размножения, уменьшается.  
**Abstract.** The quantitative size of the great tit common Redstart nests during four years of research in urban setting is discussed in the material. For the great tit, a species with polycyclic breeding cycle, seasonal variability of clutch size is observed when the number of eggs in the beginning is gradually increased, and then, by the end of the breeding season, is reduced.

**Ключевые слова:** размер кладки, птицы-дуплогнездники, большая синица (*Parus major* L.), обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus* L.), городской ландшафт.  
**Key words:** clutch size, hole-nesting birds, the great tit (*Parus major* L.), the common redstart (*Phoenicurus phoenicurus* L.), urban landscape.

С 2010 г. в черте г. Мончегорска заложены линии искусственных гнездовий. С 2010 по 2014 гг. в городской черте гнездились четыре вида птиц-дуплогнездников, которые относятся к отряду Воробьинообразные *Passeriformes*: большая синица (*Parus major* L.), обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus* L.), мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca* Pall.) и сероголовая гаичка (*Parus cinctus* Vodd.). Основными дуплогнездящимися птицами в черте города являются большая синица и обыкновенная горихвостка. Большая синица является оседлым видом для региона, обыкновенная горихвостка – только гнездящимся.

Материал собран в черте г. Мончегорска Мурманской области в гнездовой период с 2011 по 2014 гг. путем еженедельных обходов синичников. Для большой синицы обобщены данные по первым и повторным кладкам.

Цель работы: изучение количественного размера кладок дуплогнездящихся птиц в городской черте и их изменчивости в течение сезона размножения.

Среди параметров продуктивности размножения птиц величина кладки является наиболее легко фиксируемой.

У большой синицы в черте г. Мончегорска преобладает доля первых кладок за сезон размножения (табл. 1). В условиях города Мончегорска (если не считать кладки, в дальнейшем разоренные человеком и брошенные) величина первых кладок варьирует от 7 до 12 яиц. Наибольшее количество гнезд приходится на кладки, состоящие из 10 яиц – 40%, из 9 яиц – 24% и 12 яиц – 20%; на кладки, состоящие из 7 и 11 яиц, приходится по 8%. Средняя величина кладки большой синицы в черте г. Мончегорска в первой волне гнездования за 2011-2014 гг. составляет  $10 \pm 0,28$  ( $n=25$ ). Величина первых кладок большой синицы на территории заповедника составляет 7-12 яиц ( $x=9,2$ ;  $n=10$ ) [2].

Таблица 1 – Распределение количества яиц в кладках большой синицы первого и второго циклов размножения в г. Мончегорске с 2011 по 2014 гг.

Кладка	n кладок	Число яиц						
		5	7	8	9	10	11	12
1-ый цикл	25	---	2	---	6	10	2	5
2-ой цикл	12	1	1	6	3	---	---	1

Размер повторных кладок у большой синицы меньше: наибольшее число гнезд состоит из 8 яиц – 50%, из 9 яиц состоит 25% гнезд; на гнезда с другим количеством яиц приходятся единичные гнездования за весь период исследований. Средняя величина кладки большой синицы в черте г. Мончегорска во второй волне гнездования за 2011-2014 гг. составляет  $8,25 \pm 0,46$  ( $n=12$ ).

Таблица 2 – Изменчивость величины кладок большой синицы в течение сезона размножения в г. Мончегорске с 2011 по 2014 гг.

Начало кладки	n кладок	$X \pm m$	$\sigma$	lim	CV, %
10-15.05	3	$8 \pm 0,58$	1,73	7-10	21,6
16-20.05	6	$10,17 \pm 0,4$	0,98	9-12	9,6
21-25.05	7	$10 \pm 0,3$	0,82	9-12	8,2
26-31.05	7	$11 \pm 0,49$	1,29	9-12	11,7
01-05.06	1	9	---	---	---
06-10.06	1	9	---	---	---
11-15.06	---	---	---	---	---
16-20.06	1	9	---	---	---
21-25.06	1	12	---	---	---
26-30.06	2	$7,5 \pm 0,48$	0,71	7-8	9,5
01-05.07	6	$7,83 \pm 0,6$	1,47	5-9	20
06-10.07	2	$8 \pm 0$	---	---	---

Примечание.  $X$  – среднее арифметическое признака;  $m$  – ошибка средней;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение; lim – минимальное и максимальное значение признака; CV – коэффициент вариации.

Размер кладки у большинства видов варьирует в течение сезона размножения. Изменчивость этого показателя для воробьиных птиц является достаточно строгим правилом, в большей или меньшей степени проявляющимся ежегодно и в любой части ареала этого вида [1]. По классификации сезонной изменчивости величины кладки [3, 5] большая синица относится ко второму типу, при котором в течение репродуктивного периода средняя величина кладки сначала постепенно увеличивается, а потом, к концу сезона, уменьшается. Такой тип сезонной изменчивости величины кладки считается более характерным для птиц с полициклическим размножением, к которым относится большая синица. Наши исследования согласуются с этими закономерностями (табл. 2). Средние размеры кладок сначала последовательно увеличиваются и сокращаются к концу сезона размножения. При этом, самые ранние и самые поздние кладки имеют небольшое количество по сравнению с другими периодами откладки яиц и невысокие средние значения:  $8 \pm 0,58$  ( $n=3$ ) в третьей пятидневке мая и  $8 \pm 0$  ( $n=2$ ) в первой декаде июля. Наибольшее количество начатых кладок первой попытки гнездования приходится на вторую половину мая ( $n=20$ ), у повторных кладок – в первую пятидневку июля ( $n=6$ ).

Размер кладки обыкновенной горихвостки в г. Мончегорске составляет  $7 \pm 0$  ( $n=14$ ). Во всех кладках количество яиц в городской черте составило 7 яиц, за исключением одного синичника в районе Ярвы, где ведутся лесопосадки и рекультивации земель, пострадавших от техногенного воздействия комбината «Североникель», в котором было зафиксировано 2 яйца и кладка в дальнейшем погибла. Размер кладки обыкновенной горихвостки в заповеднике составляет 4-8 яиц ( $x=6,4$ ;  $n=79$ ) [2]. Полученные данные подтверждают теорию Лэка (Lack) о том, что средний размер кладки возрастает с широтой [4]. Средний размер кладки в нашем исследовании находится в пределах известной изменчивости для данного вида и поддерживает тенденцию «север-юг». Большие выводки в северных популяциях могут возникать, потому что длительное дневное освещение позволяет родителям собирать еду дольше. Однако обыкновенная горихвостка на исследуемой территории имеет моноциклический цикл размножения. Это отличие между северными и южными популяциями горихвосток – производство только одного выводка

за сезон в северных популяциях (Фенноскандия), но часто два вывода за сезон встречаются в южных популяциях (центральная Европа) [6].

В заключение, можно сделать несколько выводов. Во-первых, размер кладок в городских условиях достаточно высок и у большой синицы, и у обыкновенной горихвостки по сравнению с литературными источниками по данным ближайшей фоновой территории – стационаров Лапландского заповедника. Во-вторых, для большой синицы, как вида с полициклическим циклом размножения, просматривается сезонная изменчивость размера кладки, когда количество яиц в кладке сначала постепенно увеличивается, а потом, к концу сезона размножения, уменьшается. В-третьих, размер кладки обыкновенной горихвостки не имеет межгодовой изменчивости и количество яиц находится на уровне северных широт. Таким образом, полученные нами данные согласуются с имеющимися правилами и теориями в области орнитологии для воробьиных птиц.

## Литература

1. Попельнюх В.В. Экология камышевок рода *Acrocephalus* в Юго-Восточном Приладожье // Труды С.-Петербур. об-ва естествоисп. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – Сер. 4. Т. 87. – 144 с.
2. Семенов-Тянь-Шанский О.И., Гилязов А.С. Птицы Лапландии. – М.: Наука, 1991. – 288 с.
3. Klomp H. The determination of clutch-size in birds. A review // *Ardea*. 1970. Vol. 58. P. 1-124.
4. Lack D. The significance of clutch size // *Ibis*. 1947. Vol. 89. P. 02-352.
5. Perrins C.M. The timing of bird's breeding seasons // *Ibis*. 1970. Vol. 112. P. 242-255.
6. Porkert J., Zajíc J. The breeding biology of the common redstart, *Phoenicurus phoenicurus*, in the Central European pine forest // *Folia Zool.* 2005. Vol. 54 (1–2). P. 111–122.

## **Биотестирование нефтепродуктов с помощью инфузории *Stylonychia putrina***

**Минченко Е. Е., Пахомова Н. А.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
кафедра биоэкологии, e-mail: minchenok.elena@yandex.ru,  
ninaandreevna.pahomova@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе представлены результаты биотестирования растворов дизельного топлива с помощью инфузории *Stylonychia putrina*. Показано, что в течение эксперимента Сдг=0,1 мг/л проявляет хроническую токсичность. Растворы дизельного топлива более высоких концентраций остро токсичны для инфузорий.

**Abstract.** The results of biotesting of oil-product using ciliates *Stylonychia putrina* are represented in the study. The water solution of diesel fuel in concentration Cdf=0,1 mg/l is chronically toxic during experiment. The water solutions of diesel fuel in high concentration are extremely toxic for ciliates.

**Ключевые слова:** токсичность, биотестирование, тест-объекты, инфузории, дизельное топливо.

**Key words:** toxicity, biotesting, test-organisms, ciliates, diesel fuel.

Для оценки токсичности природных вод, промышленных сбросов, почвы, кормов и прочих объектов окружающей среды используют тесты на различных живых организмах [1-3, 7]. Чаще всего в качестве тест-объектов используются организмы, которые широко распространены в природе, участвуют в процессах самоочищения вод и обладают коротким жизненным циклом. Таким требованиям отвечают Protozoa. Методы биотестирования при помощи простейших обладают высокой чувствительностью, экспрессностью, надежностью, универсальностью и малой себестоимостью. Они просты в проведении, поддаются инструментализации и автоматизации, а их результаты легко интерпретируемы [3].

Работа выполнена в рамках темы ГБ НИР «Биоиндикация и биотестирование как совокупность методов оценки водных экосистем урбанизированных территорий», открытой на кафедре биоэкологии в 2015 году.

**Цель исследования:** токсикологическая оценка водных растворов (эмульсий) дизельного топлива заданных концентраций при помощи *Stylonychia putrina*.

**Задачи,** реализуемые в ходе исследования:

- апробация и совершенствование авторской методики биотестирования объектов окружающей среды;
- токсикологическая оценка водных растворов (эмульсий) нефтепродуктов.

### ***Материал и методы***

Для проведения биотестирования использовали сенной настоей 10-ти суточной стадии зрелости, содержащий инфузорий *Stylonychia putrina* Stokes, 1885. Эксперименты по биотестированию проводили с дизельным топливом (ДТ). Нефтепродукты разводились в дистиллированной воде в концентрациях 0,1 мг/л, 1,0 мг/л и 10,0 мг/л. В чашках Петри в равных пропорциях смешивали сенной настоей с водными растворами (эмульсиями) нефтепродуктов. Объем пробы составил 5 мл. Температура воздуха в лаборатории составила  $t=25\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Биотестирование проводили в течение 7 суток. Просмотр проб проводили через 1 час, 24 часа, 2 сут., 4 сут., 7 сут. при увеличении: об.10х, ок.10х. Подсчет организмов производили в 10-ти полях зрения в 3-х кратной повторности. Пробы фотографировали при увеличении 1х, 3х.

Проводили расчет коэффициента прироста численности ( $K_{\Pi}$ ) [4]:

$$K_{\Pi} = \frac{N_t}{N_0}$$

где  $N_t$ - численность инфузорий через учитываемый промежуток времени,

$N_0$  – исходная численность инфузорий.

индекса численности ( $J$ ):

$$J = \frac{N_0}{N_K},$$

где  $N_0$ - количество инфузорий в опыте,

$N_K$  – количество инфузорий в контроле.

Критерием острой и хронической токсичности являлось статистически достоверное различие с контролем или снижение численности инфузорий на 50% и 25% по сравнению с контролем в течение 24-х и 96-часовой и более экспозиции соответственно [4]. Результаты были подвергнуты статистической обработке при помощи Microsoft Office Excel.



## Результаты

В качестве тест-объекта была использована брюхоресничная инфузория *Stylonychia putrina* Stokes, 1885 (рис. 1).

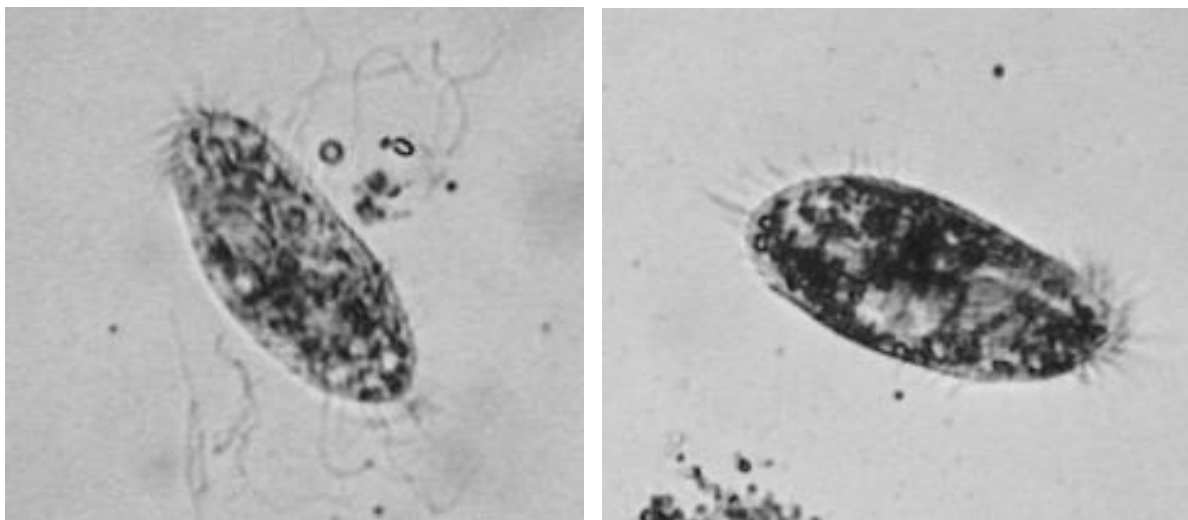


Рисунок 1 – *Stylonychia putrina* Stokes, 1885. Ув.:  
ок.10х, об.10х. Ув. фотоаппарата 3х.

Тело инфузории удлинненно овальное, сзади широко закруглено. Вентральная сторона клетки плоская, дорсальная – выпуклая. Краевые цирры широкие, только сзади выступают за края тела. Движения стремительные. Длина тела 125-145 мкм. Пища – бактерии, водоросли [6].

Для биотестирования выбрана фаза экспоненциального роста клеток.  
*Динамика численности Stylonychia putrina в пробах с  $C_{дт}=0,1$  мг/л.*

*Через 1 час* в пробах с  $C_{дт}=0,1$  мг/л численность инфузорий изменений не претерпевает, большая часть клеток проявляют нормальную двигательную активность. *Спустя 1 сутки* наблюдается прирост численности организмов во всех пробах (коэффициент прироста  $K_{п1}=2,3$ ). Инфузории проявляют нормальную, а ряде случаев повышенную двигательную активность. Отмечаются процессы размножения и конъюгации. *Через 2-4 суток* численность инфузорий резко снижается. Отмечается образование цист. На 2-е сутки  $K_{п2}$  снизился и составил 1,3, на 4-е сутки –  $K_{п4}=0,5$ . *Спустя 7 суток* тенденция снижения числа активных клеток сохранилась. Отмечается массовое образование цист.

Динамика численности *Stylonychia putrina* в пробах с  $C_{дт}=0,1$  мг/л представлена на рис.2.

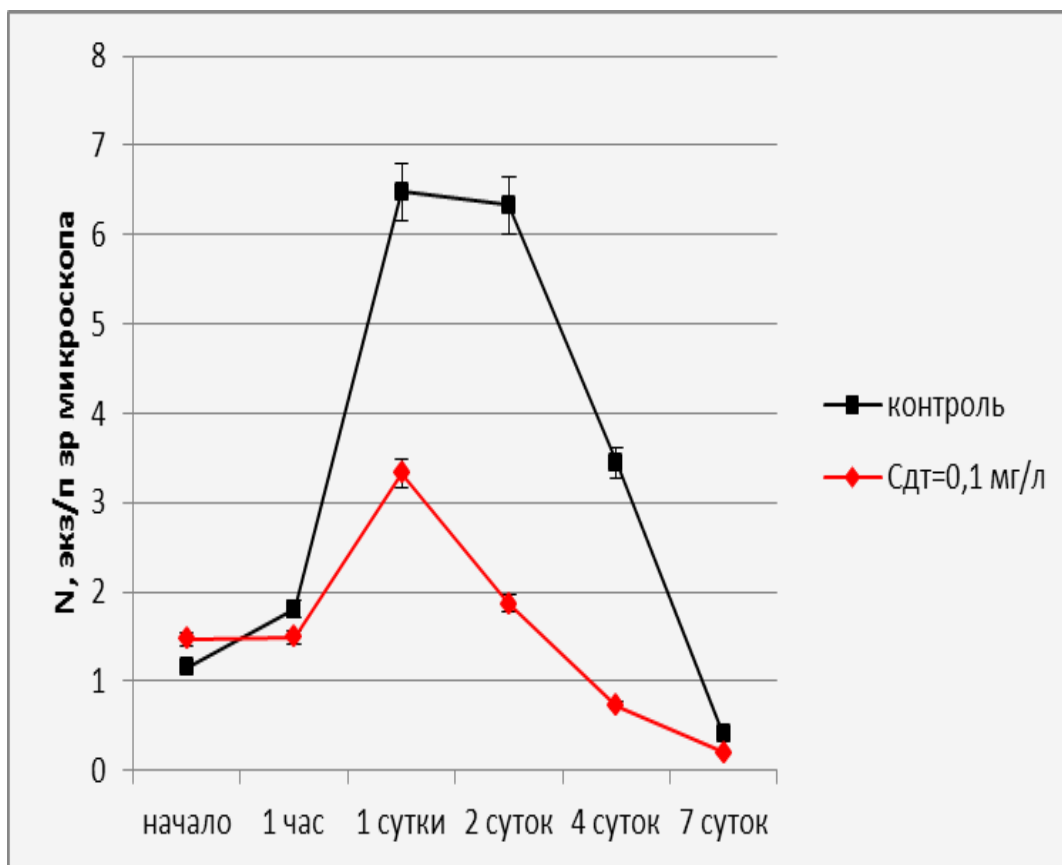


Рисунок – 2 Динамика численности *Stylonychia putrina* в пробах с Сдт=0,1 мг/л

На рис. 2 видно, что и в контроле, и в опыте на 1-е сутки отмечается прирост численности (фаза экспоненциального роста), однако темпы прироста в контроле значительно выше. На 2-сутки в контроле численность инфузорий не претерпевает существенных изменений (фаза стагнации). В опыте такой динамики не наблюдается. На 4-7-е сутки численность клеток и в опыте, и контроле снижается. Если в контроле этот процесс отражает естественное колебание численности популяции во времени, то в опыте является ответной реакцией на токсичность среды.

*Динамика численности Stylonychia putrina в пробах с Сдт=1,0 мг/л.*

Через 1 час в опыте отмечено, что часть стилонихий проявляют повышенную активность, образуют скопления в детрите. Численность инфузорий существенных изменений не претерпевает. Через 1-2 суток активность клеток по-прежнему высока, отмечается незначительный прирост численности. Размеры клеток увеличены. На 4-7-е сутки отмечается массовое образование цист. Изменение численности *Stylonychia putrina* в пробах с Сдт=1,0 мг/л представлено на рис.3.

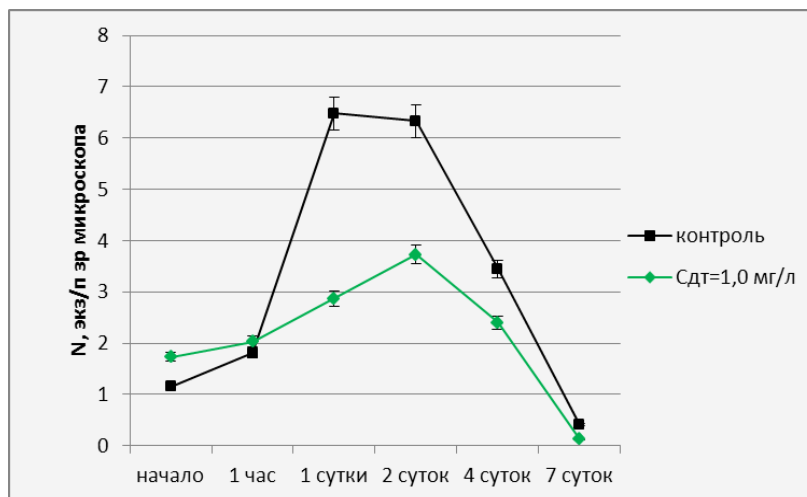


Рисунок 3 – Динамика численности *Styлонychia putrina* в пробах с СДТ=1,0 мг/л

Сравнивая динамику численности клеток в контроле и опыте (рис. 3), можно отметить, что коэффициент прироста численности через 1 сутки в опыте ( $K_{п1}=1,7$ ) значительно ниже, чем в контроле ( $K_{п1}=5,6$ ). Незначительный рост в опыте отмечен и на 2 сутки. Однако темпы роста численности отстают от темпов роста в контроле. На поздних сроках опыта численность инфузорий катастрофически снижается, отмечается массовое образование цист.

*Динамика численности Styлонychia putrina в пробах с СДТ=10,0 мг/л.*

Пробы с СДТ=10,0 мг/л проявляют острую токсичность уже в первые часы опыта. Спустя 1 час отмечено массовое образование цист. В последующие сроки наблюдений численность инфузорий снижается до нулевых значений (рис. 4).

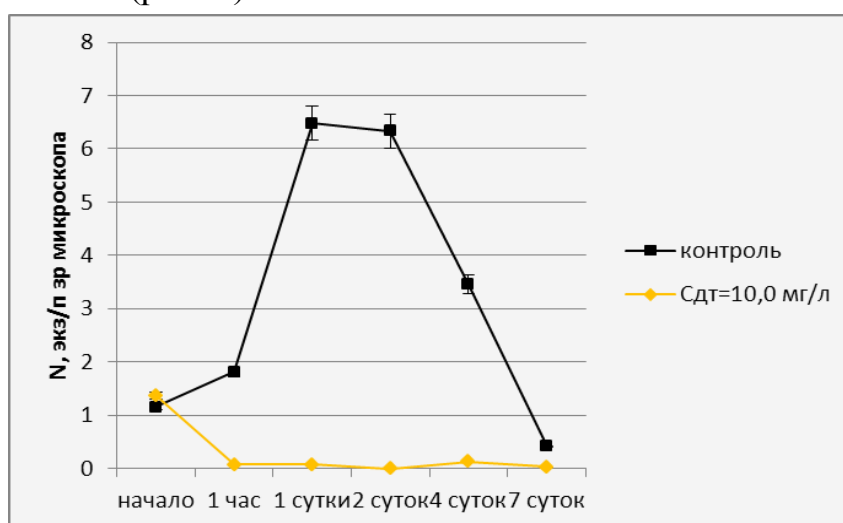


Рисунок 4 – Динамика численности *Styлонychia putrina* в пробах с СДТ=10,0 мг/л

Для оценки острой и хронической токсичности ДТ были рассчитаны коэффициенты прироста численности инфузорий в ходе опыта (Кп) и индексы численности инфузорий (J) в опыте по сравнению с контролем. Результаты представлены на рис.5 и 6.

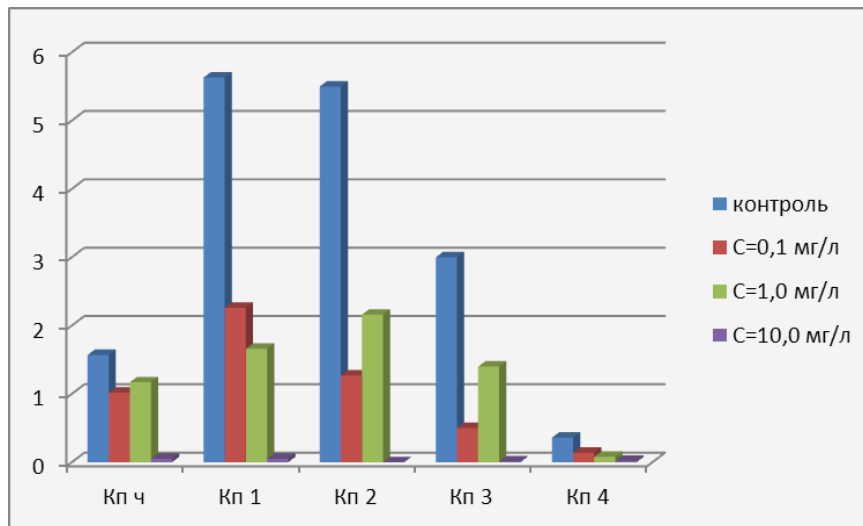


Рисунок 5 – Коэффициент прироста численности (Кп) инфузорий в опытах и контроле

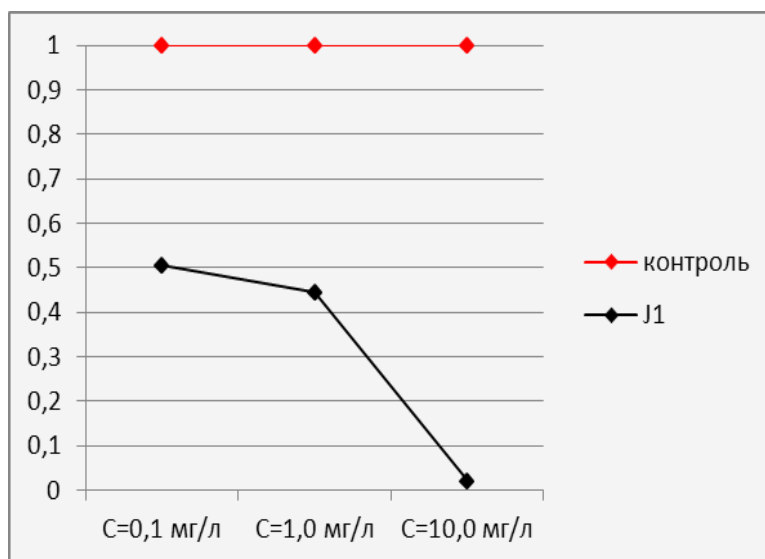


Рисунок 6 – Индексы численности (J<sub>1</sub>) через 1 сутки в опытах по сравнению с контролем

Результаты наблюдений и расчетов позволяют дать следующую токсикологическую оценку водным растворам (эмульсиям) ДТ: С<sub>дт</sub>=0,1 мг/л – проявляет хроническую токсичность по отношению к *Stylonychia putrina*, а С<sub>дт</sub>=1,0 и 10,0 мг/л – остро токсичны для инфузорий.

Экспериментальная работа является продолжением серий опытов по биотестированию нефтепродуктов с помощью простейших, а полученные результаты согласуются с ранее полученными результатами [5].

Материалы по выбору и апробации тест-объектов в лабораторных условиях будут использованы как для биотестирования природных водоемов, так и для оценки токсичности других объектов окружающей среды.

## Литература

1. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для вузов / О. П. Мелехова [и др.] ; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Егоровой. – Москва : Академия, 2007. – 287 [1] с. : ил.
2. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении / Г. Г. Матишов [и др.]. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2003. – 468 с.
3. Виноходов, Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.23 / Виноходов Дмитрий Олегович. – Санкт-Петербург, 2007. – 40 с.
4. Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Росрыболовства от 4 авг. 2009 г. № 695 : зарегистрировано в Минюсте Рос. Федерации 3 июля 2009 г. № 14702 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2009. – № 43.
5. Пахомова, Н. А. Перспективы использования организмов-гетеротрофов сенного настоя для биотестирования нефтепродуктов / Н. А. Пахомова, Е. Е. Минченков // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 4(2). – С. 396–400.
6. Синенко, Н. Н. Биолого-экологические особенности ресничных инфузорий некоторых водоемов южной лесостепи Омской области: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.02.04 / Н. Н. Синенко; [Место защиты: Омский государственный педагогический университет]. – Омск, 2014. – 183 с.
7. Филенко, О. Ф. Основы водной токсикологии / О. Ф. Филенко, И. В. Михеева. – Москва : Колос, 2007. – 144 с.

## **Влияние вариаций магнитного поля Земли на морских беспозвоночных животных**

**Муравейко А. В.<sup>1</sup>, Емелина А. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> (г. Мурманск, ФГБНУ «ПИНРО», e-mail: muraveiko\_a@mail.ru)

<sup>2</sup> (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН)

**Аннотация.** В работе проанализированы реакции исследуемых морских беспозвоночных животных на геомагнитные возмущения и выявлена у них схожесть механизмов восприятия таких полей, что способствует более глубокому пониманию основ магниторецепции у живых организмов.

**Abstract.** The paper analyses reaction of studied marine invertebrates to geomagnetic disturbance. The similarity of the perception of such fields has been revealed that promotes a better understanding of the essentials of living organism magnetoreception.

**Ключевые слова:** воздействие, морские беспозвоночные животные, реакция, восприятие, магниторецепция.

**Key words:** effect, marine invertebrates, reaction, perception, magnetoreception.

Существует ряд факторов внешней среды, для восприятия которых природа не предусмотрела специальных рецепторов. Одним из таких важных факторов является геомагнитное поле. Обладая «магниторецепторами» животные могли бы их использовать для целей компасной ориентации в магнитном поле Земли. Поэтому долгое время многие исследователи самыми разными методами среди разных групп животных и у человека пытались обнаружить способность воспринимать геомагнитное поле (Прессман, 1968; Холодов, 1973).

Беспозвоночные животные не имеют магниторецепторов, хотя в процессе эволюции и жизнедеятельности они подвергались и подвергаются воздействию вариаций магнитного поля Земли (МПЗ). Обнаружение биогенного магнетита у многих животных позволило по-новому рассмотреть проблему магниторецепции (Киршвинк и др., 1989).

У живых организмов, в том числе и у морских беспозвоночных животных, магнитные частицы были окружены нервной тканью, подтверждая взаимодействия между частицами и мозгом. Поэтому притягательной для биологов является гипотеза о возможности использования животными биогенного магнетита для целей геомагнитной ориентации при длительных миграциях. Установление способности

определенных сенсорных структур к рецепции магнитного поля является важным и для сенсорной физиологии, поскольку открывает новый вид рецепторов (магниторецепторы), с помощью которых возможно объяснить ориентационное и миграционное поведение. Однако до настоящего времени такие сенсорные образования у животных не обнаружены.

Целью нашей работы было оценить возможность восприятия беспозвоночными морскими животными, на примере камчатских крабов *Paralithodes camtchaticus* и мидий *Mytilus edulis* (L.) магнитного поля и его вариаций. Кроме того, провести сравнительный анализ реакций крабов и мидий на воздействие магнитного поля Земли (МПЗ).

В качестве критерия магниточувствительности камчатского краба использовали его двигательную активность, поскольку все сенсорные структуры замыкаются на мышцах. Поэтому с помощью специальной экспериментальной установки исследовалась двигательная активность краба при действии на животное геомагнитного поля. Установка содержала кинематический блок, связанный с крабом и тензодатчиком, преобразователь в модулированное напряжение постоянного тока, аналого-цифровой преобразователь и регистратор на основе персонального компьютера. Дискретность измерений варьировалась в широких пределах, что позволяло изучать особенности ритмики животных в различных частотных диапазонах. Для оценки магнитных возмущений использовалась амплитуда возмущений в единицах магнитной индукции (нТл). Опыты выполнены на 7 экземплярах крабов в возрасте 4 – 5 лет.

Проведен анализ влияния естественных возмущений МПЗ на краба, который выполнялся путем сравнения значений двигательной активности с ежеминутными индексами геомагнитной возмущенности (рис. 1). Данные по индексам геомагнитного поля были получены из финской обсерватории Соданкюля, расположенной максимально близко от Мурманска. При этом универсальное время (UT) обсерватории переводилось в московское декретное время для согласования рядов данных, а индексы геомагнитного поля отсчитывались как отклонения от среднего значения индукции, деленные на 10.

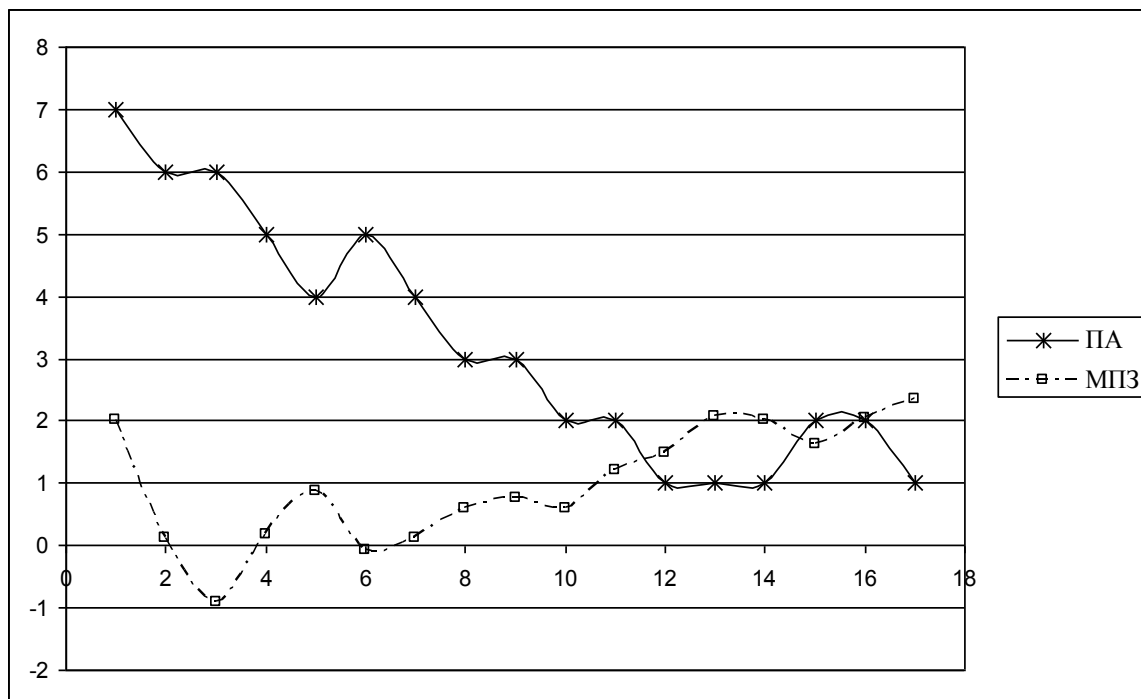


Рисунок 1 – Кривые двигательной (поведенческой) активности камчатского краба (ПА) за 1-минутные интервалы времени и индексов возмущенности вертикальной составляющей (ось Z) магнитного поля Земли (МПЗ) за такие же интервалы.

Ось ординат – значения индексов ПА и МПЗ, ось абсцисс – минуты

Для регистрации влияния МПЗ на мидий была создана специальная лабораторная установка для автоматической регистрации уровня раскрытия створок с возможностью изменений дискретности регистрации от 1 с до 60 мин, что позволило проводить длительные лабораторные опыты по реакциям мидий на различные внешние факторы и изучать особенности ритмики животных в различных частотных диапазонах (Рис. 2). Установка содержала кинематический блок, преобразователь в модулированное напряжение постоянного тока, аналого-цифровой преобразователь и регистратор на основе персонального компьютера. Температуру морской воды в экспериментальном аквариуме можно было изменять в пределах 0 – +14 °С или поддерживать на постоянном уровне. Суточные и недельные записи движений створок мидий являлись исходным материалом для анализа поведения и периодической активности моллюсков.

Для анализа влияния геомагнитных возмущений (ГМВ) использовались данные магнитометрической обсерватории Соданкюля (Финляндия), размещенные на сайте [www.sgo.fi](http://www.sgo.fi). При обработке полученных данных использовались стандартные пакеты Mesosaur, Excel.



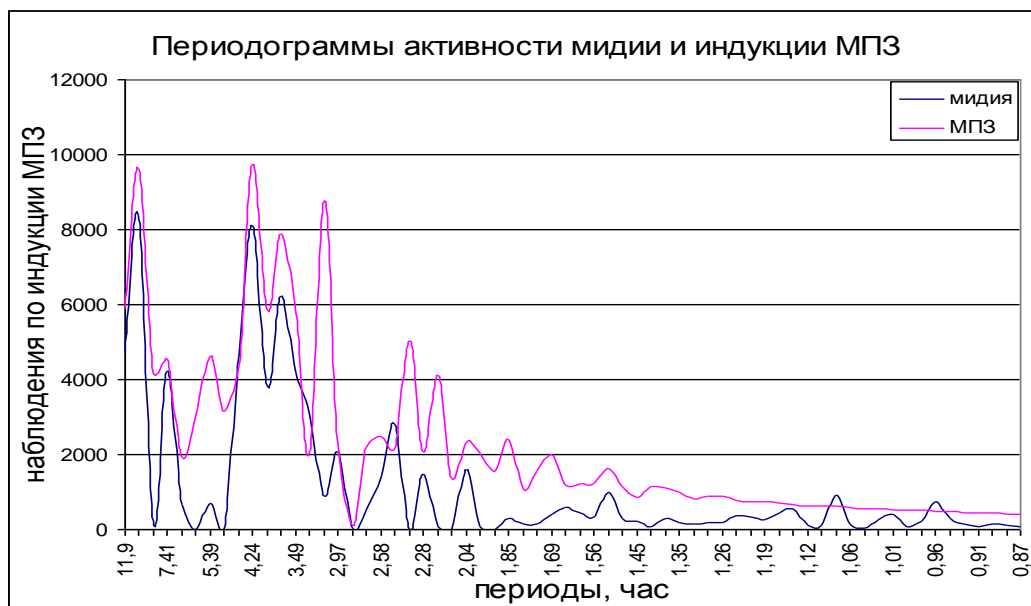


Рисунок 2 – Связь периодограмм индукции магнитного поля Земли и активности мидии

У камчатских крабов выявлены существенные искажения суточной ритмики. Период, который условно можно отнести к суточному, соответствовал 16 ч. Полусуточный период выявлялся примерно на 10 ч. В опытах на крабах была установлена четкая реакция на действие магнитного поля в частотном диапазоне 0,1-2,0 Гц.

У мидий выявлены следующие периоды активности: 10, 8, 6, 4, 3 и 2 ч, выявлена как суточная ритмика, так и многие короткопериодные ритмы. Выявлена связь поведения мидий с вариациями геомагнитного поля. Моделирование геомагнитной бури в аквариуме (частота поля составляла 8 Гц) показало, что двигательная активность гидробионтов с началом бурь резко снижается, причем уровень снижения зависит от интенсивности магнитных бурь.

Казалось бы, что у мидий должен был выработаться примерно полусуточный ритм, хотя бы в силу того, что их жизнедеятельность связана с приливами. Однако выявлено два близких периода: 10 и 8 ч, что пока не находит объяснения. Подобное несоответствие ритмики суточным и полусуточным периодам установлено у камчатских крабов, акклиматизированных в Баренцевом море (Муравейко и др., 2008). Характерные периоды ритмики крабов следующие: 16, 10, 8, 6 ч. По-видимому, такое совпадение не является случайным. Сравнение периодограммы ряда индукции и активности мидии показало совпадение в периодах 10, 8, 4 и 3 ч.

Проблема «биологических часов» иногда поднимается в литературе, однако, ее решения до сих пор не найдено. Одна из наиболее распространенных гипотез связана с реакцией животных на магнитные вариации периодического типа.

Сравнительный анализ полученных данных реакции краба и мидий на воздействие МПЗ, выявил совпадение в периодах 10, 8 и 6 ч. Это свидетельствует о схожести механизма восприятия МПЗ у данных гидробионтов и косвенно подтверждает гипотезу о роли МПЗ в формировании «биологических часов».

### Литература

1. Биогенный магнетит и магниторецепция. Пер с англ. /Под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фиддена. – М.:Мир. – 1989. – 353 с.
2. Броун Г. Р., Муравейко В.М. Восприятие магнитного поля ампулами Лоренцини скатов // Сигнализация и поведение морских рыб. Л.:Наука. – 1980. – С. 39-64.
3. Гудимов А. В. Поведенческие реакции донных беспозвоночных и их адаптивная значимость // Современные проблемы биологии и экологии морей / материалы первой всерос. школа по мор. биол. – Ростов-на-Дону. – 16-18 октября 2001 г. – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН. – 2001. С. 11-18.
4. Муравейко В. М., Зензеров В.С., Емелина А. В. Двигательная активность и сердечная деятельность камчатского краба // Биология и физиология камчатского краба побережья Баренцева моря. – Апатиты:КНЦ РАН. – 2008. – С. 132-137.
5. Муравейко В.М. Электросенсорные системы животных. Апатиты: КНЦ РАН. – 1988. – 109 с.
6. Степанюк И. А., Зимин А. В., Хотченков С. В., Нестерова Т. В. Возможности управления поведением радужной форели путем использования электромагнитных полей // Космогеофизические и гидрофизические факторы в морских технологиях. – СПб.: Астерион. – 2008. – С. 4-11.
7. Прессман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М:Наука. – 1968. – 288 с.
8. Холодов Ю.А. Реакция нервной системы на электромагнитные поля. – М:Наука – 1975. – 205 с.

## Методологические подходы к разработке биопрепаратов на основе водорослей в свете концепции рационального природопользования

Облучинская Е. Д. (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН,  
e-mail: okaterine@yandex.ru)

**Аннотация.** Предложены методологические подходы к созданию биопрепаратов из биологически активных веществ водорослей, основанные на комплексе теоретических и собственных экспериментальных данных, реализованные при разработке конкретных биопрепаратов из фукусовых водорослей Баренцева моря. Предлагаемая методология включает четыре этапа, каждый из которых соответствует принципам рационального природопользования.

**Abstract.** Methodological approaches to the creation of biological products of biologically active substances from algae, based on a set of theoretical and experimental data of their own, realized in the development of specific biologics fucus algae from the Barents Sea. The proposed methodology consists of four stages, each of which corresponds to the principles of environmental management.

**Ключевые слова:** фукусовые водоросли, Баренцево море, Белое море, биологически активные вещества, методология.

**Key words:** Fucus algae, Barents Sea, White Sea, biologically active substances, the methodology.

На сегодняшний день актуальным является создание современных эффективных и безопасных биопрепаратов природного, в первую очередь, растительного происхождения. Макроводоросли – прекрасные кандидаты на роль сырьевых источников для таких препаратов. Обязательным условием при разработке технологий водорослевых биопрепаратов является соответствие принципам рационального природопользования, а именно – экологичность технологий, комплексное использование сырья, рациональное изъятия природных ресурсов.

Для создания биопрепаратов на основе водорослей необходимо применение методологических подходов, основанных на комплексе технологических, физико-химических, химических и биофармацевтических исследований. При этом необходимо совершенствование методов стандартизации и контроля качества как исходного водорослевого сырья, так и его субстанций по основным группам биологически активных веществ.

Целью данной работы является создание методологических подходов к разработке биопрепаратов из водорослей с соблюдением принципов рационального природопользования.

Согласно нашим исследованиям в области биохимии, технологии БАВ водорослей, выявлены сезонные изменения содержания полисахаридов (альгиновой кислоты и фукоидана) у фукусовых водорослей Баренцева моря: *F. vesiculosus*, *F. distichus*, *F. serratus*, *Ascophyllum nodosum* [1]. Проведено сравнительное исследование фитохимического состава наиболее распространенных видов бурых водорослей Баренцева моря [2]. Установлено, что фукусовые водоросли сем. Fucaceae по содержанию БАВ не уступают ламинарии сахаристой, а по количеству полисахарида фукоидана превосходят как ламинариевые виды, так и фукусовые Дальневосточных морей. Исследованы биохимические показатели фукусовых водорослей Баренцева, Белого и Балтийского морей [3]. Определено, что в водорослях, собранных в Белом море, содержится больше белка и свободных аминокислот, чем в остальных исследуемых растениях. Наибольшее количество полисахаридов (альгинатов и фукоидана) содержится в фукусе пузырчатом из Балтийского моря, где сочетаются низкая соленость и минимальная интенсивность движения воды. Максимальное содержание полифенолов обнаружено в *F. vesiculosus* из Белого моря. При изучении полифенолов бурых водорослей Баренцева моря на примере *Fucus distichus* L. дана высокая оценка перспективности этих водорослей как продуцента полифенолов – растительных антиоксидантов [4]. Кроме того разработана технология комплексного использования фукусовых водорослей Баренцева моря с учетом биохимических особенностей каждого вида сырья. В едином технологическом цикле получены четыре субстанции – альгинат натрия, маннит, сухой экстракт фукуса, содержащий фукоидан, липидно-пигментный комплекс (ЛПК) [5]. Также разработаны биопрепараты Сухой экстракт фукуса в виде гранул в твердых желатиновых капсулах [6], обладающий иммуномодулирующим действием и антикоагулянтная мазь на основе экстракта из фукуса пузырчатого [7].

Данные исследования позволили нам сформулировать методологические подходы к созданию биопрепаратов на основе фукусов Баренцева и Белого морей, включающие два основных направления. Первое – определение рациональной схемы получения оригинальных

биопрепаратов. Второе – создание современных, качественных, эффективных и безопасных лекарственных средств на основе комплексных и индивидуальных субстанций из фукусов.

Предлагаемая методология включает четыре этапа, каждый из которых завершается получением промежуточного результата, обеспечивающего постановку задач для последующего этапа.

На первом этапе определяются нормы сбора и заготовки водорослей-продуцентов БАВ, включая цели и задачи по дальнейшему получению индивидуальных и комплексных БАВ. Важнейшим на данном этапе является характеристика мест обитания водорослей по абиотическим факторам среды с выявлением наиболее значимых факторов. Необходима также разработка методик рационального изъятия водорослей, обеспечивающая восстановление природных зарослей, сохранение водорослевых популяций. Из-за наличия сезонных колебаний в содержании БАВ водорослей важно выбрать наиболее подходящий сезон сбора водорослей в соответствии с целевыми БАВ.

На втором этапе для стандартизации водорослей как сырья необходимо изучение их физико-химических и технологических свойств, выявление критериев стандартизации по наибольшему содержанию целевых БАВ. Этот этап завершается разработкой нормативной документации на водорослевое сырье.

На следующем третьем этапе проводится поиск рациональных приемов экстрагирования водорослевого сырья, позволяющих извлечь необходимое количество и спектр БАВ, изучение показателей стандартизации субстанций. Предлагаемая нами последовательность этапов комплексной переработки фукусов приводит к получению липидно-пигментных комплексов, маннита, полифенольных, аминокислотных и йодсодержащих комплексов, а также полисахаридов – фукоидана и альгиновой кислоты.

Заключительным четвертым этапом является стандартизация комплексных препаратов и индивидуальных БАВ из водорослей с разработкой методов и выбором критериев стандартизации биопрепаратов. Главный результат данного этапа – это получение стандартизованных активных субстанций, которые станут основой готовых лекарств, а также разработка комплекта нормативной документации, полностью их нормирующей. Конечной целью применения вышеуказанных подходов

становится создание лекарственных форм биопрепаратов на основе индивидуальных БАВ и их комплексов из водорослей.

Заключение.

В работе предложены методологические подходы к созданию биопрепаратов из водорослей, основанные на комплексе физико-химических, химических, технологических и биофармацевтических исследований, реализованные при разработке конкретных биопрепаратов из фукусовых водорослей Баренцева моря. Предлагаемая методология включает четыре этапа, каждый из которых соответствует принципам рационального природопользования.

### Литература

1. Облучинская Е.Д. Технологии лекарственных и лечебно-профилактических средств из бурых водорослей/ Е.Д. Облучинская (ред. Г.Г. Матишов) // Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2005. 164 с.
  2. Облучинская Е.Д. Сравнительное исследование бурых водорослей, Баренцева моря / Е.Д. Облучинская // Прикладная биохимия и микробиология, 2008, т. 44, № 3. С. 377-342.
  3. Клиндух М.П. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* / Клиндух М.П., Е.Д. Облучинская // Вестник МГТУ. – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 466–471.
  4. Obluchinskaya E.D. Physical and chemical properties, anticoagulant and antioxidant activity of Fucus Dry Extract / E.D. Obluchinskaya // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2012. т. 10. № 2. с. 85М.
  5. Облучинская Е.Д. Сухой экстракт фукуса, способ его получения и антикоагулянтная мазь на его основе. Патент РФ № 2506089 / Е.Д. Облучинская // Б.И. № 4, 10.02.2014.
  6. Облучинская Е.Д. Оптимизация состава и технологии капсул, содержащих сухой экстракт фукуса / Е.Д. Облучинская // Хим.-фарм. журн. 2009. Т. 43. № 6. с. 22-26.
- Облучинская Е.Д. Способ комплексной переработки фукусовых водорослей (варианты). Патент РФ № 2337571 / Е.Д. Облучинская // Б.И. № 31, 10.11.2008.

## Научные основы оценки состояния пресноводных водоемов по биологическим показателям

**Пахомова Н. А. , Минченко Е. Е.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
кафедра биоэкологии, e-mail: [ninaandreevna.pahomova@yandex.ru](mailto:ninaandreevna.pahomova@yandex.ru),  
[minchenok.elena@yandex.ru](mailto:minchenok.elena@yandex.ru))

**Аннотация.** В работе описаны основные методы оценки состояния пресноводных водоемов Мурманской области и г. Мурманска по гидробиологическим показателям. Приведены результаты антропогенного влияния на эвтрофирование озер и их биологическое разнообразие. Особое внимание уделено озеру Семеновскому.

**Abstract.** The paper describes the basic methods of evaluation of freshwater Murmansk Region and Murmansk using hydrobiological indicators. The results of anthropogenic impact on the eutrophication of lakes and their biological diversity are represented. Particular attention is paid to the lake Semenovskoye.

**Ключевые слова:** гидробиологические показатели, эвтрофирование, биоиндикация, биологическое разнообразие, инфузории, коловратки.

**Key words:** hydrobiological indicators, eutrophication, bioindicating, biodiversity, ciliates, rotifers.

Водная экосистема – это локализованная в пространстве и стабильная во времени система живых организмов (биоценоз) и неживого окружения (биотоп, среда обитания), объединенная взаимодействием потоков вещества, энергии и информации [1].

Качество воды в водоемах любого типа зависит от многих факторов: ландшафтно-географических условий, уровня антропогенных воздействий и преобразований, интенсивности и длительности загрязнения, наличия сбросов и стоков в водоемы, от физико-химических факторов. Сложившиеся под влиянием этих факторов условия существования определяют биологическую составляющую водных экосистем, следовательно, определяют и взаимоотношения между организмами сложившихся биоценозов.

Гидробиологические методы контроля качества поверхностных вод дают интегральную оценку состояния водного объекта. Они позволяют оценить ответную реакцию биоты на весь комплекс воздействий, включая антропогенные.

В результате антропогенных воздействий возникает угроза структурно-функционального упрощения водных экосистем и утраты ими

биосферных функций [7]. Изменения экосистемы, как правило, весьма сложны, и даже при контроле значительного количества абиотических параметров всегда остается сомнение, что какие-либо влиятельные факторы все же остались неучтенными [4, 5, 6].

В качестве биоиндикаторов состояния водной экосистемы и ее антропогенных изменений могут использоваться практически любые гидробионты, отдельные виды, их популяции и сообщества организмов. Известно, все живые организмы выполняют средообразующую функцию, их жизнедеятельностью определяется химизм среды обитания, а также осуществляется очищение водоемов от загрязнителей органического и неорганического происхождения.

По видовому разнообразию живущих в водоеме организмов можно судить о его состоянии, о степени загрязненности. Любое, даже самое малое нарушение в биотопе приводит к изменению состава биоценозов. Существует много различных способов исследования, основанных на применении биоиндикации. Метод биоиндикации основан на том, что живые организмы обладают различной чувствительностью к качеству воды как среды обитания.

В число основных гидробиологических показателей входят следующие экологические группы водных организмов: фитопланктон, зоопланктон, зообентос.

Среди водорослей наиболее типичны диатомовые, зеленые и синезеленые. Интенсивность развития водорослей определяется температурой, освещенностью и концентрацией биогенных элементов. В холодных водоемах преобладают диатомовые водоросли.

Зоопланктон озер в основном состоит из бесцветных жгутиковых, инфузорий, коловраток, ветвистоусых и веслоногих рачков. В холодных водах преобладают коловратки и веслоногие рачки.

Бентос озер объединяет обитателей на поверхности грунта и в его толще. Различают фитобентос, зообентос и бактериобентос. В состав бентоса входят автотрофы – прикрепленные водоросли и высшие водные растения. В состав зообентоса входят многие личинки насекомых – хирономид, ручейников, поденок, веснянок, жуков, а также двусторчатые моллюски, плоские и круглые черви, ракообразные – амфиподы, остракоды.

Бактерии и детрит часто составляют основной рацион беспозвоночных. Сапрофиты – бактерии, грибы, микроорганизмы,



разлагающие мертвую органику в толще воды и донных отложениях играют основную роль в замыкании биологического круговорота.

Таким образом, функционирование водной экосистемы и перенос энергии по ее пищевым цепям имеют свои специфические особенности, но в целом схожи с наземными экосистемами.

Климатические условия Арктического бассейна определяют ряд специфических особенностей формирования качества вод. Природные условия Субарктики обуславливают олиготрофный характер водной среды. Низкие температуры и обедненность биогенными элементами, низкая минерализация ограничивают развитие водорослей. Высшая водная растительность развита слабо, снижается биологическое разнообразие макробентоса особенно среди организмов фильтраторов и собирателей, увеличивается численность детритофагов.

Важным направлением прикладной биотехнологии является разработка эффективных биологических методов оценки состояния водных экосистем, загрязнение которых токсичными веществами, среди которых немалую роль играет накопление неживой органики, ведет к эвтрофированию озер. Эвтрофикация представляет собой смену богатой экосистемы, основанной на бентосной растительности, на более простую экосистему, основанную на фитопланктоне и микрогетеротрофах. В целом, смена одного типа экосистем на другую, сопровождающая эвтрофирование – составляющая часть естественного процесса, называемого сукцессией.

Превращение олиготрофного водоема в эвтрофное может происходить естественным путем, например, озеро может измениться и превратиться по мере своего развития в болото. В урбанизированных территориях процессы «старения» происходят в результате попадания в водоем не только промышленных выбросов, но также в результате попадания в водоем неорганических удобрений, частиц почвы и питательных веществ. В этом случае принято говорить об антропогенном эвтрофировании [12]. Однако изменение любого экологического фактора может нарушить равновесие в экосистеме и при заметном изменении среды обитания могут быть востребованными свободные экологические ниши [11].

Эвтрофирование поверхностных вод вызывает дефицит  $O_2$ , и в водной толще происходит восстановление и образование растворенных форм Fe и Mg, которые поднимаются до слоев, обогащенных  $O_2$ , где окисляются и переходят в нерастворенную форму, и опять осаждаются на дно [9, 10]. В

этот процесс вовлекаются тяжелые металлы, что повышает концентрации растворенных токсичных форм металлов в придонных слоях [2, 3].

Как считает Т. И. Моисеенко [11], проблема эвтрофирования вод Арктического бассейна является практически неосвещенной в современной лимнологической литературе.

Это состояние усугубляется усилением токсичности среды за счет ее химического загрязнения. Таким образом, загрязнение водоемов приобретает комплексный характер. Кроме того, результат комбинированного действия двух и более токсичных веществ, имеющих даже в небольших количествах, предсказать достаточно сложно. Поэтому для оценки токсичности природных вод, промышленных сбросов, почвы, кормов и прочих объектов окружающей среды, используют организмы биоиндикаторы и биотесты.

Биоиндикация, в отличие от биотестирования, служит тест-контролем экологического состояния природных водоемов. Известно, что самоочищение водоемов возможно только благодаря деятельности населяющих водоем организмов. Видовое богатство водоема играет при этом решающую роль. Однако те же процессы эвтрофикации водоемов со временем приводят к снижению числа видов и, прежде всего, это касается макробентоса. Согласно закону эволюционно-экологической необратимости, утерянные в экосистеме виды могут быть компенсированы за счет других, как правило, более низкоорганизованных организмов. Именно такими организмами являются инфузории и коловратки.

Практически все водоемы, расположенные в черте городов, в той или иной степени подвержены антропогенному прессингу, что негативно отражается на качестве воды, жизнедеятельности гидробионтов и водной растительности, состоянии поверхности водоемов и прибрежной зоны.

Целью настоящей работы является изучение экологического состояния озер Семеновское, Окуное и Ледовое, расположенных в черте г. Мурманска.

Многолетние исследования озера Семеновского показали, что в период с 2002 г. по 2013 г. прослеживается тенденция снижения видового разнообразия макробентоса и увеличение числа видов инфузорий и коловраток. Для каждого изученного водоема характерен определенный набор видов. Однако, несмотря на некоторые различия в видовом разнообразии озер и водотоков, можно выделить виды, присутствующие во всех исследованных водоемах.

Тщательное обследование озера в 2009–2011 гг. показало значительное снижение видового разнообразия макробентоса и увеличение числа видов микрозообентоса: инфузорий и коловраток. Причем видовое разнообразие инфузорий снижалось, а коловраток увеличивалось. Положение, занимаемое простейшими и коловратками в трофической системе в качестве одного из начальных звеньев гетеротрофной цепи, способность быстро реагировать на загрязнение мощными всплесками количественных характеристик позволяют их использовать как показатель изменений и ранней диагностики антропогенного воздействия. По данным С. В. Крениной [8], высокие значения индекса эвтрофирования (ИНЕК) обусловлены резким отставанием в росте численности видов коловраток по сравнению с инфузориями. Это позволило предположить токсическое воздействие, к которому коловратки менее устойчивы, чем инфузории. По нашим данным за 2010 год ИНЕК озера Семеновское в разных участках имел значения от 2,99 до 12,7, что указывает на слабую токсичность, или слабое антропогенное воздействие. Динамика соотношения видов инфузорий и коловраток по годам приведена на рисунке 1.

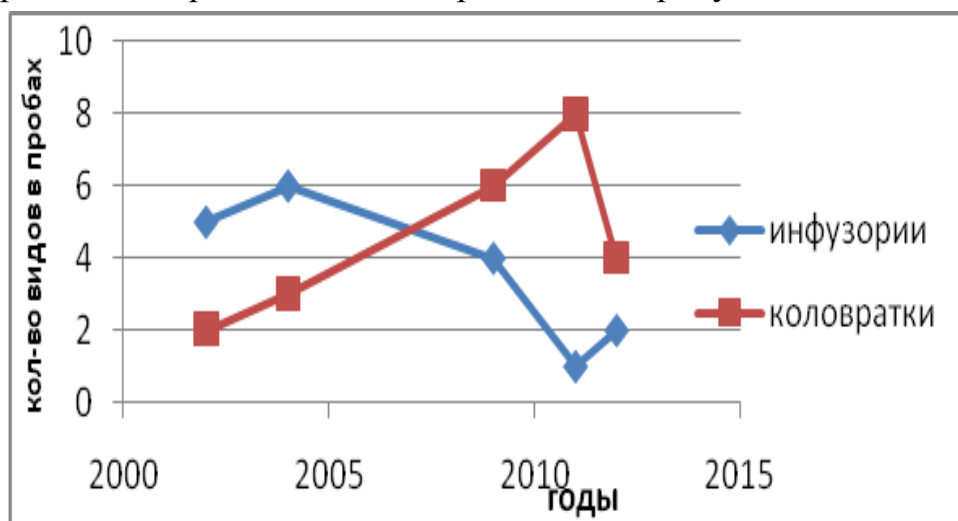


Рисунок 1 – Динамика соотношения видов инфузорий и коловраток в озере Семеновском за период с 2002 по 2012 гг.

Из других представителей беспозвоночных в фауне водных объектов г. Мурманска можно встретить несколько видов ресничных червей (Plathelminthes). Тип Круглые черви (Nemathelminthes) представлен свободноживущими видами нематод (Nematoda) и коловратками (Rotatoria). Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен несколькими видами малощетинковых червей (Oligochaeta – Tubifex sp.) и пиявок (Hirudina). Тип Моллюски (Mollusca) представлен несколькими видами

брюхоногих (Gastropoda) и двустворчатых (Bivalvia) моллюсков. Из двустворчатых моллюсков в пресных водоемах г. Мурманска чаще всего можно встретить горошинки (Pisidiidae). Среди членистоногих (Arthropoda) встречаются виды класса Ракообразные (Crustacea) и Насекомые (Insecta). Паукообразные в пресных водах представлены группой водных клещей, объединяемых названием Hydracarina. В озерах часто встречаются ракообразные, относящиеся к отряду веслоногих раков, или копепод (Copepoda) – циклопы (Cyclops), ветвистоусые рачки, или кладоцеры (сем. Cladocera) семейства хидорусы (Chydoridae), реже встречаются представители родов дафния (Daphnia), босмина (Bosmina). Из насекомых в озерах обитают личинки ручейников (Trichoptera), личинки и куколки комаров отряда двукрылых (Diptera). Взрослые насекомые или их личинки могут доминировать по численности, особенно это касается комаров-звонцов, или хирономид (Chironomidae).

На долю инфузорий приходится от 50 до 70% организмов, идентифицированных в пробах. Субдоминантами в пробах в зависимости от сезона отбора проб были круглые черви (Nematoda sp. и Rotatoria), малощетинковые черви и личинки комаров.

## Литература

1. Березина, Н. А. Практикум по гидробиологии – М.: Агропромиздат, 1989. – 207 с.
2. Даувальтер, В. А. Оценка экологического состояния поверхностных вод по результатам исследований химического состава донных отложений: учеб. пособие по дисциплине «Геохимия окружающей среды» для специальности 013600 «Геоэкология» и направления 511100 «Экология и природопользование» / В. А. Даувальтер.- Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. – 90 с.
3. Даувальтер, В. А. Геоэкология озер Мурманской области : монография. В 3 ч. Ч. 1. Водоемы и их характеристики / В. А. Даувальтер, Н. А. Кашулин. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2014. – 188 с.
4. Кашулин, Н. А. Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. – В 2 ч. Ч. 1. Ковдорский район / Н. А. Кашулин [и др.]. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. – 234 с.
5. Денисов, Д. Б. Экологические особенности функционирования разнотипных субарктических водоемов / Д. Б. Денисов, Н. А. Кашулин – 2007. URL: [http://www.kolasc.net.russian/sever07\\_1.pdf](http://www.kolasc.net.russian/sever07_1.pdf).

6. Денисов, Д. Б. Современные тенденции изменения биоты пресноводных экосистем Мурманской области / Д. Б. Денисов, Н. А. Кашулин, П. М. Терентьев, С. А. Валькова // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12, № 3. – С. 525–538.
7. Константинов, А. С. Общая гидробиология. – М. : Высш. шк., 1979. – 477 с.
8. Матишов, Г. Г. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении / Г. Г. Матишов, С. В. Кренева, В. М. Муравейко, И. А. Шпарковский, Г. В. Ильин – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. – 468 с.
9. Моисеенко, Т. И. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра) / Т. И. Моисеенко, В. А. Даувальтер, И. В. Родюшкин. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2005. – 1997, – 127 с.
10. Моисеенко, Т. И. Механизм круговорота природных и антропогенных металлов в поверхностных водах Субарктики / Т. И. Моисеенко, В. А. Даувальтер, И. В. Родюшкин // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25, № 2. – С. 231-243.
11. Моисеенко, Т. И. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / Т. И. Моисеенко [и др.] ; под ред. Т. И. Моисеенко. – М. : Наука, 2002. – 487 с.
12. Николайкин, Н. И. Экология: Учеб. для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – 3-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2004. – 624 с

## **Бактерии и вирусы прибрежных экосистем арктических морей в летний вегетационный период микроводорослей**

**Павлова М. А., Венгер М. П.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
кафедра биоэкологии, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория планктона,  
e-mail: pavlova-m@mmbi.info*)

**Аннотация.** В период исследований бактериопланктон прибрежных районов Баренцева и Карского морей достигал высокого сопоставимого уровня развития, определяемым активным функционированием фитопланктонных сообществ. Вирусы повсеместно количественно превышали своих потенциальных хозяев – бактерий, соотношение их численностей явилось максимальным в новоземельских водах.

**Abstract.** During the research period bacterioplankton of coastal area of Barents and Kara Seas reached a high comparable level of development. This level was determined by the active vegetation of phytoplankton communities. Viruses numerically exceeded their potential hosts – bacteria, generally. The ratios of their abundance were the highest in the Novaya Zemlya waters.

**Ключевые слова:** бактериопланктон, вириопланктон, Баренцево море, Карское море.

**Key words:** bacterioplankton, virioplankton, Barents Sea, Kara Sea.

В прибрежных экосистемах арктических морей благодаря активному метаболизму планктонных и бентосных альгоценозов создаются высокие концентрации органического вещества (ОВ) [1;2]. Активно трансформируя ОВ, бактериопланктон выполняет функцию промежуточного звена в передаче энергии от автотрофных организмов к метазойному планктону [3].

На направленность потоков углерода по трофическим цепям существенно влияют вирусы. Лизируя клетки бактерио- и фитопланктона, они контролируют качественный и количественный состав их сообществ, а также уровень создаваемой ими первичной и вторичной продукции [4; 5].

Знания об уровне развития вирио- и бактериопланктона (БП) в фазу активной вегетации микропродуцентов в северных морях России немногочисленны. Отрывочны они и для прибрежных акваторий с различным уровнем формирования ледового покрова зимой и, следовательно, ходом процессов первичного продуцирования органического вещества летом.

Материалом к работе послужили данные обилия бактерио- и вириопланктона трех замерзающих (залив Моллера на архипелаге Новая

Земля, Обская губа, Енисейский залив) и одной незамерзающей акватории (губа Дальнезеленецкая на Восточном Мурмане). Пробы воды отбирались в экспедициях ММБИ КНЦ РАН и ААНИИ в летний период 2010, 2012 и 2013 гг. Схема расположения станций отбора проб приведена на рисунке 1.

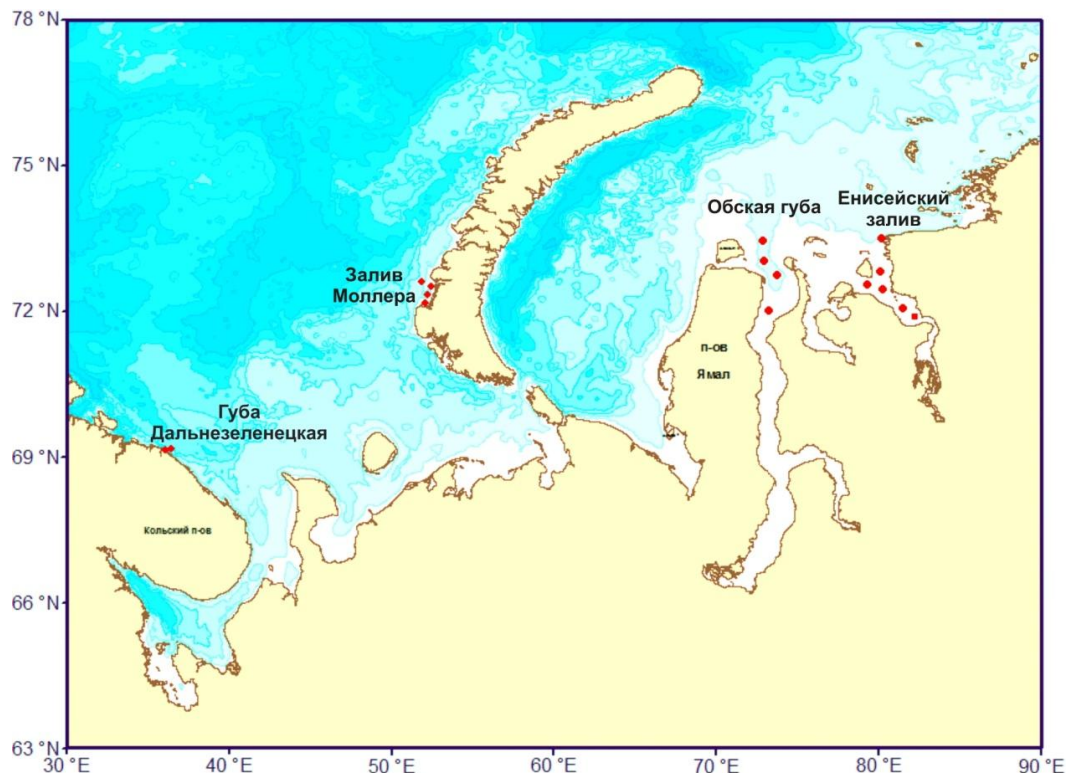


Рисунок 1 – Карта-схема расположения станций отбора проб воды в прибрежных районах Баренцева и Карского морей в августе 2010, 2012 и 2013 гг.

Количественный учет микроорганизмов проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии. Определение численности бактерий осуществляли с использованием флуорохрома DAPI и ядерных фильтров с порами 0.2 мкм [6]. Численность вирусных частиц подсчитывали с использованием флуорохрома SYBR Green I и фильтров Anodisc «Wathman» с порами 0.02 мкм [7]. Концентрацию хлорофилла *a* определяли спектрофотометрически, используя фильтры «Владипор» с порами 0.45 мкм [8]. При статистической обработке данных (для уровня значимости <0.05) применяли ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

Исследования в губе Дальнезеленецкой совпали с активной вегетацией кокколитофорид [9]. Содержание основного фитопигмента в ее водной толще распределялось относительно равномерно, изменяясь от 0.53 до 1.32 мг/м<sup>3</sup>, и было сопоставимым со значениями, регистрируемыми при цветении известкового наннопланктона в акватории Северного моря [10].

Численность бактериопланктона варьировала от  $0.69$  до  $2.26 \times 10^6$ , в среднем составляя  $(1.40 \pm 0.13) \times 10^6$  кл/мл. Биомасса изменялась от  $36.85$  до  $142.26$  ( $89.60 \pm 9.10$ ) мг/м<sup>3</sup>, при среднем объеме клеток  $0.068$  мкм<sup>3</sup>. Распределение сообщества характеризовалось относительной пространственной однородностью, определяемой в первую очередь слабой изменчивостью гидрологических характеристик и относительно равномерным распределением доступного органического субстрата [11].

Обилие вириопланктона варьировало от  $7.21$  до  $29.60$  млн/мл. Наибольшие скопления частиц регистрировали в слое  $0-5$  м. Количественный показатель отношения численности вирусов и бактерий ( $N_v/N_b$ ) в акватории губы достигал  $27$ . Число возможных контактов между вирусами и бактериями изменялось от  $29$  до  $178$  в сутки. Корреляционный анализ выявил тесную связь между обилием вирусных частиц и бактерий в поверхностных водах губы ( $r_s = 0.66$ ).

В заливе Моллера содержание хлорофилла явилось характерным для цветения диатомового комплекса микроводорослей новоземельского побережья [12] и составляло  $0.14-2.68$  мг/м<sup>3</sup>. Повышенной фотосинтетической активностью характеризовались водные слои на глубинах от  $5$  до  $25-50$  метров.

Общая численность и биомасса бактериопланктона изменялись в диапазоне  $(0.38-3.33) \times 10^6$  кл/мл и  $19.63-100.10$  мг/м<sup>3</sup> при средних значениях показателей  $(1.21 \pm 0.11) \times 10^6$  кл/мл и  $65.05 \pm 5.72$  мг/м<sup>3</sup>, соответственно. Средний объем клеток составил  $0.058$  мкм<sup>3</sup>. В распределении БП выявлено снижение его численности от поверхности ко дну.

Обилие вирусов в акватории варьировало от  $15.51$  до  $32.36 \times 10^6$  частиц/мл и не изменялось с глубиной. Отношение  $N_v/N_b$  находилось в пределах  $5-59$ . Число возможных контактов между вирусами и бактериями варьировало от  $19$  до  $116$  в сутки.

В северных участках Обской губы и Енисейского залива концентрации хлорофилла находились в диапазоне от  $0.46$  до  $4.22$  мг/м<sup>3</sup> и значительно превышали показатели, полученные для баренцевоморских побережий.

Общая численность и биомасса бактериопланктона карскоморского побережья находились в диапазоне  $(0.26-1.68) \times 10^6$  кл/мл и  $4.00-57.00$  мг/м<sup>3</sup>. Их средние показатели составили  $(0.9 \pm 0.07) \times 10^6$  кл/мл и  $23 \pm 2.16$  мг/м<sup>3</sup>, соответственно. Минимальные значения обилия бактерий регистрировались в придонном слое, максимальные – в поверхностном.



Средний объем клеток достигал наименьших для сравниваемых акваторий величин ( $0.0305 \text{ мкм}^3$ ).

Количество планктонных вирусных частиц изменялось от 1.10 до 26.54 (среднее  $(12.64 \pm 1.32) \times 10^6$ ) в 1 мл. Величина соотношения  $N_v/N_b$  изменялась от 3 до 53. Число возможных контактов между вирусами и бактериями варьировало от 0 до 39 в сутки. Количество вирусных частиц и бактериальных клеток коррелировало между собой ( $r_s=0.40$ ).

Таким образом, полученные результаты показали, что в летний период в пелагиали трех прибрежных районов средние значения численности бактерий и вирусов являлись сопоставимыми. Бактериопланктон Восточного Мурмана превышал количественные показатели сообществ карскоморского побережья в 1.5 раза, новоземельского – в 1.2 раза. Концентрации вириопланктона в заливе Моллера превосходили величину параметра в северных участках Обской губы и Енисейского залива (в 1.7 раз), а также губы Дальнезеленецкой (в 1.4 раза). Незначительные различия в уровне развития микробсообществ определялись степенью активности первичных продуцентов исследуемых акваторий, чей трофический статус в период цветения может повышаться от олиготрофного к евтрофному [13; 14]. Регистрируемое нами высокое обилие бактерий и вирусов косвенно указывало на значительное содержание органического вещества в пелагиали трех разнесенных по широте акваторий.

Концентрации хлорофилла, количественные показатели бактериопланктона и соотношение вирус/бактерия характеризовали прибрежные воды арктических морей как мезотрофные с приближением к евтрофным значениям в районе Восточного Мурмана.

Исследование выполнено при финансировании РФФИ (грант «мол\_а №14-05-31367»).

## Литература

1. Бобров Ю.А. Первичная продукция фитопланктона Белого и прибрежной зоны Баренцева морей // Планктон прибрежных вод Восточного Мурмана. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1982. С. 3–24.
2. Кузнецов Л.Л., Волковская Л.Е. Потоки биогенных элементов между донными и планктонными сообществами в прибрежной зоне Баренцева моря // Океанология. 1994. Т. 34, № 4. С. 564–568.

3. Fuhrman J. A., Sleeter T.D., Carlson C.A., Proctor L.M. Dominance of bacterial biomass in the Sargasso Sea and its ecological implications // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1989. V. 57. P. 207–217.
4. Fuhrman J. A., Suttle C. A. Viruses in marine planktonic systems // *Oceanography.* 1993. V. 6. P. 51–63.
5. Wommack K. E., Colwell R. R. Virioplankton: viruses in aquatic ecosystems // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2000. V. 64. N 1. P. 69–114.
6. Porter J., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. V. 25. P. 943–948.
7. Noble R. T., Fuhrman J. A. Use of SYBR Green I for rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria // *Aquat. Microb. Ecol.* 1998. V. 14. N 2. P. 113–118.
8. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a* // Государственный контроль качества воды. М.: ИПК Изд-во стандартов. 2001. С. 551–563.
9. Широколобова Т.И., Павлова М.А., Водопьянова В.В. Современные изменения в планктонном фитоценозе баренцевоморского побережья // Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата: сб. тезисов всероссийской конференции с международным участием (сентябрь 2014 г.) – Архангельск: ИД САФУ, 2014. С. 109–110.
10. Head, R. N. et al. The hydrography and biology of a bloom of the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* in the northern North Sea // *Journal of Sea Research.* 1998. V. 39. P. 255–266.
11. Венгер М.П. Результаты исследования микропланктонных сообществ в губе Дальнезеленецкой летом 2012 г. // *Океанография и биология арктических морей: Материалы XXXI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (Мурманск, 21–22 мая 2013 г.)* – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2013. С.155–162.
12. Среда обитания и экосистемы Новой Земли (архипелаг и шельф). Апатиты: КНЦ РАН, 1995. 201 с.
13. Бардан С.И. Трансформация соединений азота и фосфора в планктонном сообществе прибрежной зоны Баренцева моря: Дисс. канд.биол.наук. – М., 1989. – 163 с.
14. P.R. Makarevich., E.I. Druzhkova., V.V. Larionov. Primary Producers of the Barents Sea // *Diversity of Ecosystems.* 2012. ISBN 978-953-51-0572-5, edited by Mahamane Ali. P. 367–392.

## Миграции морского зайца (*Erignathus barbatus*) летом и осенью 2014 г. в Онежском заливе Белого моря

Светочев В. Н., Кавцевич Н. Н., Светочева О. Н. (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория морских млекопитающих, e-mail: svol@atnet.ru, chiv1@front.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты спутникового мечения двух морских зайцев в Онежском заливе Белого моря. Показано, что животные совершали перемещения в юго-восточной части Онежского залива на глубинах до 20м. Осенью тюлени мигрировали в район дельты реки Онега.

**Abstract.** There are satellite tagging results of two bearded seals in the Onega Bay. It is shown seals did move in the south-eastern part of the Onega Bay at depth of up to 20m. The seals migrated to the Onega River Delta.

**Ключевые слова:** спутниковое мечение, миграции, сезонное распределение, морской заяц, Белое море

**Key words:** Satellite tagging, migration, seasonal distribution, bearded seal, White Sea

### Введение

Морской заяц встречается во всех арктических морях Северного полушария, возможно, ареал имеет разрыв в центральной части Восточно-Сибирского моря [1,2]. В границах ареала численность морского зайца оценивается 300-500 тыс.шт. В Северной Атлантике его численность не превышает 50 тыс. тюленей. В Белом море морской заяц обитает постоянно. Численность его составляет 2.8-6 тыс.шт. [3,4,5].

В Белом море в ледовый период морской заяц держится в районах с небольшими глубинами и свободных от припайного льда, в это время численность лахтак в море минимальная. С приходом весны тюлени начинают заходить в Горло и Воронку моря для деторождения и спаривания. После распада припайного льда лахтак встречается во всех районах Белого моря, предпочитая небольшие глубины. Осенью, с началом образования припайных льдов, значительная часть половозрелых животных покидает Белое море [6].

Список объектов питания морского зайца обширен и насчитывает свыше 70 видов морских организмов. В питании морского зайца преобладают донно-пелагические гидробионты, обитающие в прибрежной

зоне. Встречаются и пелагические виды – это малопозвонковая сельдь, пелагические креветки родов *Crangon* и *Sclerocrangon*. Беспозвоночные в питании морского зайца, обитающего в Баренцевом море, представлены донными ракообразными и моллюсками, среди которых большое значение имеют роды *Vuccinum*, *Cardium*, *Mya* и *Saxicava* [7,8]. В апреле–начале июня (в период разрушения ледовых полей) в пище морских зайцев присутствует краб *Hyas araneus*, мойва, корюшка, сельдь, навага, камбалы. Летом тюлени питаются менее активно, т.к. до июля, включительно, переживают линьку. В это время в их пище представлены все группы: рыба, декаподы, черви и моллюски. Осенью доля моллюсков, крабов и креветок заметно увеличивается, среди рыб встречаются треска и камбалы [9]. Охотится морской заяц и на лососевых, в его питании отмечены голец, сиг, кумжа. Во время хода семги лахтак заходит в северные реки [3,10]. Доминирующими в питании морского зайца в Белом море можно назвать декапод, равноногих раков, двустворчатых моллюсков, корюшку (для Онежского и Двинского заливов).

#### Материал и методы

В июне-июле 2014 г. в юго-восточной части Онежского залива Белого моря с помощью сетей для отлова тюленей был проведен прижизненный отлов двух неполовозрелых перелинявших морских зайцев.

На животных были установлены датчики спутниковой телеметрии (ДСТ) российского производства «Пульсар», работающие в системе Argos. Счисление координат осуществлялось на основе эффекта Доплера. ДСТ были снабжены сенсорами для включения и выключения, а также сенсором «мокро»/«сухо», реагирующим на всплытие и ныряние животного. Вес датчиков с приклеенной сеткой составлял от 280 до 290 г. Питание осуществлялось от одной батареи. После установки радиомаяка на животное и приведения в действие его передатчика, радиомаяк излучал с периодичностью в 50 секунд импульсы мощностью 500 мВт на частоте 401,650 МГц +/- 30 кГц. Передаваемый сигнал представляет собой немодулируемую несущую с длительностью импульса 160 мс с последующим фазово-модулированным импульсом длительностью не более 920 мс. Для увеличения срока службы датчики были специально запрограммированы: 6 часов работы/6 часов отдыха. Датчики крепились на спину животных с использованием специального двухкомпонентного клея (Рохіроl) (таблица 1).

Таблица 1 – Данные по результатам установки датчиков спутниковой телеметрии (ДСТ) на морских зайцев в июне-июле 2014 г.

Номер (ID) датчика	Пол	Проекция тела, см	Координаты выпуска животных	Начало работы датчика	Окончание работы датчика	Срок работы датчика, сутки
111353	самка	164	64°18'062 с.ш./37°48'024 в.д.	28.06.2014	02.11.2014	128
111354	самец	164	64°18'062 с.ш./37°48'024 в.д.	05.07.2014	09.11.2014	128

CLS Аргос предоставляет данные о местоположении животного с различными уровнями (классами) точности. При получении 4 сигналов от метки за один пролет спутника система способна оценить и присвоить каждой полученной координате соответствующий класс точности.

Класс «0» – показывает, что точность определения координат более, чем 1500 м, класс «1» – точность определения координат 500-1500 м, класс «2» – точность определения координат 250- 500 м, класс «3» – точность определения координат менее 250 м.

При получении трех сигналов от датчика за один пролет спутника система определяет позицию датчика, но не оценивает точность обсервации, таким данным присваивается класс «А». При получении двух сигналов от датчика за один пролет спутника система также определяет позицию датчика, но не определяет точность обсервации, таким данным присваивается класс «В». Из анализа исключались точки обсервации животных на материковой части. Для анализа суточного перемещения животных использовался принцип: «один день – одна обсервация». Для ежесуточной обсервации выбиралась ближайшая позиция к 12-00 МСК.

#### Результаты и обсуждение

В ходе наблюдения за миграциями тюленей были получены 3877 определений местоположений для тюленя № 111353 и 4099 определений для тюленя № 111354. Среднее количество определений местоположений в сутки за весь период наблюдения составило 30 и 32 раза, для каждого тюленя, соответственно.

В течение всего времени работы меток тюлени оставались в юго-восточной части Онежского залива, совершая миграции на незначительном удалении от берега, как правило, не выходя за пределы 20м изобаты (рисунок 1, рисунок 2). Максимальные суточные перемещения для обоих

морских зайцев составили около 80 км. При этом среднесуточные перемещения варьировали от 6 до 13 км (таблица 2).

С июня по сентябрь тюлени совершали миграции в узкой полосе вдоль восточного побережья Онежского полуострова (от р.Онега до м.Немецкий), иногда по несколько дней подряд оставаясь практически на одном месте. В отдельные дни наблюдений отмечались значительные по протяженности суточные перемещения – до 82 км. В октябре-ноябре тюлени уже не совершали дальних перемещений. Тюлени перешли в южную часть залива и находились в районе узкой полосы побережья от м.Глубокий до м.Кяндский (для №111353), и от м.Кяндский до устья р.Онега и, даже поднимаясь по р.Онега на расстояние до 14 км от устья (№111354).

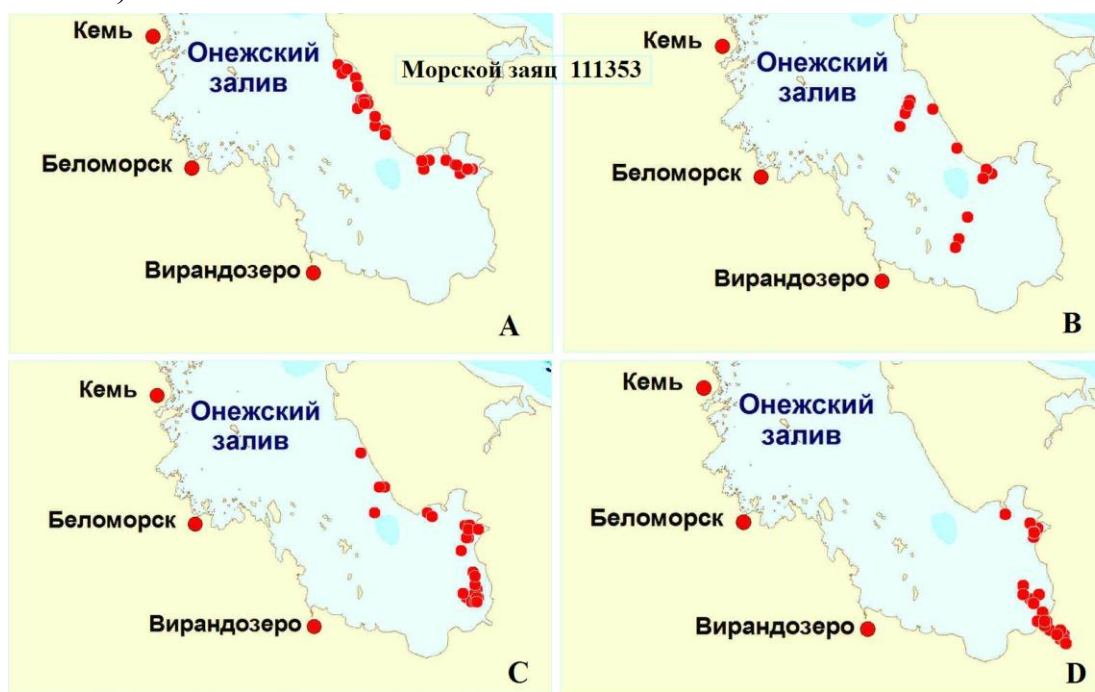


Рисунок 1 – Распределение морского зайца (№111353) в Онежском заливе Белого моря. Обозначения: A – распределение 27.06-31.07.2014, B – распределение 01.08-31.08.2014, C – распределение 01.09-30.09.2014, D – распределение 01.10.-02.11.2014

Снижение миграционной активности морских зайцев в октябре-ноябре, скорее всего, связано с сезонным распределением основного объекта питания в Онежском заливе – корюшки. В районах формирования ледового припая и, особенно, в устьях рек, в Онежском заливе появляются скопления корюшки, сельди, речной камбалы. По-видимому, осенью неполовозрелые морские зайцы питаются преимущественно рыбой.



Рисунок 2 – Распределение морского зайца (№111354) в Онежском заливе Белого моря. Обозначения: А- распределение 05.07-31.07.2014, В – распределение 01.08-31.08.2014, С – распределение 01.09-30.09.2014, D – распределение 01.10.-09.11.2014

Таблица 2 – Среднесуточное расстояние между наблюдениями морских зайцев (км). Июнь-ноябрь 2014 г, Онежский залив Белого моря

Номер	Месяцы			
	июнь-июль, перемещение, км	август, перемещение, км	Сентябрь, перемещение, км	октябрь-ноябрь, перемещение, км
111353	10,7 ± 1,88 n=29	9,12 ± 2,29 n=29	11,6 ± 1,74 n=29	6,64 ± 1,39 n=31
111354	12,5 ± 2,7 n=26	11,4 ± 1,65 n=30	18,2 ± 3,9 n=29	12,8 ± 2,6 n=34

Работа выполнена при финансовой и технической поддержке Совета по морским млекопитающим (СММ).

### Литература

1. Чапский К.К. Морской заяц, лахтак.- Млекопитающие Советского Союза. Том 2, Часть 3: под ред. Гепнера В.Г. , М- Высшая школа 1976, С. 131-163.
2. Бурдин А.М., Филатова О.А., Хойт Э. Морские млекопитающие России. Справочник-определитель. Киров: ОАО Кировская областная типография, 2009. 208 с.

3. Потелов В.А. Ластоногие. Морской заяц или лахтак /В кн.: Полежаев Н.М., Потелов В.А., Петров А.Н., Пыстин А.Н., Нейфельд Н.Д., Сокольский С.М., Тюрнин Б.Н.//Фауна европейского Северо-Востока России. Млекопитающие. Т.2. Ч. 2. 1998. С. 190-205.
4. Светочев В.Н. Распределение и численность нерпы (*Pusa hispida*) и морского зайца (*Eryngnathus barbatus*) в Белом море в июне 1993 г. /Светочев В.Н., Светочева О.Н. -Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. – СПб, 1995. -С.139-140.
5. Бондарев В.А. Численность и распределение нерпы (*Pusa hispida*) и морского зайца (*Eryngnathus barbatus*) в Белом море летом 2003 г. // Морские млекопитающие Голарктики: Материалы III Международной конференции (Коктебель, Крым, Украина, 11-17 октября 2004 г.). – М.: ООО КМК, 2004. С.85-88.
6. Потелов В.А. Распределение и миграции морского зайца в Белом, Баренцевом и Карском морях // Морские млекопитающие. М., «Наука». 1969. С. 245–251.
7. Потелов В.А. Морской заяц (*Eryngnathus barbatus*, Erx 1777) Белого, Баренцева и Карского морей (распределение, морфо-экологическая характеристика и рекомендации по рациональному ведению промысла). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Петрозаводск, 1970, 20 с.
8. Потелов В.А. Питание морского зайца. Материалы рыбохозяйственных исследований северного бассейна. Вып. XVIII. (работы северного отделения ПИНРО). Мурманск, 1971. С.107-121.
9. Светочев В.Н. Морские млекопитающие: биология, питание, запасы. /Светочев В.Н., Светочева О.Н.//Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследования фауны морей. Т. 69.(77). – СПб РАН. 2012. С. 261-286.
10. Лукин Л.Р., Огнетов Г.Н. Морские млекопитающие Российской Арктики: эколого-фаунистический анализ/ – Екатеринбург, 2009, 203 с.



## Мониторинг пагетодных видов настоящих тюленей в современных климатических и антропогенных условиях в Белом, Баренцевом и Карском морях

Светочева О. Н. (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория морских млекопитающих, e-mail: svol@atnet.ru )

**Аннотация.** Рассматриваются параметры мониторинга и уязвимость пагетодных форм тюленей в арктических морях. Показано, что лимитирующим фактором для популяций нерпы могут быть ледовые условия в период размножения, для морского зайца это загрязнение донных биоценозов во время обустройства и разработки углеводородных месторождений.

**Abstract.** Discusses monitoring options and vulnerability of seals in the Arctic. It is shown the limited factor for ringed seal may be ice conditions in the breeding season and for bearded seal – the contamination of bottom biocenosis during the hydrocarbon deposits development.

**Ключевые слова:** Биологический мониторинг, нерпа, морской заяц, ледовые условия, антропогенное воздействие, Белое море, Баренцево море, Карское море

**Key words:** Biological monitoring, Ringed seal, Bearded seal, ice conditions, anthropogenic impact, White Sea, Barents Sea, Kara Sea

Настоящие тюлени, представители отряда хищных *Carnivora* – это уникальная группа животных, перешедших к водному образу жизни. Пагетодные формы тюленей проводят много времени на льдах, где приносят потомство. В условиях прогнозируемого глобального потепления и обустройства и эксплуатации месторождений углеводородов на шельфе северных морей эти тюлени, широко распространенные в Арктике, могут оказаться наиболее уязвимыми к меняющимся условиям среды. Среди настоящих тюленей, обитающих в Белом, Баренцевом и Карском морях, фоновыми видами являются нерпа или кольчатый тюлень (*Pusa hispida*) и морской заяц или лахтак (*Erignathus barbatus*). Важными параметрами биологического мониторинга эти видов являются трофические отношения и ледовые условия, а также воздействия антропогенного характера на тюленей и их местообитания.

Нерпу можно встретить на прибрежном припайном льду, на дрейфующих льдах вдали от берегов, летом тюлени для отдыха выходят на песчаные или каменистые отмели. Общая численность нерпы в морях от Баренцева до Берингова (включая Белое море), достигает примерно 2 млн

шт. В Белом море обитает около 24000 тюленей, в восточной части Баренцева моря – примерно 30000 шт. В Карском море, согласно данным авиаучетов, обитает примерно 150000 шт. тюленей, в том числе, в Енисейском зал. – около 29100 тюленей и в западной части Карского моря (район п. Диксон) – около 5000 шт. [1, 2, 3, 4].

Морской заяц предпочитает дрейфующие льды или морскую кромку припая, с распадом льда тюлени подходят к побережью и отдыхают на отмелях. В Карском море тюлени встречаются летом и осенью, на зиму значительная часть тюленей откочевывает в Баренцево море и, возможно, в район полярных полыней [1, 5]. К.К. Чапский [1] оценивает общую численность морского зайца в 300-400 тыс. особей. Численность лахтака в Северной Атлантике не превышает 50 тыс. шт. [5], в т.ч., в Баренцевом море – примерно 10 тыс. шт. [6]. В Карском море зимой количество лахтака можно приблизительно оценить в размере 10-15 тыс. шт. [7, 8, 9].

*Трофические отношения.* Нерпа и морской заяц имеют одинаковые ареалы, летом эти тюлени встречаются в одних и тех же прибрежных акваториях шельфовой зоны. Пищевая конкуренция между нерпой и лахтаксом в Белом море отсутствует (менее 10 усл.ед.) [10]. Оба тюленя питаются донными и донно-пелагическими объектами, но доминирующие виды и группы совпадают частично, а моллюски встречаются только в питании морского зайца. Эти особенности позволяют обоим тюленям успешно сосуществовать при условии сохранения баланса численности. Можно предположить, что и в Баренцевом и Карском морях пищевая конкуренция между тюленями также отсутствует, т.к. в этих районах доля моллюсков в питании лахтака намного больше, чем в Белом море [11].

*Ледовые условия.* Наличие льда в районах обитания является одним из важных параметров для благополучия тюленей. Разнообразие форм льда, которые выбирает нерпа, обусловлено разными гидрологическими условиями в морях. В Белом море нерпа находится на льдах с ноября по май и встречается на припае у лунок и трещин. В Карском море тюлени обитают на льду практически в течение всего года, нерпа предпочитает дрейфующие льды, где большую часть года распределяется у морской кромки льда. В Баренцевом море тюлени встречаются на припае и на паковых дрейфующих льдах. Летом тюлени вместе со льдами перемещаются в высокие широты, либо остаются в прибрежной зоне, главную роль играет наличие или отсутствие кормовых объектов [12].

Важной особенностью экологии нерпы является использование ценных логовов для укрытия детеныша в первые недели жизни – это торосистые участки в районах белого льда с пустотами, занесенными сверху снегом [1]. В Белом море такие условия необходимы в феврале-марте, в Баренцевом и Карском морях – в марте-апреле.

Лахтак в Белом море встречается повсеместно, предпочитая края припайных льдов или битый однолетний лед, в Баренцевом море обитает преимущественно на однолетних льдах в юго-восточной части, а летом мигрирует на север или в Карское море [5]. В Карском море морской заяц встречается на всей акватории, предпочитая мелководные участки, покрытые льдом, а также окраины паковых льдов [13]. Морские зайцы размножаются на битом дрейфующем льду, детеныши находятся вместе с матерью на льду без укрытий.

В Белом и Баренцевом морях в последние годы массивы льда, необходимые для рождения детенышей, формируются позднее обычного, в конце зимы – в марте-апреле [12]. Если сроки формирования льда будут сдвигаться и далее, в связи с потеплением, то уязвимость нерпы в период размножения может быть высокой [12]. Наилучшие условия для нерпы пока ежегодно складываются в Карском море, где, даже в аномально теплые годы, сохраняется плотный ледовый и снежный покров. Морской заяц менее уязвим, т.к. для размножения он использует и паковый, и однолетний дрейфующий лед. Численность морского зайца в ареале меньше, чем нерпы (например, соотношение в Карском море 1:4 [14]), и тюленям легче находить благоприятные районы для размножения.

*Антропогенное воздействие.* Разработка месторождений углеводородов на шельфе Баренцева и Карского морей может оказывать воздействие на тюленей в течение длительного времени. В соответствии с особенностями образа жизни тюленей главными негативными воздействиями будут гидроакустические шумы, случайные и аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, а также загрязнения с судов, буровых платформ и береговых терминалов. Тюлени имеют более высокую чувствительность на низких частотах (до 1 кГц), чем зубатые киты, это позволяет предположить, что ластоногие слышат низкочастотный шум судоходства. Прямые контакты с нефтью могут оказывать сильное негативное воздействие при условии их длительного воздействия или во

время аварийных разливов в период размножения (с марта по май). Для детенышей, у которых еще не сформирован подкожный жировой слой, негативное воздействие нефтепродуктов будет проявляться при любом контакте [15, 16, 17]. Косвенное воздействие нефти может выражаться в уничтожении или загрязнении бентоса, загрязнении прибрежных заливов, избегании района разлива нефти тюленями из-за шума, изменениями в поведении животных.

Мониторинг пагетодных тюленей в Арктике является необходимой частью биологического мониторинга морских млекопитающих в связи с уязвимостью фоновых видов в условиях вероятного потепления и широкого антропогенного воздействия на экосистемы арктических морей. Нерпа наиболее уязвима в период размножения, для морского зайца критическим параметром может оказаться загрязнение донных биоценозов во время разработки углеводородных месторождений.

## Литература

1. Чапский К.К. Кольчатый тюлень.- Млекопитающие Советского Союза. Ластоногие и зубатые киты, 1976.-Т.2.-Часть 3.-С. 167-197.
2. Светочев В.Н. Распределение и численность нерпы (*Pusa hispida*) и морского зайца (*Eryngnatus barbatus*) в Белом море в июне 1993 г. /Светочев В.Н., Светочева О.Н. -Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. – СПб, 1995. -С.139-140.
3. Огнетов Г. Н. Кольчатая нерпа арктических морей России. - Распределение и оценка запасов./ Огнетов Г. Н., Матишов Г. Г., Воронцов А. В., Мурманск, ООО «МИП-999», 2003. – 38 с.
4. Колпащиков Л.А. Количественные и территориальные исследования кольчатой нерпы (*Pusa hispida* Schreber, 1775) арктических морей России. /Колпащиков Л.А., Огнетов Г.Н. //-Теория и практика мор.исслед. в интересах экон. и безопасн. рос. Севера.-Тез. докл. Междунар. научн.-практ. конф., Апатиты, изд-во Кольск. Научн. центра РАН, 2005.-С.68-69.
5. Потелов В.А. Ластоногие /В кн.: Полежаев Н.М., Потелов В.А., Петров А.Н., Пыстин А.Н., Нейфельд Н.Д., Сокольский С.М., Тюрнин Б.Н.// Фауна европейского Северо-Востока России. Млекопитающие. Т.2. Ч. 2. 1998. -С. 190-242.

6. Stiansen J.E. Joint Norwegian-Russian environmental status 2008. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II – Complete report. /Stiansen J.E., Korneev O., Titov O., Arneberg P.// IMR/PINRO Joint Report Series. Bergen: IMR, 2009. -375 pp.
7. Огнетов Г.Н. Количественная оценка ресурсов кольчатого тюленя (*Phoca hispida*) Белого, Карского и Баренцева морей //Тез. докл. II межд. конф. «Морские млекопитающие Голарктики». Байкал, 2002. -С. 209-210.
8. Горяев Ю.И. Наблюдения морского зайца, кольчатой нерпы и атлантического моржа в Карском и Баренцевом морях в зимне-весенний период 2000 г. /Горяев Ю.И., Воронцов А.В. // В кн. «Морские млекопитающие Голарктики». Мат. межд. конф. (Архангельск, 21-23 сентября 2000 г). Архангельск, 2000. С. 95-98.
9. Матишов Г.Г. Труднодоступная Арктика. 10лет био-океанологических исследований на атомных ледоколах/ Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Горяев Ю.И., Ежов А.В., Ишкулов Д.Г., Краснов Ю.В., Ларионов В.В.//Мурманск: Изд. ООО Мур.печ.дв., 2005. 148 с.
10. Светочев В.Н. Питание и пищевые отношения настоящих тюленей в Белом море. /Светочев В.Н., Светочева О.Н.// Вестник КНЦ РАН, Естественные и технические науки, 2015, в печ.
11. Потелов В.А. Питание морского зайца. Материалы рыбохозяйственных исследований северного бассейна. Вып. XVIII. (работы северного отделения ПИНРО). Мурманск, 1971. С.107-121.
12. Светочева О.Н. Мониторинг нерпы Белого, Баренцева и Карского морей в условиях глобального потепления. /Светочева О.Н., Светочев В.Н., Бондарев В.А.// – В сб. Проблемы изуч., рац.исп. и охраны прир.рес. Белого моря. – Мат-лы X междунар.конф., 18-20 сентября 2007 г., Архангельск. – Архангельск, 2007. – С. 354-358.
13. Болтунов А.Н. Авиачет кольчатой нерпы и морского зайца в ямало-ненецком автономном округе в 1996 г. /Болтунов А.Н., Беликов С.Е., Челинцев Н.Г. // Морские млекопитающие Голарктики: Материалы международной конференции. Архангельск. 2000. С. 44-49.
14. Горяев Ю.И. Распределение морских млекопитающих в условиях ледового покрова восточной части Баренцева моря и южной части Карского морей /Горяев Ю.И., Воронцов А.В., Ежов А.В., Янина Д.В.//Тез. докл. Межд. Конф. Ростов-на-Дону, 6-8 сентября 2004 г. С. 22-27.

15. Матишов Г.Г. Экосистемы Баренцева и Белого морей и уровни антропогенного загрязнения/ Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Макаревич П.Р.// Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Вып. 2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007. С. 20–64.
16. Руководство по планированию ликвидации загрязнения нефтью представителей животного мира. Т.13 серии докладов ИРЕСА, ИРЕСА/Energy Institute/Cedre, 2004. 50 с.
17. Шавыкин А.А. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного заражения/ Шавыкин А.А., Ильин Г.В.// – Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, 2010. 110 с.

## Особенности распределения и экология усоногих раков *Semibalanus balanoides* на некоторых участках эстуарной литорали Кольского залива и Ура-Губы

Свитина В. С., Гудимов А. В. (г. Мурманск, Комитет рыбохозяйственного комплекса Мурманской области; ММБИ КНЦ РАН, лаборатория зообентоса; e-mail: svitina\_viktoriya@mail.ru)

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию популяций усоногих раков *Semibalanus balanoides* на участках литорали Кольского залива и Ура-Губы. Описаны особенности распределения и экологии баянусов на литорали эстуария р Тулома. Рассматриваются основные экологические факторы, влияющие на распределение рачков. Обосновывается вывод о том, что плотность популяции *S. balanoides* изменяется вдоль градиента солености воды от р. Тулома к морю и зависит от условий осушения в отлив.

**Abstract.** This article is concerned with research of population of *Semibalanus balanoides* in the different sites of the Kola Bay and Ura Bay. The barnacle distribution in the Tuloma river estuary is described. We considered extreme conditions affecting barnacle's survival in the estuary zone. Our research suggested that the population density of *S. balanoides* increased along the salinity gradient from the Tuloma River mouth to the sea and it depended on the exposure conditions during the low tide.

**Ключевые слова:** Кольский залив, эстуарий, усоногие раки, *Semibalanus balanoides*, градиент солености.

**Key words:** Kola Bay, estuary, intertidal zone, barnacle, *Semibalanus balanoides*, salinity gradient.

Усоногие раки *Semibalanus balanoides* (L., 1766) – типичные представители каменисто-валунной литорали губ и заливов Баренцева моря. Закономерности их распределение на морской литорали известны достаточно хорошо. Экология и распределения баянусов в условиях критической солености эстуариев практически не исследованы.

Основным районом исследований был выбран участок литорали кута Кольского залива от Туломского моста до м. Еловый как эстуарный район с сильным градиентом солености.

Для сравнения были исследованы популяции *S. balanoides* в районах п. Абрам-мыс, п. Мишуково, эстуариев рек Кулонга и Ура (табл. 1).

Таблица 1 – Численность баянусов и значения солености воды на исследуемых участках литорали

Район исследования	Горизонт литорали	Средняя численность рачков, экз./м <sup>2</sup>	Средняя соленость воды, ‰	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С
Район п. Абрам-мыс	Средний горизонт	151	15,00	10	14
		1882	12,67	11	12
Район п. Мишуково	Пресный ручей	1289	2,5	3,5	2
	Лит. ванна (средний горизонт)	53	18,33	3,5	2
Район п. Ура-Губа	Верхний горизонт	2023	17,00	14	12
	Средний горизонт	2542	27,33	5	2
Эстуарий р. Кулонга	Верхний и средний горизонты	1217	3,33	13	19
		2719	3,00		

При количественном учете [1] на всех участках отбор проб проводился только в скоплениях рачков, пустые участки литорали или с редким присутствием баянусов не обследовались.

Участок литорали в районе п. Абрам-мыс достаточно пологий. В верхнем горизонте на небольших камнях *S.balanoides* не обнаружены. Обширные литоральные ванны в среднем горизонте отсутствуют. Популяция баянусов на литорали распределена достаточно равномерно, средняя численность составляет около 1000 экз./м<sup>2</sup> (табл. 1). В нижнем горизонте баянусы встречаются в основном на боковых поверхностях камней.

Участок литорали в районе п. Мишуково пологий, разделен мощным пресным ручьем, в ложе которого обнаружены *S.balanoides*. В среднем горизонте отмечено несколько крупных камней (валунов), боковые поверхности которых заселены рачками. Средняя плотность поселений баянусов здесь составляет около 700 экз./м<sup>2</sup> (табл. 1).

Литораль в районе п. Ура-Губа (эстуарий р. Ура) значительная по площади и пологая в зоне видимости. На верхнем горизонте крупные валуны, боковые поверхности которых заселены баянусами. В среднем горизонте много мелких камней с единичными рачками. Средняя численность баянусов на данном участке составляет более 2000 экз./м<sup>2</sup> (табл. 1).

На участке литорали эстуария р. Кулонга *S.balanoides* обнаружены в верхнем горизонте на валунах. В устье реки обнаружены обширные



поселения («щетки») баянусов, практически не обсыхающие во время отлива. Средняя численность рачков в верхнем и среднем горизонтах литорали составляет около 2000 экз./м<sup>2</sup> (табл. 1). Очевидно, во время прилива соленость на данном участке значительно возрастает.

Обследование литорали эстуария р. Тулома в куту Кольского залива осуществлялось по семи разрезам, каждый из которых представлен литоральной ванной и вытекающим из нее литоральным ручьем. Пробы отбирались также, как и на других участках – только в местах скопления рачков.

На данном участке литорали эстуария р. Тулома отмечено не характерное для морской литорали, и для других участков распределение рачков *S.balanoides* [2, 3]. Популяция баянусов в кутовой части Кольского залива имеет ряд особенностей [4]: во-первых, рачки локализованы только в пределах литоральных ручьев и, отчасти, в примыкающих к ним литоральных ваннах; во-вторых – баянусов отсутствуют в верхнем горизонте литорали (встречаются только в среднем и нижнем горизонтах). Также, на данном участке ярко выражено градиентное изменение плотности рачков от устья р. Тулома в сторону Кольского залива (рис. 1).

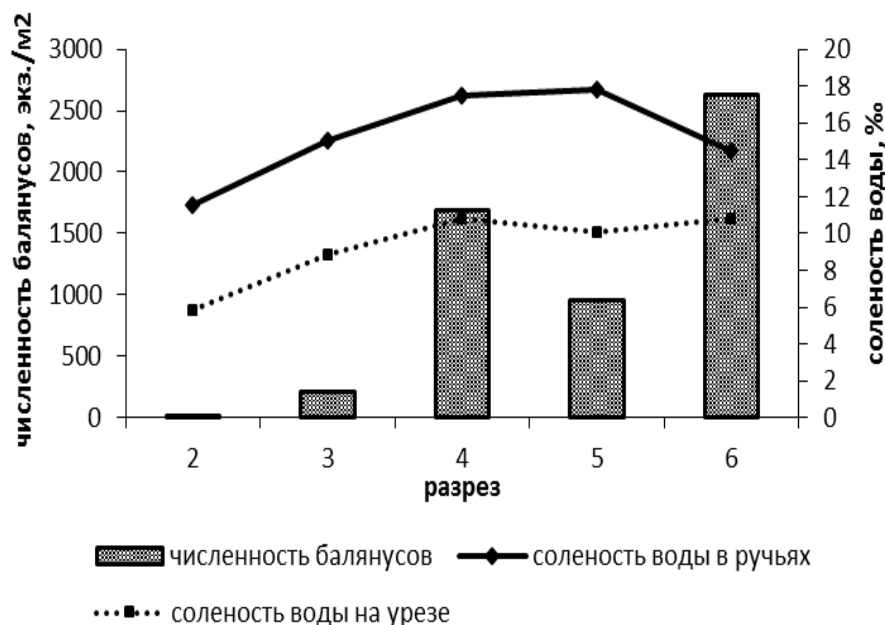


Рисунок 1 – Численность баянусов по разрезам литорали (нижний горизонт) и соленость воды в литоральных ручьях и на урезе воды по объединенным данным за 2003-2011 гг.

Распределение баянусов на исследуемом участке литорали является, несомненно, результатом комплексного действия нескольких

экологических факторов, к наиболее важным из которых относятся соленость воды, продолжительность осушения, температура воздуха (во время отлива) и механическое действие льда.

Было установлено [1], что совокупное лимитирующее действие экологических факторов наиболее выражено в верхнем горизонте литорали, где баянусы обнаружены не были. В литоральных ручьях среднего и нижнего горизонтов литорали влияние таких факторов было минимальным, что позволило рачкам выжить в данных условиях. При этом в пределах одного горизонта литорали влияние лимитирующих факторов было на всех разрезах практически одинаковым, за исключением солености воды. Градиент увеличения солености воды по направлению от устья р. Тулома к морю был значителен и постоянен. Плотность поселений и биомасса баянусов также увеличивались в согласии с градиентом солености воды (рис.1).

В течение всего периода исследований градиентное распределение баянусов вдоль литорали эстуария р. Тулома сохранилось.

Однако, с 2003 по 2011 г. в куту залива наблюдалось постепенное увеличение средней солености воды, как в литоральных ручьях, так и на поверхности (на урезе). При этом произошло исчезновение (разрез 2) или общее снижение численности рачков *S.balanoides* на всех разрезах (рис. 2).

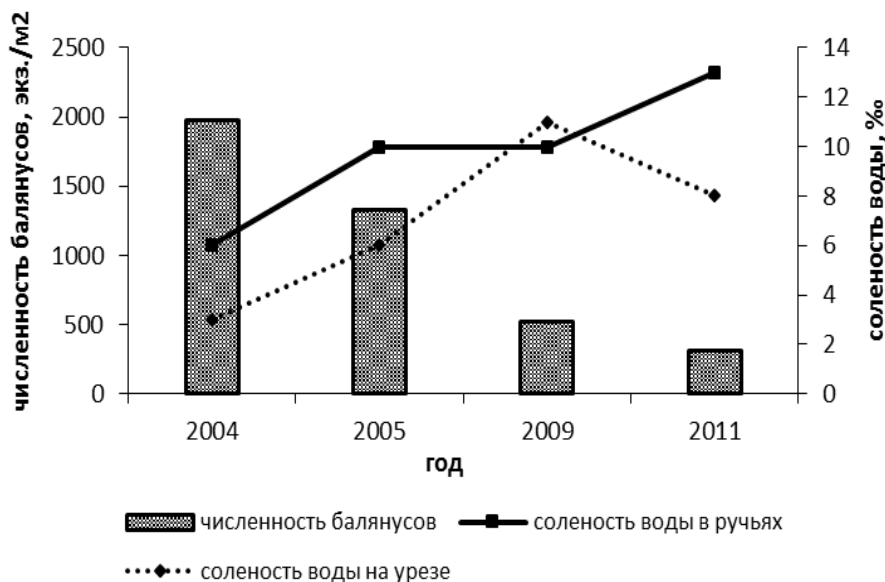


Рисунок 2 – Численность баянусов (нижний горизонт литорали) и соленость воды в ручьях и на урезе воды в 2004-2011 гг.

Вероятно, одной из возможных причин убывания численности баянусов на указанном участке литорали остается соленость воды,

точнее ее колебания. За весь период исследований к 2009-2010 гг. происходило увеличение объема паводкового стока р. Тулома, т.е. объем (степень и продолжительность) весеннего опреснения вырос за несколько лет, и, соответственно, увеличилось время нахождения рачков в солености ниже критической.

Появление нового фактора – увеличение термического воздействия (как и температуры), т.е. степени нагрева литорали и домиков рачков в периоды осушения в связи с обнаруженным ростом солнечной активности в эти годы (рис. 3), – могло также сыграть негативную роль.

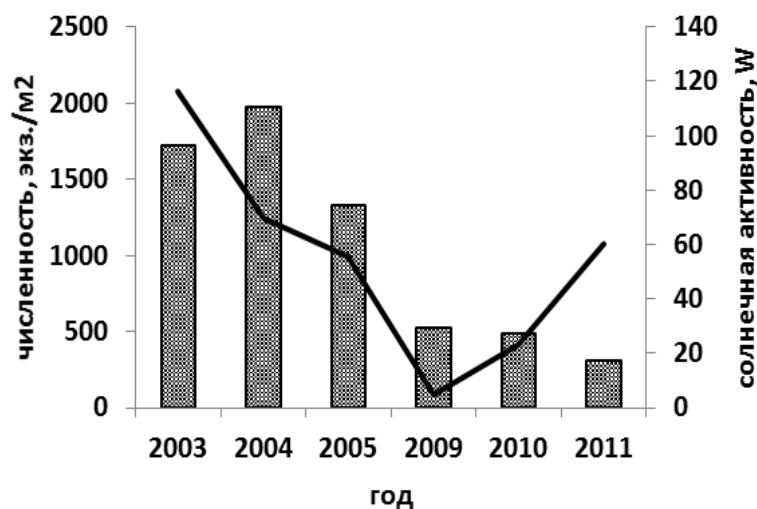


Рисунок 3 – Численность баянусов в нижнем горизонте литорали и изменение солнечной активности (число Вольфа, W) в 2003-2011 гг.

Таким образом, с одной стороны, нами зафиксировано увеличение солености воды в ручьях и на урзе, что должно было способствовать росту поселений баянусов, но вместо этого наблюдалось постепенное снижение их численности (рис. 2). С другой стороны, объем весеннего опреснения также увеличился.

Поэтому новое лимитирующее воздействие – увеличение солнечной активности, – может оказаться главным фактором, определяющим многолетнюю динамику распределения и численности баянусов. Предварительные измерения температуры воздуха на литорали показали, что в условиях прямого солнечного воздействия во время осушения происходит аномальный, губительный для рачков нагрев литорали и их домиков в летнее время.

Видимо, при таком дополнительном воздействии (1-2 экологических факторов) в области экстремальных величин, рачки, находясь на грани

выживания в экстремальных условиях литорали, в условиях критической солености выжить уже могли. Поэтому на одних разрезах они исчезли, а на других их численность значительно снизилась.

Следовательно, основным фактором градиентного распределения балянусов в эстуарии р. Тулома является соленость воды, а основным фактором многолетних колебаний их численности – изменения условий осушения, связанные с годовыми колебаниями солнечной активности.

### Литература

1. Гудимов А.В., Свитина В.С. Экология и распределение усконогих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (*Crustacea*) в южном колене Кольского залива. Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. – М.: Наука. – 2009. – С. 202-220.
  2. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. Работы Мурманской биологической станции. – 1929. – С. 136-147.
  3. Ржепишевский И.К. К вопросу о распространении балянусов в юго-восточной части Баренцева моря. Тр. ММБИ. – Вып. 11 (15). – 1966. – С. 50-57.
- Гудимов А.В., Свитина В.С. Популяция усконогих раков *Semibalanus balanoides* в градиенте солености эстуарной зоны кута Кольского залива. ДАН. 2007. Т. 412. №. 1. С.132-133.

## Изучение воздействия компонентов буровых шламов на морскую среду

Семенычев В. Г.<sup>1</sup>, Савонина Е.Ю.<sup>2</sup>, Мазлова Е.А.<sup>3</sup>, Марютина Т.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (г. Москва, ООО «РН-Эксплорейшн», e-mail: v\_semenychev@rn-exp.rosneft.ru)

<sup>2</sup> (г. Москва, ГЕОХИ РАН, e-mail: savoninae@mail.ru)

<sup>3</sup> (г. Москва, РГУ им. И.М. Губкина, e-mail: mazlova@hotmail.com)

**Аннотация.** Исследовали влияние компонентов буровых шламов, образующихся при бурении морских скважин с использованием водных и нефтяных буровых растворов, на качество морской воды. Установлено, что, несмотря на вымывание токсичных компонентов в концентрациях, значительно превышающих значения рыбохозяйственных ПДК, обезвреженный буровой шлам относится к V классу опасности.

**Abstract.** The influence of drill cuttings components generated during drilling with water and oil drilling fluids, on sea water quality was researched. It was found that, despite the leaching of toxic components in concentrations much higher than the value of the fishery MPC neutralized cuttings were related to the V class of hazard.

**Ключевые слова:** буровые отходы, морская среда, токсичность.

**Key words:** drilling waste, marine environment, toxicity.

Основными загрязнителями окружающей среды при добыче углеводородов на морских месторождениях, являются нефть, нефтепродукты, отходы бурения (буровой шлам, буровые сточные воды, отработанный буровой раствор). Буровые шламы содержат различные токсичные компоненты (углеводороды, соли тяжелых металлов и др.), и их попадание в море, в том числе при различных аварийных ситуациях, может привести к загрязнению морских экосистем [1, 2]. Состав буровых шламов во многом зависит от вида используемых буровых растворов.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния буровых отходов на изменение состава морской воды (с учетом термобарических факторов) для прогнозирования воздействия буровых отходов на экосистему при разработке планов ликвидации аварийных ситуаций или планов безопасного размещения буровых отходов на месте их образования. Для этого проводилось изучение воздействия моделей буровых шламов с использованием водных и нефтяных буровых растворов на состав морской воды (на примере морской воды Черного моря). Экспериментальное

моделирование распространения загрязняющих веществ в водной толще проводили при имитации природных условий Черного моря с применением реактора высокого давления.

Для проведения исследований по оценке воздействия бурового шлама на морскую среду были выбраны два модельных образца бурового шлама (№1 и №2) при бурении растворами на водной основе (БРВО) и на водно-нефтяной основе (БРНВО). Образцы горной породы, которые послужили основой для этих образцов шлама, имели различный минералогический состав (образец № 1 содержал граувакки кварцевые, аргиллиты каолиновые, монтмориллонитовые, слюдистые; образец №2 – главным образом биокласты и микритовый цемент).

Остаточное содержание компонентов бурового раствора в модельном обезвоженном буровом шламе из практики может составлять:

- 25% для шлама, образующегося при бурении с использованием бурового раствора на водной основе; и
- 10% для шлама, образующегося при бурении с использованием бурового раствора на нефтяной основе.

Для оценки вклада компонентов бурового шлама в потенциальную опасность обезвоженного шлама для окружающей среды были определены концентрации водорастворимых форм металлов и нефтепродуктов в компонентах, составляющих буровой шлам (выбуренная порода и буровой раствор), а также в моделях обезвоженного бурового шлама на их основе. В соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 53241-2008 «Геологоразведка морская. Требования к охране морской среды при разведке и освоении нефтегазовых месторождений континентального шельфа, территориального моря и прибрежного моря» (п.5.3.3.) для определения концентраций водорастворимых форм токсичных компонентов, входящих в состав бурового шлама и его составляющих, использовали пятикратные водные вытяжки. Анализ проб воды выполняли в аккредитованной Аналитической лаборатории ООО «Тайм юнит» (Аттестат аккредитации № ААС.А.00110 от 04.07.2011)

Для удобства оценки вклада компонентов бурового шлама в потенциальную опасность шлама для окружающей среды в табл. 1 приведены данные по кратности превышения значения ПДК для определяемых компонентов в водной вытяжке. В табл. 1 не включены данные для элементов, концентрации которых в пятикратных водных

вытяжках были ниже значения ПДК. Учитывая, что ПДК загрязняющих компонентов в морской воде нормативно не установлены, в качестве критерия были приняты значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Таблица 1 – Данные по кратности превышения значения ПДК для растворимых форм элементов и нефтепродуктов в водных вытяжках моделей бурового шлама и его исходных компонентов

№ п/п	Элемент	Значение ПДК, мг/л	образец горной породы		Буровой раствор		Буровой шлам			
							на основе БРВО		на основе БРНВО	
			№ 1	№ 2	БРВ О	БРН ВО	№1	№2	№ 1	№ 2
1	Al	0,04	183	8	2700	453	18	242	1	4
2	Ti	0,06	3	-	19	2	1	6	0	0
3	V	0,001	21	4	181	54	3	26	5	3
4	Mn	0,05	3	1	11	56	1	2	1	0
5	Fe	0,05	1	-	19	614	7	106	0	-
6	Co	0,005	1	-	3	4	-	1	-	-
7	Ni	0,01	1	-	4	3	1	1	1	0
8	Cu	0,005	-	-	252	67	3	6	2	2
9	Zn	0,05	-	-	16	6	0	1	0	0
10	As	0,01	0	-	70	11	0	1	0	0
11	Se	0,002	-	-	-	2	4	3	1	1
12	Sr	4,140	0	0	1	1	0	0	0	0
13	Mo	0,001	-	-	56	6	6	10	2	2
14	Ba	2	0	0	72	39	3	2	1	0
15	Pb	0,01	-	-	2520	77	-	14	-	-
16	нефте-продукты	0,05	1	0	-	5,2·10 <sup>6</sup>	-	-	29 57	26 22

Как видно из табл. 1, для образцов БРВО и БРНВО выявлено превышение ПДК практически для всех определяемых элементов от 2 до 2700 раз. Высокое содержание нефтепродуктов ( $5,2 \cdot 10^6$  ПДК) в водной вытяжке БРНВО обусловлено нефтяной основой бурового раствора. Очевидно, что именно буровые растворы дают наибольший вклад в потенциальную опасность бурового шлама на их основе для окружающей среды. Снижение концентраций токсичных элементов в водных вытяжках моделей образцов обезвреженного шлама объясняется снижением содержания бурового раствора до 10-25% при моделировании обезвреживания методом обезвоживания и возможным связыванием токсичных элементов при взаимодействии буровых растворов с компонентами геологических образцов. Для обоих геологических

образцов выявлено значительное превышение значений ПДК для алюминия и ванадия, а также превышение значения ПДК для марганца и титана в случае образца №1. Как упоминалось выше, образец горной породы №1 состоит главным образом из аргиллитов, представляющих собой различные комплексы на основе алюмосиликатов, что объясняет столь высокое содержание водорастворимого алюминия (183 ПДК). Соединения алюминия входят в состав образца выбуренной породы №2, а также в состав буровых растворов БРВО и БРНВО

Таким образом, при контакте модельного образца обезвоженного бурового шлама как на водной, так и на нефтяной основе с морской средой происходит вымывание токсичных компонентов в концентрациях, значительно превышающих рыбохозяйственные значения ПДК.

Однако стоит отметить, что концентрации загрязняющих веществ в экспериментальных условиях можно рассматривать как максимальные концентрации в точке сброса бурового шлама в море. В лабораторных условиях не учитывалось влияние морских течений на распространение загрязняющих веществ и другие факторы, существующие в реальных условиях. В зависимости от скорости течения в конкретном участке моря, обычно скорости разбавления и рассеивания шламов достаточны высоки, что позволяет достаточно быстро снизить эффект их воздействия при сбросе в морскую среду.

Принимая во внимание полученные результаты, а также тот факт, что ПДК загрязняющих веществ для морской среды не установлен, был произведен расчет класса опасности обезвреженного бурового шлама на основании полученных экспериментальных данных по содержанию водорастворимых элементов и нефтепродуктов в образцах модели буровых шламов [3, 4]. Согласно расчетам, всем моделям обезвоженного бурового шлама соответствует степень опасности  $K$  менее 10 (0,0015 – 3,84) и их можно отнести к V классу опасности [4]. Для подтверждения V класса опасности были проведены исследования токсичности водных вытяжек буровых шламов без разведения [5]. Результаты исследований показали 100%-ную выживаемость тест-организмов, что подтверждает V класс опасности исследованных моделей обезвоженных буровых шламов.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

– Выявлено значительное превышение уровня ПДК многих токсичных элементов в морской воде после ее контакта с буровыми



шламами, образующимися с использованием буровых растворов на водной и нефтяной основах.

– несмотря на превышение значения ПДК токсичных элементов, вымываемых из моделей обезвоженных буровых шламов, их можно отнести к V классу опасности (практически неопасные) на основании расчетного и экспериментального метода

– При принятии решения о способе обращения с буровыми отходами необходимо учитывать природные условия акватории, а при невозможности прямого сброса должны быть разработаны способы его транспортировки до безопасных глубин.

### **Литература**

1. Santos, M.F.L. Effects of non-aqueous fluids-associated drill cuttings discharge on shelf break macrobenthic communities in the Campos Basin Brazil / M.F.L. Santos, J. Silva, J.M.G. Fachel, F.H. Pulgati// Environ. Monit. Assess. – 2010. – 167 P. 65–78.
2. Iversen, P.E. Guidelines for Offshore Environmental Monitoring on the Norwegian Continental Shelf / P.E. Iversen, A.M.V. Green, M.J. Lind, M.R.H.P. Petersen, T. Bakke, R. Lichtenthaler, J. Klungsyrr, T. Grafert, H. Natvig, M. Ersvik // Klif report Climate and Pollution Agency, Oslo – 2011
3. Гаджиев, А.А. Определение классов опасности буровых отходов, образующихся при разведке и эксплуатации нефтегазовых месторождений в бассейне Каспийского моря расчетным путем / А.А. Гаджиев, А.А. Мунгиев, З.М. Алиева, М.А. Мунгиева, Ал.А. Гаджиев // Методы экологических исследований. Юг России: экология, развитие. – 2007. – №4. – С. 40 – 43.
4. Приказ МПР РФ от 15.06.2001 №511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». – URL: <http://base.garant.ru/2158155/>
5. «Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов» (утверждено МПР России, 27 апреля 2001г.), изд. РЭФИ, НИА-Природа. – М., 2002 г.

## Устойчивое развитие экосистем мегаполиса

Сидоренко Е. В.<sup>1</sup>, Щербак В. И.<sup>2</sup>, Коротецкий В. П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> (г. Киев, Киевский национальный торгово-экономический университет, НДИ «Держводэкология», e-mail: forumfish@ukr.net)

<sup>2</sup> (г. Киев, Институт гидробиологии НАН Украины)

<sup>3</sup> (г. Киев, Интеллектуальный центр по вопросам рационального использования водных ресурсов Украины)

**Аннотация.** Представлены исследования эколого-биологического состояния водных объектов мегаполисов, разработана технология природной биомелиоративной очистки экосистем мегаполисов как фактор их устойчивого развития.

**Abstract.** Presented studies of ecological and biological status of water bodies cities, developed the technology of natural ecosystems biological cleaning metropolises as a factor in their sustainable development.

**Ключевые слова.** Водные объекты, устойчивое развитие, биомелиорация, экосистемы, эколого-биологические показатели.

**Keywords.** Water features, sustainable development, biological cleaning, ecosystems, ecological and biological indicators.

Актуальным, жизненно важным, требующим комплексного системного воплощения вопросом сегодняшнего дня является состояние экосистем мегаполисов, неотъемлемую часть которых представляют водные объекты.

Эколого-биологический мониторинг водоемов мегаполисов Украины обнаружил их крайне неудовлетворительное эколого- санитарное состояние и почти полную непригодность к рекреационной эксплуатации.

В соответствии с требованиями Водной Рамочной Директивы 2000/60 / ЕС и на основе исследования фитопланктона водоемов мегаполиса с разной степенью антропогенного воздействия [1, 2] нами предложены числовые значения показателей фитопланктона для каждого класса экологического состояния: "отличный", "хороший", "удовлетворительный", "плохой", "очень плохой" (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка экологического состояния водоемов мегаполиса по показателям разнообразия фитопланктона в соответствии с Водной Рамочной Директивой 2000/60 / ЕС [2]

Показатели фитопланктона	Классы экологического состояния ВРД				
	отличный	хороший	удовлетворительный	Плохой	очень плохой
<i>n</i> за вегетационный сезон	> 291	272	240	208	153
Количество родов	> 131	112	93	91	69
<i>n</i> среднее у пробах	> 41	37	35	27	25
Индекс Шеннона, бит/экз	> 3,5	3,2	3,0	2,6	2,5
Коэффициент вариации, <i>N</i>	< 50	109	157	210	250
Коэффициент вариации, <i>B</i>	< 40	120	130	138	150
% Суанophyta у биомассе	≤ 1%	5%	10%	15%	20%
Индекс сапробности	≤ 1,60	1,85	2,15	2,20	2,30
Доля $\chi$ -о-сапробов, %	≥ 32%	29%	25%	20%	18%
Доля $\alpha$ - $\rho$ -сапробов, %	≤ 8%	11%	14%	15%	18%
Пример водоема	Водоемы не найдены	оз. Бабино	Рекреационный пруд на р.Нивка	оз. Кириловское	пруд на ручье Сирец

Применение этого подхода к оценке экологического состояния водоемов г. Киева показало, что ни один исследуемый водоем не соответствует классу "отличный".

Таким образом, на сегодняшний день можно говорить о неблагоприятной ситуации в водоемах мегаполисов. Такая ситуация представляет реальную угрозу возникновения массовых инфекционных, а также инвазионных заболеваний для жителей мегаполисов, существенно ухудшает общее состояние экосистемы больших населенных пунктов.

Улучшение эколого-биологического состояния водоемов с целью устойчивого развития экосистемы мегаполисов возможно, в первую очередь, путем создания биомелиоративного комплекса [3].

Биомелиоративный комплекс – это новообразованный гидробиоценоз для разнотипных водных объектов (водотоков питьевого, ирригационного или специального обеспечения, водоемов рекреационного, эстетически-ландшафтного назначения), что создается системной научно обоснованной

альголизацией и последующим зарыблением водных объектов рыбами-мелиораторами различного спектра питания. Таким образом, в состав биомелиоративного комплекса входят водоросли, высшие водные растения разных экологических групп, моллюски рода *Dreissena*, в результате чего формируется новая технология с высокой эффективностью водоснабжения и улучшаются химические характеристики качества воды: увеличивается абсолютное содержание растворенного в воде кислорода, насыщение воды кислородом, уменьшается содержание растворимых органических веществ в воде.

Необходимость естественной реабилитации разнотипных водных объектов путем создания природно-искусственного биологического комплекса обусловлена тем, что одним из важнейших негативных факторов, препятствующих функционированию, ухудшающих качество воды и экологическое состояние объектов водоснабжения, являются биопомехи, обусловленные интенсивным развитием гидробионтов различных трофических уровней и экологических групп: высшие водные растения, планктонные водоросли – возбудители «цветения» воды, водоросли обрастаний, моллюски рода *Dreissena* и другие виды зооборастаний, которые поселяются на водозаборных решетках и облицовочных плитах, препятствуя нормальному току воды [4].

В зависимости от результатов проведенных комплексных натурных исследований устанавливается оптимальный видовой состав, размерно-возрастные характеристики и соотношение различных трофических групп рыб-биомелиорантов для обеспечения эффективного функционирования водного объекта, улучшения качества воды и, как косвенный эффект, получения максимальной рыбопродуктивности [3, 4].

Природная реабилитация водных объектов также предусматривает реинтродукцию ценных аборигенных и краснокнижных видов рыб-биомелиораторов, жизнедеятельность которых повышает эффективность работы биомелиоративного комплекса.

Создание биомелиоративного комплекса способствует решению особенно болезненного вопроса для жителей столицы и других мегаполисов по созданию зоны рекреации на водоемах и обеспечения наших соотечественников качественной водой и рыбными продуктами [5].

Таким образом, основной целью проведенных исследований является внедрение способов естественной реабилитации разнотипных водных

объектов путем создания биомелиоративного комплекса; обеспечение благоприятных условий для развития аквакультуры, как единственно возможного способа получения рыбного сырья гарантированного качества; повышение эффективности водоподачи, что гарантирует безопасность питьевой воды, оптимальное функционирование водного объекта, уменьшения тарифов на водоснабжение и социальной напряженности.

### **Литература**

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy// Official Journal of the European Communities. – 2000. – L. 327, 22.12. – 72 p.
2. Щербак В.И., Семенюк Н.Е. Использование фитопланктона для оценки экологического состояния водоемов мегаполиса согласно Водной Рамочной Директиве ЕС 2000/60 // Гидробиол. журн. – 2008. – Т. 44, №6. – С. 29–40.
3. Сидоренко Е.В. Научные проекты научно-исследовательского института «Держводэкология»// Науч. сб. «Интегрированное управление водными ресурсами». – К. : ДИА. – 2014. – №2. – С. 12–18.
4. Межжерин С.В. Животные ресурсы Украины в свете стратегии устойчивого развития : аналитический справочник / С.В. Межжерин. – К. : Логос. – 2008. – 286 с.
5. Алиев К.А. Внедрение на Украине европейской модели интегрированного управления водными ресурсами // Науч. сб. «Интегрированное управление водными ресурсами». – К. : ДИА. – 2013. – №1. – С. 526–533.

## Деформации личинок радужного губана (*Labrus bergylta*) при различных условиях инкубации икры

Федотова Л. В.<sup>1</sup>, Оттесен О.<sup>2</sup>, Журавлева Н. Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биоэкологии, e-mail: shcheraklarisa@mail.ru )

<sup>2</sup>(г. Будё, Норвегия, университет Нордланд, факультет биологических наук и аквакультуры, e-mail: Oddvar.Ottesen@hibo.no )

<sup>3</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра биоэкологии, e-mail: NonnaZh@yandex.ru )

**Аннотация.** Главная цель исследования заключалась в изучении раннего эмбрионального развития наиболее перспективного вида рыбы чистильщика *Labrus bergylta*, которое не было изучено прежде. Анализ результатов экспериментальной работы позволил выделить шесть типов деформаций тела личинок, полученных из оплодотворенной икры, инкубированной при разных экспериментальных комбинациях температуры и солености. Наиболее распространенными являлись осевые деформации (лордоз и кифоз) и латеральные искривления нотохорда (сколиоз) в абдоминальной или каудальной части.

**Abstract.** The main objective of the present work was to study the early development of the most promising cleaner fish *Labrus bergylta* which have not been described previously. The results obtained from the experiment allowed to distinguish 6 major types of body malformations of the newly hatched Ballan wrasse larvae, reared at different temperature and salinity during the embryonic development. The most common deformities of newly hatched Ballan wrasse larvae were axial (lordosis or kyphosis) or lateral (scoliosis) curvature of the vertebrae in the abdominal or caudal region.

**Ключевые слова:** аквакультура, деформации, отек желточного мешка, искривления позвоночного столба, температура.

**Key words:** aquaculture, deformations, yolk sac oedema, deformed notochord, temperature.

Интерес к использованию радужного губана для коммерческой марикультуры лососевых увеличивается, однако, выращивание жизнеспособной молоди может стать критическим моментом в массовом производстве. Успешное выполнение этой задачи во многом будет зависеть от определения оптимальных условий инкубирования икры, для получения жизнеспособного потомства радужного губана [1-4]. Одной из серьезных проблем инкубации оплодотворенной икры морских холодноводных видов рыб являются деформации скелета, появляющиеся на

ранних этапах развития личинок рыб, и особенно те, которые поражают переднюю часть позвоночного столба [5]. При этом эмбриональное развитие *Labrus bergylta* не достаточно изучено, а действие таких параметров среды как, температура и соленость, вовсе не исследованы [6,7].

Главной целью данной работы было изучить влияние различных температур и солености воды на оплодотворенную икру радужного губана (*Labrus bergylta*), и определить оптимальные показатели исследуемых параметров окружающей среды для периода инкубации и выклева, что не было изучено прежде. Для этого в работе изучены и проанализировали случаи деформаций у личинок *Labrus bergylta* после вылупления в соответствии с экспериментальными параметрами среды такими, как температура и соленость.

Работа проведена на Морской исследовательской станции университета северной Норвегии (Marine Research Station of University of Nordland, Bodø, Norway), откуда и был взят материал для работы. Для чистоты эксперимента была выбрана одна кладка с оплодотворенной икрой *L. bergylta* (95% оплодотворения) на стадии морулы для дальнейшей инкубации в 9 разных комбинациях температуры и солености: 10 С° 26‰; 10 С° 30‰; 10 С° 33‰; 15 С° 26‰; 15 С° 30‰; 15 С° 33‰; 20 С° 26‰; 20 С° 30‰; 20 С° 33‰. Эксперимент с инкубацией икры был завершен после вылупления свободных эмбрионов (0 день после вылупления), которые были зафиксированы в фиксаторе для электронной микроскопии (EM-fixative) для дальнейшего исследования личинок. Таким образом, 2246 оплодотворенных икринок *L. bergylta* было взято для инкубации и 1523 личинок было исследовано после их выклева.

Полученные результаты позволили выделить 6 типов дефектов развития личинок (*Labrus bergylta*) после вылупления, что дало возможность разработать специфичную классификацию деформаций. Внешний вид деформаций представлен на фотографиях, сделанных с помощью микроскопа Olympus SZ-12 и программы «software program Cell A, Olympus».

Деформации по типу А и В характеризуются осевыми (лордоз или кифоз, осевое волнообразное искривление нотохорда во множественных точках) или латеральными искривлениями нотохорда в брюшном или хвостовом отделах (Рис.1). Деформации по типу В характеризуются теми же самыми признаками, что и типа А, но сопровождаются небольшой деформацией и отеком желточного мешка (Рис.1).

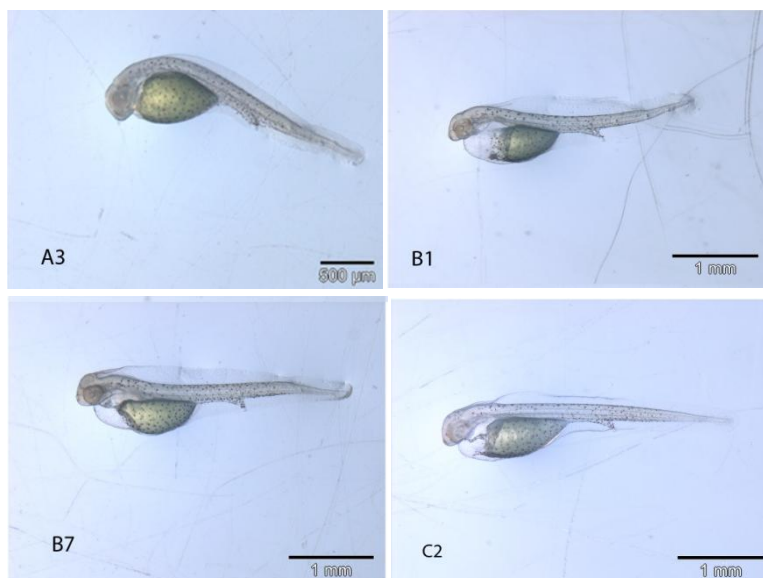


Рисунок – 1 Типы деформации личинок *L. bergylta* “А, В, С”

Деформации типа С были также распространены у личинок *L. bergylta*. Этот тип дефектов развития включает наличие у личинок деформации и отека желточного мешка без осевых деформаций (рис.1)

На этапе раннего развития личинки у некоторых особей деформации типа А и В были незначительными в сравнении с другими, более серьезные отклонениями развития такими, как тип D, E, F, но менее распространенными. Деформации типа D включают: значительное осевое искривление позвоночного столба, “С-образное” искривление личинки, “Укорочение тела” личинки. Деформации по типу E характеризуются теми же самыми признаками, что и типа D, но сопровождаются небольшой деформацией и отеком желточного мешка. “С-образное” искривление личинки характеризуется изогнутым позвоночным столбом. Многие личинки с деформациями по типу D и E имели признаки укорочения тела, т.е. длина тела меньше, чем у нормальных личинок, осевая линия тела искривлена.

Типы F1 и F2 представляют собой особо тяжелые формы деформаций осевого скелета. Личинки с такими пороками развития имели множественные искривления, сколиоз брюшного и хвостового отделов. Деформация по типу F2 сопровождается отеком и изменением формы желточного мешка.

Анализ полученных количественных данных показал, что деформации нотохорда были наиболее распространенными из всех зафиксированных дефектов в эксперименте (табл. 1).



Таблица – 1 Доля деформаций выявленных у личинок *L. bergylta*, вылупившихся из икры, инкубированной при различных значениях температуры и солености (средняя доля % от общечисла) (N-без деформаций)

Тип деформации (код)	Температура, °С			Соленость, ‰		
	10	15	20	26	30	33
A	63,48	21,64	4,12	28,21	34,34	31,32
B	15,68	23	43,34	30,77	25,85	20,36
C	10,33	23,85	24,46	21,61	17,55	18,79
D	1,53	2,21	3,39	2,2	1,89	2,91
E	0,38	2,73	19,37	7,69	3,58	8,28
F	4,59	1,19	5,08	3,48	4,53	2,01
N	4,02	25,38	0,24	6,04	12,26	16,33

Доля личинок с обширным отеком в области желточного мешка была наименьшей при условиях инкубирования 10°C в сравнении с 15°C и 20°C, и при солености 30‰ в сравнении с 26‰ и 33‰ (табл. 1, код С). Относительная частота встречаемости только деформаций скелета показывает тенденцию к уменьшению с увеличением температуры инкубации икры (табл. 1, код А).

Однако, те же деформации, сопровождающиеся отеком желточного мешка (код В) и более серьезные деформации (код D и E) проявляют тенденцию к увеличению с повышением температуры инкубации (табл. 1) от 1,53% до 3,39% (тип D) и от 0,38% до 19,37% (тип E) (табл. 1). Статистический анализ выявил тенденцию увеличения доли ненормальных личинок с увеличением солености (6% при солености 26 ‰; 12,3% при солености 30‰ и 16,3 при солености 33‰ (табл. 1, код N).

Личинки с “С-образным” искривлением нотохорда (код D, E) были отмечены во всех экспериментальных комбинациях температуры и солености, но анализ данных выявил тенденцию к увеличению доли таких личинок с увеличением температуры инкубации икры (табл. 1).

Наименьшая доля личинок с деформациями была зафиксирована при инкубировании икры в условиях 15°C и 33‰, наибольшая доля (100%) деформированных личинок – в 20°C, 26‰ и 20°C, 33‰. Случаи появления личинок с тяжелыми пороками развития имели тенденцию увеличения с

повышением температуры инкубации икры. Такая же тенденция прослеживается и для случаев с отеком желточного мешка.

Результаты экспериментального исследования, которые выявили значительное влияние температуры и солености на эмбриональное развитие *L. bergylta*, могут найти применение при выращивании радужного губана, для определения оптимальных условий инкубации икры, подращивания личинок и выращивания жизнестойкой молоди.

## Литература

1. Helvik J. V. and B. T. Walther. Environmental parameters affecting induction of hatching in halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) embryos// Marine Biology 1993,116(1): p. 39-45.
2. Gracia-López, V. Effects of temperature and salinity on artificially reproduced eggs and larvae of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea*/ V. Gracia-López, M. Kiewek-Martínez// Aquaculture 2004, 237(1-4): p.485-498
3. Yang, Z. Effect of temperature on incubation period and hatching success of obscure puffer *Takifugu obscurus* (Abe) eggs / Z. Yang, Y. Chen // Aquaculture, 2005. 246(1-4): p. 173-179.
4. Salmova, N. Mariculture as an element of environmental management / N. Salmova, N. G. Zhuravleva / «Наука и образование» – 2014. [Электронный ресурс] : материалы межд. науч. – техн. конф. (Мурманск, 27 марта 2014). – Мурманск: МГТУ, 2014.- С. 1007- 1013.
5. Kjørsvik, E. Comparison of dietary phospholipids and neutral lipids on skeletal development and fatty acid composition in Atlantic cod (*Gadus morhua*)/ E. Kjørsvik, C. Olsen // Aquaculture 2009. **294**(3-4): p.246-255
6. Artuz, M.L. Embryonic and larval development of the ballan wrasse *Labrus bergylta* Ascanius 1767/ M.L. Artuz// Hidrobiologica, 2005. 10: p. 98-101.
7. Shchepak, L.V. The study of the early development of the most promising cleaner fish *Labrus bergylta* ( ballan wrasse) / L.V. Shchepak, N. G. Zhuravleva / Наука и образование» – 2014. [Электронный ресурс] : материалы межд. науч. – техн. конф. (Мурманск, 27 марта 2014). – Мурманск: МГТУ, 2014.-С. 1017-1021.

## Социально-экологические проблемы Арала с позиции законов

Б. Коммонера

**Шайхеслямова К. О.** (г. Астана, Республика Казахстан, КазУЭФМТ, [kazkentai@mail.ru](mailto:kazkentai@mail.ru))

**Аннотация.** Вследствие ошибочного стратегического выбора в размещении производительных сил в бассейне Аральского моря площадь морского дна оголилась на 27 тысяч квадратных километров. На примере катастрофы Арала можно иллюстрировать негативные последствия нарушения законов экологии Б. Коммонера.

**Abstract.** Aral Sea – the largest body of water in the center of the Central Asian deserts. Aral Sea disaster illustrates the negative consequences of violations of the laws of ecology B. Commoner

**Ключевые слова:** экологические проблемы Приаралья, деградация водной экосистемы, законы Коммонера.

**Key words:** environmental problems Aral Sea region, the degradation of the aquatic ecosystem, laws Commoner.

*«Нельзя считать патриотом своей  
страны человека, не болеющего душой  
за родную землю, не интересующегося ее судьбой»  
К. Сатпаев*

Экология и здоровье человека – одна из актуальных проблем, к которой в настоящее время привлечено внимание общественности Республики Казахстан. Научно-техническая революция, помимо положительных явлений, привела к обострению противоречий между человеком и средой его обитания. Нарастание промышленного производства и другие антропогенные процессы внесли коренные изменения в экологическое равновесие, в ряде случаев и необратимые как обмеление Арала.

Аральское море – крупнейший водоем, расположенный в центре среднеазиатских пустынь. До снижения его уровня по размерам площади зеркала водной поверхности (63 400 км) оно занимало второе место после Каспия среди бессточных водоемов. При больших размерах Аральское море относится к числу сравнительно мелководных водоемов [1].

Вследствие ошибочного стратегического выбора в размещении производительных сил в бассейне Аральского моря, интенсивного использования земельных и водных ресурсов, преобладания монокультур хлопчатника и риса площадь морского дна оголилась на 27 тысяч квадратных километров, происходит процесс дальнейшего опустынивания

дельты реки Сырдарьи. Из-за увеличения солености более чем в три раза Арал полностью потерял рыбопромысловое значение. Увеличение перепада между летней и зимней температурой воздуха, вынос солей и пыли с осушенного дна, негативно отразились на условиях проживания и здоровье населения.

В настоящее время произошло разделение Аральского моря на два водоема – Большое и Малое моря [2]. Малый Арал стал проточным водоемом, Большой – замкнутым. Уровень Большого моря находится на 4 метра ниже Малого. Для сохранения Малого Арала, географически расположенного на территории Казахстана, рассматривается проект строительства дамбы между Малым и Большим Аралом. Стремительное исчезновение Аральского моря более наглядно можно увидеть на рисунке 1 [3].

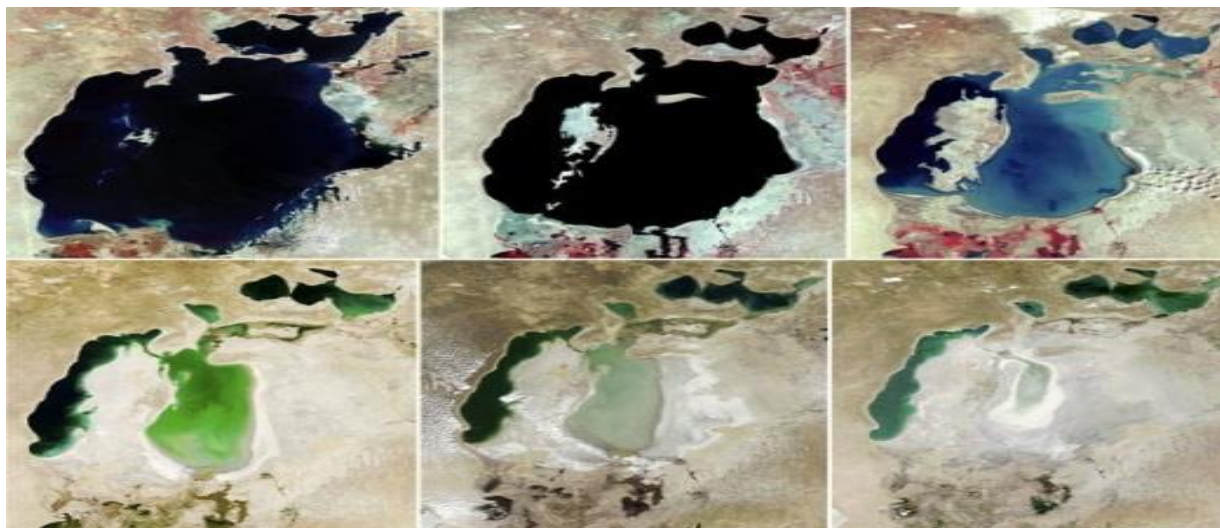


Рисунок 1 – Снимки 1973, 1987, 1999, 2004, 2007 и 2009 годов показывают стремительное исчезновение Аральского моря [4]

На примере катастрофы Арала можно иллюстрировать негативные последствия нарушения законов экологии Б. Коммонера [5].

Первый закон «Все связано со всем» обращает внимание на всеобщую связь процессов и явлений. Усыхание Аральского моря привело к усилению континентальности климата в Приаралье. В результате амплитуда между летними и зимними значениями температуры воздуха увеличилась на 1,5–2,5 °С, на 0,5–3,3 °С возросли перепады ее суточных показателей.

На 2–3 % уменьшилась среднегодовая влажность воздуха, а весной и летом это снижение достигло 9 %. Значительно увеличилась повторяемость засушливых дней: с 30–40 до 120–150. Из-за уменьшения влажности воздуха в приморских районах снизилась конденсация влаги в песчаных массивах Приаралья, следовательно, ухудшились условия

питания грунтовых вод и обеспеченность влагой пустынной растительности. По данным метеостанций, весенние заморозки в Приаралье сместились на более позднее время, а первые осенние заморозки, наоборот, наступают на 10–12 дней раньше. Таким образом, и весной, и осенью наблюдается снижение смягчающего климат влияния моря.

Экосистема Арала не смогла стабилизироваться благодаря своим динамическим самокомпенсирующим свойствам. Под влиянием больших внешних антропогенных перегрузок экосистема подошла к драматической развязке.

Второй закон Коммонера «Все должно куда-то деваться» непосредственно связан с первым. Этот закон означает, что в природе не существует такой вещи как «мусор» [6]. В любой природной системе экстременты и отбросы одних организмов служат пищей для других. Усыхание Аральского моря привело к появлению огромных осушенных площадей, содержащих миллиарды тонн солей. По современным оценкам, на осушенных площадях дна Арала накапливается от 13 до 231 миллиона тонн солей в год. Из-за этого в 6–7 раз возросла и минерализация атмосферных осадков, причем не только в Приаралье, но и вдали от моря. Мы видим, что одна из главных причин нынешнего кризиса окружающей среды Приаралья состоит в том, что огромные количества веществ оставшиеся на месте дна озера рассеиваются в окружающей среде и миллионы тонн солей накапливаются там, где, по природе, их не должно быть.

Третий закон Коммонера «Природа «знает» лучше» шокирует многих «улучшителей» природы. Известно, что всякая экосистема формировалась миллионы лет под жестким контролем факторов эволюционного процесса: отбора, борьбы за существование и т. п. Широкомасштабные антропогенные научно не обоснованные, построенные на сиюминутной выгоде мероприятия вместо ожидаемого «цветущего рая» заканчиваются, как правило, небывалым в природе опустыниванием и гибелью биоты. Аральская катастрофа является наглядным примером и жестоким непростительным упреком виновным в ней людям.

Четвертый закон Коммонера «Ничто не дается даром» является грозным предупреждением человечеству. В нем Коммонер вновь касается тех проблем, которые обобщает закон внутреннего динамического равновесия: «Глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которое не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что извлечено

из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать, он может быть только отсрочен» [6]. В экологии, так же как в экономике, этот закон призван подчеркнуть, что всякая вещь чего-то стоит. Этот экологический закон объединяет предшествующие три закона. Так как глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которой ничего не может быть выиграно или потеряно, и которая не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что можно было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено.

«Платежи по векселям», связанным с Аралом, предстоят огромные и трудновосполнимые. Ранее в осушение Арала ежегодно вкладывались огромные средства. По «научным» проектам дно моря и все Приаралье должно было представлять собой «цветущий рай», покрытый рисовыми и хлопковыми полями, виноградниками и другими культурами

Что же оказалось на самом деле?

Вследствие переполива полей, занятых рисом и хлопком, ежегодно расходовалось более 40 кубических километров воды рек Амударьи и Сырдарьи. Переувлажнение изменило уровень грунтовых вод. Так, например, в Туркмении на 87 % площади орошаемых земель уровень грунтовых вод поднялся с 2,5 м до 1,5 м. В Узбекистане уровень грунтовых вод выше критического на 1,6 миллиона гектаров. Широко распространена ирригационная эрозия. Становится вполне очевидным, что в настоящее время в Аральском регионе из кризисной стадии перешли в катастрофическую – трудно нейтрализуемую с социальной и экологической точек зрения.

Трагедия умирающего Аральского моря обусловила экологическую катастрофу природы огромного региона Центральной Азии и населения Приаралья, проживающего на этой территории.

В настоящее время считается доказанным, что вода с высокой степенью минерализации вызывает ряд нарушений водно-солевого обмена, функциональной деятельности сердечно-сосудистой и пищеварительных систем, способствует развитию атеросклероза, артериальной гипертонии и желчно-каменной болезни. Это убедительно подтверждается материалами медосмотров исследований, проведенных в зоне экологической катастрофы Аральского района [7].

Многочисленными исследованиями ученых Казахстана показано, что общая заболеваемость населения в экологически небезопасном регионе с 1990 г. возросла более чем в 3 раза. Практически во столько же раз возрос уровень врожденных аномалий, новообразований, болезней органов

дыхания и пищеварения, более чем в 2 раза возросла заболеваемость крови и кроветворных органов, эндокринной системы. Результаты исследования свидетельствуют о неблагоприятном влиянии экологических факторов Приаралья на показатели соматической и гинекологической заболеваемости, этиологию и структуру не вынашивания беременности. При этом низкий индекс здоровья женщин отражается и на здоровье их детей: так, в зоне Приаралья уровень младенческой смертности в 2,5 раза выше средне республиканских показателей [8].

Таким образом, на примере Арала четко прослеживаются негативные последствиями, с которыми столкнулось человечество в результате нарушения законов экологии Барри Коммонера. Катастрофа Арала убедительно иллюстрирует последствия крайне неуважительного отношения человека к фундаментальным закономерностям, обеспечивающим стабильное существование биосферы на основе экологического принципа холизма (целостности).

## Литература

1. Окончательный отчет Международной конференции по устойчивому развитию бассейна Аральского моря. – Нукус, 1995. – 154с.
2. Назарбаева, А.Н. Экология и устойчивое развитие: Пробный учебник для 12-го класса 12-летней школы / А.Н. Назарбаева, Г.С. Сыздыкова, К. О. Шайхеслямова, С.Е. Абдугалина. – Алматы : ТОО Изд. дом «Эксклюзив», 2014. – С.151–154.
3. <http://www.davoda.com/ekoproekty/chelovek-menyaet-planetu-i-uvy-ne-v-luchshuyu-storonu>
4. Коммонер, Б. Замкнутый круг. Природа, человек, технологии / Б. Коммонер. – Л., 1977. – 63 с.
5. <http://www.kofman.info/статьи/четыре-закона-барри-коммонера/>
6. Оракбай, Л.Ж. Влияние уровня минерализации воды на здоровье населения. / Л.Ж. Оракбай, А.Ш. Альназарова, Ж.Т. Тореханова // Научный Центр гигиены и эпидемиологии имени Хамзы Жуматова. – Изд-во: Алматы, 2009.
7. [http://www.rusnauka.com/7\\_NND\\_2009/Medecine/42283.doc.htm](http://www.rusnauka.com/7_NND_2009/Medecine/42283.doc.htm)
8. Кулманов, М.Е. Гигиенические и экологические проблемы гидросферы и здоровья населения в зоне казахстанской части Приаралья / М.Е. Кулманов, К.Р. Амрин, У.И. Кенесариев, О.С. Сакбаев, А.В. Вагнер // Здоровоохранение Казахстана. – 1993. – С. 17–21.

*Научное издание*

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

(Мурманск, 7 апреля 2015 г.)

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

В двух частях

Часть 1

Ответственный за выпуск *П. П. Кравец*  
Компьютерная верстка *Е. В. Малышевой*

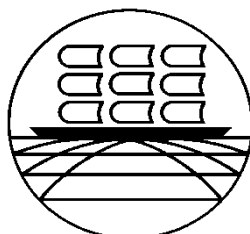
*Материалы подготовлены отделом организации  
научно-издательской деятельности*

Отпечатано в издательстве МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.  
Сдано в набор 19.10.2015. Подписано в печать 19.10.2015. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага типографская. Усл. печ. л 17,2. Уч.-изд. л. 14,2. Заказ 186. Тираж 100.





**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**



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

(Мурманск, 7 апреля 2015 г.)

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

В двух частях  
Часть 1

Мурманск  
Издательство МГТУ  
2015

