

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская академия наук  
Кольский научный центр  
Мурманский морской биологический институт



# ИССЛЕДОВАНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Материалы XXXVII конференции  
молодых ученых ММБИ КНЦ РАН

Апатиты  
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская академия наук  
Кольский научный центр  
Мурманский морской биологический институт



## **ИССЛЕДОВАНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ**

---

Материалы XXXVII конференции молодых ученых ММБИ КНЦ РАН

Апатиты  
2019

DOI: 10.37614/978.5.91137.431.0

УДК 574.4 (26)

И88

**И88**     **Исследования арктических экосистем: Матер. XXXVII конф. молодых ученых ММБИ КНЦ РАН;** [отв. ред. О.П. Калинка]; Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2019. – 101с.

**ISBN 978-5-91137-431-0**

Представлены материалы исследований молодых ученых ММБИ КНЦ РАН и их коллег из Мурманского арктического государственного университета и Мурманского государственного технического университета. Рассмотрены гидролого-гидрохимические процессы, осадконакопление, особенности распространения техногенных радионуклидов, видовой состав и распределение бентосных организмов, физиологические особенности бурых водорослей, отдельные аспекты поведения морских млекопитающих.

Ответственный редактор  
канд. геогр. наук О.П. Калинка

**ISBN 978-5-91137-431-0**

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 2019

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Russian Academy of Sciences  
Kola Science Centre  
Murmansk Marine Biological Institute



## **STUDIES ON ECOSYSTEMS OF THE ARCTIC**

---

Proceedings of the XXXVII Conference for young scientists at MMBI KSC RAS

Apatity  
2019

DOI: 10.37614/978.5.91137.431.0  
UDC 574.4 (26)

**Studies on ecosystems of the Arctic: Proceedings of the XXXVII Conference for Young Scientists at MMBI KSC RAS;** [Editor-in-chief O.P. Kalinka]; Murmansk Marine Biological Institute Kola Science Center RAS. – Apatity: Publ. KSC RAS, 2019. – 101 p.

**ISBN 978-5-91137-431-0**

This publication contains papers submitted by young scientists at MMBI KSC RAS and their colleagues at the Murmansk Arctic State University and Murmansk State Technical University. The papers are devoted to hydrological and hydrochemical processes, sedimentation processes, spread of man-caused radionuclides, species composition and distribution of benthic organisms, physiology of brown seaweed, and behavior of marine mammals.

Editor-in-chief  
O.P. Kalinka, Ph. D. (Geography)

**ISBN 978-5-91137-431-0**

© Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, 2019

## **Изучение морских млекопитающих в России, направления и тенденции**

**А.Ф. Бердник**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
anddreeww@mail.ru

В исследовательских работах морские млекопитающие рассматриваются как объекты хозяйственной деятельности человека и звенья, замыкающие океанические экосистемы. Степень их использования человеком все еще крайне высока, а функциональную важность для водных сообществ нельзя переоценить (Матишов, 2007). Проблемы взаимодействия и сосуществования человека и животных в современном мире становятся все острее в связи с возрастающим прессом антропогенных факторов. Всестороннее изучение морских млекопитающих является ключом к последовательному решению части этих проблем. Вместе с тем, особенности среды обитания и ряд характеристик данных животных осложняют проведение исследований в естественных условиях. При этом некоторые морские млекопитающие в силу особенностей биологии не могут быть помещены в искусственно созданные условия, что отражается на возможности выбора инструментов и методов исследования.

В данной работе нами предпринята попытка провести анализ тенденций развития различных направлений изучения морских млекопитающих в России. В качестве базы, на примере которой было решено рассмотреть основные спектры научных работ, были выбраны материалы конференций “Морские млекопитающие Голарктики”. Совет по морским млекопитающим, являющийся организатором данной конференции, – уникальное научное объединение специалистов по морским млекопитающим из разных регионов с различными тематиками исследований. Материалы конференций публикуются с 2000 г., периодичность – 2 года, что дает возможность проанализировать исследования за 18 лет.

Для удобства проведения анализа нами были выделены группы, дающие общую картину исследований и одновременно указывающие на их характерные особенности.

1. Исследования анатомии и морфологии морских млекопитающих – строение, морфология и иные особенности организма морских млекопитающих.

2. Морские млекопитающие в лечебно-терапевтической и рекреационной деятельности – исследование лечебно-профилактических практик с применением животных, а также культурно-просветительская деятельность.

3. Эпидемиология и паразитология – воздействие на организм морских млекопитающих патогенных микроорганизмов, случаев пандемии, выработка механизмов противодействия заболеваниям, а также исследования их гельминтофауны.

4. Биология и экология – экология, особенности размножения, развития и жизнедеятельности морских млекопитающих.

5. Материалы и методы исследования морских млекопитающих. Также к данной группе относятся описания новых типов оборудования для сбора материала и прикладного использования морских млекопитающих.

6. Исследования акустической активности – способность морских млекопитающих передавать, воспринимать и понимать определенные акустические сигналы, разработка систем необходимых для их идентификации.

7. Изучение влияния факторов окружающей среды – антропогенное загрязнение, общее воздействие присутствия человека и природных явлений на морских млекопитающих.

8. Правовые нормы в отношении морских млекопитающих – изменения законодательства и природоохранного статуса.

9. Фаунистические исследования – динамика популяций, ареала, перемещение и миграция, динамика численности, размерность определенных социальных и возрастных групп, а также общая демография видов морских млекопитающих.

Для выявления закономерностей также использовали классификацию на основе применяемых в исследованиях подходов к изучению. Нами была выделена отдельная группа методов, встречающихся крайне редко в проанализированном нами материале – прочие методы, не обладающие явно прослеживаемыми тенденциями.

Данные, полученные в ходе анализа материала, позволили определить число работ, относящихся к сформированным нами группам по годам. Для создания единой картины было решено определить процентную составляющую от общего числа работ по морским млекопитающим в указанный временной период (рис. 1). Наибольшую часть исследований составляет группа биологии и экологии морских млекопитающих. Она преобладает большую часть временного отрезка, уступая место только в начальный период фаунистическим исследованиям, которые составляют 31 работу из 92 в 2000 г., 44 работы из 153 в 2002 г. и 32 работы из 104 в 2004 г. Меньше всего исследований выполнено по таким группам как роль морских млекопитающих в лечебно-терапевтической и рекреационной деятельности и правовые нормы, при этом в 2000 г. статьи по ним не представлены в анализируемом материале, в 2002 г. в первой группе 3 работы из 153 и 1 работа из 153 во второй, а в 2004 г. в первой группе 1 работа из 104, а вторая вновь не представлена. В дальнейшем, до 2018 г., работы в данной области не составляют более 5 % от общего количества трудов.

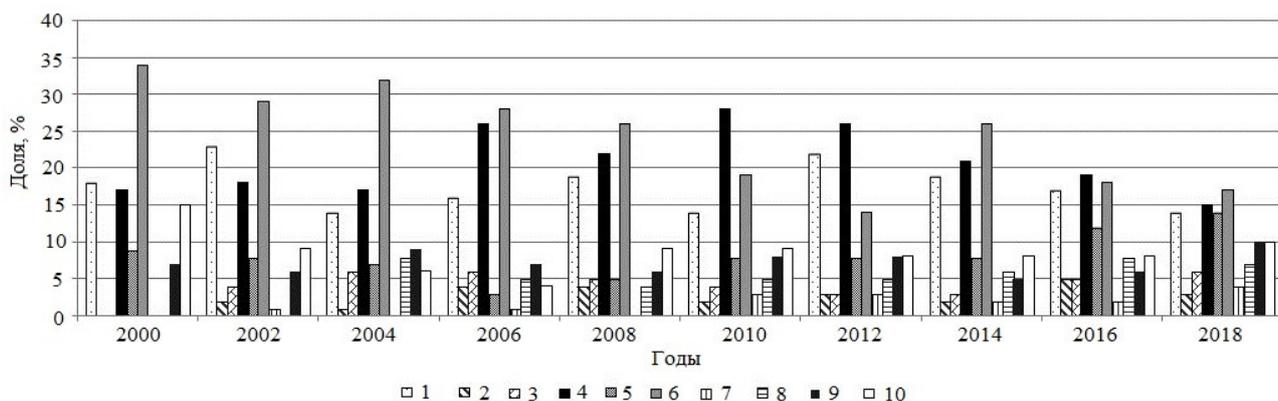


Рис. 1. Направления исследований морских млекопитающих в 2000–2018 гг. (Морские ..., 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2018а,б):

1 – анатомия и морфология; 2 – морские млекопитающие в лечебно-терапевтической и рекреационной деятельности; 3 – эпидемиология и паразитология; 4 – биология и экология; 5 – материалы и методы; 6 – фауна; 7 – правовые нормы; 8 – акустическая активность; 9 – влияние факторов окружающей среды

С 2014 по 2018 годы появилась тенденция к постепенному снижению количества работ в области анатомии и морфологии, аналогичная тенденция наблюдается в группах фаунистических исследований, биологии и экологии морских млекопитающих. В то же время труды по материалам и методам исследований и факторам окружающей среды

показывают постепенный рост в течение того же временного периода. Работы по акустической активности демонстрируют схожую тенденцию к росту с 2010 по 2018 гг. Некоторые, менее крупные, группы не имеют явно выраженных закономерностей, что видно по исследованиям роли морских млекопитающих в лечебно-терапевтической и рекреационной деятельности.

При осуществлении анализа по иной классификации, основанной на разделении по примененным методам исследования, установлено, что постепенно снижается частота применения методов учета с 2010 по 2018 гг., схожую тенденцию к снижению частоты использования показывает экспериментальный метод (рис. 2). В то же время методы измерения и моделирования показывают постепенный рост. Так в 2016 г. было проведено 9 работ по методам измерения и 10 работ по моделированию, а в 2018 г. уже 16 и 17 соответственно. Такой метод как наблюдение, оставаясь одним из наиболее востребованных, не демонстрирует закономерностей, которые позволяют однозначно предполагать его понижение или повышение за исследуемый период времени. Изменение в соотношении применяемых методов демонстрирует, что наибольшую часть составляют методы учета и наблюдения, соответственно в ходе выбранного отрезка времени они отличаются высокой частотой применения, уступая только с 2006 по 2010 гг., а также в 2018 г., экспериментальному методу. Метод измерения характеризуется наименьшей частотой использования, при этом максимальное количество работ отмечено в 2008 г. – 29 из 163.

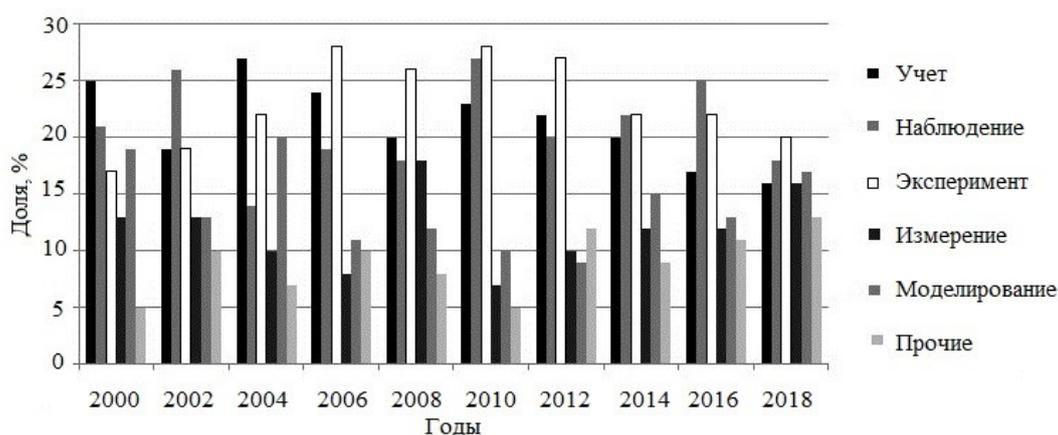


Рис. 2. Доля использования методов в изучении морских млекопитающих с 2000 по 2018 гг. (Морские ..., 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2018а,б)

Опираясь на результаты проведенного анализа групп и методов исследований, можно предположить следующее. Снижение количества исследований в изначально больших группах с одновременным повышением количества работ в группах меньшего размера соотносится также с постепенным изменением в частоте применения различных методов. Во временном диапазоне все больше работ проводятся в областях, которые ранее составляли лишь малую часть исследований. Вследствие расширения научного инструментария появляется больше трудов по материалам и методам исследования, предположительно благодаря обновлению применяемых методов. Растет число работ по изучению акустической активности. Результатом активного технического развития становится появление множества исследований, направленных на дистанционное (бесконтактное) изучение морских млекопитающих. Менее представленные группы исследований становятся доступнее для изучения, вследствие этого возрастает число трудов в малоизученных областях.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

## Литература

- Матишов Г.Г. Введение // Экспериментальные исследования морских млекопитающих в условия Кольского залива. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. С. 5–7.
- Морские млекопитающие Голарктики: Матер. Междунар. конф., Архангельск, 21–23 сентября 2000 г. Архангельск, 2000. 463 с.
- Морские млекопитающие Голарктики-2002: Тез. докл. II Междунар. конф., Байкал, 10–15 сентября 2002 г. М., 2002. 294 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. III Междунар. конф., Крым, 11–17 октября 2004 г. М., 2004. 609 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. IV Междунар. конф., Санкт-Петербург, 10–14 сентября 2006 г. СПб., 2006. 588 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. V Междунар. конф., Одесса, 14–18 октября 2008 г. Одесса, 2008. 628 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. VI Междунар. конф., Калининград, 11–15 октября 2010 г. Калининград, 2010. 654 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. VII Междунар. конф., Суздаль, 24–28 сентября 2012 г. М., 2012. Т. 1. 390 с.; Т. 2. 423 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. VIII Междунар. конф., Санкт-Петербург, 22–27 сентября 2014 г. М., 2015. Т. 1. 346 с.; Т. 2. 374 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Сб. науч. тр. по матер. IX Междунар. конф., Астрахань, 31 октября–05 ноября 2016 г. М., 2018а, Т. 1. 266 с.; Т. 2. 284 с.
- Морские млекопитающие Голарктики: Тез. X Междунар. конф., посвященной памяти А.В. Яблокова, Архангельск, 29 октября–02 ноября 2018 г. Архангельск, 2018б. 216 с.

### Сезонная динамика биологических показателей речной камбалы *Platichthys flesus* Linnaeus, 1758 в средней части Кольского залива в 2018 году

О.В. Бондарев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
bondarev@mmbi.info

## Введение

Одним из наиболее массовых видов рыб в Кольском заливе является речная камбала *Platichthys flesus* Linnaeus, 1758. Этот морской вид в Кольском заливе встречается повсеместно (Дерюгин, 1915; Карамушко и др., 1997). В некоторых районах ареала данный вид имеет достаточно важное экономическое значение, но в Кольском заливе промысел речной камбалы не ведется. Тем не менее, являясь элементом рыбной части сообществ Кольского залива, речная камбала может играть важную роль в формировании структуры и разнообразия литоральной и сублиторальной фауны и процессах трансформации вещества и энергии этих биотопов. Имеющиеся в литературе сведения по биологии речной камбалы в Кольском заливе относятся, как правило, только к рыбам южной его части (Дерюгин, 1915; Гудимов, Фролов, 1997; Карамушко и др., 1997; Юначева, 2002, 2003; Карамушко, Юначева, 2005; Линников, 2007; Карамушко и др., 2008; Бондарев, 2018). Поэтому целью нашей работы было изучение биологии речной камбалы в средней части Кольского залива и анализ сезонной изменчивости полученных количественных показателей.

## Материал и методы

Сбор первичного материала осуществлялся в мае, июле и октябре 2018 г. в средней части Кольского залива в районе между губами Кулонга и Белокаменная в период отлива в литоральной и sublиторальной зонах (табл. 1). Лов речной камбалы проводили с помощью 15-метровой мальковой волокуши (высота – 1.8 м, ячей дели в крыльях – 6 мм, в горловине – 5 мм, в куту – 4 мм) и сетей (длина – 10 м, высота – 1.8 м) с ячейей 30, 40 и 50 мм. Площадь одного облова волокушей составляла 750 м<sup>2</sup>. Сети с разной ячейей устанавливали перпендикулярно берегу на глубину от 1.8 м до 4 м в период максимального отлива на 24 ч. Собранный материал обрабатывали по стандартным ихтиологическим методикам (Правдин, 1966; Методическое ..., 1974; Инструкции ..., 2004). Расчет численности и биомассы проводили только по данным уловов активного орудия лова (волокуши), а биологический анализ выполнен для всех особей (104 экз.).

Таблица 1

Сроки проведения работ и объем материала в исследованиях 2018 г.

Показатель	Периоды исследований		
	17–18 мая	16–17 июля	9–10 октября
Количество волокуш, шт.	5	5	3
Количество сетей, шт.	6	6	6
Количество рыб в волокушах, экз.	12	49	1
Количество рыб в сетях, экз.	16	18	8
Всего рыб, экз.	28	67	9

## Результаты и обсуждение

**Размерно-возрастная структура.** На обследованной акватории в мае речная камбала представлена молодью 2+ (7 %) и взрослыми особями от 4+ до 11+ (рис. 1), где основную долю составляют половозрелые особи в возрасте от 4+ до 6+ (68 %). В июле также присутствует молодь в возрасте 2+ и 3+ – 10 %. Доля 5–7-летних возрастает до 81 %, что несколько отличается от данных для устья р. Лавна (Линников, 2007). Основная часть речной камбалы в июле 2005 и 2006 гг. представлена рыбами 7–10 лет (89 %), а наибольшее количество особей были в возрасте 8+ (45.8 %). В октябре возраст камбалы представлен группами 5+ (56 %) и 6+ (44 %), которые доминировали в течение всего летнего периода. В целом возрастной состав речной камбалы в средней части Кольского залива сопоставим с таковым рыб в его южной части (Карамушко, Юначева, 2005).

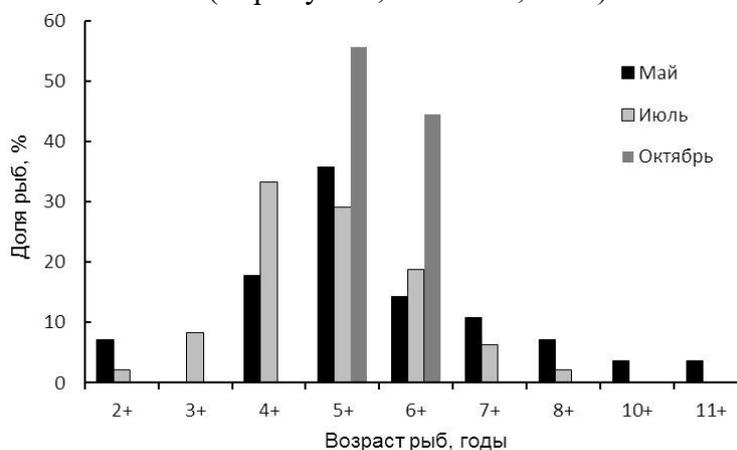


Рис. 1. Возрастная структура речной камбалы

Длина тела речной камбалы варьировала от 12.3 до 34.5 см при средней длине 25 см. Масса колебалась от 27 до 486.5 г, составляя в среднем 201 г. Рассматривая возрастные группы, можно отметить естественные закономерности: средняя длина тела рыб всех групп с мая по октябрь увеличивается (табл. 2); средние показатели массы 5–6-летних рыб с весны до лета уменьшаются (вероятнее всего, это связано с нерестом), с июля по октябрь – увеличивается (нагульный период).

Т а б л и ц а 2

**Размерно-возрастной состав рыб**

Возраст, лет	Средняя длина тела, см			Средняя масса тела, г		
	Май	Июль	Октябрь	Май	Июль	Октябрь
2+	12.3	20.5	–	27.0	113.3	–
3+	–	21.6±1.7	–	–	130.5±37.5	–
4+	21.8±1.4	23.5±1.8	–	129.6±62.1	150.1±35.6	–
5+	24.2±1.8	24.5±2.1	27.6±2.7	185.4±53.6	174.9±44.7	255.5±71.6
6+	27.5±2.2	26.9±1.3	28.8±1.2	260.6±139.5	219.6±37.0	314.7±29.5
7+	27.3±0.6	31.5±2.8	–	285.3±57.6	381.6±122.2	–
8+	29.8±1.8	28.3	–	297.5±26.8	215.5	–
10+	33.0	–	–	431.2	–	–
11+	34.5	–	–	486.5	–	–

**Размножение.** Рост самок и самцов баренцевоморской камбалы не одинаков, самцы до двухлетнего возраста растут быстрее самок (Николаев, 1949). По литературным данным, в южной части Кольского залива в весенне-летний период самок больше, чем самцов, их соотношение составляет 1.2–1.3 к 1 (Карамушко, Юначева, 2005).

На исследуемом участке весной самок речной камбалы было больше (64 %), чем самцов (36 %) (рис. 2). Численность самцов летом растет, и к осени в популяции остаются лишь одни самцы. Данные, полученные в 2002–2003 гг. для южной части залива, показывают иное соотношение полов (Юначева, 2003; Карамушко, Юначева, 2005).

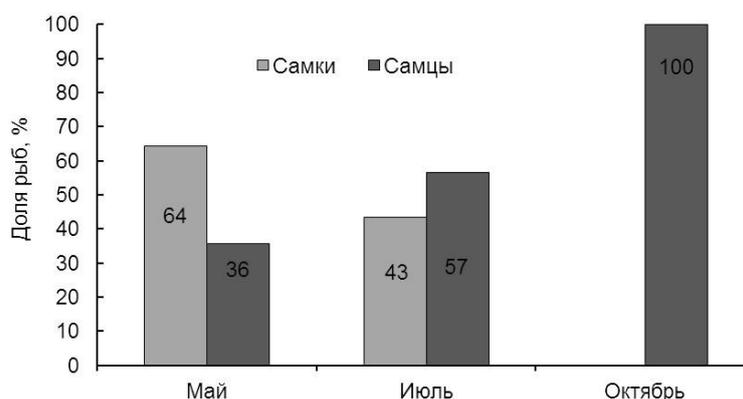


Рис. 2. Половая структура речной камбалы в 2018 г.

В мае в уловах 50 % самок и самцов были представлены особями с созревшими половыми продуктами на IV стадии зрелости (табл. 3). Среди самцов также встречались особи с семенниками на стадии зрелости VI–II (50 %). По данным О.Ю. Юначевой (2003), в мае 2002 г. большая часть самцов речной камбалы находилась на II стадии зрелости (71.4 %), количество особей, находящихся на III и IV стадиях зрелости, не превышало в сумме 14.3 %, а доля самок, готовых к нересту, составляла 33 %.

## Относительная численность самцов и самок на разных стадиях зрелости, %

Стадии зрелости	Самцы			Самки		
	Май	Июль	Октябрь	Май	Июль	Октябрь
II	–	20	–	27.8	13	–
III	–	27	75	–	22	–
IV	50	3	–	50.0	–	–
V	–	3	–	–	–	–
VI–II	50	47	25	5.6	65	–
VI–III	–	–	–	16.7	–	–

Летом возрастает доля отнерестившихся особей: самки – до 47 %, самцы – до 60 % (табл. 3). Количество впервые созревающих (на стадии зрелости II) самцов и самок не превышало 20 %, а на стадии зрелости III – 22–27 %. В июле 2002 г. доля отнерестившихся самок также составляла половину, а другая часть была представлена особями на IV и V стадиях зрелости, отнерестившиеся самцы отсутствовали (Юначева, 2003).

В октябре на обследованном участке отмечены только самцы, две особи из которых находились на стадии зрелости VI–II, а шесть – на стадии зрелости III (табл. 3).

**Питание** речной камбалы, которая является бентофагом, изучено достаточно хорошо (Карпевич, Бокова, 1936, 1937; Булычева, 1948; Шатуновский, Честнова, 1970; Гудимов, Фролов, 1997; Юначева, 2002, 2003; Карамушко, Юначева, 2005; Линников, 2007; Бондарев, 2018).

На протяжении всего периода исследований наполнение желудков пищей у речной камбалы варьировало от 0 до 4 баллов. Интенсивность питания весной была не высокой (средний балл – 1.9) и к лету снижалась до 1.2 балла, а осенью – до 1. Питание камбалы в южной части залива было интенсивнее, средний балл наполнения желудка варьировал от 1.9 до 3.2 (Карамушко, Юначева, 2005; Линников, 2007).

Количество питавшихся особей весной в целом составило 89.6 %. Спектр питания был представлен полихетами (частота встречаемости 84.6 %) и моллюсками и амфиподами с частотой встречаемости по 15.4 % соответственно. Данные группы организмов также были отмечены в питании молоди речной камбалы в апреле 2010 г. в районе устья р. Лавна, где частота встречаемости полихет составила 75 %, амфипод и моллюсков – по 25 % соответственно (Бондарев, 2018).

В летний период доля питавшихся рыб снизилась до 62.8 %. В уловах также присутствовало значительное количество особей, желудок которых был слабо наполнен слизью, а в кишечнике отмечались сильно переваренные разные объекты (25.9 %). В июле речная камбала продолжала питаться преимущественно полихетами (частота встречаемости 59.3 %). Следует отметить, что питание речной камбалы в средней части залива в июле 2018 г. существенно отличается от данных для рыб из южной части в июле 2005 и 2006 гг., где амфиподы составляли 73 %, а полихеты 46 % (Линников, 2007).

В октябре у половины отловленных особей пища отсутствовала, а в желудках питавшихся рыб обнаружено незначительное количество полихет.

Анализируя материалы, полученные в 2018 г. и литературные данные по питанию речной камбалы, можно сделать вывод о том, что соотношение кормовых организмов зависит от сезона года, возраста и размера рыб, а также от абиотических факторов среды. Например, в пище камбал в 1940 г. в губах Восточного Мурмана отсутствовали моллюски, тогда как в 1939 г. они составляли основу питания. Это объясняется суровой зимой, в результате которой моллюски на литорали погибли (Булычева, 1948).

**Плотность распределения.** В южной части Кольского залива в весенний период плотность распределения речной камбалы может варьировать от 4 до 17 экз/га (Карамушко, Юначева, 2005; Линников, 2007; Бондарев, 2018), в летний период – в среднем 10–21.6 экз/га, при этом биомасса рыб – 2.5–19.5 кг/га; средние значения в разные годы изменялись незначительно, составляя 2–3 кг/га (Карамушко, Юначева, 2005; Линников, 2007).

В весенний период 2018 г. средняя плотность рыб в районе исследований соответствовала 32 экз/га, а биомасса – 8.5 кг/га (табл. 4), а в апреле 2010 г. плотность камбалы в устье р. Лавна составляла 17 экз/га, у пос. Мишуков – 4 экз/га, в районе Белокаменки – 5 экз/га (Бондарев, 2018).

Т а б л и ц а 4

#### Количественные характеристики распределения речной камбалы в 2018 г.

Показатель	Май	Июль	Октябрь
Средняя численность, экз/га	32.0	130.0	4.0
Средняя биомасса, кг/га	8.5	23.5	1.6
Средний сетной улов, экз/сут. на сеть	2.6	3.0	1.3
Масса рыб в сетном улове, кг	2.7	2.9	2.2
Общая масса рыб, кг	5.9	10.2	2.5

Численность камбалы растет с мая по июль и в октябре снижается, максимальное значение биомассы также зарегистрировано в июле – 23.5 кг/га (табл. 4). Это связано с пиком размножения данного вида. Максимальное значение плотности речной камбалы – 130 экз/га – отмечено в июле, что в 6 раз больше, чем в районе р. Лавна (21.6 экз/га) в летний период 2006 г. (Линников, 2007). В работе Р.А. Линникова (2006) плотность рыб была получена с учетом коэффициента уловистости, равного 0.6. Для сравнения с нашими данными был проведен пересчет без его учета. Значение биомассы в июле 2006 г. варьировало от 2.46 до 19.5 кг/га (Линников, 2007). В 2002–2003 годах биомасса этого вида в южной части Кольского залива составляла 2.0–3.0 кг/га (Карамушко, Юначева, 2005), что значительно меньше в сравнении с современными данными.

Столь высокие количественные показатели речной камбалы весной и летом 2018 г. можно объяснить аномально теплыми водами в прибрежной зоне. Для сравнения заметим, что 2002 относится к теплым годам, 2003 – нормальным, 2006 и 2010 – аномально теплым (Состояние ..., 2003, 2004, 2007, 2011, 2018). Лишь данные по биомассе и численности речной камбалы в июле 2006 г. близки к показателям 2018 г. Речная камбала предпочитает песчаные грунты (Андрияшев, 1954). Рельеф дна и грунты южной части залива отличаются от средней. В южной части преобладают илисто-песчаные грунты на небольших глубинах (0–6 м) в сублиторальной зоне с уклоном дна 45 град. В средней части уклон дна сублиторальной зоны до 25 град. (с отвалом 45–50 град.), появляется валунный материал (средние валуны) на отсыпке пирса, где доля алевроитового песка не превышает 5 % (Митяев, 1997; Зуев, 2009). Однако численность камбалы в средней части Кольского залива в эстуарных зонах остается значительной.

#### Выводы

Возрастная структура речной камбалы в 2018 г. представлена преимущественно 5–7-летними особями. Средняя длина рыб всех возрастных групп с мая по октябрь увеличивается, средние показатели массы 5–6-летних рыб с весны до лета уменьшаются, с июля по октябрь увеличиваются.

Весной доля самок выше, чем самцов, летом возрастает доля самцов и уменьшается количество самок, осенью остаются лишь одни самцы. В мае 50 % самцов и самок отмечено с гонадами на IV стадии зрелости, а другая половина уже отнерестилась. В июле и октябре продолжают попадаться в уловах самки и самцы с созревающими гонадами.

Интенсивность питания речной камбалы в течение летнего периода снижается, основным ее кормовым объектом являются полихеты – 59.3–84.6 %, второстепенное значение имеют амфиподы и моллюски.

Показатели численности и биомассы речной камбалы в весенний период не соответствуют литературным данным, согласно которым пик размножения наблюдается в мае, наибольшие значения количественных показателей в июле, к осени происходит их снижение.

Автор выражает искреннюю благодарность Л.И. Карамушко и О.Ю. Кудрявцевой за важные замечания при подготовке рукописи, а также благодарит сотрудников ММБИ КНЦ РАН Е.В. Смирнову, С.А. Чаус и А.А. Фролова за помощь при сборе и обработке материала.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

Бондарев О.В. Ихтиофауна литоральной и верхней сублиторальной зоны Кольского залива в апреле 2010 года // Исследование арктических экосистем: Матер. XXXVI конф. молодых ученых ММБИ КНЦ РАН, посвященной 40-летию научно-исследовательского судна “Дальние Зеленцы”. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2018. С. 22–28.

Булычева А.П. Материалы по питанию камбаловых рыб Восточного Мурмана // Тр. Мурман. биол. ст. АН СССР. 1948. Т. 1. С. 261–275.

Гудимов А.В., Фролов А.А. Литоральные донные сообщества эстуарии р. Тулома и кута залива // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. С. 122–133.

Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива и условия ее существования. // Зап. Импер. Акад. наук. 1915. Т. 34, сер. 8. 929 с.

Зуев Ю.А. Подводные ландшафты верхней сублиторали // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М.: Наука, 2009. С. 134–135.

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях европейского Севера и Северной Атлантики. 2-е изд. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 300 с.

Карамушко О.В., Юначева О.Ю. Речная камбала прибрежных вод Мурмана // Рыбное хозяйство. 2005. № 6. С. 57–59.

Карамушко О.В., Берестовский Е.Г., Карамушко Л.И. Ихтиофауна // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. С. 144–155.

Карамушко О.В., Берестовский Е.Г., Карамушко Л.И. Ихтиофауна залива // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М.: Наука, 2008. С. 249–264.

Карпевич А.Ф., Бокова Е.Н. Темпы переваривания у морских рыб. Ч. I // Зоол. журн. 1936. Т. 15, вып. 1. С. 143–168.

Карпевич А.Ф., Бокова Е.Н. Темпы переваривания у морских рыб. Ч. II // Зоол. журн. 1937. Т. 16, вып. 1. С. 728–744.

Линников Р.А. Некоторые данные по ихтиофауне верхней сублиторали Кольского залива в летний период // Материалы XXV юбилейной конференции молодых ученых ММБИ (май 2007). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2007. С. 122–128.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.

Митяев М.В. Геологическая среда и особенности ее строения // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. С. 28–36.

Николаев А.П. Материалы по биологии речной камбалы Куз-губы Белого моря // Изв. Карело-Фин. филиала АН СССР. 1949. № 4. С. 43–51.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-сть, 1966. 376 с.

*Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2003 г. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2003. 91 с.

*Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики на 2004 г. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2004. 94 с.

*Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики на 2007 г. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2007. 102 с.

*Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2011 г. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2011. 119 с.

*Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2018 г. / Отв. ред. Е.А. Шамрай. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2018. 128 с.

*Шатуновский М.И., Честнова Л.Г.* Некоторые особенности биологии речной камбалы Кандалакшского залива Белого моря // Биология Белого моря. Т. 3. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1970. С. 166–188.

*Юначева О.Ю.* Некоторые данные по биологии речной камбалы // Материалы XX юбилейной конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (Мурманск, апрель 2002 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2002. С. 187–190.

*Юначева О.Ю.* Результаты исследований биологии речной камбалы в Кольском заливе в 2002 году // Материалы XXI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (Мурманск, апрель 2003 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2003. С. 183–187.

## **Трехмерное положение водных масс Баренцева моря весной 2018 года**

**А.С. Булавина**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
bulavina@mmbi.info

Наиболее развернутое определение водной массы дано А.Д. Добровольским (1961): “Водная масса – это некоторый, сравнительно большой, объем воды, формирующийся в определенном районе океана – очаге, источнике этой массы, обладающий в течение длительного времени почти непрерывным распределением физических, химических и биологических характеристик, составляющих единый комплекс и распространяющихся как единое целое” (с. 12).

Важно отметить существующую неопределенность в терминологии между “типом вод” и “водной массой”. Среди исследователей, занимающихся анализом структуры вод Мирового океана, нет единства в интерпретации этих понятий. Зачастую эти термины трактуются одинаково, убирая тем самым главный смысл выделения водных масс – понимание происхождения и путей преобразования выделенных объемов воды. В рамках настоящей работы разграничим эти понятия, чтобы пути происхождения и трансформации водных масс были понятны читателю из их названий. Данные определения не являются единственно возможными, однако позволяют более точно обозначить нашу позицию по этому вопросу.

Под типом вод следует понимать классификационную единицу, разновидность водной массы, указывающую на определенный район (атлантическая, тихоокеанская, баренцевоморская и др.) или условия ее формирования (прибрежная, шельфовая, полярная – арктическая или антарктическая). Тип вод указывает на начальные характеристики водной массы и пути ее последующей трансформации. Водная масса – это конкретный объем воды, определенным образом расположенный в пространстве и имеющий вертикальные и горизонтальные границы. Именно на положение водной массы в пространстве часто указывают исследователи, давая ей название – поверхностная, промежуточная, глубинная,

донная. Однако, указание типа вод в данном случае, как правило, отсутствует. В лучшем случае происхождение выделенной водной массы обозначено в тексте при ее подробном описании. Зачастую даются лишь средние характеристики температуры и солености водной массы, по которым можно предположить ее происхождение, или же описание вовсе отсутствует. В настоящей статье все названия водных масс будут даны с учетом типа вод.

Выделение водных масс океана и определение точных границ между ними в конкретный период времени – сложная, трудоемкая и не очень часто ставящаяся в океанологических исследованиях задача. Вместе с тем, знание расположения водных масс в районе исследований, а, следовательно, знание происхождения и путей преобразования вод, является важной информацией для интерпретации результатов морских биологических исследований. Обычно в таких исследованиях руководствуются не текущим, а средним положением горизонтальных границ водных масс, а вертикальную структуру водной толщи не учитывают вовсе. Это может приводить к ошибкам при интерпретации результатов.

Цель данного исследования – определение трехмерного положения водных масс Баренцева моря весной 2018 г. по результатам экспедиции НИС “Дальние Зеленцы”. Исследование носит прикладной характер, а полученные данные о расположении водных масс в конкретный момент времени могут быть полезны при интерпретации результатов параллельных биологических исследований в рамках указанной экспедиции.

Исследования проводились с 20 апреля по 25 мая 2018 г. За этот период были выполнены измерения на разрезе “Кольский меридиан”, в северо-западной и северо-восточной частях Баренцева моря, а также в районе ледовой кромки (рис. 1). Для измерения океанографических параметров использовался STD-зонд SBE 19 plus.

Все станции входили в состав семи гидрологических разрезов: “Кольский меридиан”, I–IV – на стыке Шпицбергенской банки и Западного желоба, V – в северной части меридиана 50° в. д., VI – в районе возвышенности Персея, зона ледовой кромки.

Данных гидрологических наблюдений в Баренцевом море для акваторий, расположенных севернее 75° с. ш. крайне мало, так как эти районы являются труднодоступными и большую часть года покрыты льдом. С 1983 года для Баренцева моря характерны крупные отрицательные аномалии ледовитости (Жичкин, 2015). В 2018 году также наблюдались отрицательные аномалии ледовитости. В период исследований ледовая кромка располагалась гораздо севернее ее среднемноголетнего положения в этот период года, что и позволило выполнить измерения.

Для получения трехмерной картины распределения водных масс необходимо решить две отдельные научные задачи – определить вертикальные и горизонтальные (географические) границы их распространения. В данной работе для идентификации водных масс был использован TS-анализ и ряд основанных на нем методов (Тимофеев, Панов, 1962; Мамаев, 1987).

Для всех станций были построены TS-кривые. При использовании правил геометрии TS-кривых В.Б. Штокмана (1943) были определены вертикальные границы водных масс. Выполненные для последовательных станций на океанографическом разрезе TS-кривые позволяют в некоторой степени судить и о горизонтальной трансформации водных масс. Однако, чтобы установить горизонтальные границы между двумя водными массами необходимо определить 50 %-е содержание каждой из них в смеси. Для этого необходимо было сначала установить экстремальные значения температуры и солености различных типов вод Баренцева моря. На основании базы данных имеющихся материалов наблюдений для Баренцева моря (Атлас ..., 2014) в качестве средних из экстремальных значений температуры и солености в весенний период для всей акватории моря были приняты следующие (таблица). Эти показатели были приняты за 100 %-е содержание данного типа вод.



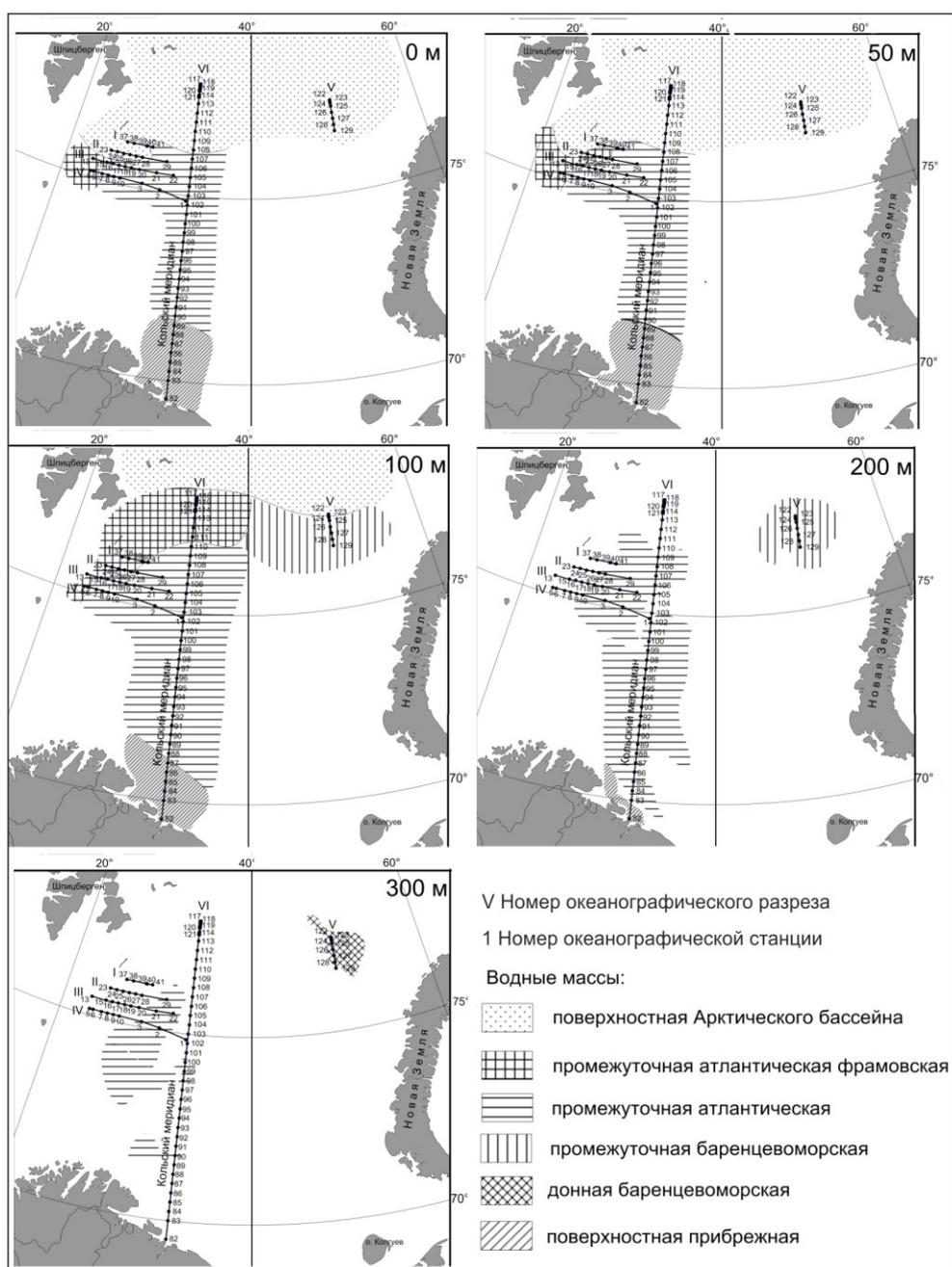


Рис. 2. Расположение водных масс Баренцева моря на разных горизонтах в районе исследований в апреле–мае 2018 г.

Полигон исследований в западной части Баренцева моря (разрезы I–IV) находился в зоне контакта атлантических и арктических вод фрамовской ветви. Причем, атлантические воды приурочены к Западному желобу, а фрамовские – к Шпицбергенской банке. Атлантические воды фрамовской ветви – это воды, захваченные Западно-Шпицбергенским течением, втекающие в Арктический бассейн через пролив Фрама и поступающие в Баренцево море с севера через желоба Виктории и Франца-Виктории (Махотин, Иванов, 2016). Проходя к северу от Шпицбергена, они остывают значительно интенсивнее, чем атлантические воды, втекающие в Баренцево море между о. Медвежий и Скандинавским полуостровом. Фрамовские атлантические воды сохраняют высокую соленость, однако

температура их значительно ниже, чем у вод южной ветви. Причем, для собственно атлантических вод характерна прямая температурная стратификация, для фрамовских – обратная. На разрезах I и II поверхностный слой представлен водной массой Арктического бассейна, отличающейся возрастающей с глубиной соленостью и температурой, близкой к температуре замерзания при данной солености. В период исследований поверхностная вода Арктического бассейна не достигала широты разрезов III и IV, и водная толща на станциях этих разрезов имела преимущественно однослойное строение. На станциях 1–3, 10, 19–22 на глубине от 0 до 50 м (реже до 100 м) располагался квазиоднородный по температуре и солености поверхностный слой воды, свидетельствующий об интенсивном конвективном перемешивании.

Разрез V расположен в зоне взаимодействия баренцевоморских вод с холодными уплотненными шельфовыми водами, образующимися в зимний период у архипелага Новая Земля. Этим обусловлено присутствие здесь на глубине свыше 200 м донных вод, плотность которых достигает экстремальных для Баренцева моря значений в  $1.029 \text{ г/см}^3$ . Над донными водами залегает слой собственно баренцевоморских вод и поверхностных вод Арктического бассейна.

Для вод разреза “Кольский меридиан” было характерно наличие двух модификаций поверхностных вод – поверхностной прибрежной на юге и поверхностной Арктического бассейна на севере. Прибрежная поверхностная вода связана главным образом с речным стоком и имела значительно более высокие температуры, чем поверхностная вода Арктического бассейна, опресняемая исключительно таянием льдов. В центральной части Кольского разреза водная толща от поверхности до дна была занята водами атлантического происхождения. На станциях 103, 104, 105 на глубине 0–50 м отчетливо выражен поверхностный квазиоднородный слой. В северной части разреза на станциях 111–114 под поверхностными водами Арктического бассейна располагались атлантические воды фрамовской ветви. На дополнительном разрезе VI, выполненном в районе ледовой кромки, водная толща имела двухслойное строение. До глубины 100 м располагалась поверхностная водная масса Арктического бассейна, глубже – атлантическая фрамовская водная масса.

По результатам работы были построены схемы глубинного распределения водных масс на разрезах, а также при использовании ГИС MapViewer – карты распределения водных масс на станциях в плоскостях стандартных глубинных горизонтов: 0, 50, 100, 200, 300 м (рис. 2).

Таким образом, была воссоздана картина трехмерного расположения водных масс в районе исследований, проводимых на НИС “Дальние Зеленцы” весной 2018 г.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

## Литература

- Атлас* климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013) / Г.Г. Матишов, С.В. Бердников, А.П. Жичкин и др. Ростов н/Д.: Изд. ЮНЦ РАН, 2014. 256 с.
- Добровольский А.Д. Об определении водных масс // *Океанология*. 1961. Т. 1, № 1. С. 12–24.
- Жичкин А.П. Особенности межгодовых и сезонных колебаний аномалий ледовитости Баренцева моря // *Метеорология и гидрология*. 2015. № 5. С. 52–62.
- Мамаев О.И. Термохалинный анализ вод Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 296 с.
- Махотин М.С., Иванов В.В. Распространение атлантических водных масс в Баренцевом море по данным наблюдений и численного моделирования // *Тр. Гидрометеорол. науч.-исслед. центра Российской Федерации*. 2016. № 361. С. 169–191.
- Тимофеев В.Т., Панов В.В. Косвенные методы выделения и анализа водных масс. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 351 с.
- Штокман В.Б. Основы теории TS-кривых как метода изучения перемешивания и трансформации водных масс моря // *Проблемы Арктики*. 1943. № 1. С. 32–71.

## Современное радиоактивное состояние наземных прибрежных экосистем Мурманской области

Д.А. Валуйская

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
valuyskaya@mmbi.info

Атмосферные ядерные испытания, проведенные в 1950–1960 гг., и авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. оказали существенное влияние на распределение искусственных радионуклидов на территории Мурманской области (Техногенные ..., 2005). Наличие в регионе действующих предприятий, таких как судоремонтный завод “Нерпа”, с 1992 г. специализирующийся на утилизации выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок Военно-морского флота, также увеличивает потенциальную опасность радиационного загрязнения в регионе.

Искусственные радионуклиды представляют опасность для человека, которая обусловлена как внешним облучением от радиоактивных веществ, рассеянных в почвенно-растительном покрове, так и их миграцией по трофическим цепочкам, ведущей к аккумуляции радионуклидов в тканях живых организмов и формированию источников внутреннего облучения (Показатели ..., 2008). В связи с этим возникает необходимость изучения радиационного состояния почв и лишайников – одних из главных индикаторов радиоактивного загрязнения (Оценка ..., 2012), а также грибов и ягод, активно потребляемых местным населением в пищу.

Цель работы – оценить современный уровень накопления техногенных радионуклидов почвой и некоторыми видами биоты в Мурманской области.

В августе–сентябре 2017 г. на исследуемой территории осуществлен сбор 59 проб на 9 площадках (таблица), наиболее посещаемых местным населением при сборе дикорастущих ягод и грибов. Все районы имеют картографическую привязку к местности, а полученные данные могут быть использованы при создании ГИС-карт.

Отобранные пробы были проанализированы на содержание долгоживущего искусственного радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , способного накапливаться в тканях живых организмах за счет замещения калия. Для измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в пробах применялся гамма-спектрометр фирмы CANBERRA со сверхчистым германиевым детектором. Обработку гамма-спектров проводили с помощью программного обеспечения Canberra Genie-2000. Погрешность измерений не превышала 30 %. Удельная активность всех видов проб приведена на сухую массу.

Почва является главным источником поступления радионуклидов в грибы и растения. Основная часть  $^{137}\text{Cs}$  сосредоточена в органогенном горизонте, где происходит сорбция радиоактивного цезия гумусовым веществом (Кузьменкова, 2009).

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве Мурманской области незначительное и составляет от 1 до 39 Бк/кг. Разброс данных по определениям удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве объясняется значительной пространственной неоднородностью реального загрязнения, т. е. большой мозаичностью выпадений. Максимальная удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  отмечена в районе пос. Каневка и г. Мончегорска, минимальная – в районе г. Кандалакша (рис. 1). Анализ данных, полученных в результате исследований поверхностного слоя почв (0–5 см) Мурманской области, отобранных в 2011–2017 гг. (рис. 2), показал снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с данными прошлых лет, что, возможно, связано с вертикальной миграцией радионуклида в более глубокие слои.

**Объем выполненных работ**

Площадка	Район	Объект исследования
1	Г. Снежногорск	Почва, слой 0–5 см Грибы: подосиновик желто-бурый ( <i>Leccinum versipelle</i> ) сыроежка болотная ( <i>Russula paludosa</i> ) подберезовик обыкновенный ( <i>Leccinum scabrum</i> ) горькушка ( <i>Lactarius torminosus</i> ) Ягоды: водяника ( <i>Empetrum nigrum</i> ) Ягодные кустарники: брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) морозка ( <i>Rubus chamaemorus</i> ) водяника ( <i>Empetrum nigrum</i> ) черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) Лишайники: кладония звездчатая ( <i>Cladina stellaris</i> ) цетрария исландская ( <i>Cetraria islandica</i> )
2	Пос. Тулома	Грибы: сыроежка болотная ( <i>Russula paludosa</i> ) волнушка розовая ( <i>Lactarius torminosus</i> ) подберезовик обыкновенный ( <i>Leccinum scabrum</i> ) Ягоды: водяника ( <i>Empetrum nigrum</i> ) черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) Ягодные кустарники: морошка ( <i>Rubus chamaemorus</i> )
3	Пос. Ура-Губа	Почва, слой 0–5 см Ягодные кустарники: брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) Лишайники: кладония звездчатая ( <i>Cladina stellaris</i> )
4	Г. Кандалакша	Грунт Ягоды: брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) Ягодные кустарники: брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )
5	Пос. Краснощелье	Грунт Ягоды: морошка ( <i>Rubus chamaemorus</i> ) Ягодные кустарники: морошка ( <i>Rubus chamaemorus</i> ) Лишайники: кладония звездчатая ( <i>Cladina stellaris</i> )
6	Пос. Каневка	Почва, слой 0–5 см Ягоды: черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) морозка ( <i>Rubus chamaemorus</i> ) Ягодные кустарники: брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) морозка ( <i>Rubus chamaemorus</i> )
7	Г. Апатиты	Почва, слой 0–5 см Ягоды: брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) Ягодные кустарники: водяника ( <i>Empetrum nigrum</i> ) брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) голубика ( <i>Vaccinium uliginosum</i> )
8	Пос. Печенга	Почва, слой 0–5 см Ягоды: голубика ( <i>Vaccinium uliginosum</i> ) водяника ( <i>Empetrum nigrum</i> ) дерен шведский ( <i>Cornus suecica</i> ) брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) Ягодные кустарники: черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) брусника ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> ) водяника ( <i>Empetrum nigrum</i> )

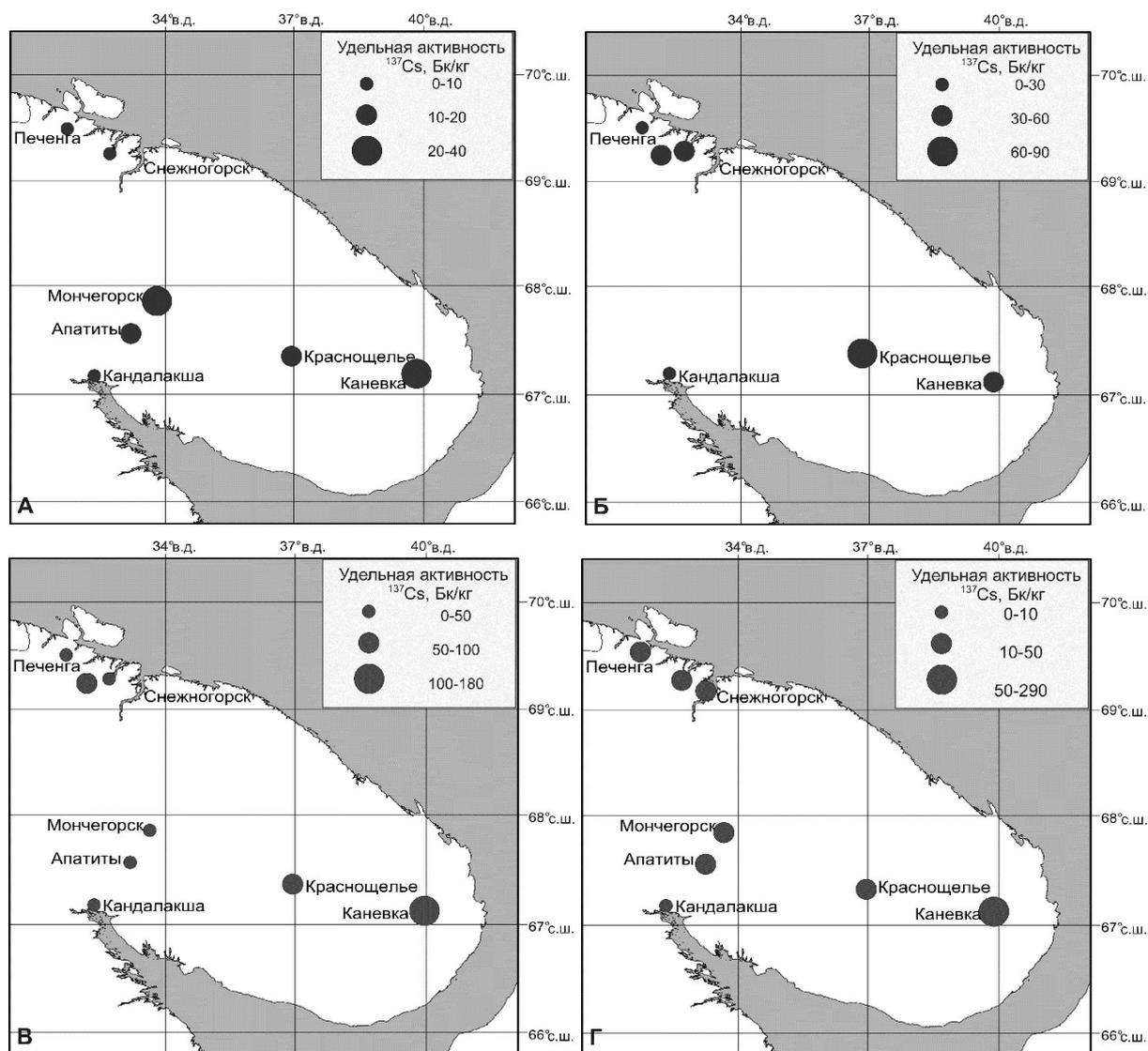


Рис. 1. Средние значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве (А), лишайниках (Б), ягодах (В) и ягодных кустарничках (Г) в 2017 г., Бк/кг сух. массы

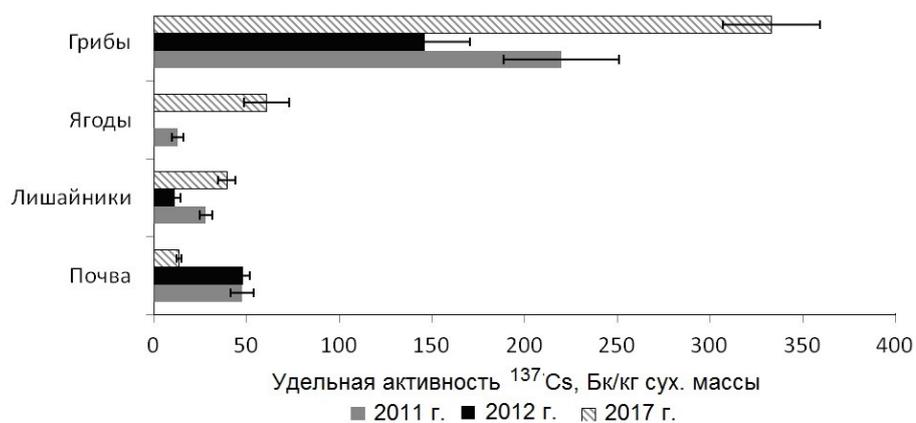


Рис. 2. Многолетняя динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве, лишайниках, ягодах, грибах Мурманской обл., Бк/кг сух. массы

Лишайники активно накапливают  $^{137}\text{Cs}$  верхней частью таллома вследствие атмосферных выпадений в составе осадков, пыли и аэрозолей (Кузьменкова, 2009). Концентрация поглощенного вещества может намного превышать их физиологические потребности, что позволяет по уровню содержания накопленных элементов судить о составе выпадений и степени загрязнения. По данным 2017 г., на территории Мурманской области средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в кладонии звездчатой составила  $39.5 \pm 4.6$  Бк/кг, в цетрарии исландской –  $18.9 \pm 3.9$  Бк/кг. Максимальные концентрации  $^{137}\text{Cs}$  отмечены в лишайниках, отобранных в районе пос. Краснощелье (87.3 Бк/кг), минимальные – в районе пос. Тулома (6.4 Бк/кг) (рис. 1). Анализ многолетней динамики показал незначительное увеличение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках по сравнению с показателями 2011 г. (рис. 2).

В ягодах удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  варьирует от 1.5 до 392 Бк/кг сух. массы. Средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  составляет 61 Бк/кг. Максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечено в морошке, которая произрастает в болотистых местностях с низким содержанием в почве калия, что способствует повышенному накоплению из почвы его химического аналога – цезия. Полученные результаты соответствуют литературным сведениям, что загрязненность морошки бывает на порядок выше, чем у большинства других ягод, отобранных в этом же районе (Gwynn et al., 2013). Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в ягодах не превышает установленный норматив (СанПиН 2.3.2.1078-01 ..., 2002) и не является потенциально опасным при потреблении данного вида в пищу населением. Минимальная концентрация  $^{137}\text{Cs}$  обнаружена в голубике (1.4 Бк/кг). Уровни  $^{137}\text{Cs}$  в ягодах, отобранных в окрестностях поселков Каневка и Краснощелье значительно выше, чем в ягодах других районов исследования (рис. 1).

Результаты изучения дикорастущих ягодных кустарников, отобранных в 2017 г. на обследованных участках, показали неоднородность распределения  $^{137}\text{Cs}$  в отдельных частях растений (рис. 3). Так, концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в ягодах черники почти в 2 раза выше, чем в листьях и стеблях. Это может быть обусловлено проводящей функцией ветвей и листьев в период активной вегетации.

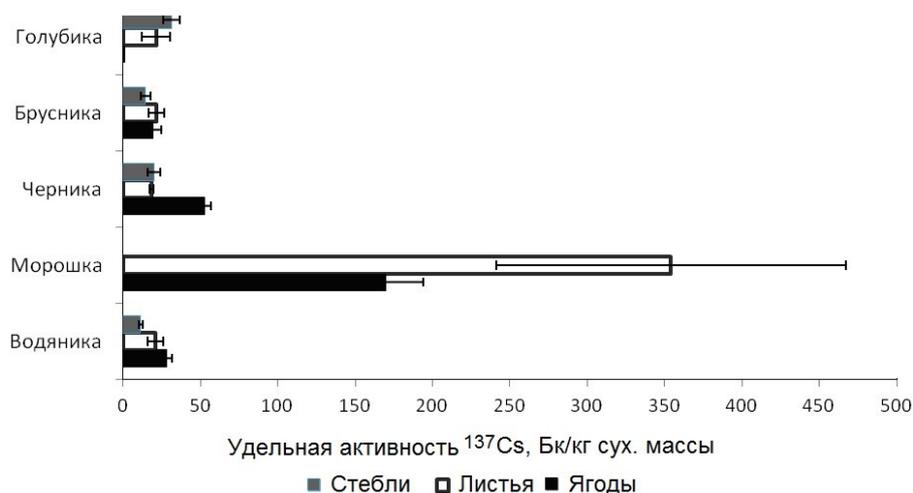


Рис. 3. Средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в различных частях ягодных кустарников в 2017 г.

Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в грибах в 2017 г. изменяется в зависимости от места произрастания и их видовой принадлежности. Основная часть полученных значений заключена в диапазоне от 25 до 895 Бк/кг, что выше, чем в других исследуемых объектах. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в грибах одного вида различается в 10 раз, что согласуется с результатами исследований других ученых (Зарубина, 2006; Лурье, Кубасова, 2016). Это связано с физиологическими особенностями роста мицелия.

В подберезовике обыкновенном были отмечено максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$ , низкая удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  наблюдалась в сыроежке болотной. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в грибах разных видов в пределах одного района отличается в несколько раз, что обусловлено микромасштабной неоднородностью почвенного покрова и загрязнения территории. Все полученные значения ниже допустимого уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$  в дикорастущих грибах, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01 (2002).

Таким образом, изучение многолетней динамики показало увеличение средней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках, ягодах и грибах по сравнению с показателями 2011–2012 гг., что может быть вызвано расширением области исследований. Из всех районов исследований в окрестностях пос. Каневка отмечены самые высокие значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  во всех биообъектах. В качестве возможных объяснений высоких значений в некоторых видах грибов и ягод можно предположить, что в поверхностном слое почвы существуют микроучастки с повышенным содержанием цезия. Также возможно действие других неучтенных нами факторов, что требует продолжения исследований по данной теме.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

Зарубина Н.Е. 20-летняя динамика содержания аварийных радионуклидов в грибах на территории 30-километровой зоны ЧАЭС и Киевской обл. // Twenty years after Chernobyl accident. Kyiv, 2006. P. 312–316.

Кузьменкова Н.В. Оценка радиационного состояния почв и лишайников северо-западного побережья Кольского залива // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 2. С. 32–36.

Лурье А.А., Кубасова М.С. Экологическая оценка накопления  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и некоторых биообъектах в лесах Архангельской области // Изв. Тимирязевской сельскохоз. акад. 2016. Вып. 1. С. 5–23.

Оценка эколого-геохимического состояния почв на северо-западе Кольского полуострова / В.И. Величкин, Н.В. Кузьменкова, Н.Е. Кошелева и др. // Геоэкология. 2012. № 1. С. 41–51.

Показатели специфической сорбционной способности почв и минеральных сорбентов в отношении  $^{137}\text{Cs}$  / С.В. Круглов, В.С. Анисимов, Л.Н. Анисимова, Р.М. Алексахин // Почвоведение. 2008. № 6. С. 693–703.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.07.2000 взамен СанПиН 2.3.2.560-96; дата введения 01.07.2002). М.: ЗАО “РИТ-Экспресс”, 2002. 208 с.

Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. М.: ИздАТ, 2005. 624 с.

Gwynn J.P., Leppänen A., Kasatkina N. The current status of levels of radiologically important radionuclides in the terrestrial environments across Troms and Finnmark (Norway), Lapland (Finland) and Murmansk Oblast (Russia). Troms: Norwegian Radiation Protection Authority, 2013. 49 p.

## Бактериопланктон Западного Шпицбергена в летний период

А.В. Ващенко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск,  
an\_nastasiay@mail.ru

### Введение

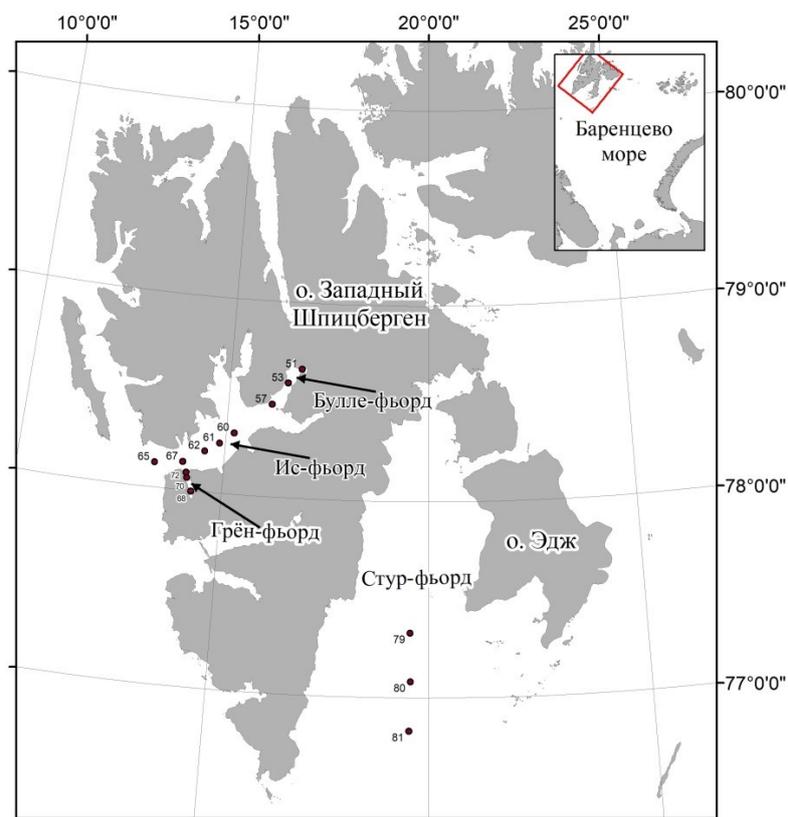
Фьорды архипелага Шпицберген являются уникальными арктическими высокоширотными акваториями. Они считаются ключевыми объектами мониторинга для изучения арктического биоразнообразия (The ecosystem ..., 2002). Однако с точки зрения микробиологии их воды остаются малоизученными.

Бактерии, являясь неотъемлемой частью планктонных сообществ морских экосистем, способствуют превращению частиц органического вещества в растворимые формы (РОВ) и детрит (Zdanowski, 1988) и последующему переносу РОВ на более высокие трофические уровни (The ecological ..., 1983). В процессе бактериальной минерализации органических веществ образуются соединения биогенных элементов, которые активно ассимилируются фитопланктоном (Экология ..., 1990; Vargas, Gonzáles, 2004). Одиночные бактерии являются основными пищевыми объектами для простейших, таких как гетеротрофные нанофлагелляты и инфузории (Fenchel, 1982; Sherr et al., 1989), агрегированные – могут выедаться многоклеточным зоопланктоном (Starkweather et al., 1979; Gude, 1988).

С целью расширения представлений о морских микробиоценозах архипелага нами были изучены количественные показатели бактерий и особенности их распределения в водах фьордов о. Западный Шпицберген в летний период.

### Материал и методы

Исследования проводились в июле 2017 г. в Ис-, Стур-, Грён- и Булле-фьордах архипелага Шпицберген в ходе рейса НИС “Дальние Зеленцы” на 14 станциях. Пробы отбирали на стандартных горизонтах (0, 10, 25, 50, 100 м, дно) с помощью батометра Нискина. Расположение станций во фьордах представлено на рисунке.



Расположение станций отбора проб морской воды

Общую численность бактерий определяли методом прямого счета. Для этого через ядерные фильтры (диаметр пор 0.2 мкм), предварительно окрашенные суданом черным, осуществляли фильтрацию проб воды с красителем DAPI (Porter, Freig, 1980). Подготовленный таким образом препарат просматривали под эпифлуоресцентным

микроскопом Olympus BX51 при ув. 1000. Для анализа изображения использовали программное обеспечение CellSensStandart. Определение размерно-морфологических групп и биомассы осуществляли путем пересчета линейных размеров клеток согласно методу, описанному В.А. Байтаз и О.Н. Байтаз (1995). Расчеты выполняли в Microsoft Excel.

### Результаты и обсуждение

Для каждого из рассмотренных фьордов были определены диапазоны значений общей численности и биомассы бактерий. Так для Ис-фьорда они составили  $130 \cdot 10^3$ – $1401 \cdot 10^3$  кл/мл,  $5.47$ – $55.15$  мг/м<sup>3</sup>; Грён-фьорда –  $153 \cdot 10^3$ – $532 \cdot 10^3$  кл/мл,  $5.47$ – $38.82$  мг/м<sup>3</sup>; Булле-фьорда –  $225 \cdot 10^3$ – $1587 \cdot 10^3$  кл/мл,  $12.21$ – $76.24$  мг/м<sup>3</sup> и Стур-фьорда –  $239 \cdot 10^3$ – $844 \cdot 10^3$  кл/мл,  $10.30$ – $35.20$  мг/м<sup>3</sup>. Более подробные данные о содержании количественных показателей бактериальных клеток представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Численность (N, тыс. кл/мл) и биомасса (B, мг/м<sup>3</sup>) бактериальных клеток в водах о. Западный Шпицберген в июле 2017 г.**

Район исследований	Параметр	Фотический слой (0–50 м)		Придонный слой	
		Мин.–макс.	Среднее	Мин.–макс.	Среднее
Ис-фьорд, станции 60, 61, 62, 67, 65	N	130–1401	472	165–569	288
	B	5.47–5.15	21.29	7.05–24.43	14.39
Грён-фьорд, станции 68, 70, 72	N	328–531	418	153–246	203
	B	14.47–38.82	20.99	6.14–11.73	8.83
Булле-фьорд, станции 51, 53, 57	N	420–1587	859	269–510	405
	B	26.39–76.24	43.19	17.92–31.14	24.02
Стур-фьорд, станции 79, 80, 81	N	239–844	403	291–348	319
	B	10.30–35.20	18.09	15.05–17.26	16.15

Из таблицы 1 следует, что максимальные показатели бактериопланктона зарегистрированы в водах Булле-фьорда, где обилие бактерий соответствовало данным, полученным здесь в 2008 г. (Капустина и др., 2018). В остальных фьордах численность и биомасса были ниже и примерно одинаковы.

Усредненные показатели численности бактериопланктона в придонном слое Ис-фьорда согласуются с данными более ранних исследований, выполненных в этом же районе (Венгер, 2011). При этом значения в фотическом слое в наших наблюдениях оказались ниже.

Количественные показатели бактериопланктона Грён-фьорда так же были ниже, чем ранее приводимые для летнего периода (Венгер, 2011; Капустина и др., 2018).

На большинстве станций района наблюдений максимальные численность и биомасса бактерий зарегистрированы в слое 0–10 м за исключением станций 60 и 81, где пик бактериопланктона был отмечен на глубине 25 м. Ко дну количественные показатели плавно снижались, что в целом закономерно и обусловлено уменьшением доли доступного органического вещества. Данное предположение подтверждается высоким содержанием хлорофилла *a* в верхней части фотического слоя (0–25 м) и резким снижением его концентрации ко дну (Водопьянова и др., 2018).

В Ис-фьорде отмечено увеличение численности и биомассы бактериальных клеток в сторону его кутовой части, в Грён- и Булле-фьорде – от внутренней к внешней границе акватории. В Стур-фьорде количественные показатели на всех станциях были сопоставимы. Характер горизонтального распределения бактериопланктона, отмеченный нами в Грён- и

Булле-фьорде, отличался от ранее описанного (Венгер, 2011; Капустина и др., 2018), где авторы отмечали увеличение численности бактерий по мере приближения к кутовой части заливов.

В ходе исследования нами было проанализировано соотношение размерно-морфологических групп бактерий во фьордах о. Западный Шпицберген (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Соотношение размерно-морфологических групп бактерий фьордов о. Западный Шпицберген в июле 2017 г., %**

Район	Мелкие одиночные (< 2 мкм)	Крупные палочки (≥ 2 мкм)	Агрегированные
Ис-фьорд	98.53	0.38	1.09
Грён-фьорд	99.33	0.28	0.39
Булле-фьорд	96.92	0.43	2.65
Стур-фьорд	99.38	0.26	0.36

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют, что основную массу бактериопланктона фьордов составляют мелкие одиночные клетки, наименьший вклад вносят крупные палочки и агрегированные бактерии. Аналогичные данные были получены для вод о. Западный Шпицберген и архипелага Земли Франца-Иосифа в августе 2009 г. (Венгер, 2011).

**Заключение**

Анализ численности и биомассы позволяет утверждать, что основная часть планктонных бактерий в фьордах Западного Шпицбергена в летний период была локализована в слое 0–25 м. Количественные показатели плавно снижались ко дну. Наблюдаемая закономерность в значительной мере определялась распределением РОВ, продуцируемого фитопланктоном в верхней части фотического слоя.

В бактериопланктоне всех фьордов отмечено преобладание мелких одиночных клеток размером < 2 мкм, доля которых составляла свыше 96 %.

По критерию обилия микробного сообщества (Заика, 2003), полученные нами результаты позволяют характеризовать воды Ис-, Грён- и Стур-фьорда в придонном слое как олиготрофные, в фотическом – как олиготрофно-мезотрофные. В Булле-фьорде вся водная толща относилась к мезотрофной категории. Ранее рядом авторов (Венгер, 2011; Капустина и др., 2018) воды Булле- и Ис-фьорда были отнесены к мезотрофным.

Автор признательна Т.И. Широколовой и П.С. Ващенко (ММБИ КНЦ РАН) за ценные советы и критические замечания, высказанные при подготовке данной работы.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

**Литература**

Байтаз В.А., Байтаз О.Н. Методы обработки проб в водной микробиологии. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995. 42 с.

Венгер М.П. Сообщества бактериопланктона в водах архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа // Материалы XXIX конференции молодых ученых ММБИ, посвященной 140-летию со дня рождения Г.А. Клоге «Морские исследования экосистем Европейской Арктики» (г. Мурманск, май 2011 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2011. С. 29–33.

Водопьянова В.В., Ващенко П.С., Калинка О.П. Концентрация хлорофилла в пелагиали прибрежья и фьордах архипелага Шпицберген в летний период // Комплексные исследования

природы Шпицбергена и прилегающего шельфа: Тез. докл. XIV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2018. С. 23–24.

Заика В.Е. О трофическом статусе пелагических экосистем в разных регионах Черного моря // Морской экол. журн. 2003. Т. II, № 1. С. 5–11.

Капустина Л.Л., Павлова О.А., Родионова Н.В. Планктонные сообщества двух фьордов о. Западный Шпицберген // Тр. Карел. науч. центра РАН. 2018. № 1. С. 51–66.

Экология и биологическая продуктивность Баренцева моря / Под ред. Г.Г. Матишова. М.: Наука, 1990. 119 с.

Fenchel T. Ecology of heterotrophic microflagellates. IV. Quantitative occurrence and importance as bacterial consumers // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1982. Vol. 9. P. 35–42.

Gude H. Direct and indirect influences of crustacean zooplankton on bacterioplankton of Lake Constance // Hydrobiologia. 1988. Vol. 159. P. 63–73.

Porter K.G., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // Limnol. Oceanogr. 1980. Vol. 25. P. 943–948.

Sherr B.F., Sherr E.B., Pedros-Alio C. Simultaneous measurement of bacterioplankton production and protozoan bacterivory in estuarine water // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1989. Vol. 54. P. 209–219.

Starkweather P.L., Gilbert J.J., Frost T.M. Bacterial feeding by the rotifer *Brachionus calyciflorus*: Clearance and ingestion rates, behavior and population dynamics // Oecologia. 1979. Vol. 44. P. 26–30.

The ecological role of water-column microbes in the sea / F. Azam, T. Fenchel, J.G. Field et al. // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1983. Vol. 10. P. 257–263.

The ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard / H. Hop, T. Pearson, E.H. Hegset et al. // Polar Res. 2002. Vol. 21. P. 167–208.

Vargas C.A., González H.E. Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. I. Bacteria, microprotozoans and phytoplankton in the diet of copepods and appendicularians // Aquat. Microb. Ecol. 2004. Vol. 34. P. 151–164.

Zdanowski M.K. Matter conversion in the course of krill (*Euphausia superba* Dana) decomposition in the Antarctic ecosystem. Part I // Polish Archive of Hydrobiology. 1988. Vol. 35. P. 65–96.

## Сезонные изменения количественных характеристик бактериопланктона губы Зеленецкая Баренцева моря

М.П. Венгер

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
venger@mmbi.info

С начала XXI века отмечено повышение температуры воды в морях Арктики (Gerland, Njåstad, 2004; Климатические ..., 2010). Последнее десятилетие Баренцево море стало теплее, чем когда-либо за 110 лет наблюдений (Voitsov et al., 2012), что предполагает изменения и в составе планктона. В этой связи, поскольку изучение бактериопланктона губы Зеленецкая проводилось в 1983–1984 и 1987–1989 гг. (Теплинская, 1990; Байтаз и др., 1996; Мишустина и др., 1997; Байтаз, 1998), необходимость в получении новой информации для оценки состояния планктонных бактериоценозов очевидна.

Цель данной работы – изучение особенностей сезонного распределения бактериопланктона в прибрежных водах Восточного Мурмана.

Материалом для исследований послужили пробы морской воды, отобранные в губе Зеленецкая с плавпричала (удаленность от берега 110 м, глубина – 14–15 м) в августе 2012 г. и в октябре–декабре 2017 г. Дополнительно в августе 2012 г. были выполнены наблюдения на трех станциях в акватории губы (рис. 1). Пробы для анализа отбирали пластиковым батометром Нискина, отбор был приурочен к фазе полной воды.

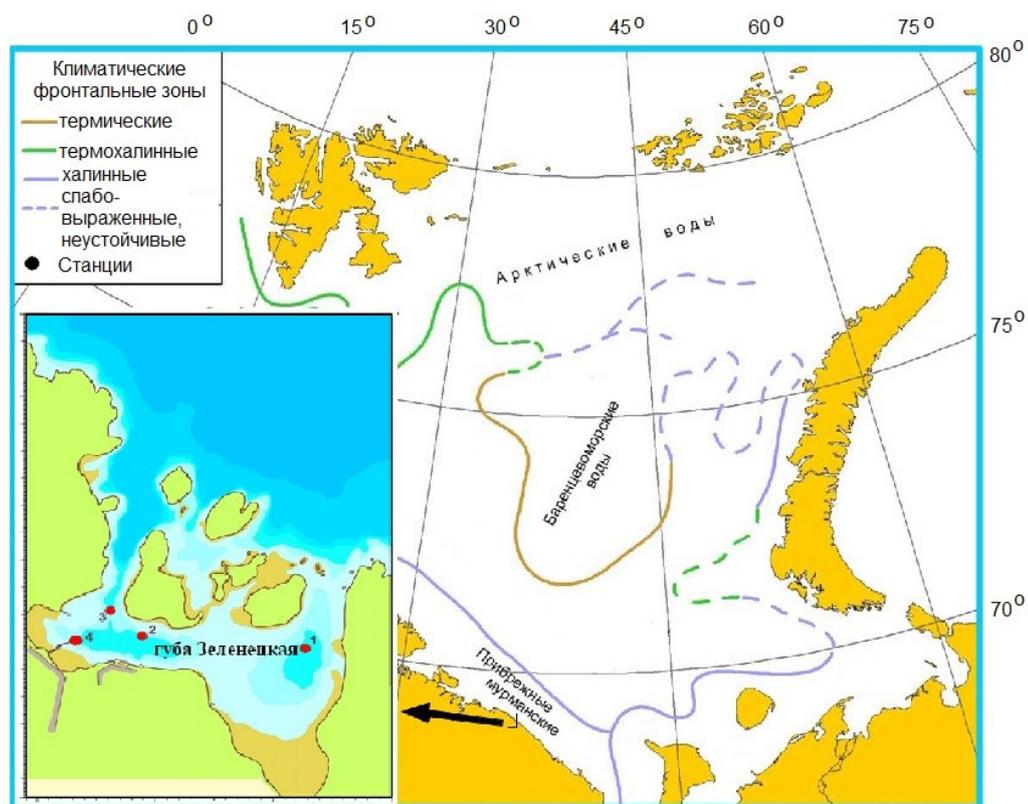


Рис. 1. Карта-схема расположения станций в губе Зеленецкая Баренцева моря

Качественный и количественный состав бактериопланктона определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии. В качестве красителя использовали DAPI (Porter, Feig, 1980). Бактерии на ядерных фильтрах (производство г. Дубна) с диаметром пор 0.2 мкм просчитывали под микроскопом “Olympus BX 51” при ув. 1000 в свете УФ-лучей. Биомассу бактерий рассчитывали путем умножения их общего количества на средний клеточный объем, который определяли на основании многократных измерений бактериальных клеток. Содержание органического углерода в сырой биомассе рассчитывали согласно уравнению, связывающему объем клетки и содержание в ней углерода (Norland, 1993).

Температуру воды измеряли глубинным термометром, соленость – с помощью солемера ГМ-65.

В августе 2012 г. в воде модифицированным методом Винклера (Руководство ..., 1993) определяли концентрацию растворенного кислорода, по таблицам (Таблицы ..., 1976) – процент насыщения и стандартным спектрофотометрическим методом (Вода ..., 2001) – хлорофилл *a*.

Губа Зеленецкая расположена в районе Восточного Мурмана и представляет собой участок морского водоема закрытого типа, защищенный от ветрового и волнового воздействия со стороны открытого моря (Гидрологический ..., 2016).

Мелководность губы (на большей части акватории преобладают глубины менее 7 м, в центральной – около 15–18 м) и интенсивное перемешивание способствуют быстрому прогреванию водной толщи. Тем не менее, в летнее время может наблюдаться плотностная стратификация, которая нарушается к середине августа, и весь слой, как правило, становится однородным по температуре и солености (Воронков и др., 1948; Комплексный ..., 1990). Август является самым теплым месяцем в гидрологическом режиме губы. Прогрев воды

заканчивается к сентябрю и начинается процесс ее осенне-зимнего выхолаживания до отрицательных температур. Установление типичного зимнего сезона в губе заканчивается в третьей декаде ноября (Гидрологический ..., 2016).

В ходе наших наблюдений водная масса губы Зеленецкая с августа по декабрь характеризовались вертикальной гомотермией. В летний период прогрев воды достигал 8.3–9.1 °С, осенью ее температура составляла 4.5–5.0 °С и уменьшалась до 2.2–4.0 °С зимой. Водная толща в исследуемые сезоны характеризовалась гомогальностью, с тенденцией к увеличению значений солености от 32.70–33.70 ‰ (лето) до 33.86–33.98 ‰ (осень) и 33.94–34.37 ‰ (зима) (рис. 2).

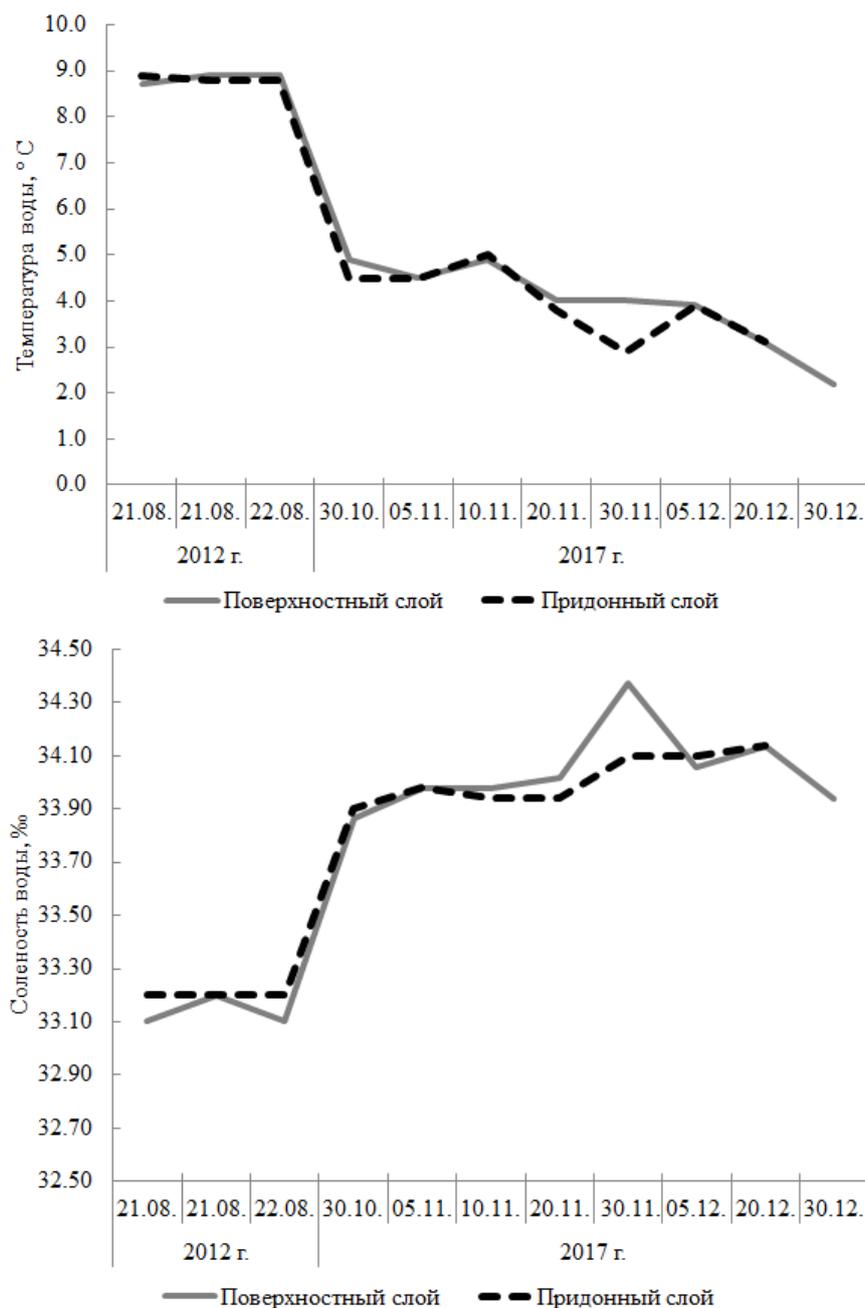


Рис. 2. Температура и соленость воды в губе Зеленецкая на ст. 4 (плавпричал)

Исследования, проводимые в августе, совпали с активной вегетацией автотрофного нанофитопланктона. Вода в губе имела устойчивую молочно-бирюзовую окраску, характерную для массового развития кокколитофорид (Суханова, Флинт, 1998). “Цветение” охватывало прилегающий участок открытого моря, а также акватории губ и бухт к востоку и западу от него. Обилие кокколитофорид, вызвавших “цветение” воды (Т.И. Широколобова, личное сообщение), в среднем достигало миллионов клеток в 1 л воды, изменяясь от 0.3 до 6.3 млн. Концентрация хлорофилла *a* варьировала от 0.8 до 1.2 мг/м<sup>3</sup> в поверхностных и от 0.5 до 1.3 мг/м<sup>3</sup> в придонных водах, составляя в среднем 1.1±0.1 и 0.9±0.2 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Ранее было показано, что в августе содержание хлорофилла *a* в прибрежье Баренцева моря соответствует 0.8 мг/м<sup>3</sup> (Ведерников, Соловьева, 1972). В последней декаде августа в губе Зеленецкая данный показатель изменялся от 0.4 до 0.7 мг/м<sup>3</sup> (Трофимова, 2007).

Концентрации растворенного кислорода также свидетельствовали об активных фотосинтетических процессах у пелагиали. Степень насыщения изменялась от 102 до 110 % в поверхности и от 100 до 106 % у дна, составляя в среднем 105±3 % и 103±2 % соответственно. Установленные концентрации не превышали величин, полученных в летний период в прибрежных водах (Кузнецов, 2003).

Бактериопланктон в поверхностных водах губы распределялся равномерно. Его численность составляла 1.0–1.1 млн кл/мл, биомасса – 36.9–96.2 мг/м<sup>3</sup>, при среднем клеточном объеме 0.038–0.088 мкм<sup>3</sup>. В подповерхностном (5–10 м) и придонном (13–18 м) слоях вариация количественных показателей была выше. Здесь диапазоны показателей по численности достигали 1.2–2.3 и 0.7–2.2 млн кл/мл, по биомассе – 74.2–109.8 и 52.1–142.3 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Средний объем бактериальной клетки в слое 5–10 м изменялся от 0.046 до 0.066 мкм<sup>3</sup>, у дна – от 0.066 до 0.085 мкм<sup>3</sup>. В целом в летний период усредненные показатели бактериопланктона в исследуемых слоях практически совпадали (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Средние значения исследуемых показателей бактериопланктона в губе Зеленецкая (станции 1–4, август 2012 г.)**

Водный слой	Численность, млн кл/мл	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Биомасса, мг С/м <sup>3</sup>	Средний объем клеток, мкм <sup>3</sup>
Поверхностный	1.0±0.03	71.8±12.5	17.8±2.5	0.069±0.011
Подповерхностный	1.6±0.2	84.4±20.7	23.0±2.6	0.054±0.004
Придонный	1.2±0.3	87.4±28.8	21.8±5.2	0.074±0.004

В работе Ю.И. Сорокина (1977) показано, что при отсутствии вертикальной стратификации в умеренных водах и зимний период, а также летом в прибрежных мелководных районах, подверженных ветровому перемешиванию или воздействию течений, наблюдается достаточно равномерное распределение бактериопланктона в толще воды. Аналогичная картина распределения бактерий в губе Зеленецкая наблюдалась и в августе 1984 г. (Байтаз, Байтаз, 1991). Это предположение подтверждают и наши данные.

Изменения в структуре бактериального сообщества при переходе от летнего к зимнему периоду были изучены на ст. 4. В ходе исследований распределение количественных показателей по вертикали достоверно не различалось (табл. 2).

Максимальные значения приходились на летний период, когда численность достигала в поверхностном слое 1.4 млн кл/мл, биомасса – 134.76 мг/м<sup>3</sup> и в придонном – 1.0 млн кл/мл и 115.53 мг/м<sup>3</sup>, минимальные – на зимний период – 0.5 млн кл/мл и 20.0 мг/м<sup>3</sup> в поверхностных водах и 0.4 млн кл/мл и 20.6 мг/м<sup>3</sup> у дна (рис. 3). Амплитуда колебания численности и биомассы бактерий была наибольшей летом и наименьшей в осенне-зимний период.

## Средние значения структурных характеристик бактериопланктона в губе Зеленецкая (ст. 4)

Параметр	Водный слой	Летний период (21.08–22.08.12 г.)	Осенний период (30.10–10.11.17 г.)	Зимний период (20.11–30.12.17 г.)
Численность, млн кл/мл	Поверхностный	1.0±0.3	0.7±0.1	0.7±0.1
	Придонный	0.8±0.1	0.7±0.1	0.6±0.1
Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	Поверхностный	77.5±28.7	36.0±4.9	33.8±6.1
	Придонный	71.8±22.4	36.3±8.5	30.8±2.8
Биомасса, мг С/м <sup>3</sup>	Поверхностный	18.7±6.4	9.8±1.2	9.6±1.5
	Придонный	17.0±4.5	9.8±2.0	8.5±0.8
Средний объем клеток, мкм <sup>3</sup>	Поверхностный	0.078±0.003	0.050±0.004	0.049±0.005
	Придонный	0.085±0.014	0.051±0.005	0.051±0.005

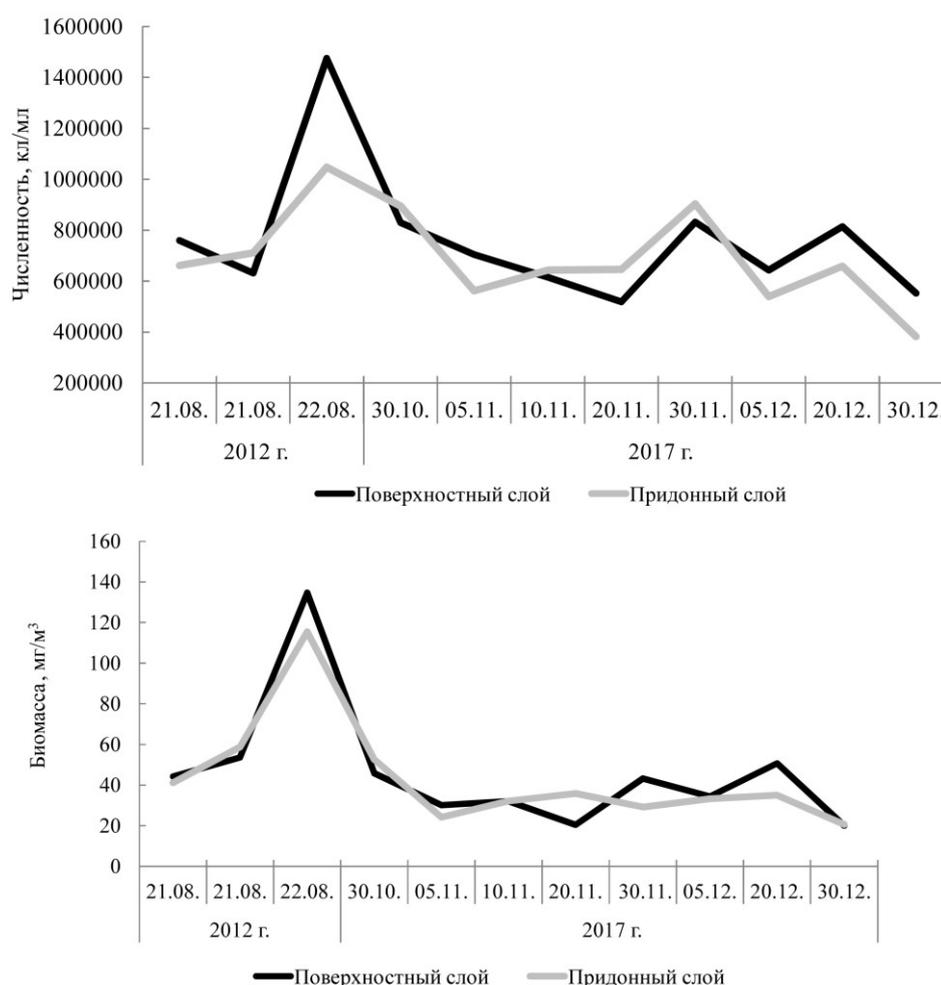


Рис. 3. Сезонные изменения численности и биомассы бактериопланктона в губе Зеленецкая

Ранее установлено, что в летнее время высокая численность бактерий, достигающая до 1 и даже 2 млн кл/мл характерна чаще всего верхним слоям губы Зеленецкая (Планктон ..., 1997). Так, в августе 1984 г. численность и биомасса в губе изменялась от 0.8 до 1.6 млн кл/мл и от 192.4 до 370.7 мг/м<sup>3</sup>, составляя в среднем 1.3 млн кл/мл и 290.7 мг/м<sup>3</sup> соответственно (Байтаз, 1990). Температура воды в этот период находилась в пределах 8.2–9.5 °С, данный год являлся аномально теплым (Байтаз, 1998).

В летне-осенний период 1989 г. диапазон общей численности и биомассы бактерий составлял 0.3–1.0 млн кл/мл и 53–147.5 мг/м<sup>3</sup>, при средних значениях 0.6 млн кл/мл и 86.7 мг/м<sup>3</sup> (Байтаз, 1998). К концу лета–началу осени количество бактерий и их биомасса в губе достигала величин, характерных для весеннего бактериопланктона. Поздней осенью (октябрь–ноябрь) уровень развития сообществ резко снижался и численность в слое 0–5 м уже составляла 0.4–0.7 млн кл/мл, у дна – 0.3–0.6 млн кл/мл (Теплинская 1990). В течение декабря 1987 г. и до конца второй декады февраля 1988 г. как численность, так и биомасса бактерий изменялись мало, устойчиво удерживаясь на уровнях порядка 0.6 млн кл/мл и 100 мг/м<sup>3</sup> соответственно (Байтаз, 1998).

По сравнению с численностью сезонные различия в биомассе бактериальных клеток в наших исследованиях были более существенными. Результаты свидетельствуют о ее уменьшении в среднем в 2 раза в осенний и зимний сезон по отношению к летнему. В придонном слое статистически достоверные различия в биомассе бактерий в летний и зимний период. Известно, что суточная продукция летом в 3 раза выше (Байтаз, Байтаз, 1991), с чем могут быть связаны различия в биомассе в летний и осенне-зимний сезоны.

Полученная нами динамика величин биомассы также может являться следствием различий в среднем объеме клеток. Самые крупные из них обнаружены в летний период (0.058–0.110 мкм<sup>3</sup>), самые мелкие – осенью (0.043–0.059 мкм<sup>3</sup>) и зимой (0.032–0.062 мкм<sup>3</sup>). Считается, что метаболически активные бактерии являются более крупными по сравнению с неактивными клетками (Monger, Landry, 1992; Gasol et al., 1995; Hahn, Höfle, 2001). Наличие крупного бактериопланктона летом может свидетельствовать о достаточно высоком содержании питательных веществ в среде. Осенью и зимой в олиготрофных условиях преобладают бактерии относительно малых размеров. В наших наблюдениях средний клеточный объем летом достоверно различался от такового осенью и зимой.

С октября 1983 г. по ноябрь 1984 г. наибольшие средние объемы бактериальных клеток приходились на осенний период – 0.25–1.21 мкм<sup>3</sup> (среднее 0.46±0.02 мкм<sup>3</sup>), наименьшие наблюдались зимой – 0.06–0.62 мкм<sup>3</sup> (среднее 0.28±0.02 мкм<sup>3</sup>). Летом данные показатели соответствовали осенним – 0.13–1.31 мкм<sup>3</sup> (среднее 0.36±0.05 мкм<sup>3</sup>) (Контроль ..., 1988; Байтаз, Байтаз, 1991). Возможно, выявленные различия в размерах бактерий в наших определениях объясняются специфической особенностью методики окрашивания DAPI – занижение объемов бактериальных клеток (Старосила, 2006; Романова, Сажин, 2011). Однако в литературе встречаются данные, свидетельствующие о постепенном уменьшении размеров бактерий в ряду многолетних наблюдений (с 1989 по 2005 гг. – Шекснинское водохранилище) (Копылов, Косолапов, 2008).

Изучение качественного состава бактериопланктона губы Зеленецкая показало, что основным его компонентом были одиночные клетки с линейными размерами меньше 2 мкм (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Доля различных размерно-морфологических групп  
в общей численности бактериопланктона губы Зеленецкая, %**

Слой	Ультраформы	Одиночные клетки < 2 мкм	Одиночные клетки ≥ 2 мкм	Нити	На детрите
Летний период					
Поверхностный	26.8	71.2	0.6	0.4	1.8
Придонный	28.9	70.1	0.5	0.4	0.4
Осенний период					
Поверхностный	46.0	53.3	0.4	0.2	0.1
Придонный	47.4	46.6	0.3	0.1	5.4
Зимний период					
Поверхностный	46.4	46.6	0.2	0.1	6.6
Придонный	48.2	46.6	0.7	0.2	4.3

В данной размерной фракции дополнительно были выделены ультрамикрорганизмы с объемом клеток  $< 0.04 \text{ мкм}^3$ . Их доля в общей численности увеличивалась от летнего к осенне-зимнему сезону, в результате чего в холодный период года в губе средний объем клеток уменьшался. При минимальном объеме клетке требуется значительно меньше питательных веществ на протекание метаболических процессов для поддержания ее жизнеспособности.

Крупные одиночные (размером  $\geq 2 \text{ мкм}$ ) и нитевидные клетки в составе бактериоценоза встречались крайне редко во все сезоны, доля таких клеток в общей численности составляла менее 1 %. Также отмечено возрастание количества бактерий, ассоциированных с детритными частицами в придонных водах (5 %) осенью и зимой по всей водной толще (до 7 %). Показано, что органические частицы и ассоциированные с ними бактерии играют важную роль в функционировании водных экосистем в их гетеротрофную фазу развития, когда происходит отмирание водорослей (Сажин, Копылов, 1989; Копылов, Косолапов, 2008). Возможно, наблюдаемая агрегативность бактериопланктона явилась следствием затухания активности фитоценоза в осенне-зимний период. Наличие бактерий на детрите в придонном слое осенью, по-видимому, обусловлено накоплением его у дна в результате процессов отмирания и разложения макрофитов и микрофитобентоса.

Таким образом, изучение количественных и структурных показателей бактериопланктона позволило установить, что:

в водах губы при устойчивом сохранении достаточно однородных гидрологических условий в исследуемые сезоны бактериоцинозы губы Зеленецкая достигали максимального уровня развития в августе и незначительно снижали обилие к концу декабря;

их биомасса уменьшалась в среднем в 2 раза от летнего к осенне-зимнему периоду, такая же закономерность сохранялась и для среднего объема бактериальных клеток;

в каждый из сезонов в губе наблюдалась вертикальная однородность распределения исследуемых показателей;

осенью и зимой в размерно-морфологической структуре бактериопланктона выявлено увеличение количества ультрамикрорганизмов и клеток ассоциированных с детритом;

по сравнению с 1983–1984, 1987–1989 гг. численность бактерий в водах губы Зеленецкая в 2012 и 2017 гг. изменилась незначительно, при этом биомасса уменьшилась на порядок величин;

полученные нами средние объемы бактериальных клеток во все сезоны были меньше, чем в исследованиях 1980-х гг.

Автор выражает искреннюю благодарность Т.И. Широколобовой, Д.В. Широколову за оказанную всестороннюю помощь в работе, В.В. Водопьяновой – за предоставленный материал по хлорофиллу.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

## Литература

Байтаз В.А., Байтаз О.Н. Количественные и продукционные характеристики бактериального населения прибрежной зоны Баренцева моря // Продукционно-деструкционные процессы пелагиали прибрежья Баренцева моря. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1991. С. 20–33.

Байтаз В.А., Байтаз О.Н., Мишустина И.Е. Морфометрия клеток, численность и биомасса основных морфологических групп бактериопланктона Баренцева моря // Океанология. 1996. Т. 36, № 6. С. 883–887.

Байтаз О.Н. Пространственно-временная изменчивость бактериопланктона Баренцева моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.00.18, гидробиология). М., 1998. 25 с.

Байтаз О.Н. Сравнительная характеристика количественных и продукционных показателей бактериопланктона губы Дальнезеленецкая и юго-восточной части Баренцева моря // Экология и биологическая продуктивность Баренцева моря. М.: Наука, 1990. С. 78–87.

Ведерников В.И., Соловьева А.А. Первичная продукция и хлорофилл в прибрежных водах Баренцева моря // *Океанология*. 1972. Т. 12, вып. 4. С. 669–676.

Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a* (ГОСТ 17.1.4.02-90). М.: Изд-во стандартов, 2001. С. 551–563.

Воронков П.П., Уралов И.С., Черновская Е.И. Основные черты гидрохимического режима прибрежной зоны Баренцева моря в районе Центрального Мурмана // *Тр. Мурман. биол. ст. АН СССР*. 1948. Т. 1. С. 39–101.

Гидрологический режим губы Зеленецкая, Восточный Мурман / Г.В. Ильин, Д.В. Моисеев, Д.В. Широколов и др. // *Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та*. 2016. Т. 19, № 1/2. С. 268–277.

Климатические изменения морских экосистем российской Арктики / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженок, Д.В. Моисеев, А.П. Жичкин // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2010. № 3(86). С. 7–21.

Комплексный экологический мониторинг в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море): летне-осенний период 1989 г. / С.И. Бардан, Н.В. Дружков, В.А. Байтаз и др.: *Препр. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР*, 1990. 36 с.

Контроль экологической ситуации в районе опытно-промышленной плантации водорослей в губе Дальнезеленецкой (оперативно-информационный материал). Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1988. 52 с.

Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги. М.: Изд-во СГУ, 2008. 377 с.

Кузнецов Л.Л. Продукция фитоценозов в экосистеме Баренцева моря // *Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики)* / Л.Л. Кузнецов, Е.В. Шошина. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 5–181.

Мишустина И.Е., Байтаз О.Н., Москвина М.И. Бактериопланктон Баренцева моря. Исследования 1983–1993 гг. // *Планктон морей Западной Арктики*. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. С. 7–50.

*Планктон морей Западной Арктики* / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 352 с.

Романова Н.Д., Сажин А.Ф. Методические аспекты определения численности, биомассы и продукции бактериопланктона // *Океанология*. 2011. Т. 51, № 3. С. 550–560.

Руководство по химическому анализу морской воды (РД 52.10.243-92). СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 264 с.

Сажин А.Ф., Копылов А.И. Экологическая роль бактерий на детрите и в агрегатах в водах юго-западной части Тихого океана // *Журн. общей биол.* 1989. Т. 50, № 5. С. 682–692.

Сорокин Ю.И. Продукция микрофлоры // *Биология океана*. М.: Наука, 1977. Т. 2. С. 109–113.

Старосила Е.В. Новые методы и направления исследований в водной микробиологии (обзор) // *Гидробиол. журн.* 2006. Т. 42, № 3. С. 51–60.

Суханова И.Н., Флинт М.В. Аномальное цветение кокколитофорид на восточном шельфе Берингова моря // *Океанология*. 1998. Т. 38, № 4. С. 557–560.

*Таблицы растворимости кислорода в морской воде*. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 165 с.

Теплинская Н.Г. Процессы бактериальной продукции и деструкции органического вещества в северных морях. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1990. 106 с.

Трофимова В.В. Фотосинтетические пигменты фитопланктона эстуарных пелагических экосистем Баренцева моря (на примере Кольского залива): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2007. 30 с.

Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009 // *ICES J. Mar. Sci.* 2012. Vol. 69(5). P. 833–840.

Gasol J.M., Simons A.M., Kalff I. Patterns in the top-down versus bottom-up regulation of heterotrophic nanoflagellates in temperate lake // *J. Plankton Res.* 1995. Vol. 17. P. 1897–1903.

Gerland S., Njåstad B. Arctic climate feedback mechanisms // *Proc. of a workshop*. Tromsø: Norsk Polarinstitut, 2004. 63 p.

Hahn M.W., Höfle M.G. Grazing of protozoa and its effect on populations of aquatic bacteria // *FEMS Microbiol. Ecol.* 2001. Vol. 35, № 2. P. 113–121.

Monger B., Landry M.R. Size-selective grazing by heterotrophic nanoflagellates: an analysis using live stained bacteria and dual beam flow cytometry // *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 1992. Vol. 37. P. 173–185.

Norland S. The relationship between biomass and volume of bacteria // *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*. Boca Raton: Lewis Publ., 1993. P. 303–308.

Porter J., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. Vol. 25. P. 943–948.

## К вопросу о питании толстоклювой кайры *Uria lomvia* и моевки *Rissa tridactyla* на п-ове Рыбачий и мысе Крутик (Кольский полуостров)

А.Н. Гурба<sup>1</sup>, А.В. Ежов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск  
anastasiya.gurba@mail.ru

<sup>2</sup>Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
mr.haliaeetus51@mail.ru

Авифауна прибрежной полосы Мурманска в предгнездовой и гнездовой период представлена в основном видами, гнездящимися на островах и побережье этого района. Большинство видов морских и водоплавающих птиц на Мурмане гнездится в основном на трех архипелагах и на материковых птичьих базарах. Это Айновы острова, мыс Городецкий (п-ов Рыбачий) (Западный Мурман), Гавриловские острова, мыс Крутик (Средний Мурман), Семь островов и губа Дворовая (Восточный Мурман). Распределение морских птиц в первую очередь обусловлено наличием массовых скоплений пелагических рыб, таких как мойва, сельдь, песчанка (Ежов, 2012).

Изучением питания кайр и моевок занимался Л.О. Белопольский с 1920-х годов. Так как эти исследования проводились во время минимального антропогенного воздействия, при сравнении их можно считать эталонными. В 1960–1970-е годы отмечены крупномасштабные изменения кормовой базы морских птиц, связанные с активным рыбным промыслом. Наиболее подробно особенности питания кайр и моевок в кризисный для птиц период представлены в исследовании Ю.В. Краснова (1995; Краснов, Николаева, 1998). На современном этапе, в период нестабильности кормовой базы, необходимо продолжение изучения трофических условий, как основного фактора, влияющего на состояние колоний морских птиц в пред- и гнездовой периоды.

Кайры и моевки являются характерными видами, формирующими птичьих базары, и в условиях Мурманска гнездятся вместе, однако добывают пищу по-разному.

Моевки способны добывать рыбу с поверхности воды и до глубины 1 м. В последнем случае они используют так называемое ударное ныряние, т. е. ныряние за счет инерции предварительного пикирования. Кайры добывают рыбу с больших глубин (десятки метров), активно передвигаясь под водой. Поиск добычи проводят как с поверхности воды, опустив в нее голову, так и непосредственно в толще воды (Краснов, 1995).

Основной целью исследования было определение трофических условий колониальных птиц на побережье Мурманска в гнездовой период. При этом также проводились количественные учеты гнездящихся моевок и кайр.

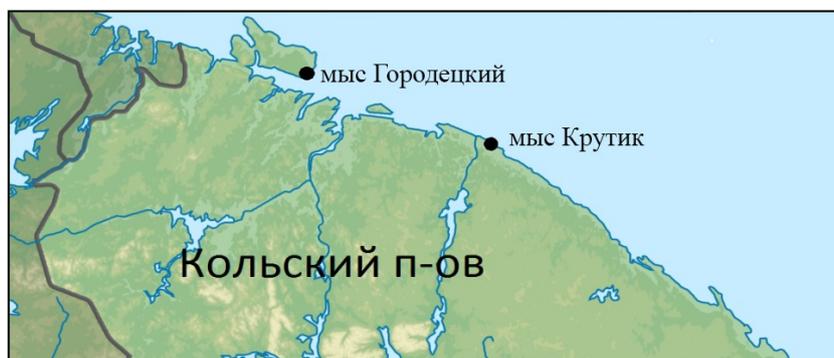


Рис. 1. Карта-схема расположения районов работ

Работы выполнены в июне 2018 г. в колониях птиц района мыса Городецкий (п-ов Рыбачий) и мыса Крутик (Средний Мурман) (рис. 1). Данные о составе кормов моевки были получены с помощью анализа отрыжек и содержимого желудков отловленных на гнездах птиц, а толстоклювой кайры – в результате вскрытия желудков взрослых птиц. Учет численности моек и кайр проводили по стандартной методике (Ежов, 2014).

### Результаты и обсуждение

На п-ове Рыбачий было отловлено 153 моек, и 19.6 % из них дали отрыжки. Видовой состав кормов взрослых птиц представлен на рис. 2. Как можно заметить, он отличается разнообразием. Моевка в гнездовой период питалась мойвой, сельдью и ракообразными (эвфаузиидами). Основную долю в отрыжках птиц составляла мойва (63 %), а наименьшую – сельдь (7 %). Анализ вскрытых желудков показал, что 63.6 % из них содержали мойву, а 18.2 % – раковины двустворчатых моллюсков, при этом два из десяти желудков были пустыми. В 2017 году в отрыжках моек с “Городецких птичьих базаров” встречались только ракообразные. Наличие в отрыжках ракообразных, а в желудках двустворчатых моллюсков указывает на то, что птицы компенсировали недостаток основных объектов питания за счет нетрадиционных (Краснов, Ежов, 2013).

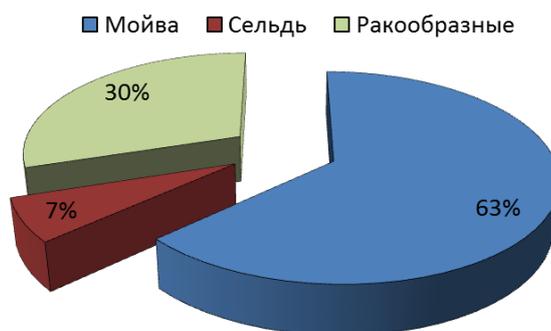


Рис. 2. Видовой состав кормов моек на п-ове Рыбачий в 2018 г. по результатам изучения отрыжек

В колонии мыса Крутик было отловлено 104 птицы и отрыжки дали 28.8 % из них. Во всех отрыжках встречалась только мойва. В прошлые гнездовые сезоны в отрыжках моек почти всегда встречалась также сельдь. При анализе желудков взрослых птиц оказалось, что только 40 % содержали мойву, а 60 % были пустыми. Вышеизложенное свидетельствует, что на Западном Мурмане кормовая база моек была относительно стабильной в отличие от мыса Крутик, где присутствовал явный дефицит кормов.



Рис. 3. Видовой состав кормов в желудках толстоклювых кайр на мысе Крутик в 2018 г.

Анализ желудков толстоклювых кайр, отловленных на мысе Крутик, показал, что чаще всего птицы питались песчанкой (45 %), реже мойвой (33 %) и молодь тресковых рыб (22 %) (рис. 3). Употребление в пищу молоди тресковых рыб обычно для данного вида кайр, но только при отсутствии более доступных скоплений пелагических видов рыб (Краснов, 1995). Наполненность желудков кайр была минимальная.

С 2014 по 2018 годы в двух крупнейших материковых колониях Мурмана (п-ов Рыбачий и мыс Крутик) численность моевок несколько варьировала (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Численность моевок (в парах) в колониях п-ова Рыбачий и мыса Крутик в 2014–2018 гг.**

Год	П-ов Рыбачий	Мыс Крутик
2014	33546	3983
2015	28519 (–14.9 %)	3125 (–21.5 %)
2016	33564 (+17.7 %)	3053 (–2.3 %)
2017	17367 (–48.3 %)	3043 (–0.3 %)
2018	34853 (+100.7 %)	3386 (+11.3 %)

ПРИМЕЧАНИЕ. В скобках указано изменение численности моевок по сравнению с предыдущим сезоном исследований.

За последние пять лет наибольшее увеличение численности моевок наблюдается в 2018 г. Она составила 34853 пары. Это связано со значительным улучшением трофических условий в предгнездовой период, что способствовало большему числу птиц накопить энергетический запас и приступить к гнездованию. Во второй исследуемой колонии также отмечается рост численности, однако, не такой большой, как на п-ове Рыбачий. Но, по сравнению с предыдущими годами наблюдений, он является наибольшим. Численность моевки на мысе Крутик составляла 3386 пар. Отмечено, что при достаточно хорошей обеспеченности кормами в определенные годы происходит увеличение численности этих птиц во всех колониях северного побережья Мурмана (Ежов, 2015).

В результате наблюдений в 2014–2018 гг. наибольшее скопление кайр отмечено в районе мыса Городецкий (табл. 2). В 2018 году в этом районе прирост численности обоих видов был минимальным по сравнению с предыдущими годами исследований.

Т а б л и ц а 2

**Численность толстоклювой и тонкоклювой кайр в колониях п-ова Рыбачий и мыса Крутик в 2014–2018 гг.**

Год	П-ов Рыбачий		Мыс Крутик	
	Толстоклювая кайра	Тонкоклювая кайра	Толстоклювая кайра	Тонкоклювая кайра
2014	327	513	209	441
2015	211 (–35.5%)	267 (–48 %)	115 (–45 %)	288 (–34.7 %)
2016	267 (+26.5%)	754 (+93.6 %)	135 (+17.4 %)	306 (+6.25 %)
2017	147 (–44.9%)	396 (–49.5 %)	74 (–54.8 %)	216 (–29.4 %)
2018	151 (+2.7%)	412 (+4 %)	15 (–79.7 %)	210 (–1 %)

ПРИМЕЧАНИЕ. В скобках указано изменение численности кайр по сравнению с предыдущим сезоном исследований.

На мысе Крутик продолжается процесс деградации колонии кайр. Так численность толстоклювой кайры в 2018 г. составила 15 особей. Такие же результаты были получены в 2011 г. и связаны с плохой обеспеченностью кормами в период гнездования и выкармливания птенцов, что негативно сказалось на численности кайр в популяции (Ежов, 2014). Численность тонкоклювой кайры по итогам наблюдений в 2018 г. практически не изменилась – 210 особей, что на 1 % меньше, чем в 2017 г.

## Заключение

В 2018 году наблюдалась относительно неплохая обеспеченность кормами, что привело к росту численности гнездящихся моевок и кайр в западной части гнездового ареала. Что касается восточной части (мыс Крутик), то обеспеченность кормами была недостаточной, что проявилось в незначительном увеличении числа гнездящихся моевок и снижении числа гнездящихся кайр. В целом обеспеченность кормами не позволила колониальным птицам достичь ранее зафиксированных показателей численности. Таким образом, несмотря на отдельные годы, продолжается процесс деградации колоний морских птиц на побережье Мурмана.

Авторы выражают благодарность администрации и сотрудникам Кандалакшского государственного природного заповедника за помощь в проведении полевых работ, а также В.В. Куклину за помощь при определении содержимого желудков птиц.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

## Литература

Белопольский Л.О. Экология морских колониальных птиц Баренцева моря. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 460 с.

Белопольский Л.О. Состав кормов морских птиц Баренцева моря // Учен. зап. Калнингр. гос. ун-та. 1971. Вып. 6. С. 41–67.

Ежов А.В. Устойчивость колоний моевок (*Rissa tridactyla*) в Баренцевоморском регионе в современных условиях // Теоретические аспекты колониальности у птиц / Отв. ред. Н.В. Лебедева. Ростов н/Д.: Изд. ЮНЦ РАН, 2012. С. 154–159.

Ежов А.В. Численность и репродуктивные показатели в птичьих колониях Мурмана как индикатор состояния кормовой базы в пред и гнездовой период // Материалы XIV международной научной конференции студентов и аспирантов “Проблемы арктического региона”. Т. 1. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2014. С. 67–74.

Ежов А.В. Итоги 15-летнего мониторинга крупнейших материковых колоний моевок и кайр побережья Мурмана // Вестн. Кольского науч. центра РАН. 2015. № 2. С. 53–58.

Краснов Ю.В., Ежов А.В. Современное состояние моевок (*Rissa tridactyla*) и кайр (*Uria aalge* и *U. lomvia*) на Мурмане // Птицы северных и южных морей России: фауна, экология / Отв. ред. П.Р. Макаревич. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2013. С. 102–117.

Краснов Ю.В., Николаева Н.Г. Итоги комплексного изучения биологии моевки в Баренцевом море // Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. С. 180–260.

Морские колониальные птицы Мурмана / Ю.В. Краснов, Г.Г. Матишов, К.В. Галактионов, Т.Н. Савинова. СПб.: Наука, 1995, 226 с.

## Содержание фукоксантина и хлорофилла *a* в экстрактах из фукусовых водорослей Баренцева моря методом ВЭЖХ

А.В. Даурцева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия  
tav.mmbi@yandex.ru

Бурые водоросли (Phaeophyceae) – самый крупный и сложный тип водорослей, имеющих коричневый, оливковый или желтовато-коричневый цвет. Они являются ценным для промышленности источником полисахаридов, альгинатов и питательных веществ. Также в водорослях содержится достаточное количество пигментов, которым уделяется лишь незначительное внимание, при производстве они обычно удаляются. Однако недавние

исследования доказали биофункциональность пигментов. Так, например, фукоксантин – типичный доминирующий каротиноид бурых водорослей – может использоваться в качестве антиоксидантного, химиопрофилактического и химиотерапевтического, уменьшающего жировую массу, а также противовоспалительного средства (Encapsulation ..., 2015). Показано, что хлорофилл ускоряет заживление ран более чем на 25 %. Поскольку хлорофилл стимулирует рост тканей, то он предотвращает распространение бактерий и ускоряет процесс заживления ран (Chlorophyll ..., 2010).

Несмотря на важные функции пигментов водорослей, хлорофиллы и каротиноиды легко разлагаются при воздействии тепла и света, а также при любой химической обработке (кислотно-щелочной, окислительно-восстановительной) (Encapsulation ..., 2015). Из-за их нестабильности требуются короткие и быстрые этапы экстракции для выделения полезных пигментов из морских водорослей. Такой подход может применяться для создания новых продуктов из видов водорослей, которые до сих пор не используются в промышленности.

Для производства препаратов из пигментов необходимо определить количество данных веществ в водорослях. Следует учесть видовые, сезонные и географические различия. Согласно литературным данным, содержание фукоксантина в бурых водорослях Баренцева моря составляет 0.15–0.3 мг/г сырой массы, содержание хлорофилла – 0.15–0.5 мг/г сырой массы (Макаров, 2010).

Цель исследования – изучение содержания фукоксантина и хлорофилла *a* в фукусовых водорослях губы Завалишина Баренцева моря.

В работе использовались фукусовые водоросли в возрасте 4+...7+ лет следующих видов: *Fucus vesiculosus* L., *Fucus distichus* L., *Fucus spiralis* L., *Fucus serratus* L., *Ascophyllum nodosum* L., *Pelvetia canaliculata* L., *Laminaria digitata* Hudg. Образцы водорослей были собраны в августе 2018 г. в губе Завалишина Баренцева моря (пос. Териберка), заморожены и хранились при температуре –30 °С.

Экстракцию пигментов проводили по методике, описанной ранее (Даурцева, 2018).

Содержание фукоксантина в экстрактах определяли 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).

Абсолютно сухую массу образцов водорослей определяли согласно общепринятой методике (ГОСТ 26185-84 ..., 2004).

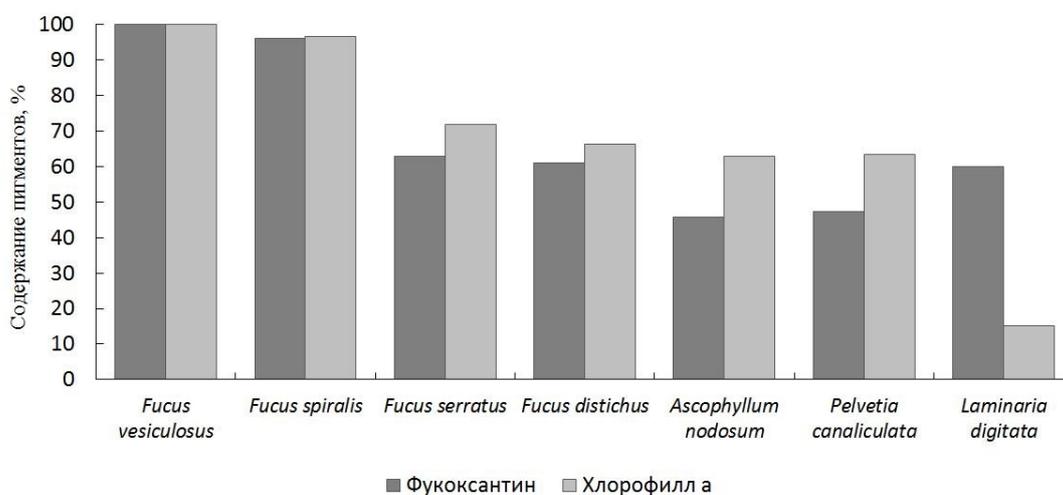
Все данные получены в 3-кратной повторности и обработаны в программе Microsoft Excel с использованием математических и статистических формул (Ивантер, Коросов, 2003).

При сравнении разных видов бурых водорослей Баренцева моря по количеству содержания пигментов установлено, что наибольшее количество хлорофилла *a* содержал *F. vesiculosus*, наименьшее – *L. digitata*. Во всех изученных видах, за исключением *L. digitata*, содержание хлорофилла *a* больше, чем фукоксантина.

Наибольшее количество фукоксантина и хлорофилла *a* среди водорослей содержит *F. vesiculosus*, поэтому для сравнения содержания данных пигментов в экстрактах из фукусовых водорослей между собой, их содержание в *F. vesiculosus* принято за 100 % (рисунок). Так, можно отметить, что *F. spiralis* также содержит достаточно большое количество фукоксантина и хлорофилла *a* – 95–96 %, наименьшее же их количество содержится в экстрактах из *A. nodosum* и *P. canaliculata* – 45–47 % и 63 % соответственно.

Установлено, что для образцов *F. vesiculosus* и *F. spiralis* суммарное количество фукоксантина, выделенного в результате 5-кратного дробного экстрагирования составляет 0.67 и 0.65 мг/г абс. сух. массы соответственно, что выше, чем в экстрактах из *F. serratus* (0.42 мг/г абс. сух. массы), *F. distichus* (0.41 мг/г абс. сух. массы), *A. nodosum* (0.31 мг/г абс. сух. массы), *P. canaliculata* (0.32 мг/г абс. сух. массы), *L. digitata* (0.41 мг/г абс. сух. массы). При этом у водорослей *L. digitata* количество фукоксантина, содержащегося в талломе, почти в 3 раза выше, чем хлорофилла *a*, в то время как у остальных изученных водорослей

количество хлорофилла *a* больше, чем фукоксантина. В суммарных экстрактах из *L. digitata* содержание хлорофилла *a* составило 0.14 мг/г абс. сух. массы, а для образцов *F. vesiculosus* и *F. spiralis* – 0.91 и 0.88 мг/г абс. сух. массы соответственно.



Содержание пигментов в экстрактах фукусовых водорослей

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

- ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. Введен 01.01.85. М.: Изд-во стандартов, 2004. 34 с.
- Даурцева А.В. Количественное определение содержания фукоксантина в экстрактах из фукусовых водорослей Баренцева моря методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и спектрофотометрии // Исследования арктических экосистем: Матер. XXXVI конф. молодых ученых ММБИ КНЦ РАН. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2018. С. 44–49.
- Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: Учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. гос. ун-та, 2003. 304 с.
- Макаров М.В. Адаптация водорослей Баренцева моря к условиям освещения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук (25.00.28 – океанология). Мурманск, 2010. 51 с.
- Chlorophyll extraction from microalgae: a review on the process engineering aspects / A. Hosikian, S. Lim, R. Halim, M.K. Danquah // International J. Chemical Engineering. 2010. 11 p.
- Encapsulation of brown seaweed pigment by freeze drying: characterization and its stability during storage / R. Indrawatia, H. Sukowijoyo, J. Indriatmoko et al. // Procedia Chemistry. 2015. Vol. 14. P. 353–360.

### Сезонные изменения морфометрических показателей серого тюленя *Halichoerus grypus*

П.А. Заволока, А.Р. Трошичев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
ikkebott@gmail.com

### Введение

Исследования морфометрических показателей животного дают возможность наблюдать рост организма, контролировать его физическое состояние. Количественный и качественный состав пищи влияет на размерно-весовые характеристики животного, в некоторой степени

корректирует его анатомо-физиологическое состояние. Количественно морфометрия оценивает морфологические изменения (Rohlf, Marcus, 1993). Так как тюлени постоянно растут, то морфометрия оценивает стадии роста, а также гомологичные признаки после окончания морфогенеза (Klingenberg, 2002). Морфометрические данные могут быть использованы в различных областях: генетике, эволюционном развитии, систематике и др. (Morphometrics ..., 1985; Louiseroth, Mercer, 2000).

Цель работы – выявление сезонных и онтогенетических изменений размерных характеристик серого тюленя при содержании в условиях, максимально приближенных к естественным.

### Материал и методы

Работа проводилась с июля 2017 г. по февраль 2019 г. на биотехническом аквакомплексе ММБИ (г. Полярный). Объект исследования – серые тюлени *Halichoerus grypus* Fabricius, 1791 (две самки 2005 года рождения – Соня, Змей; четыре самки и один самец 2016 года рождения – Шлёпа, Рада, Селена, Табита, Фесс). При работе использовали гибкую измерительную ленту и модульные весы MASSA-K 4D-B-23\_A.

У животных определяли длину тела ( $L$ ), длину черепа от кончика носа до основания черепа ( $Lч$ ), ушной обхват ( $Vу$ ), обхват тела под грудными лапами ( $V$ ), массу тюленя ( $M$ ) (рис. 1) (Наставление ..., 2003). Погрешность измерения массы тела составила 0.5 кг, линейных промеров – 0.5 см. Проводилась регистрация потребляемой пищи ( $F$ ). Помимо измерения параметрических показателей, были рассчитаны относительные величины. Соотношение  $Lч/Vу$  (длина черепа к ушному обхвату),  $V/L$  (подмышечный обхват к длине тела) и  $V/M$  (подмышечный обхват к массе тела) взяты для анализа роста различных показателей тела, а  $Ми/F$  (изменение массы тела к количеству потребляемой пищи) для регистрации прироста массы, при этом параметр  $Ми$  – это разница между значениями конечного и начального показателя массы за расчетный период.

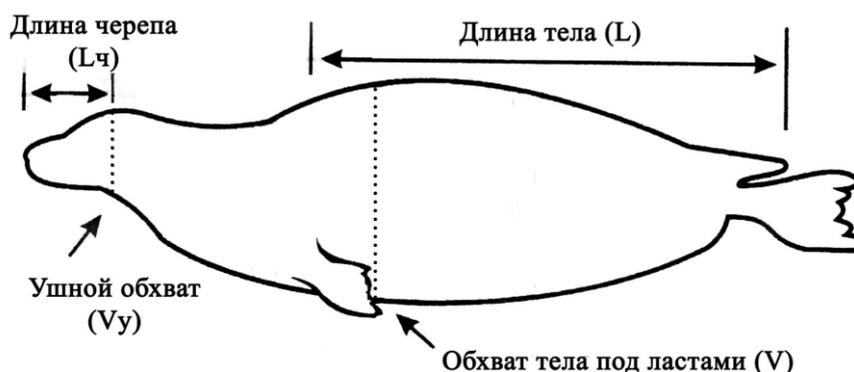


Рис. 1. Схема измерения параметров тела серого тюленя

### Результаты и обсуждение

Проведенные в начале наблюдений морфометрические измерения показали следующее: максимальная длина черепа ( $Lч$ ) среди всех молодых тюленей, наблюдалась у животного по кличке Шлёпа и составляла 19 см, минимальное значение данного показателя принадлежало тюленю Селена – 15 см (среднее – 17 см). В то же время щенок по кличке Шлёпа имел наименьший ушной обхват ( $Vу$ ) – 43 см и длину тела ( $L$ ) – 70 см. При этом наибольшие значения данных параметров принадлежали тюленям Фесс ( $Vу$  – 48 см, среднее – 44.8 см),

Селена (L – 82 см, среднее – 75 см). Наибольший обхват в груди и масса отмечались у щенка Фесс (V – 97 см и M – 50 кг), наименьшие у тюленей Табита и Шлёпа (V – 87 см и M – 42.5 кг) при средних показателях 94.1 см и 46 кг соответственно.

Череп щенков активно рос в первый год исследования, при этом увеличение составило 3–5 см в длине и 6–7 см в обхвате. После лета 2018 г. рост черепа замедлился, увеличение соответствовало 1–2 см в длине и 1–4 см в обхвате. В феврале 2019 г. наибольшие размерные показатели черепа наблюдались у тюленя Фесс: 24 см – длина и 54 см – обхват, наименьшие – у тюленей Табита и Рада – соответственно 21 и 22 см в длину и 51 см в обхвате.

Темпы роста длины тела замедлились после летнего периода. Тюлень Фесс в летние периоды достиг максимальных показателей длины среди щенков: 91 см в первое лето и 109 см во второе. Минимальные показатели были у тюленя Табиты – 81 и 99 см соответственно. В феврале 2019 г. наибольшая длина тела была отмечены у Феса – 115 см, наименьшая – 100 см – у Табиты, у остальных тюленей – 105 см.

Параметры массы и обхвата тела тюленя увеличивались до конца весеннего периода, до наступления линьки в апреле (рисунки 2, 3). Максимальное значение подмышечного обхвата в этот период было также у Селены – 116 см при массе 67.5 кг, минимальное – у Фесса – 113 см при массе 75.5 кг. Минимальный показатель массы был у Табиты – 66.5 кг, но подмышечный обхват был всего на 1 см меньше, чем у Селены. Минимальные показатели массы и подмышечного обхвата в феврале 2019 г. были зарегистрированы у тюленя Селены – 72 кг и 108.5 см соответственно, максимальные – у тюленя Фесс – 96 кг и 127 см.

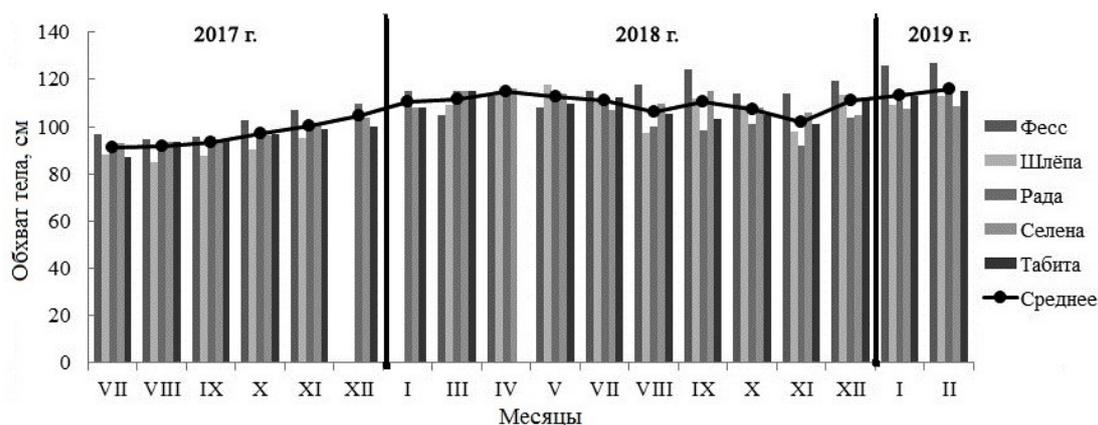


Рис. 2. Изменение обхвата тела

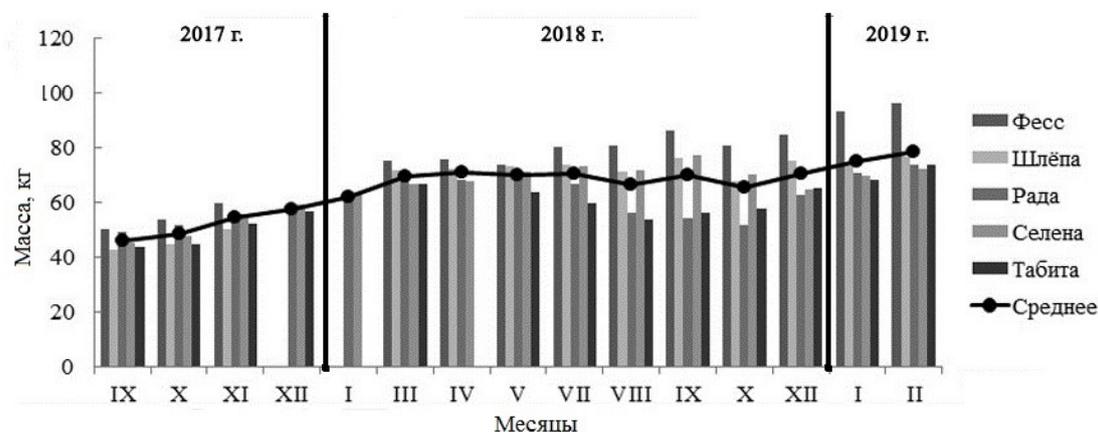


Рис. 3. Изменение массы тела

В ходе работ было установлено, что показатели  $L$ ч и  $V$ у линейно повышаются со временем, а показатели  $L$ ,  $M$ ,  $V$  подвержены сезонным и индивидуальным колебаниям, хотя также показывают рост (рисунки 2, 3). Темпы роста молодых особей превышают таковые у взрослых. Масса у ювенильных особей в среднем увеличивалась вдвое быстрее, показатели роста были больше в 1.5 раза, а вот динамика изменения подмышечного обхвата практически не отличалась от таковой у половозрелых особей.

Соотношение  $M$ и/ $F$  показало следующую закономерность. При сопоставимо равном количестве пищи в течение года в осенне-зимний период коэффициент  $M$ и/ $F$  положителен и составляет примерно 0.08 для взрослых тюленей и 0.04 для молодых, а в весенне-летний период он в среднем снижается до  $-0.02$  и  $0.03$  соответственно. Осенью 2018 г. и зимой 2019 г. коэффициент был значительно ниже: от отрицательного  $-0.09$  у тюленя Змей, до положительного  $0.02$  у тюленя Табита. Это объясняется изменением пищевого рациона. Обычно в рацион животных входит путассу и сельдь атлантическая (жирная) в равных пропорциях, но в данный период времени доля в рационе была значительно смещена в сторону путассу. Пищевая ценность и процентное соотношение жира у путассу намного ниже, чем у сельди (Журид, Верижникова, 2000).

Несмотря на различные размеры тела животных, соотношение таких показателей как  $L$ ч/ $V$ у,  $V$ / $L$  и  $V$ / $M$  в среднем одинаково и колеблется в пределах: от 0.38 до 0.43 –  $L$ ч/ $V$ у, от 0.98 до 1.24 –  $V$ / $L$ , от 1.51 до 2.05 –  $V$ / $M$ .

### Заключение

Полученные данные показывают неравномерность роста параметров тела и весовых характеристик тюленей. Прослеживается сезонная изменчивость динамики роста объема тела животного, его длины и массы. Длина тела увеличивается в весенне-летний период, замедляется – в осенне-зимний. Подмышечный обхват и масса тела увеличивались до наступления линьки весной, уменьшались – в летний период. Это может быть связано с наблюдаемым во время линьки уменьшением пищевой мотивации животных, а также физиологическими изменениями, происходящими в организме тюленя в этот период. Размерные характеристики черепа животных не имеют таких сезонных флуктуаций. Они показывают линейный рост в течение всего периода. Также нами были отмечены индивидуальные особенности роста некоторых особей, которые не в полной мере подчинялись общей динамике. Например, тюлень Фесс практически не худел в летний период, но при этом отмечалась динамика роста черепа и длины тела, что может быть связано с индивидуальными особенностями развития и поведения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

Журид Б.А., Верижникова С.А. Кормление морских млекопитающих в океанариуме. Севастополь: Акварин, 2000. 368 с.

Наставление для полевого определения китообразных и ластоногих в Северо-Восточной Атлантике и прилегающих прибрежных водах / В.Н. Светочев, В.Ф. Прищемихин, О.Н. Светочева, В.А. Бондарев. Архангельск: Изд. Архангельского гос. техн. ун-та, 2003. 56 с.

Klingenberg C.P. Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms // *Gene*. 2002. Vol. 287. P. 3–10.

Louiseroth V., Mercer J.M. Morphometrics in Development and Evolution // *American Zoology*. 2000. Vol. 40. P. 801–810.

*Morphometrics in Evolutionary Biology* / F.L. Bookstein, B. Chernoff, R.L. Elder et al. // *Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Special Publ.* 1985. Vol. 15, № 1. P. 277.

Rohlf F.J., Marcus L.F. A revolution in morphometrics // *Trends Ecol. Evol.* 1993. Vol. 8, № 4. P. 129–132.

## Антиоксидантная активность экстрактов *Fucus vesiculosus*

Л.В. Захарова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
pelyushoklyubov@mail.ru

Широко распространенным на побережье Баренцева моря водорослям рода *Fucus* L. характерно высокое содержание ароматических соединений, которые обладают фармакологическим потенциалом. Фармакологические свойства биологически активных веществ (БАВ) водорослей часто приписывают полифенольным соединениям (Farzaneh, Carvalho, 2015), которые обладают антиоксидантной и антимикробной активностью и др. (Resources ..., 2014).

Ключевым фактором экстракции является эффективность извлечения полифенолов. Выбор подходящего растворителя имеет первостепенное значение и во многом определяет выход и состав получаемых экстрактов. Наиболее часто используемые растворители имеют нефтехимическое происхождение (From ..., 2014). Многочисленные исследования сосредоточены на замене опасных токсичных растворителей более экологически чистыми аналогами.

В последнее время разработан новый тип растворителей, названный “природными глубоко эвтектическими растворителями” (ПГЭР), который состоит из природных, нетоксичных и возобновляемых исходных материалов (Bakirtzi et al., 2016).

В данном исследовании для приготовления экологически чистых растворителей использовались L-молочная кислота, холин хлорид, глюкоза, вода при определенных молярных соотношениях и разбавлении. Способность новых ПГЭР экстрагировать полифенольные соединения оценивали с использованием фукусовых водорослей *Fucus vesiculosus* L., распространенных на побережье Баренцева моря.

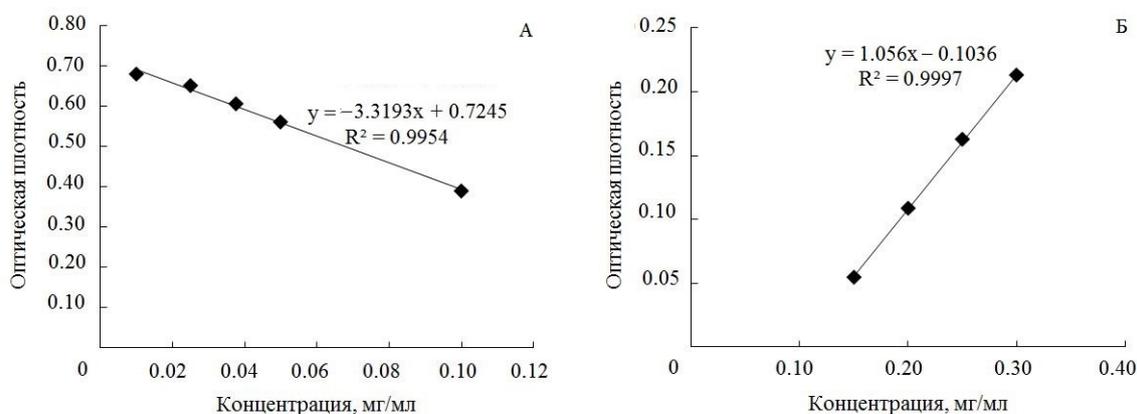
Существующие методики определения антиоксидантной активности показывают довольно расходящиеся значения одних и тех же соединений (Оценка ..., 2011). В настоящее время нет единой единицы измерения антиоксидантной активности, поэтому наиболее универсальным способом можно считать сравнение антиоксидантной активности исследуемых образцов с таковой сильного восстановителя (вещества-стандарта).

По данным литературы, существует несколько спектрофотометрических методик определения антиоксидантной активности пищевых продуктов и индивидуальных антиоксидантов, в основе которых лежит окислительно-восстановительная реакция Fe (III)/Fe (II) (Ferric Reducing/Antioxidant Power – FRAP) или ингибирование свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl – DPPH). Применение данных методик значительно увеличивает диапазон определяемых соединений, так как из общего количества антиоксидантов в образце не исключаются слабые восстановители.

Для адекватной оценки антиоксидантной активности необходимо корректно выбрать стандартное вещество (характерный антиоксидант), по которому будет строиться градуировочный график. В качестве стандартного антиоксиданта была выбрана аскорбиновая кислота, которая занимает промежуточное место среди других восстановителей органической природы, поэтому ее использование в качестве вещества-стандарта представляется целесообразным. Антиоксидантную активность исследуемого образца выражают количеством миллиграммов вещества-стандарта, которое дает такой же аналитический сигнал, что 1 г или 1 мл исследуемого продукта.

Для оценки была реализована аттестованная методика “Спектрофотометрический метод измерений антиоксидантной активности пищевых продуктов”. При определении антиоксидантной активности индикаторная система на основе фенантролинов железа имеет ряд преимуществ, которые обусловлены ее обратимостью, высоким редокс-потенциалом ( $E^0 = 1.1 \text{ В}$ ), а также образованием устойчивого в широком диапазоне pH интенсивно окрашенного хелата со значительным молярным коэффициентом поглощения ( $\epsilon = 11100$ ) (Оценка ..., 2011).

Также антиоксидантная активность аскорбиновой кислоты была определена по ее способности реагировать со свободным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Анализ был выполнен на основе международного протокола (Extraction ..., 2015) и в итоге были построены градуировочные графики для выбранного вещества-стандарта (рисунок). Полученные результаты показывают, что аналитический сигнал линейно зависит от концентрации вещества в широком диапазоне. С учетом оптимального разбавления была определена антиоксидантная активность проб экстрактов.



Градуировочные графики антиоксидантной активности для вещества-стандарта – аскорбиновой кислоты – по методике DPPH (А) и FRAP (Б)

Определение антиоксидантной активности экстрактов на основе эвтектических растворителей с использованием фенантролиновых комплексов железа может успешно применяться, поскольку в ходе исследования была доказана стабильность спектрофотометрических измерений антиоксидантной активности, полученных в условиях повторяемости и воспроизводимости.

Для приготовления ПГЭР были использованы компоненты (таблица), которые были смешаны в определенных молярных соотношениях и разбавлены водой. Экстракты *F. vesiculosus* приготовлены двумя способами: на водяной бане в течение 60 мин при 60 °C и на ультразвуковой бане в течение 20 мин без нагревания.

#### Компоненты приготовленных глубоких эвтектических растворителей

Растворитель ПГЭР	Компонент	Концентрация водного раствора
1	L-молочная кислота (LA), холин хлорид (CC)	30 %
2	L-молочная кислота (LA), холин хлорид (CC)	Раствор не разбавлен
3	L-молочная кислота (LA), глюкоза (G), вода (W)	30 %
4	L-молочная кислота (LA), глюкоза (G), вода (W)	Раствор не разбавлен

Далее была определена антиоксидантная активность полученных экстрактов по двум вышеуказанным методикам. Экстракты, полученные при обработке ультразвуком, обладают большей антиоксидантной активностью, чем экстракты, приготовленные на водяной бане, что может свидетельствовать о большем выходе полифенольных и других соединений в экстракт. Самые высокие показатели антиоксидантной активности были получены для экстрактов на основе ПГЭР 1 и ПГЭР 4. По методике FRAP в пересчете на аскорбиновую кислоту значения антиоксидантной активности ультразвукового экстракта на основе ПГЭР 1 находятся в диапазоне 0.106–0.118 мг АК/мл, по методике DPPH – 0.104–0.114 мг АК/мл. В пересчете на аскорбиновую кислоту по методике FRAP значения антиоксидантной активности ультразвукового экстракта на основе ПГЭР 4 находятся в диапазоне 0.132–0.146 мг АК/мл, по методике DPPH – 0.137–0.157 мг АК/мл.

По результатам исследований можно сделать вывод, что при воздействии различных восстановителей на индикаторные системы на основе фенантролиновых комплексов железа и 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила аналитический сигнал (оптическая плотность) имеет близкие и высокие значения для обеих индикаторных систем, что позволяет рекомендовать их в равной мере.

Автор выражает благодарность научному руководителю Е.Д. Облучинской за ценные замечания к работе.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

Оценка антирадикальной активности пищевых продуктов с использованием индикаторной системы на основе фенантролиновых комплексов железа / Т.Г. Цюпко, Д.А. Чупрыгина, Н.А. Николаева и др. // Изв. вузов. Пищевая технология. 2011. № 5–6. С. 84–87.

Bakirtzi C., Triantafyllidou K., Makris D.P. Novel lactic acid-based natural deep eutectic solvents: efficiency in the ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenols from common native Greek medicinal plants // J. Applied Res. Medic. Aromat. Plants. 2016. Vol. 3. P. 120–127.

Farzaneh V., Carvalho I.S. A review of the health benefit potentials of herbal plant infusions and their mechanism of actions // Industrial crops and products. 2015. Vol. 65. P. 247–258.

From chemical platform molecules to new biosolvents: design engineering as a substitution methodology / M. Bergez-Lacoste, S. Thiebaud-Roux, P. De Caro et al. // Biofuels bioproducts and biorefining. 2014. Vol. 8. P. 438–451.

Resources and biological activities of natural polyphenols / A.-N. Li, S. Li, Y.-J. Zhang et al. // Nutrients. 2014. Vol. 6. P. 6020–6047.

Extraction optimisation using water/glycerol for the efficient recovery of polyphenolic antioxidants from two *Artemisia* species / E. Shehata, S. Grigorakis, S. Loupassaki, D.P. Makris // Separation and purification technology. 2015. Vol. 149. P. 462–469.

### Содержание витаминов в красной водоросли *Palmaria palmata* в зимний период

М.П. Клиндух<sup>1</sup>, Е.О. Добычина<sup>2</sup>, О.В. Задиракина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
klindukh.maria@yandex.ru

<sup>2</sup>Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск

<sup>3</sup>Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск

*Palmaria palmata* (Linnaeus) F. Weber & D. Mohr, 1805 (Florideophyceae: Palmariales) является одним из массовых видов красных водорослей Мурманского побережья Баренцева моря. Данный вид произрастает в среднем горизонте литорали, а также может спускаться

в сублиторальную зону на глубину 5–6 м (иногда до 20 м). Пальмария растет не только на камнях и скалах, но и встречается на фукоидах и мидиях, а в сублиторали выступает эпифитом *Saccharina latissima* и других представителей ламинариевых (Растения ..., 2016).

Данный вид и его родственники активно используются в пищу в странах Северной Европы (On the human ..., 2013), поэтому они перспективны для выращивания в аквакультуре, в том числе санитарной.

Красные водоросли содержат большое количество ценных веществ – белков, полисахаридов, микоспорин-подобных аминокислот, минеральных элементов (Morgan et al., 1980; Титлянов и др., 2011; On the human ..., 2013; Jaspars, Folmer, 2013), и витаминов, необходимых человеку. Особенно они богаты витаминами группы В (по сравнению с зелеными и бурыми водорослями). В водорослях содержание витаминов варьирует в зависимости от окружающей среды, таксона, стадии роста и сезона (Anis et al., 2017). По литературным данным, у *P. palmata* (*Rhodymenia palmata*) высокое содержание витаминов наблюдается весной и осенью (Morrissey et al., 2001).

Пальмария, произрастающая на Мурманском побережье Баренцева моря, практически не изучена, хотя ее следует рассматривать как важный источник биологически активных веществ и микроэлементов, а также как объект марикультуры.

Цель работы – определить содержание витаминов в зимний период у красной водоросли *P. palmata*, произрастающей в южной части Баренцева моря.

## Материал и методы

Водоросли для исследования собирали с ноября 2018 г. по январь 2019 г. в период отлива с литоральной зоны Кольского залива в районе Абрам-мыса. Одну часть талломов водорослей подвергали микроскопическому исследованию для определения стадии жизненного цикла, другую – фиксировали жидким азотом в момент отбора проб и хранили в морозильной камере при температуре –20 °С до обработки.

У водорослей анализировали содержание витаминов С, группы В и А (по каротиноидам, как предшественников витамина А).

Определение витаминов группы В проводили на базе лаборатории МАГУ на капиллярном электрофорезе “Капель-105М”. Метод измерений основан на извлечении свободных форм водорастворимых витаминов из образцов, разделении, идентификации и определении массовых долей (массовых концентраций) витаминов методом капиллярного электрофореза (Методика ..., 2011).

Для анализа количественного содержания аскорбиновой кислоты в тканях водорослей использовали спектрофотометрический метод, основанный на способности кислоты восстанавливать гексацианоферрат калия до дегидроаскорбиновой кислоты (Полевой, Максимова, 1978); каротиноидов – в смеси пигментов (ацетоновая вытяжка) спектрофотометрическим методом по принятым формулам (Jeffrey, Humphrey, 1975) с помощью спектрофотометра “Specord UV-VIS” (CarlZeiss, Германия).

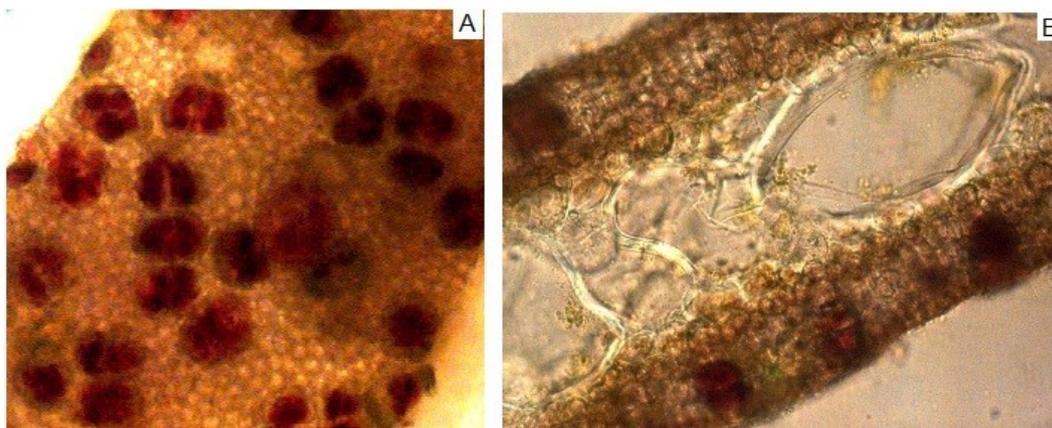
Сухую массу образцов определяли согласно общепринятой методике (ГОСТ 26185-84 ..., 2004).

Результаты измерений представлены в виде средних арифметических значений 3–4 параллельных измерений с доверительным интервалом. Для обработки данных использовали программу Microsoft Excel 2010.

## Результаты и обсуждение

В начале периода наблюдений на талломах *P. palmata* отмечалось формирование органов размножения – тетраспор. Единичные экземпляры с развивающимися тетраспорангиями встретились в октябре–ноябре. В декабре большинство собранных

растений имело развитые тетраспорангии. Массовый выход тетраспор происходил в середине января (рисунок). Единичные тетраспорангии на пластине могут встречаться до февраля.



Развивающиеся тетраспоры *P. palmata*:  
А – вид с поверхности; Б – поперечный срез через таллом

Наши данные по срокам развития водорослей совпадают с таковыми у водорослей в Ирландии (Morrissey et al., 2001). По-видимому, сроки размножения связаны с уровнем ультрафиолетовой радиации, который в зимний период на наших широтах минимален.

В работе М.В. Макарова (2010) показано, что облучение фертильных талломов водоросли *P. palmata* определенным уровнем ультрафиолета В ( $0.6 \text{ Вт/м}^2$ ) вызывает увеличение выхода тетраспор в темноте примерно в 13 раз (в контроле в 2 раза) (по-видимому, для успешного прохождения данного процесса необходимо чередование режимов свет–темнота).

Механизм выхода тетраспор из спорогенной ткани *P. palmata* изучен недостаточно. Возможно, что в нем задействованы два различных механизма: ферментативный лизис клеточной стенки тетраспорангия и сдавливание его соседними клетками, увеличивающими свой объем за счет осмотических процессов.

В исследованных нами водорослях были обнаружены витамины группы В: В<sub>2</sub> (рибофлавин), В<sub>5</sub> (никотиновая кислота) и В<sub>6</sub> (пиридоксин) (таблица).

#### Содержание витаминов в талломах *P. palmata*, мкг/г

Витамин	Ноябрь	Декабрь	Январь
В <sub>2</sub> (рибофлавин)*	18.34±2.97	13.79±1.64	6.55±2.43
В <sub>5</sub> (никотиновая кислота)*	13.37±0.66	18.69±2.08	16.82±0.06
В <sub>6</sub> (пиридоксин)*	6.07±0.38	9.04±0.93	9.56±0.45
Витамин С (аскорбиновая кислота)*	234.38±24.92	215.98±18.71	266.47±20.94
Каротиноиды (провитамин А)**	0.318±0.121	0.205±0.091	0.207±0.048

\*Содержание витамина рассчитывали на 1 г сухой массы водорослей.

\*\*Содержание витамина рассчитывали на 1 г сырой массы водорослей.

Содержание рибофлавина и никотиновой кислоты оказались достаточно близкими в исследуемых водорослях *P. palmata*, в пиридоксина – в 1.5–2 раза ниже, чем остальных представителей группы В (таблица).

Концентрация рибофлавина наиболее высока в начале зимнего периода. К середине января его концентрация постепенно снизилась и оказалась почти в 3 раза меньше, чем в ноябре (таблица).

К началу периода полярной ночи (декабрь) содержание никотиновой кислоты увеличилось в 1.4 раза по сравнению с ноябрем и было максимальным за весь период наблюдений. В январе концентрация витамина В<sub>5</sub> изменилась незначительно по сравнению с декабрем.

Содержание витамина В<sub>6</sub> в талломах *P. palmata* увеличилось в декабре и в дальнейшем (в январе) не изменялось (таблица).

Витамин С содержится в достаточно большом количестве. В течение ноября–января концентрация данного витамина поддерживалась на одном уровне и практически не изменялась.

Каротиноиды можно рассматривать как провитамин А. Для *P. palmata* отмечено снижение концентрации данных пигментов с ноября по декабрь. В январе содержание каротиноидов в водорослях оставалось таким же, как и в декабре (таблица).

В литературе сведения о витаминном составе водорослей не многочисленны. В основном он исследовался в периоды заготовки водорослей с целью определения их качества как пищевого и кормового сырья или сырья для переработки. *Palmaria palmata* богата витаминами А, С, Е, В<sub>1</sub>, В<sub>5</sub> и является источником витамина В<sub>12</sub>, отсутствующего в большинстве других растений (Morgan et al., 1980; Seaweed ..., 2011). Британские ученые предположили, что синтез цианокобаламина (В<sub>12</sub>) у водорослей происходит благодаря бактериям, живущим в окружающей морской воде, или микроорганизмам-эпифитам, использующих поверхность водоросли в качестве субстрата. Также исследования показали, что В<sub>12</sub>, найденный в макроводорослях, на самом деле может быть формой, которая не является питательно полезной и что методы, используемые для оценки в настоящее время, не позволяют в достаточной мере оценить его биодоступность (Hotchkiss, Murphy, 2015).

Согласно литературным данным (Morrissey et al., 2001), у *P. palmata* содержание витаминов группы В выше (В<sub>1</sub> – 7, В<sub>2</sub> – 2–19, В<sub>3</sub> – 2–19, В<sub>6</sub> – 9–90, В<sub>12</sub> – 6.6 мкг/г), чем у *Porphyra tenera* (В<sub>2</sub> – 1.24, В<sub>3</sub> – 2.6–10 мкг/г) (Титлянов и др., 2011).

По витамину С данные разнятся. Так для ирландской *P. palmata* показана его высокая концентрация – 150–280 мкг/г (Morrissey et al., 2001; Rajapakse, Kim, 2011), тогда как в работе Р. Анупама и П. Равиндра (Anupama, Ravindra, 2000) количество L-аскорбиновой кислоты составляет 63 мкг/г.

*Palmaria palmata* богата каротинами. По одним данным их количество может варьировать от 20 до 170 мкг/г (Rajapakse, Kim, 2011), по другим составляет 663 мкг/г (Morrissey et al., 2001), что эквивалентно их содержанию в моркови (600–650 мкг/г).

Синтез витаминов может определяться как экологическими условиями, так и функциями, которые они выполняют в организме. Витамины группы В выполняют в основном коферментную функцию в организмах растений и животных.

Мы предполагаем, что изменения в концентрации витаминов определяются метаболической активностью растений, стадией жизненного цикла, географическими и климатическими особенностями региона. Возможно, витамины могут принимать участие в процессах формирования тетраспорангиев, регулируя рост и формирование спорогенной ткани на поверхности таллома водоросли.

На начальных этапах закладки тетраспор содержание витамина В<sub>2</sub> наибольшее, а по мере их созревания, а затем и выхода содержание рибофлавина снижается. Вероятно, витамин В<sub>2</sub> связан с процессом размножения *P. palmata* и используется на синтез флавинозависимых ферментов для окислительно-восстановительных реакций, в ходе которых образуются необходимые для формирования и выхода тетраспор вещества.

Никотиновая кислота формирует активный центр никотинамидных коферментов – НАД и НАДФ. Данные коферменты участвуют во многих окислительно-восстановительных реакциях, в том числе и в реакциях переаминирования аминокислот с кетокислотами. Их роль важна в процессах дыхания. В зимний период метаболическая активность клеток минимальна, возможно с этим и связаны особенности накопления данного витамина.

В период размножения *P. palmata* концентрация витамина В<sub>6</sub> увеличилась в 1.6 раза (таблица). Пиридоксин принимает участие в формировании целого ряда ферментов белкового обмена. Образующийся при его участии пиридоксальфосфат является составной частью биокатализаторов, ускоряющих реакции декарбоксилирования ряда аминокислот, а также реакции переаминирования аминокислот с кетокислотами (Сиренко, Козицкая, 1988). Увеличение содержания пиридоксина с ноября по январь, возможно, связано с инактивацией части ферментов белкового обмена, содержащих пиридоксальфосфат.

Аскорбиновая кислота обеспечивает процессы обезвреживания активных форм кислорода. В течение исследованного периода содержание данного витамина практически не изменялось. Для аскорбиновой кислоты показана зависимость ее синтеза от уровня солнечной радиации, от качественного состава света (Чупахина, 1997).

Витамин А осуществляет нейтрализацию активных форм кислорода, необходим для экспрессии генов, участвующих в процессах развития клетки и обеспечивающих чувствительность клеток к гормонам и ростовым стимулам. Главная роль каротиноидов в растительном организме тесно связана с фотосинтезом. Содержание каротиноидов во многом зависит от интенсивности, уровня и качественного состава фотосинтетически активной радиации (Макаров, 2010). Изменение уровня интенсивности освещенности в районе произрастания водорослей, скорее всего, является одной из причин динамики содержания каротиноидов в *P. palmata*.

### Заключение

Для зимнего периода характерна низкая активность метаболических процессов, однако именно в этот период у *P. palmata* происходил процесс размножения. В талломах водорослей присутствовали витамины В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, аскорбиновая кислота и каротиноиды.

Показано, что с ноября по январь содержание витамина В<sub>2</sub> снижалось, В<sub>5</sub> увеличивалось в декабре, а В<sub>6</sub> возрастало к концу января. Содержание аскорбиновой кислоты в течение зимних месяцев не изменялось, а концентрация каротиноидов уменьшилась к началу полярной ночи и не менялась до ее окончания.

Содержание витаминов в водорослях и их изменение в течение зимнего периода могут быть связаны с процессами адаптации к нему (низкая освещенность и температура), а также с размножением *P. palmata*.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. Введен 01.01.85. М.: Изд-во стандартов, 2004. 34 с.

Макаров М.В. Адаптация водорослей Баренцева моря к условиям освещения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук (25.00.28). Мурманск, 2010. 51 с.

Методика измерений содержания свободных форм водорастворимых витаминов в премиксах, витаминных концентратах, смесях и добавках, в том числе жидких, методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза “Капель-105/105М” (ФР.1.31.2011.11207). СПб.: ООО “Льюмэкс”, 2011. 60 с.

Полевой В.В., Максимова Г.Б. Методы биохимического анализа растений. Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1978. 192 с.

*Растения и лишайники Мурманского побережья Баренцева моря (полевой атлас) / Под ред. Е.Ф. Марковской. Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. гос. ун-та, 2016. 184 с.*

*Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев: Наук. думка, 1988. 256 с.*

*Тутлянов Э.А., Тутлянова Т.В., Белоус О.С. Полезные вещества морских красных водорослей (Rhodophyta): химическая структура и содержание // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 165. С. 305–319.*

*Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград: Изд-во Калининград. гос. ун-та, 1997. 120 с.*

*Anis M., Ahmed S., Hasan M.M. Algae as nutrition, medicine and cosmetic: The forgotten history, present status and future trends // World J. Pharmacy and Pharmaceutical Sci. 2017. Vol. 6, iss. 6. P. 1934–1959. Doi: 10.20959/wjpps20176-9447*

*Anurama R., Ravindra P. Value-added food: Single cell protein // Biotechnology advances. 2000. Vol. 18, iss. 6. P. 459–479. Doi: 10.1016/S0734-9750(00)00045-8*

*Hotchkiss S., Murphy C. Marine macroalgae and human health / Marine algae: biodiversity, taxonomy, environmental, assessment and biotechnology / L. Pereira, J.M. Neto (Eds.). Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. P. 320–356.*

*Jaspars M., Folmer F. Sea vegetables for health // Food and health innovation service. 2013. P. 4–19.*

*Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*1 and *c*2 in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochemie und Physiologie der Pflanzen. 1975. Vol. 167(2). P. 191–194.*

*Morgan K.C., Wright J.L.C., Simpson F.J. Review of chemical constituents of the red alga *Palmaria palmata* (Dulse) // Economic Botany. 1980. Vol. 34(1). P. 27–50.*

*Morrissey J., Kraan S., Guiry M.D. A guide to commercially important seaweeds on the Irish coast. Dublin: Irish Bord Iascaigh Mhara/Irish Sea Fisheries Board, 2001. 67 p.*

*On the human consumption of the red seaweed dulse (*Palmaria palmata* (L.) Weber & Mohr) / O.G. Mouritsen, C. Dawczynski, L. Duelund et al. // J. Appl. Phycol. 2013. Vol. 25. P. 1777–1791. Doi: 10.1007/s10811-013-0014-7*

*Rajapakse N., Kim S.-K. Nutritional and digestive health benefits of seaweed // Advances in food and nutrition research. 2011. Vol. 64. P. 17–28. Doi: 10.1016/b978-0-12-387669-0.00002-8*

*Seaweed nutria-biotechnology: Adding value to aquaculture feed / U. Mishra, S.K. Singh, S.D. Roy et al. // World aquaculture. 2011. Vol. 42, № 4. P. 12–14.*

## **Межгодовая динамика аномалий термохалинных показателей вод на разрезе “Кольский меридиан” с 2000 по 2018 гг.**

**Т.М. Максимовская**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
maximovskaja@mmbi.info

### **Введение**

Исследования на стандартном океанографическом разрезе “Кольский меридиан” имеют более чем вековую историю с началом в мае 1900 г. согласно решениям Стокгольмской конференции. Разрез расположен вдоль 33°30' в. д. от 69°30' до 77° с. ш., в классическом виде состоит из 19 станций, включая три дополнительные. Разрез пересекает три течения: Прибрежную ветвь Мурманского течения (станции 1–3), Основную ветвь Мурманского течения (станции 4–7) и станции 8–10 – Центральную ветвь Нордкапского течения (Карсаков, 2007; Воды ..., 2016). Исследования на разрезе “Кольский меридиан” важны для выявления крупномасштабных изменений океанологических процессов. Поэтому цель данной работы заключается в том, чтобы выявить особенности межгодовых изменений термохалинных показателей вод на разрезе.

## Материал и методы

В работе рассматриваются данные о распределении температуры и солености на вертикальных профилях, полученные в ходе экспедиций ММБИ и ПИНРО с 2000 по 2018 гг. (таблица). В наблюдениях имеется сезонная неравномерность, большинство измерений выполнены в летний период, когда наблюдаются благоприятные ледовые и световые условия для проведения экспедиционных исследований на акватории Баренцева моря. Данные, полученные в летний период, составляют 64 % всего объема сведений за исследуемые годы, количество зондирований водной толщи в осенне-зимний период – 23 %, в весенние месяцы было выполнено лишь 13 %.

### Экспедиционные исследования на разрезе “Кольский меридиан” в 2000–2018 гг.

Период	Время проведения
Весенний	18–21 апреля 2001 г.; 06–11 апреля 2016 г.; 14–16 мая 2018 г.
Летний	31 июля–03 августа 2001 г.; 20–23 июля 2002 г.; 7–9 августа 2003 г.; 14–17 июля 2004 г.; 26–29 июля 2005 г.; 28 августа–01 сентября 2006 г.; 16–20 августа 2008 г.; 12–19 августа 2009 г.; 19–22 августа 2010 г.; 09–11 августа 2012 г.; 09–11 августа 2013 г.; 02–05 августа 2014 г.; 09–11 августа 2015 г.; 13–17 июля 2017 г.
Осенне-зимний	28 сентября–01 октября 2000 г.; 23–26 сентября 2011 г.; 15–19 ноября 2012 г.; 09–12 декабря 2015 г.; 29 ноября–07 декабря 2017 г.

Для расчета аномалий температуры и солености использовались данные с десяти станций, которые на протяжении многих лет выполнялись чаще других (от 69°30' до 74° с. ш.). Аномалии были получены как разность между фактическими значениями средних взвешенных значений температуры и солености в рассматриваемый период и норм тех же характеристик, рассчитанных по рядам многолетних наблюдений с дискретностью 5 м по вертикали (Моисеев, 2005).

## Результаты и обсуждение

Рассмотрим межгодовую динамику аномалий температуры и солености в летний период в слое 0–50 м и 0–дно (рис. 1). В межгодовом ходе аномалий в слое 0–50 м выделяются два выраженных максимума, относящихся к 2006 и 2013 гг. – 1.34 и 1.49 °C соответственно. Минимумы наблюдались в 2002 (0.09 °C), 2010 (–0.20 °C) и 2017 (–0.29 °C) годах. В изменчивости аномалий температуры воды за исследуемый отрезок времени на разрезе наблюдается периодичность в 7 лет, причем в 2017 г. отмечается самое низкое значение за рассматриваемый период. Наиболее четко данная закономерность выражена в Прибрежной ветви Мурманского течения. Ранее В.Д. Бойцовым (2007) было показано наличие 7–8-летнего цикла температуры вод на разрезе за период более 50 лет (1951–2005 гг.). Указанный цикл может косвенно определяться изменчивостью интенсивности зонального переноса воздушных масс над Северной Атлантикой. По наблюдениям В.Ю. Визе (1944), положительные аномалии температуры воды в летний период наблюдаются после значительного развития исландского минимума зимой и повышенных градиентов атмосферного давления над Норвежским морем, которые и приводят к интенсивному притоку атлантических вод в Баренцева море (Морские ..., 1988). Эта периодичность прослеживается главным образом в слое 0–50 м, но основные ее черты проявляются также и в межгодовом ходе температуры в слое от поверхности до дна. Наибольших значений аномалии (средние для всей толщи вод) достигали в 2006 г. – 1.56 °C, 2012 г. – 1.30 °C.

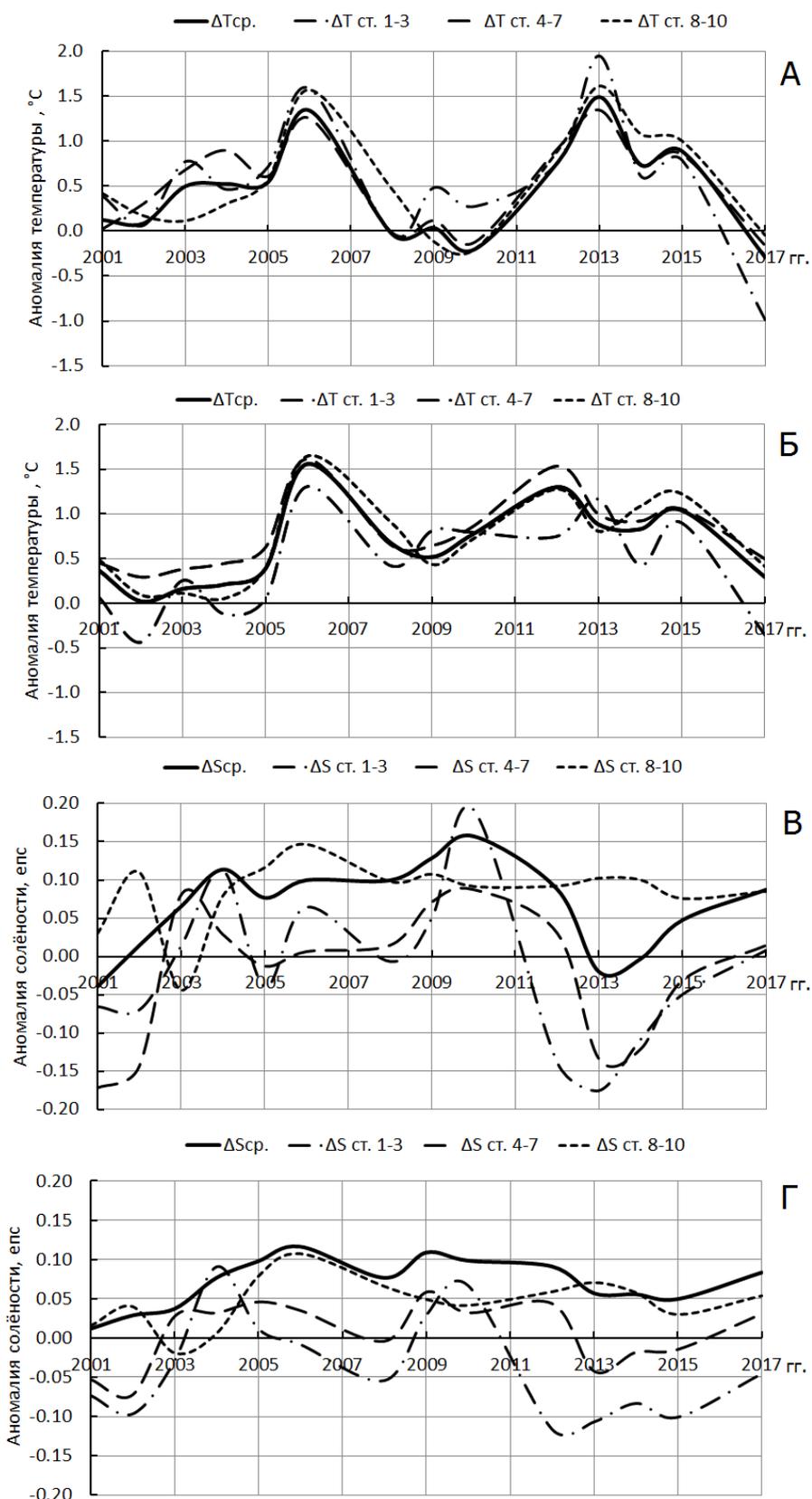


Рис. 1. Межгодовая изменчивость аномалий средних взвешенных значений температуры и солёности воды, осредненных по ветвям пересекаемых разрезом течений, в слое 0–50 м (А, В) и 0–дно (Б, Г) в летний период

Распределение аномалий солености в исследуемый период не имеет выраженной периодичности, является более сглаженным, особенно при осреднении от поверхности до дна. Максимум средних взвешенных аномалий солености в слое 0–50 м в летний период наблюдались в 2010 г. (0.16 епс), минимум – в 2001 г. (–0.04 епс). Для слоя 0–дно соответствующие величины составили 0.02 епс в 2001 г. и 0.12 епс в 2009 г.

Осенне-зимний период представлен данными температуры пяти океанографических съемок на разрезе “Кольский меридиан”, солености – трех измерений (таблица). Аномалии температуры в слое от поверхности до дна принимают положительные значения, изменяются от 0.43 °С в 2011 г. до 1.36 °С в 2015 г. (рис. 2). В аномалиях температуры, полученных для конца ноября–начала декабря (2012, 2015 и 2017 гг.), наблюдаются значения от 1.14 до 1.36 °С. Аномалии температуры, полученные для сентября 2000 и 2011 гг. принимали значения 0.46 и 0.43 °С соответственно. Изменчивость средней взвешенной солености имеет тенденцию к уменьшению от 0.13 епс в 2012 г. до нормы в 2017 г.

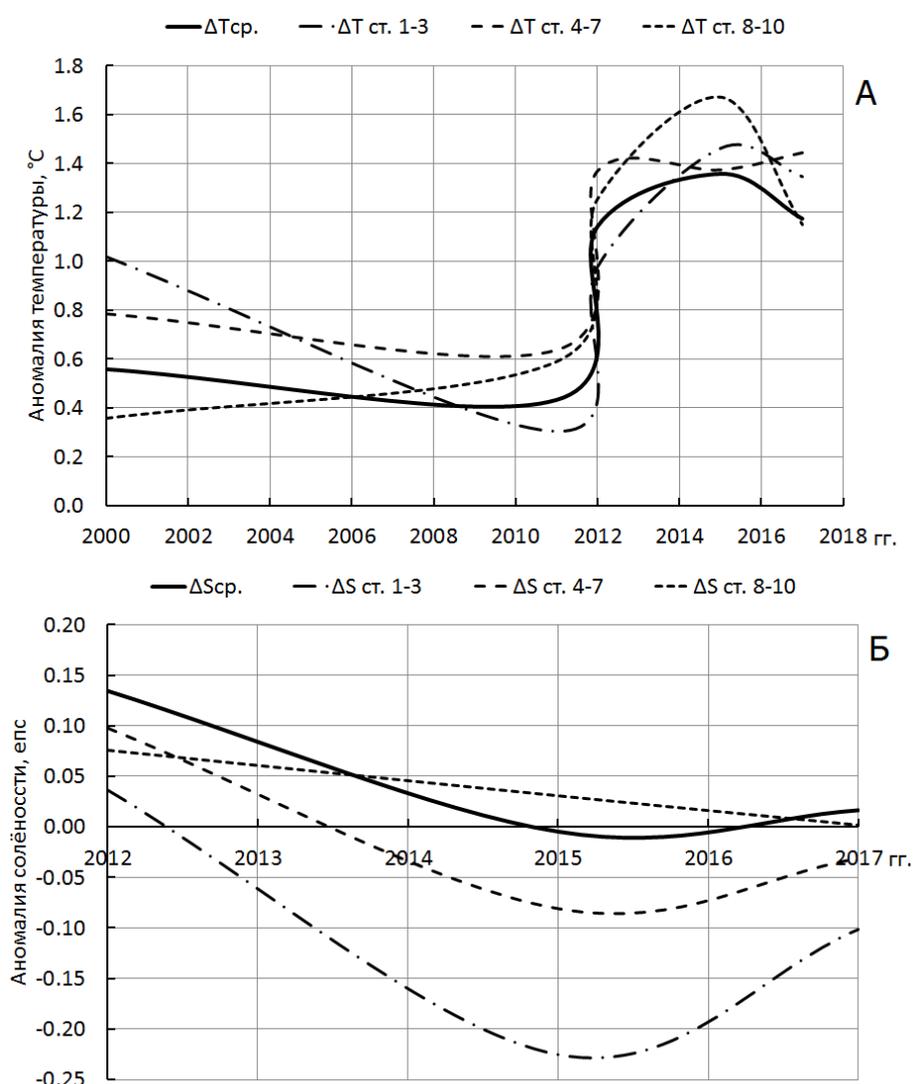


Рис. 2. Межгодовая изменчивость аномалий средних взвешенных значений температуры (А) и солености (Б) воды в слое 0–дно на разрезе “Кольский меридиан” в осенне-зимний период

В начале весеннего периода (апрель–май) наблюдения проводились в 2001, 2016 и 2018 гг. В это время года свободной от льда остается только занятая атлантическими и прибрежными водами юго-западная часть моря. Положительные аномалии температуры

воды определяются температурой приходящих атлантических вод, в слое 0–дно при осреднении для всего разреза они составили в хронологическом порядке: 0.78, 1.66, 1.14 °С. Аномалии солености близки к норме и составляли 0.03, 0.01, 0.01 епс соответственно.

### Заключение

Для межгодовой изменчивости аномалии температуры воды в летний период характерно наличие периодичности в 7–8 лет. Обнаружение данной закономерности для отрезка времени с 2001 по 2017 гг. подтверждает результаты и продолжает исследования В.Д. Бойцова, которые были выполнены с 1951 по 2005 гг. Стабильное существование периодичности связано с тем, что по продолжительности она близка к нутационным колебаниям Земли и ее магнитной возмущенности, которые проявляются, в том числе, в изменчивости атмосферных барико-циркуляционных процессах (Бойцов, 2007). В последнее десятилетие наблюдается снижение аномалии температуры в летний период до наиболее низкой в 2017 г. Для всего периода исследований характерны аномалии, значительно превышающие среднемноголетние нормы температуры и солености. Аномалии температуры наблюдаются на протяжении всего периода, а приближение к норме рассматривается как понижение температуры приходящих атлантических вод. Это связано с тем, что для расчета аномалий используются среднемноголетние нормы, не включающие в себя данные последнего десятилетия. Поэтому возникает необходимость в корректировке используемых норм.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

- Бойцов В.Д.* Космогеофизические факторы и межгодовые колебания температуры воды Баренцева моря // Рыбное хозяйство. 2007. № 1. С. 57–60.
- Визе В.Ю.* Основы методов долгосрочных ледовых прогнозов арктических морей // Тр. Аркт. НИИ. 1944. Т. 190. 274 с.
- Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость* / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов и др. Мурманск: Изд. ПИПРО, 2016. 260 с.
- Карсаков А.Л.* Некоторые результаты обобщения океанологических наблюдений на вековом разрезе “Кольский меридиан” за период 1900–2005 гг. // Вопросы промысловой океанологии. М.: Изд-во ВНИРО, 2007. Вып. 4, № 2. С. 136–158.
- Моисеев Д.В.* Аномалии термохалинных характеристик водных масс на стандартных разрезах Баренцева моря (по данным исследований ММБИ в 1999–2004 гг.) // Материалы XXIII конференции молодых ученых, посвященной 70-летию МБС–ММБИ. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 65–76.
- Морские прогнозы* / З.К. Абузяров, К.И. Кудрявая, Е.И. Серков, Л.И. Скриптунова. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 320 с.

### Гранулометрический состав донных отложений озера Бретъёрна (Западный Шпицберген)

**Н.И. Мешеряков<sup>1</sup>, Г.В. Тарасов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
meshcheriakov104@mail.ru

<sup>2</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург

### Введение

Архипелаг Шпицберген в настоящее время рассматривается как уникальный объект комплексного исследования экосистем Арктики и ее ресурсов с целью освоения и изучения

быстро нарастающих природных изменений. В этом отношении оз. Бретъёрна – молодой, вновь образующийся водоем, олицетворяющий современные изменения географического облика Арктики. С этой точки зрения, а также в связи с его относительной доступностью, водоем можно считать уникальным для модельного изучения береговых постгляциальных процессов в Арктике и развития новых пресноводных арктических экосистем. Одной из главных характеристик постгляциальных процессов является седиментогенез, который в том числе оценивается по важному литологическому и геоэкологическому показателю – гранулометрическому составу донных осадков. Гранулометрический состав отложений отражает интенсивность происходящих дегляциальных процессов, периодичность, равномерность и экологические условия в период осадконакопления, в частности – уровень антропогенной нагрузки. Однако никогда ранее литология донных отложений озера и их гранулометрический состав не исследовались.

В связи с этим основной целью исследований было изучение гранулометрического состава толщи осадков оз. Бретъёрна в различных по гидродинамике районах.

Озеро Бретъёрна расположено на о. Западный Шпицберген в краевой зоне ледника Грэнфьорд, к югу от кута залива Грэн-фьорд (рис. 1). Котловина озера сформировалась 100–700 лет назад в результате экзарационной деятельности ледника Грэнфьорд. По оценкам пионеров в исследовании этого водоема Г.А. Тарасова и О.В. Кокина, озеро приобрело современный вид приблизительно 80 лет назад, после отступления ледника (Тарасов, Кокин, 2007; Кокин, Тарасов, 2008).

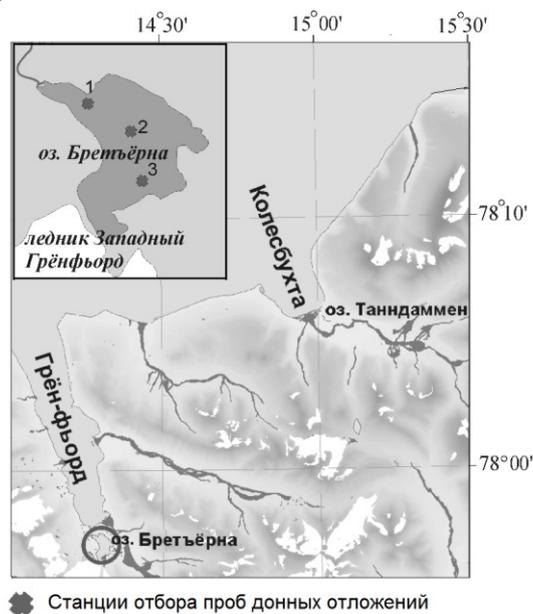


Рис. 1. Точки отбора колонок донных отложений в озере Бретъёрна

Площадь водного зеркала озера составляет 1.52 км<sup>2</sup>, объем – 17.5 млн м<sup>3</sup>, максимальная глубина – 24 м. Формирование донных отложений предположительно приурочено к турбидитовому процессу высокоплотных потоков на фоне сезонной изменчивости поступления осадочного материала в бассейн седиментации (Кокин, Тарасов, 2008; Кокин, Кирилова, 2017).

Таким образом, можно считать, что формирование озерно-ледниковых отложений в водоеме приурочено исключительно к эпохе глобального потепления и дегляциации высокоширотной Арктики.

## Материал и методы

Новые геоэкологические исследования озера, в том числе изучение характеристик донных отложений, были выполнены сотрудниками ММБИ КНЦ РАН и ААНИИ с 20 марта по 20 апреля 2018 г.

В период проведения экспедиции озеро было покрыто слоем льда толщиной 1.7 м. Отбор проб донных отложений произведен с помощью инерционной стандартной трубки ГОИН с ледовой поверхности через специально пробуренную лунку (рис. 2).



Рис. 2. Отбор донных отложений на оз. Бретгёрна

Станции опробывания расположены вдоль оси водоема, что дает возможность охватить исследованиями районы озера с различным гидродинамическим воздействием ледникового стока и выходящего из озера водного потока (рис. 1). Были отобраны три различающихся по длине колонки донного осадка. Мощность вскрытых отложений на ст. 1 составила 40 см, на ст. 2 – 70 см, на ст. 3 – 64 см. Образцы осадка из полученных кернов подвергались гранулометрическому анализу послойно.

Для анализа использован общепринятый интегральный метод Батурина–Осборна. Разделение осадочного материала на слагающие фракции проводилась по классической методике Батурина с последовательным взмучиванием образцов. Полнота отмучивания и оседания фракций контролировалась наблюдением с помощью бинокля МБС-10 согласно методике Осборна. Затем литологический материал был высушен в сушильном шкафу и просеян через набор сит с ячейками > 2.0, 1.0, 0.5, 0.25, 0.1 и 0.05 мм. Все полученные фракции были взвешены на аналитических весах.

## Результаты и обсуждение

По визуальным наблюдениям цвет осадков по длине колонок варьирует от светло- до темно-коричневого. По своей консистенции и цвету осадки во всех частях озера, независимо от его глубины, мало отличаются. Вертикальная слоистость в кернах не выражена, осадок во всех слоях хорошо перемешан и представляет собой практически гомогенную массу по всей вскрытой толще.

Инструментальный анализ показал, что для донных отложений оз. Бретгёрна характерно преобладание мелкодисперсного осадочного материала (таблицы 1–3). Доминируют фракции

с размером зерен от 0.05 до 0.01 мм и более 0.01 мм. Суммарная доля мелкоалевритовых и пелитовых частиц составляет на станциях от 70 до 95 % массы пробы. Максимальная доля мелкодисперсных фракций свойственна осадкам в центральной части озера по всей длине колонки. В других частях озера соотношение долей варьирует по глубине керна в указанном интервале.

Т а б л и ц а 1

**Гранулометрический состав отложений колонки 1, % от массы пробы**

Интервал, см	Размерность зерен, мм						
	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	< 0.01
0-5	0.27	0.16	1.0	11.2	11.2	23.8	52.4
5-7	–	–	–	6.9	13.9	24.9	54.3
7-11	–	–	–	10.6	18.3	21.4	49.7
11-20	0.7	0.7	2.1	9.8	11.7	18.1	56.9
20-25	1.0	0.3	2.0	6.6	6.0	25.0	59.1
25-30	0.1	0.1	0.2	6.8	7.7	28.0	57.1
30-40	6.1	1.0	0.9	4.8	9.9	37.4	39.9

Т а б л и ц а 2

**Гранулометрический состав отложений колонки 2, % от массы пробы**

Интервал, см	Размерность зерен, мм						
	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	< 0.01
0-5	–	–	–	2.2	3.6	55.9	38.3
5-9	–	–	–	3.7	6.5	49.7	40.1
9-16	–	–	–	2.0	5.2	55.3	37.5
16-20	–	–	–	4.4	3.3	40.0	52.3
20-25	–	–	–	1.5	3.8	57.6	37.2
25-30	–	–	–	3.5	1.6	48.1	46.8
30-35	–	–	–	10.7	8.4	43.0	37.9
35-45	–	–	–	2.4	7.6	57.9	32.1
45-50	–	–	–	1.8	14.5	48.0	35.7
50-55	–	–	–	1.7	8.7	57.1	32.5
55-60	–	–	–	0.5	1.4	63.4	34.7
60-65	–	–	–	1.7	4.4	47.5	46.4
65-70	–	–	–	4.7	6.3	51.0	38.0

Т а б л и ц а 3

**Гранулометрический состав отложений колонки 3, % от массы пробы**

Интервал, см	Размерность зерен, мм						
	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	< 0.01
0-5	–	–	–	4.0	5.0	35.0	56.0
5-7	–	–	–	4.2	2.4	36.7	56.7
7-9	–	–	–	4.4	2.4	37.8	55.4
9-16	–	–	–	4.2	3.4	46.4	46.0
16-24	–	–	–	1.9	3.0	46.5	48.6
24-40	–	–	–	2.1	9.5	52.5	35.9
40-56	–	–	0.2	5.5	21.1	51.7	21.5
56-64	–	–	0.2	7.7	31.5	41.4	19.2

Следующий размерный ряд осадочных частиц – это фракции с размером зерен 0.1–0.05 и 1–0.1 мм. Доля частиц этих фракций в среднем не превышает одной четверти от общей массы образцов донных отложений на станциях.

Осадки краевых частей озера (колонки 1 и 3) имеют некоторые отличительные особенности в гранулометрическом составе, которые проявляются лишь эпизодически на разных горизонтах колонки и связаны, по-видимому, с межгодовыми флуктуациями гидродинамической активности ледникового стока и выходящего из озера водного потока. В частности, в устьевой части озера, в зоне разгрузочного течения (колонка 1), в слоях 11–25 и 30–40 см суммарное содержание зерен размерностью 2.0–0.25 мм относительно повышено – от 3 до 6 % общей массы в пробе.

В зоне разгрузки ледникового стока (колонка 3) в слоях колонки ниже 24 см отмечен непрерывный рост доли частиц фракции 0.1–0.05 мм с увеличением глубины залегания осадочного слоя. Так в слое 16–20 см доля этой фракции составляет 3 %, тогда как на горизонте 65 см – уже 31.5 % общей массы осадка, что непосредственно связано с изменением интенсивности ледникового стока и удаленным переносом мелкодисперсного осадочного материала.

### Выводы

В целом гранулометрический состав вскрытых донных отложений во всех колонках относительно однороден. Основная масса осадков образована частицами пелит-алевритовой размерности – менее 0.05 мм. Однако, несмотря на относительную однородность осадка, в разных частях озера отмечены эпизодически встречающиеся отличия гранулометрического состава, которые свидетельствуют о неравномерности процессов дегляциации и, соответственно, процессов осадкообразования на периферических участках озера. Наиболее заметны различия в эпизодических или продолжительных изменениях соотношений грубо- и тонкозернистых фракций осадочного материала в слоях донных отложений.

Сопряженность этих различий, а также скорость осадконакопления в озере предстоит выяснить в дальнейших исследованиях. В целом представленные данные по гранулометрическому составу вскрытой толщи донных отложений отражают их генезис и подтверждают ранее высказанные предположения о природе формирования осадков в оз. Бретъёрна.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

Кокин О.В., Кириллова А.В. Реконструкция динамики ледника Грэнфьорд (Западный Шпицберген) в голоцене // Лёд и снег. 2017. Т. 57(2). С. 241–252.

Кокин О.В., Тарасов Г.А. Подводный рельеф и донные отложения приледникового озера Ледовое (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 8. М.: ГЕОС, 2008. С. 173–177.

Тарасов Г.А., Кокин О.В. Новые данные о возрасте напорного вала ледника Грэнфьорд // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. С. 85–92.

### Систематика арктических видов многощетинковых червей рода *Pholoe* (Polychaeta: Pholoidae)

К.К. Москвин

Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск  
tyash@yandex.ru

Полихеты рода *Pholoe* – широко распространенные мелкие (длиной до 20 мм) и подвижные многощетинковые черви, встречающиеся в прибрежье от литорали до глубины 70 м на разнообразных грунтах (Ушаков, 1955; Pettibone, 1992). Личинки некоторых

представителей этого рода ведут планктонный образ жизни с лецитотрофным или планктонотрофным типом питания. Отдельные виды откладывают несколько больших яиц, молодь из которых развивается прямо внутри элитр (живорождение) или под ними (забота о потомстве) (Pettibone, 1992). Мировая фауна полихет данного рода насчитывает 20 видов (WoRMS ..., 2000–2019). В европейских прибрежных водах отмечено шесть видов рода: *P. longa* Müller, 1776, *P. minuta* Fabricius, 1780, *P. inornata* Johnston, 1839, *P. baltica* Örsted, 1843, *P. assimilis* Örsted, 1845 и *P. pallida* Chambers, 1985 (Petersen, 1998; Жирков, 2001; Meißner et al., 2016).

Первыми были описаны *P. longa* и *P. minuta*, коллекции которых были отобраны в Западной Гренландии Отто Фабрициусом и отправлены на дальнейшее изучение в Данию. После обработки полученных проб О. Мюллер в 1776 г. описал *P. longa*, а через четыре года О. Фабрициус дополнил это описание, а также выделил второй вид в роде – *P. minuta*, считавшийся самым распространенным (Meißner et al., 2016). В XIX веке было описано еще три вида: *P. inornata* Г. Джонстоном в 1839 г. и *P. baltica* и *P. assimilis* А.С. Эрстедом в 1843 и 1845 гг. соответственно. Последним из известных арктических видов полихет рода *Pholoe* был описан в конце XX века С. Чемберсом *P. pallida* (Жирков, 2001).

При изучении арктической фауны полихет очень часто всех представителей данного рода определяли как *P. minuta*. Кроме того, *P. longa* и *P. minuta* часто путали, и в конце XX века *P. minuta* стали считать синонимом вида *P. longa* (Meißner et al., 2016). В результате путаницы виду *P. longa*, например, приписали наличие латеральных антенн, которых у него не должно быть (Meißner et al., 2016). В начале XXI века методами молекулярной биологии доказали не только самостоятельность *P. minuta*, но и показали, что в арктических морях может обитать большее число видов, чем считалось ранее (Meißner et al., 2016). Однако при применении этих методов стала очевидной необходимость более глубокого изучения рода *Pholoe*, так как особи одного вида разительно отличались генетически (Meißner et al., 2016).

В арктических морях полихеты рода *Pholoe* – постоянный компонент прибрежных донных сообществ мягких грунтов. В одной пробе может быть идентифицировано до трех видов данного рода (Petersen, 1998). Несмотря на их распространенность и частую встречаемость, при определении особей до вида по-прежнему сохраняются трудности в видовой идентификации баренцевоморских полихет рода *Pholoe*. Определение червей данного рода осуществляется на основе следующих основных признаков: наличие глаз, фациальной туберкулы, пигментации, формы и расположения папилл на элитрах (Жирков, 2001). Для облегчения видовой идентификации необходимо выделить дополнительные таксономические признаки.

После изучения отечественной и зарубежной литературы и сравнения приведенных в ней данных с фактическим материалом, таксономические проблемы этой группы организмов стали очевидны. Данная работа – попытка упорядочить имеющиеся сведения по систематике арктических многощетинковых червей рода *Pholoe*, а также дополнить их данными по популяциям червей, обитающих в Кольском заливе.

## Материал и методы

Работа выполнена на базе лаборатории зообентоса ММБИ КНЦ РАН. Материалом для исследования послужили сборы полихет из Кольского залива. Отбор проб был выполнен в 2017 г. во время экспедиции сотрудников ММБИ КНЦ РАН на научно-исследовательском судне “Дальние Зеленцы”. Полихеты были зафиксированы в 4 %-м формальдегиде и затем переведены в 75 %-м раствор этанола.

Черви рода *Pholoe* – мелкие виды, поэтому для исследования морфологических признаков использовались методы световой микроскопии. Для рассмотрения крупных

деталей применялся бинокляр Leica MZ APO, более мелких – световой биноклярный микроскоп. Также были сделаны рисунки пароподий и элитр первого и центрального сегментов тела, считающихся важными таксономическими признаками.

## Результаты

Из шести описанных в водах Северного Ледовитого океана видов многощетинковых червей рода *Pholoe* в пробах из Кольского залива были идентифицированы *P. longa*, *P. minuta* и *P. baltica*. Из них наиболее обилён *P. minuta*, остальные виды были представлены примерно в равном соотношении по числу экземпляров.

При просмотре особей рода *Pholoe* из Кольского залива были выделены некоторые признаки, на которые рекомендуется обращать внимание при идентификации. Они дополняют уже известные таксономические признаки (таблица).

### Морфологические признаки червей рода *Pholoe* (по данным анализа литературы и собственных наблюдений)

Признак	<i>P. longa</i>	<i>P. minuta</i>	<i>P. baltica</i>
Расположение первых элитр	Сходятся на простомииуме, закрывают глаза	Не находят друг на друга	Сходятся на простомииуме, закрывают глаза
Фациальная туберкула	Присутствует, но она короче медиальной антенны	Отсутствует	Присутствует, одной длины с медиальной антенной
Особенности глаз	Присутствуют две пары глаз, которые иногда срастаются, между глазами темный пигмент	Присутствуют две пары глаз, которые срастаются, между глазами темный пигмент	Присутствуют две пары глаз, которые иногда срастаются, между глазами темный пигмент
Пигмент элитр	Отсутствует	Коричнево-зеленый пигмент, в центре желтоватое пятно	Отсутствует
Характер расположения элитр	Элитры не покрывают середину тела, образуя тонкую полосу вплоть до последних сегментов, где элитры снова сходятся	Элитры полностью покрывают тело	Элитры полностью покрывают тело
Латеральные антенны	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

Ниже приведено описание арктических видов многощетинковых червей рода *Pholoe* из Кольского залива, дополненное собственными наблюдениями.

***Pholoe longa* Müller, 1776** (рисунки 1, 2, 3). Особи белого цвета без каких-либо пигментов на элитрах или самом теле, кроме черной точечной окраски между глазами. Элитры оставляют не прикрытой узкую открытую полосу в переднем и среднем отделах тела, снова смыкаясь на последних сегментах. Элитры первых сегментов более округлые (рис. 2А), их папиллы короткие и располагаются как по краю, так и на дорсальной поверхности (Meißner et al., 2016). В середине тела элитры становятся овальными (рис. 1Г), папиллы на поверхности встречаются реже. На последних сегментах элитры снова становятся округлыми.

На простомииуме хорошо отличима медиальная антенна, под ней располагается фациальная туберкула, которая значительно короче. Латеральные антенны отсутствуют (рис. 1). Две пары глаз расположены близко друг к другу и иногда срастаются, на перистомальных усиках расположены мелкие простые папиллы (Pettibone, 1992).

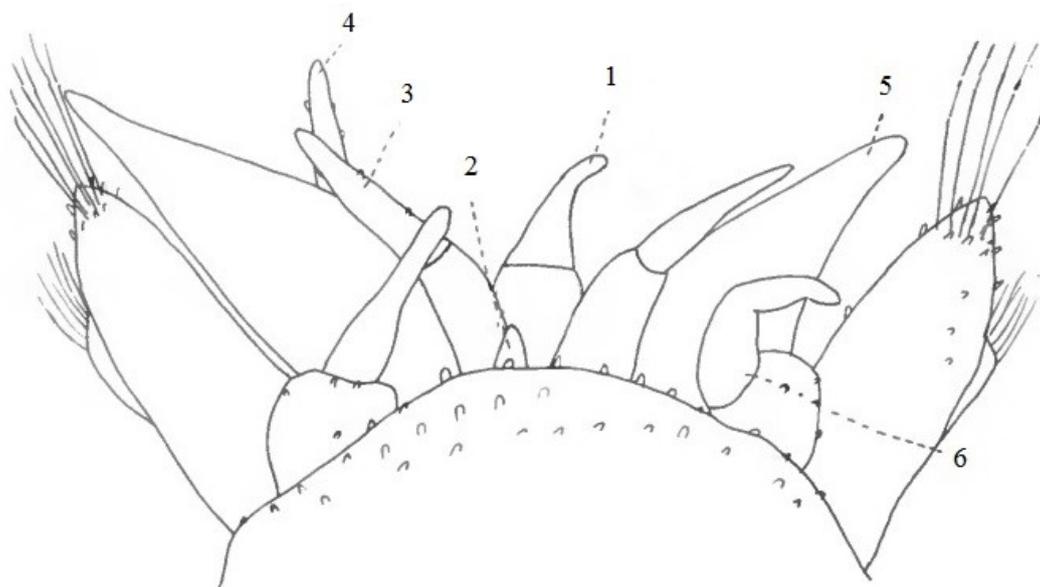


Рис. 1. Передний конец тела *P. longa* с брюшной стороны (по: Pettibone, 1992):

1 – медиальная антенна; 2 – фациальная туберкула; 3 – брюшные перистомальные усики; 4 – спинные перистомальные усики; 5 – пальпа; 6 – буккальный усик

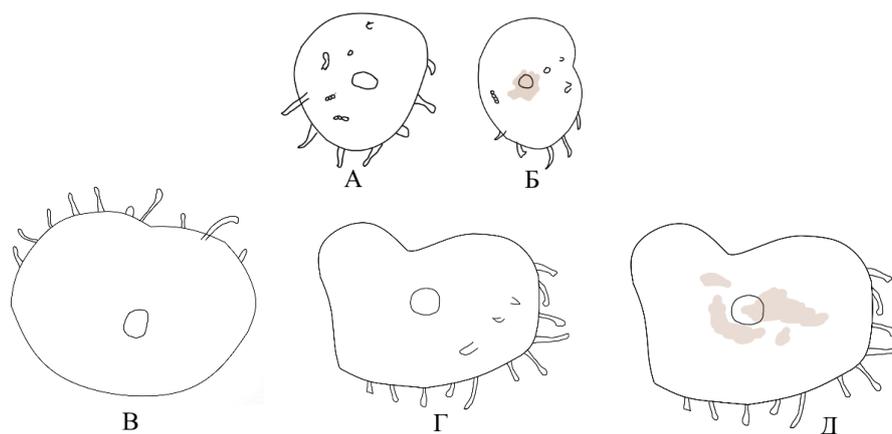


Рис. 2. Схема строения элитр полихет рода *Pholoe*:

А – элитра первых сегментов *P. longa*, *P. baltica*; Б – элитры первых сегментов *P. minuta*; В – элитра середины тела *P. baltica*; Г – элитра середины тела *P. longa*; Д – элитра середины тела *P. Minuta*

Параподии состоят из двух ветвей, каждую из которых покрывают простые папиллы. Нотоподии короткие, конической формы, без верхушечной папиллы на конце, несут простые волосовидные щетинки. Невроподии длиннее и с верхушечной папиллой, несут сложные щетинки, состоящие из длинного основания и короткого дистального членика, напоминающего лезвие по форме (рис. 3). Длина лезвия варьирует.

***Pholoe minuta* Fabricius, 1780.** Особи коричневого или зеленоватого цвета с коричневато-зеленым пигментом с желтой точкой в центре на элитрах, с черной точечной окраской между глазами. Особенности пигментации особенно заметны у особей, зафиксированных в 96 %-м этаноле, но не в 4 %-м формальдегиде (Meißner et al., 2016). Элитры не смыкаются на передних сегментах, но в дальнейшем полностью покрывают тело до самого конца. Элитры первых сегментов более округлые (рис. 2Б), иногда с выемкой на медиальной стороне, их короткие папиллы располагаются как по краю, так и на дорсальной

поверхности. В середине тела элитры становятся овальными (рис. 2Д), а папиллы располагаются преимущественно по краю. На последних сегментах элитры снова округлые (Meißner et al., 2016).

На простомииуме хорошо различима медиальная антенна, фациальная туберкула и латеральные антенны отсутствуют. Две пары глаз расположены близко друг к другу и иногда могут срастаться, на перистомальных усиках расположены мелкие простые папиллы.

Параподии по строению сходны с таковыми *P. longa* и состоят из двух ветвей, на каждой из которых располагаются простые папиллы. Нотоподии короткие, конической формы, без верхушечной папиллы на конце, несут простые волосовидные щетинки. Невроподии длиннее и с верхушечной папиллой, несут сложные щетинки, состоящие из длинного основания и короткого дистального членика, напоминающего лезвие по форме (рис. 3). Длина лезвия также варьирует (Meißner et al., 2016).

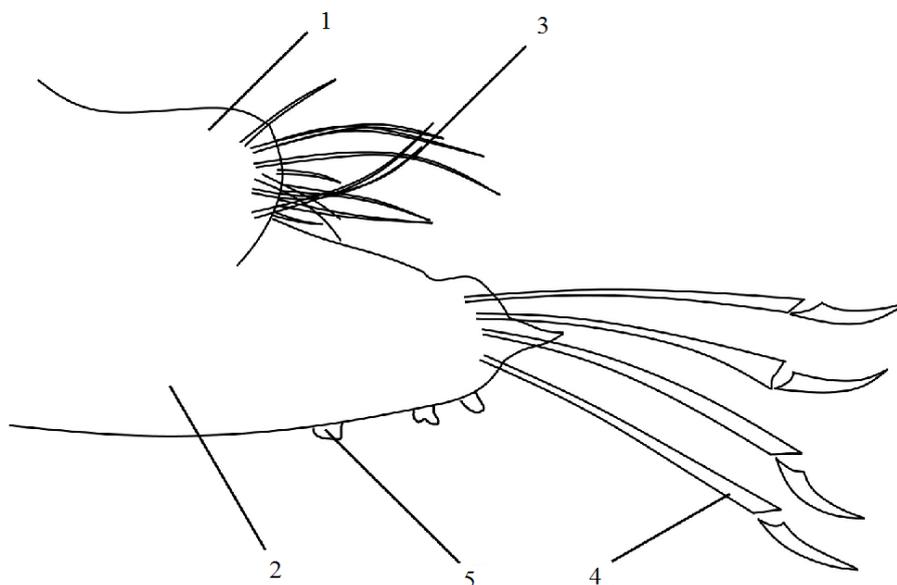


Рис. 3. Схема строения параподии червей рода *Pholoe*:

1 – нотоподия; 2 – невроподия; 3 – простые волосовидные щетинки; 4 – сложные щетинки, состоящие из двух сегментов; 5 – папиллы невроподии

***Pholoe baltica* Örsted, 1843.** Особи белого цвета без каких-либо пигментов на элитрах или самом теле, кроме черной точечной окраски между глазами. Элитры располагаются по всей поверхности тела, смыкаясь на передних сегментах и полностью покрывая тело до самого конца. Элитры первых сегментов более округлые (рис. 2А), их папиллы короткие и располагаются как по краю, так и на дорсальной поверхности. В середине тела элитры становятся более овальными (рис. 2В), папиллы на поверхности встречаются реже. На последних сегментах элитры снова становятся округлыми.

На простомииуме хорошо отличима медиальная антенна, под ней располагается фациальная туберкула той же величины. Латеральные антенны отсутствуют (Жирков, 2001). Две пары глаз расположены близко друг к другу и иногда могут срастаться, на перистомальных усиках расположены мелкие простые папиллы.

Параподии состоят из двух ветвей, на каждой из которых располагаются простые папиллы. Нотоподии короткие, конической формы, без верхушечной папиллы на конце, несут простые волосовидные щетинки. Невроподии длиннее и с верхушечной папиллой и несут сложные щетинки, состоящие из длинного основания и короткого дистального членика, напоминающего лезвие по форме (рис. 3). Длина лезвия варьирует.

Вопрос о присутствии в Кольском заливе особей других видов требует дальнейшего изучения. Возможно, по мере увеличения просмотренных проб, в том числе из других районов побережья, число видов, обитающих в прибрежье Баренцева моря, может увеличиться.

### Заключение

В ходе проведенного исследования было установлено, что видовое разнообразие баренцевоморских полихет рода *Pholoe* нуждается в дальнейшем исследовании. Наиболее точно и подробно описаны ключевые морфологические признаки для двух видов – *P. longa* и *P. minuta*. Четыре из известных на данный момент видов требуют дальнейшего изучения для уточнения их морфологического строения. Наличие фациальной туберкулы и латеральных антенн является одним из ключевых признаков при определении видовой принадлежности особей. Расположение элитр, их форма и пигментация являются дополнительными таксономическими признаками, на которые рекомендуется обращать внимание при видовой идентификации. Различий в строении пароподий и их щетинок среди арктических видов рода *Pholoe* не обнаружено. В свете последних исследований полихет данного рода с применением методов молекулярной биологии очевидна также необходимость повышенного внимания к вопросам их систематики.

### Литература

- Жирков И.А. Полихеты Северного Ледовитого океана. М.: Янус-К, 2001. 632 с.
- Ушаков П.В. Многощетинковые черви дальневосточных морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 449 с.
- Meißner K., Bick A., Götting M. Arctic *Pholoe* (Polychaeta: Pholoidae): when integrative taxonomy helps to sort out barcodes // Zool. J. Linnean Society. 2016. С. 1–26.
- Petersen M.E. *Pholoe* (Polychaeta: Pholoidae) from Northern Europe: a key and notes on the near shore species // J. Mar. Biol. Ass. UK. 1998. № 78(04). С. 1373–1376.
- Pettibone M.H. Contribution to the polychaete family Pholoidae Kinberg // Smithsonian Contributions to Zoology. 1992. № 532. С. 1–24.
- WoRMS Editorial Board. World register of marine species: [Электронный ресурс]. Ostende, 2000–2019. URL: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxlist> (Дата обращения: 22.02.2019).

### Особенности биологии двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* (*Bivalvia*, *Tellinidae*) у берегов Новой Земли

А.Э. Носкович

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
alyona.nosckovitch@yandex.ru

*Macoma calcarea* – бореально-арктический вид двустворчатых моллюсков, широко распространенный во всех морях Арктики и Атлантического океана. Встречается в море Бофорта, Охотском, Беринговом, Японском море, в Гудзоновом заливе, у берегов Канадского Арктического архипелага, Гренландии, Исландии, Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа. В Атлантическом океане расселяется на юг до Балтийского моря и островов Лонг-Айленд, в Тихом океане – до залива Посьета и Монтеррей (Наумов, 2006). В некоторых частях своего ареала моллюск играет роль биоценообразующего вида.

*Macoma calcarea* обитает на разных глубинах и предпочитает илистые, алевроитовые и песчаные грунты мелководной зоны у берегов (Rasmussen, 1973). В некоторых донных биоценозах плотность поселения и биомасса моллюска могут достигать высоких значений.

Зарывается в грунт на глубину 2–5 см, выпуская на поверхность два длинных сифона. По типу питания *M. calcarea* – собирающий детритофаг, но может переходить и к сестонофагии. Расселяется при помощи пелагической планктотрофной личинки. Этот вид моллюсков способен переносить сильные колебания солености и температуры воды, вплоть до отрицательных (Цыганкова, Гусев, 2006). Биология данного вида моллюсков в Баренцевом море изучена недостаточно. Также отсутствуют современные данные о продолжительности жизни и биологии размножения этого моллюска.

Цель данного исследования – установить особенности биологии *M. calcarea* в зоне влияния охлажденных новоземельских прибрежных вод в районе архипелага Новая Земля (Баренцево море) и оценить влияние условий обитания на популяционные и биологические показатели данного вида. В задачи исследования входило установить размерную, возрастную и половую структуры моллюсков, размер и возраст наступления половой зрелости, соотношение половозрелых и неполовозрелых особей, а также проанализировать влияние глубины на данные показатели.

Юго-западное побережье арх. Новая Земля в придонном слое омывается охлажденными новоземельскими прибрежными водами. Они формируются под влиянием выноса вод из Карского моря. Воды побережья характеризуются низкими температурами и достаточно высокой соленостью (33.0–34.9 ‰). В районе контакта с баренцевоморскими водными массами они формируют халинную фронтальную зону (Воды ..., 2016).

### Материал и методы

Материалом для исследования послужили моллюски, собранные в восточной части Баренцева моря у побережья архипелага Новая Земля в августе–сентябре 2006 и 2007 гг. сотрудниками Мурманского морского биологического института КНЦ РАН. Пробы бентоса отбирались дночерпателем ван-Вина, глубина отбора варьировала от 59 до 203 м (табл. 1). Всего было изучено 256 моллюсков.

Т а б л и ц а 1

#### Объем проанализированного материала и характеристика станций

Номер станции	n	N, экз.	T, °C	S, ‰	Глубина, м	Грунт
Август 2006 г.						
19*	3	29	–0.4	34.7	59.8–60.9	Средние и крупные пески
20	3	49	0.5	34.8	161.0–161.2	Ил, глина, галька, щебень
21	3	16	0.2	34.8	134.1–140.9	Ил, глина, галька, щебень
22	3	12	–1.8	35.2	197.4–200.7	Ил, глина, галька, щебень
23*	3	24	–1.5	34.9	153.1–154.0	Ил, глина, щебень
24*	3	38	–0.7	34.8	148.8–149.1	Ил, глина
25	3	4	–1.1	34.9	106.4–106.8	Глина, щебень, песок, гравий
26	3	7	0.05	34.9	78.3–80.0	Галька, гравий, илистый песок
Сентябрь 2007 г.						
54*	2	17	0.7	34.8	161.0–165.0	Ил, мелкие камни, глина
55*	3	42	0.8	34.8	158.1–159.2	Ил, мелкие камни, песок, глина, ракуша
56*	3	59	–1.3	34.8	202.0–203.0	Ил, мелкие камни, песок, ракуша
57*	3	8	1.2	34.9	128.2–130.0	Песчано-илистый, камни, валуны, ракуша
59*	3	30	0.6	34.6	64.4–65.0	Песчано-илистый, мелкие камни, ракуша
61*	2	8	1.3	34.8	78.0–79.0	Песчано-илистый, ракуша

\*Станции, на которых выполнен биологический анализ моллюсков.

ПРИМЕЧАНИЕ. n – количество проб, N – количество моллюсков, T – придонная температура, S – соленость.

Длину раковины у *M. calcaea* измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0.1 мм, у мелких экземпляров – с помощью окулярной линейки бинокулярного микроскопа. Пол моллюсков определяли под микроскопом по размерам клеток взятых гонад, диаметр ооцитов – при помощи окуляр-микрометра, возраст – путем подсчета годовых колец, темп роста – по приростам (расстояние от вершины раковины до каждого последующего годового кольца) под бинокуляром с точностью до 0.1 мм (Методы ..., 1990). Групповой рост оценивали путем усреднения данных по размерам одноименных колец между всеми моллюсками в пробах.

### Результаты

Поселения *M. calcaea* в прибрежье архипелага значительно различались между собой по количественным показателям (табл. 2). Плотность поселения *M. calcaea* в 2006 г. варьировала от 103 до 130 экз/м<sup>2</sup>, что несколько отличается от данных 2007 г., где плотность изменялась от 26 до 196 экз/м<sup>2</sup>. Биомасса моллюсков в 2006 г. составляла от 56 до 350 г/м<sup>2</sup>, а в 2007 г. – от 4 до 322 г/м<sup>2</sup>. В менее глубоководных районах обитания плотность поселения моллюсков достоверно меньше, чем на более глубоководных станциях. Зависимость биомассы от глубины не обнаружена (рис. 1).

Т а б л и ц а 2

Популяционные характеристики моллюска *Macoma calcaea*

Номер станции	Длина раковины, мм			В, г/м <sup>2</sup>	N, экз/м <sup>2</sup>	Максимальный возраст, лет
	min	max	M±m			
2006 г.						
19	3.2	32.9	16.3±1.8	101.1±0.75	103.3±3.75	20
20	–	–	–	18.8±0.25	163.3±3.92	–
21	–	–	–	14.04±0.98	53.3±2.96	–
22	–	–	–	3.92±0.58	40.0±4.0	–
23	8.5	38.6	28.9±2.06	350.6±3.96	116.6±2.3	26
24	9.3	22.8	14.7±0.65	56.3±0.73	130.0±1.15	13
25	–	–	–	59.7±0.81	13.3±0.1	–
26	–	–	–	111.5±5.39	23.3±1.3	–
2007 г.						
54	1.5	22.0	8.6±1.5	15.3±0.17	63.3±3.5	12
55	1.1	39.2	22.4±1.9	321.9±5.22	140.0±4.04	23
56	1.0	28.2	12.5±0.9	71.1±0.39	196.6±4.04	14
57	1.0	20.8	8.8±2.8	6.2±0.31	26.6±0.6	11
59	1.0	29.7	4.7±1.2	17.1±1.59	103.3±1.2	17
61	2.6	17.3	8.6±2.05	4.0±0.15	26.6±0.1	8

ПРИМЕЧАНИЕ. В – биомасса; N – плотность поселения; M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего; прочерк – данные отсутствуют.

Моллюски из прибрежья арх. Новая Земля достигали крупных размеров (табл. 2). Размерный состав в поселениях разнообразен. Молодь незначительно доминирует по численности (в среднем 17 % от численности выборки), достаточно многочисленны моллюски с длиной раковины от 12.4 до 18.5 мм (рис. 2).

*Macoma calcaea* с длиной раковины более 25 мм особенно многочисленны в глубоководных районах. На глубине от 55 до 136 м обитает преимущественно молодь и особи с длиной раковины до 11 мм (рис. 3).

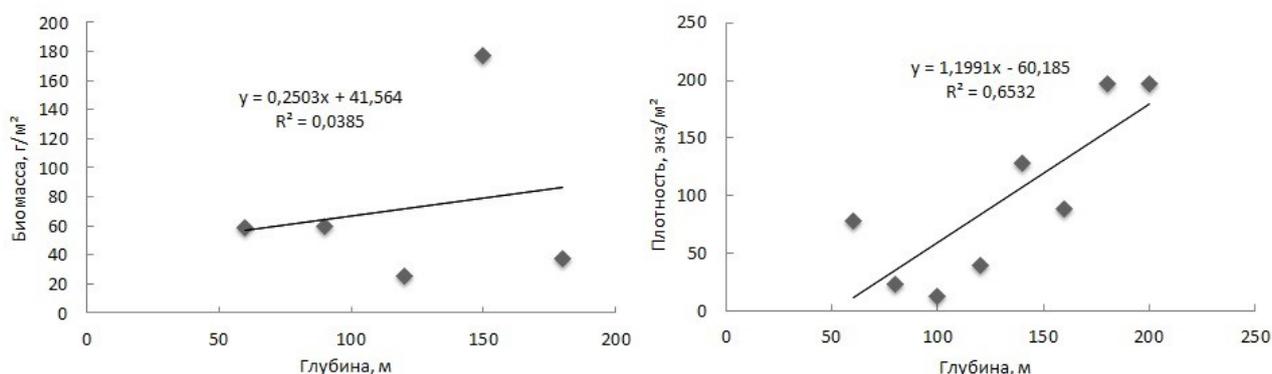


Рис. 1. Зависимость биомассы и плотности *Macoma calcarea* от глубины

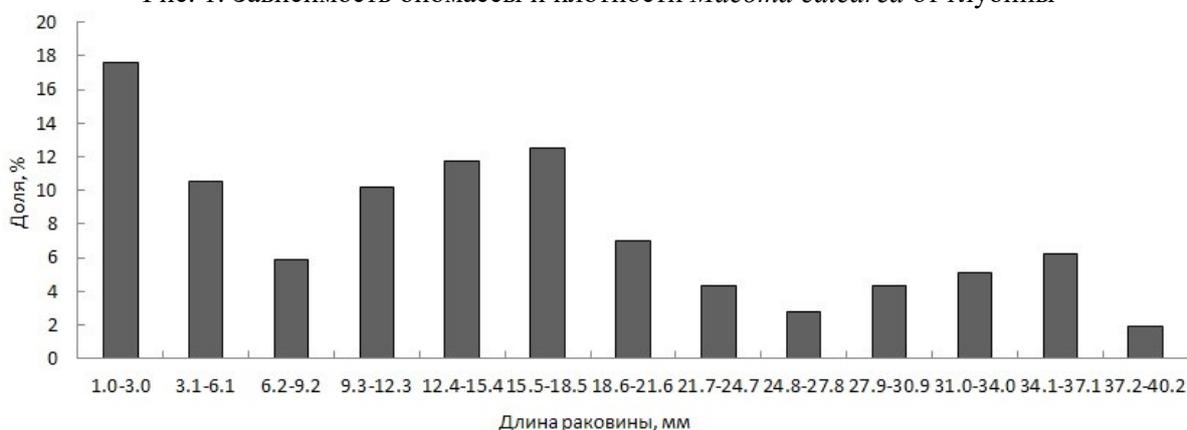


Рис. 2. Размерный состав моллюсков *Macoma calcarea* в районе исследований

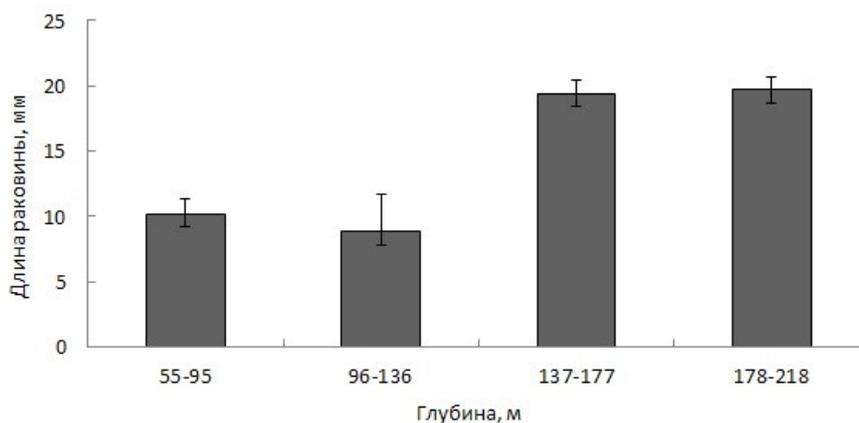


Рис. 3. Средняя длина моллюсков *Macoma calcarea* на разных глубинах

В исследуемом районе максимальная продолжительность жизни моллюска составила 26 лет. В 2006 году пополнение молодью было незначительным, основу поселений составляли особи до 13 лет. В 2007 году доминировали сеголетки (34 % общей выборки), а также моллюски в возрасте до 9 лет. Наиболее интенсивно *M. calcarea* растет первые 9 лет жизни, когда ежегодный прирост длины раковины в среднем варьирует от 1.7 до 2.5 мм. В последующем прирост снижается, и у моллюсков старше 10 лет он не превышает в среднем 1.1 мм/год. На малых глубинах прирост длины раковины в первые годы жизни был больше

на 2.5 мм/год, на больших глубинах не превышал 1.8 мм/год. На более глубоководных станциях продолжительность жизни *M. calcaria* оказалась выше, чем на станциях с меньшими глубинами.

У берегов Новой Земли моллюски становятся половозрелыми в возрасте трех лет при длине раковины от 7.5 мм у самцов и 7.8 мм у самок. По нашим данным, размеры зрелых яйцеклеток составляли 175 мкм, что сходно с таковыми, полученными для вод Гренландии. В целом, размеры ооцитов варьировали от 50 до 125 мкм, что свидетельствует о том, что самки находятся на различных стадиях гаметогенеза. Следует отметить малую долю неполовозрелых моллюсков и значительное преобладание половозрелых особей в районе арх. Новая Земля (рис. 4). В 2006 году повсеместно преобладали половозрелые моллюски, в 2007 г. они также доминировали. Неполовозрелые особи преобладали лишь на двух мелководных станциях. Соотношение полов в исследованных поселениях *M. calcaria* неравномерно. В 2006 и 2007 годах на глубоководных станциях доминировали самцы. На меньших глубинах преобладали самки (рис. 5). В возрасте от 3 до 9 лет самцы преобладают над самками, после 10 лет соотношение полов становится более разнообразным и зависит от возраста. У моллюсков старше 12 лет отмечено преобладание самок над самцами.

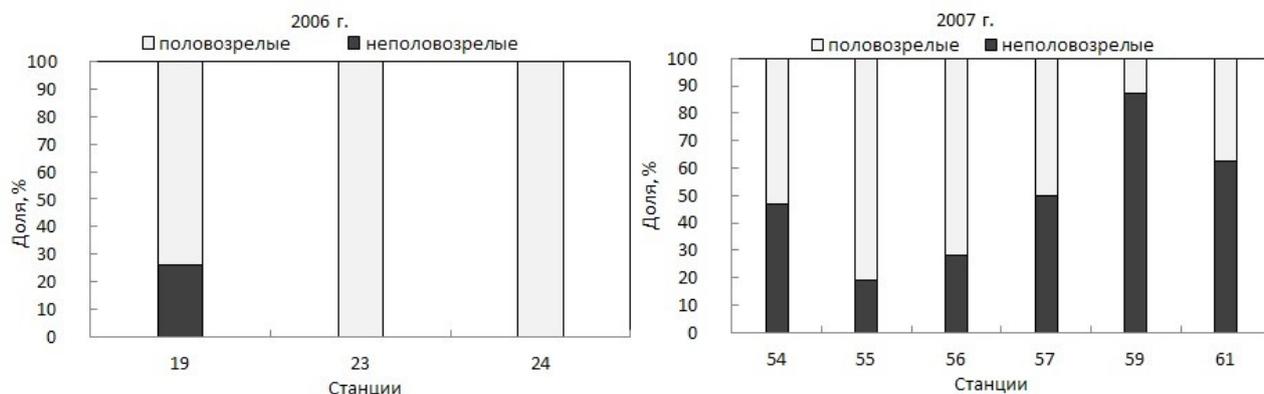


Рис. 4. Соотношение половозрелых и неполовозрелых моллюсков *Macoma calcaria*

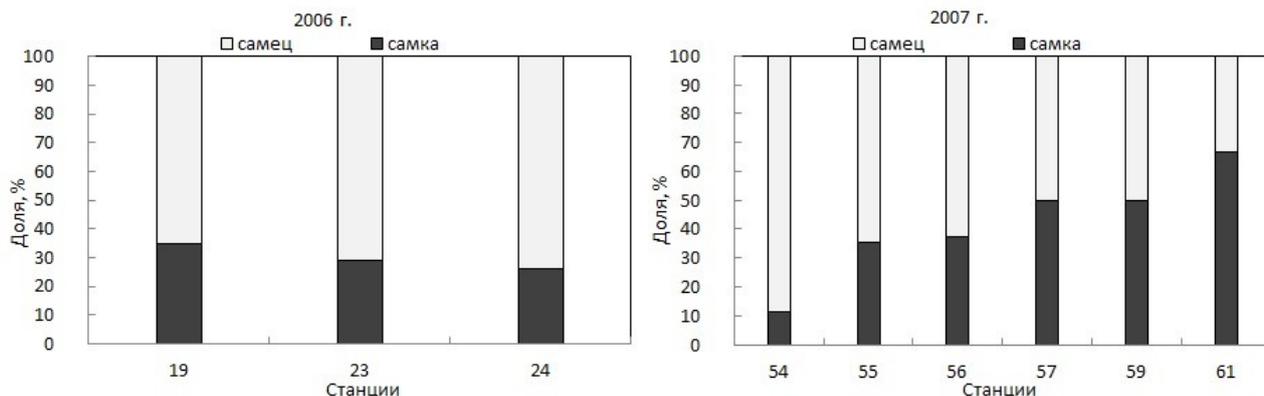


Рис. 5. Соотношение полов в поселениях *Macoma calcaria*

### Обсуждение

Гидрологические факторы у побережья арх. Новая Земля более стабильны. Здесь наблюдаются минимальные колебания гидрологических условий в течение года по сравнению с другими районами исследований. Для вод прибрежья архипелага характерны наиболее суровые температурные условия. Минимальная температура в августе составляла  $-1.5^{\circ}\text{C}$ , а в сентябре  $-1.3^{\circ}\text{C}$ . Поступление трансформированных вод из Карского моря определяет относительно низкие температуры и довольно высокую соленость (Воды ..., 2016).

*Macoma calcaria* на востоке Баренцева моря формирует более разреженные поселения, чем в прибрежье Восточного Мурмана (Носкович, Павлова, 2017). Разнообразный размерный состав моллюсков *M. calcaria* в прибрежье арх. Новая Земля обусловлен условиями их обитания. Известно, что на скорость роста и размер раковины влияют такие параметры как соленость, глубина, температура воды и грунт (Rasmussen, 1973), содержание растворенного кислорода. На значительных глубинах (табл. 1) моллюски менее подвержены перепадам температуры и солености. Такие постоянные условия способствуют выживанию крупноразмерных моллюсков *M. calcaria*.

У берегов Новой Земли моллюски имеют более высокую продолжительность жизни, чем в других местообитаниях. По-видимому, в исследуемом районе моллюски не испытывают особого пресса со стороны бентофагов. Здесь моллюски растут более интенсивно до 10 лет. На больших глубинах, где стабильность условий среды явно выше, чем на меньших глубинах, они растут более равномерно как в первые, так и в последующие годы жизни. В других ареалах обитания, особенно тепловодных, продолжительность жизни моллюсков в основном была короче. Например, в юго-восточной части Балтийского моря встречались особи в возрасте от 2 до 6 лет, в южной части – до 14 лет (Юргенс, 2006). Для Баренцева и Карского морей продолжительность жизни составляет 15 лет (Золотарев, 1989), а для вод Западной Гренландии – 17 лет (Petersen, 1978).

По нашим расчетам размеры наступления половой зрелости моллюсков *M. calcaria* у побережья Новой Земли меньше, чем у особей из северных частей ареала. У побережья Западной Гренландии *M. calcaria* имели развитую гонаду при длине раковины 9 мм (Petersen, 1978).

В целом отмечено количественное преобладание самцов над самками. Соотношение полов в поселениях зависит от возраста и местообитания моллюсков. Преобладание самок над самцами отмечено на ст. 61 с более высокой температурой воды (1.3 °C). Известно, что у многих видов пол определяется под воздействием изменения температур (Одум, 1986). На станциях 57 и 59 наблюдается равное соотношение полов, на остальных – доминирование самцов над самками. Это может быть вызвано различными факторами, как генетическими, так и экологическими. Известно, что у некоторых видов двустворчатых моллюсков наблюдается явление протандрии, когда у ювенильных особей формируются мужские половые клетки (Сое, 1943).

Размеры зрелых яиц *M. calcaria* сходны с таковыми для вод Гренландии, где их диаметр равен 170 мкм (Thorson, 1952). Известно, что в заливе Диско (Западная Гренландия) и Балтийском море диаметр яиц составляет 95 мкм (Oertzen, 1972; Petersen, 1978), а максимальные размеры зрелых яиц отмечены для Белого моря – 200 мкм (Thorson, 1936).

### Заключение

В районе арх. Новая Земля при незначительных колебаниях гидрологических условий состояние поселений *M. calcaria* более стабильно, чем в южной части Баренцева моря. Размерные классы моллюсков у Новой Земли представлены наиболее полно, особи в данном районе достигают более крупных размеров, в их поселениях численно преобладают половозрелые особи, но также многочисленны и сеголетки. В поселениях моллюсков отмечена довольно высокая продолжительность жизни. На больших глубинах *M. calcaria* растут более равномерно, чем на меньших. Соотношение полов зависит от возраста и района. В восточной части Баренцева моря, в отличие от южной, при достаточно суровом температурном режиме формируются благоприятные условия, прежде всего, для жизни взрослых особей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

## Литература

- Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов и др. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2016. 260 с.
- Золотарев В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. Киев: Наук. думка, 1989. 112 с.
- Методы изучения двустворчатых моллюсков // Тр. Зоол. ин-та АН СССР / Под ред. Г.Л. Шкорбатова, Я.И. Старобогатова. 1990. Т. 219. 208 с.
- Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. СПб.: Изд. Зоол. ин-та РАН, 2006. 367 с.
- Носкович А.Э., Павлова Л.В. Репродуктивные особенности популяций двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* (Bivalvia, Tellinidae) в Баренцевом и Печорском морях // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. 2017. Т. 20, № 2. С. 463–471.
- Одум Ю. Экология. В 2-х т. М.: Мир, 1986. Т. 2. 376 с.
- Цыганкова А.В., Гусева Е.А. Палеоэкологическая характеристика плейстоценовых двустворчатых моллюсков Енисейского залива. Современная палеонтология: классические и новейшие методы // Тезисы докладов III Всероссийской научной школы молодых ученых-палеонтологов, 3–5 октября 2006 г., Москва. М.: Изд. Палеонтол. ин-та РАН, 2006. С. 72–75.
- Юргенс Е.М. Экологическая характеристика моллюска *Macoma balthica* (Linne, 1758) в южной части Балтийского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.00.16). Калининград, 2006. 21 с.
- Coe W.R. Sexual differentiation in mollusks. I. Pelecypods // Quart. Rev. Biol. 1943. Vol. 18, № 2. P. 154–164.
- Oertzen J.-A. Cycles and rates of reproduction of six Baltic Sea bivalves of different zoogeographical origin // Marine Biology. 1972. Vol. 14. P. 143–149.
- Petersen G.H. Life cycles and population dynamics of marine benthic bivalves from the Disco Bugt area of West Greenland // Ophelia. 1978. Vol. 17, № 1. P. 95–120.
- Rasmussen E. Systematic sand decology of the Ice-fjord marine fauna (Denmark) // Ophelia. 1973. Vol. 11. P. 5–495.
- Thorson G. The larval development, growth and metabolism of Arctic marine bottom invertebrates // Meddr. Grenland. 1936. Vol. 100. P. 1–155.
- Thorson G. Zur jetzigen Lage der marinen Bodentier-Okologie // Wilhelmshaven Zool. Anzeiger. 1952. Vol. 16. P. 276–327.

## Оценка гидрохимических параметров вод Баренцева моря в районе западной части Полярной фронтальной зоны в 2018 году

И.А. Пастухов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
pastuhovi@mmbi.info

## Введение

Фронтальная зона – это область в океане, где пространственные градиенты основных термодинамических характеристик значительно обострены по сравнению с их фоновым распределением (Сутырина, 2012). Воды фронтальных зон, как правило, отличаются высокой биологической продуктивностью и биоразнообразием. Результаты океанологических съемок показывают, что в этих водах биомасса планктона и видовое разнообразие высоки, существуют устойчивые скопления промысловых рыб.

Баренцево море занимает всего 7 % общей площади арктических морей, однако оно богато биоресурсами как с точки зрения биоразнообразия, так и запасов. Для биологических

ресурсов Баренцева моря характерна выраженная многолетняя изменчивость, которая связана в том числе с неустойчивыми климатическими условиями. Считается, что три последних десятилетия Арктика переживает теплый период. В первую очередь это сказывается на соотношении площадей ледового покрова и открытой воды в летнее время. Наблюдаемое сокращение площади ледового покрытия в летнее время составляет примерно 35–40 %, что влечет за собой удлинение продукционного периода. Происходит повышение температуры воды, смещение на северо-восток и увеличение протяженности летней границы льда, увеличение протяженности океанических фронтов, которые играют важнейшую роль в формировании общей биологической продуктивности (Флинт, 2015).

Происходящие климатические изменения ставят перед учеными ряд вопросов, для ответа на которые необходимо постоянно отслеживать состояние морских вод, в том числе состояние гидрохимических параметров.

### Материал и методы

С 20 по 27 апреля 2018 г. командой научных сотрудников ММБИ КНЦ РАН на борту НИС “Дальние Зеленцы” проведены комплексные исследования на океанологическом полигоне в районе Полярной фронтальной зоны (рис. 1). Было отобрано 107 проб воды с 19 станций.



Рис. 1. Расположение станций на полигоне исследований. Линия показывает среднемноголетнее положение Полярного фронта

Для отбора и анализа проб использовались стандартные методики (Руководство ..., 1993), все аналитические определения выполнены сразу же после отбора проб воды непосредственно на борту судна.

Для полученных данных были построены карты распределения температуры, солености, фосфатов, кремния и кислорода в районе исследований на 5 горизонтах: поверхностном (0 м), 10, 25, 50 м и придонном.

### Результаты

Для определения границ фронтальной зоны в исследуемый период мы проанализировали температуру и соленость вод полигона по их горизонтальному распределению (рис. 2). Сравнение наших данных со средними статистическими значениями

гидрологических параметров водных масс западной части Баренцева моря, а также коэффициентами корреляции между выбранными гидрохимическими и гидрологическими параметрами (Химические ..., 1997) (например средний коэффициент корреляции солености и фосфатов вод станций 1, 2, 3 равнялся  $0.41 \pm 0.09$ ,  $P = 0.95$ ) позволяет предположить, что атлантические водные массы преобладают в районе станций 1, 2, 3, 21, 22, где наблюдается подъем и перенос теплых и насыщенных биогенами вод в район Шпицбергенно-Медвежинского мелководья. Здесь на небольших глубинах они смешиваются с полярными баренцевоморскими водами, поступающими с севера, и преобразуются в так называемые воды Полярной фронтальной зоны, в пространстве которых находятся все остальные точки нашего полигона.

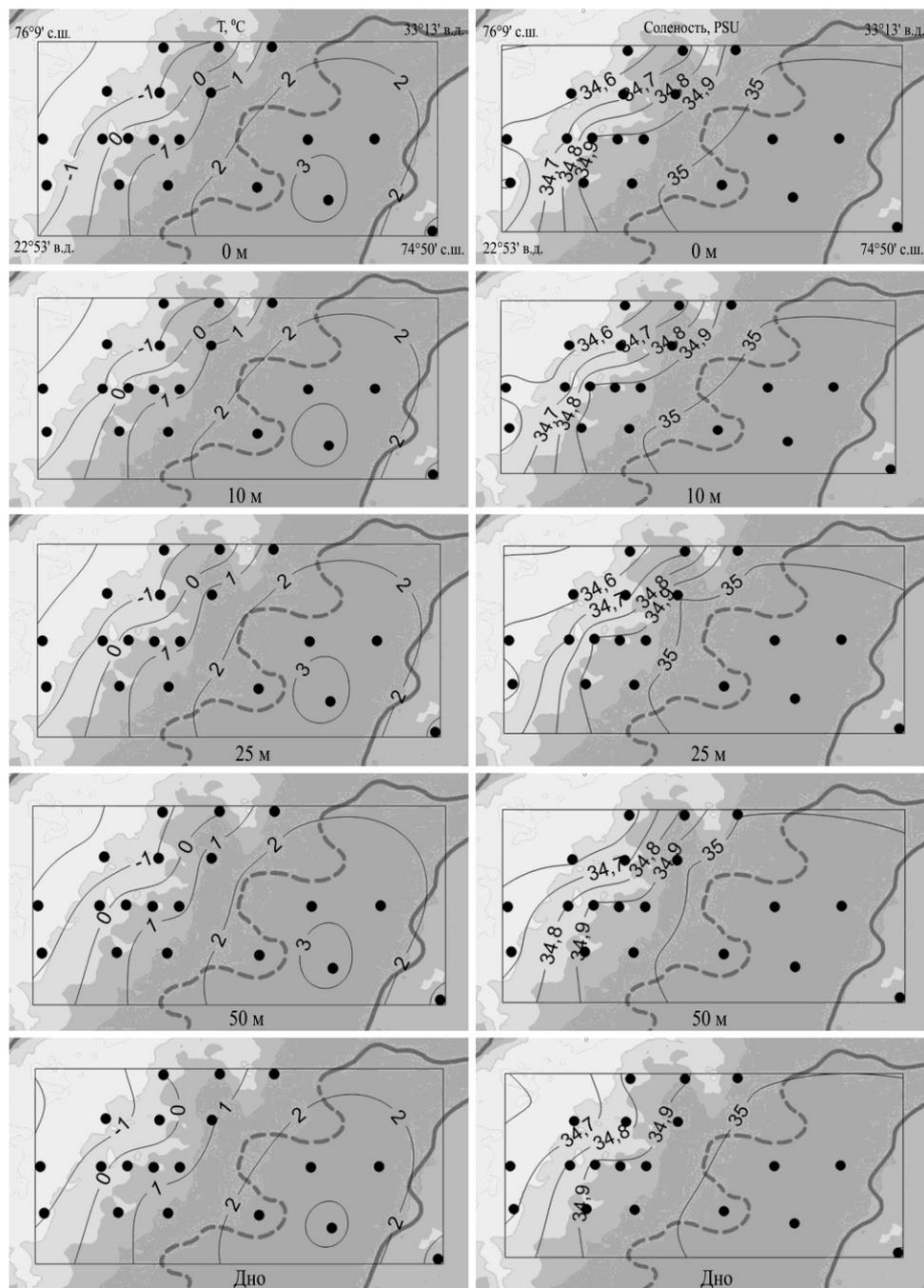


Рис. 2. Распределение температуры и солености воды

В границах полигона концентрация фосфатов в поверхностном горизонте увеличивается с востока на запад и с юга на север (рис. 3), что соответствует ранневесеннему типу распределения фосфатов (Несветова, 2003). Максимальные концентрации фосфатов (до 117.9 мкг/л) соответствуют районам подъема атлантических вод, которые обеспечивают поступление этого биогена в фотический слой, где весной он потребляется бурно развивающимся здесь фитопланктоном. Однако, благодаря активному конвективному перемешиванию, концентрация фосфатов незначительно снижается с подъемом к поверхности, что характеризует исследуемый период как переходный к весеннему. Это предположение подтверждает распределение хлорофилла, максимальные значения которого были отмечены на северо-западе полигона в прикромочной зоне. Характерной чертой для распределения фосфатов в Баренцевом море является формирование стартовых концентраций фосфатов в апреле, начало изъятия которых мы, видимо, застали.

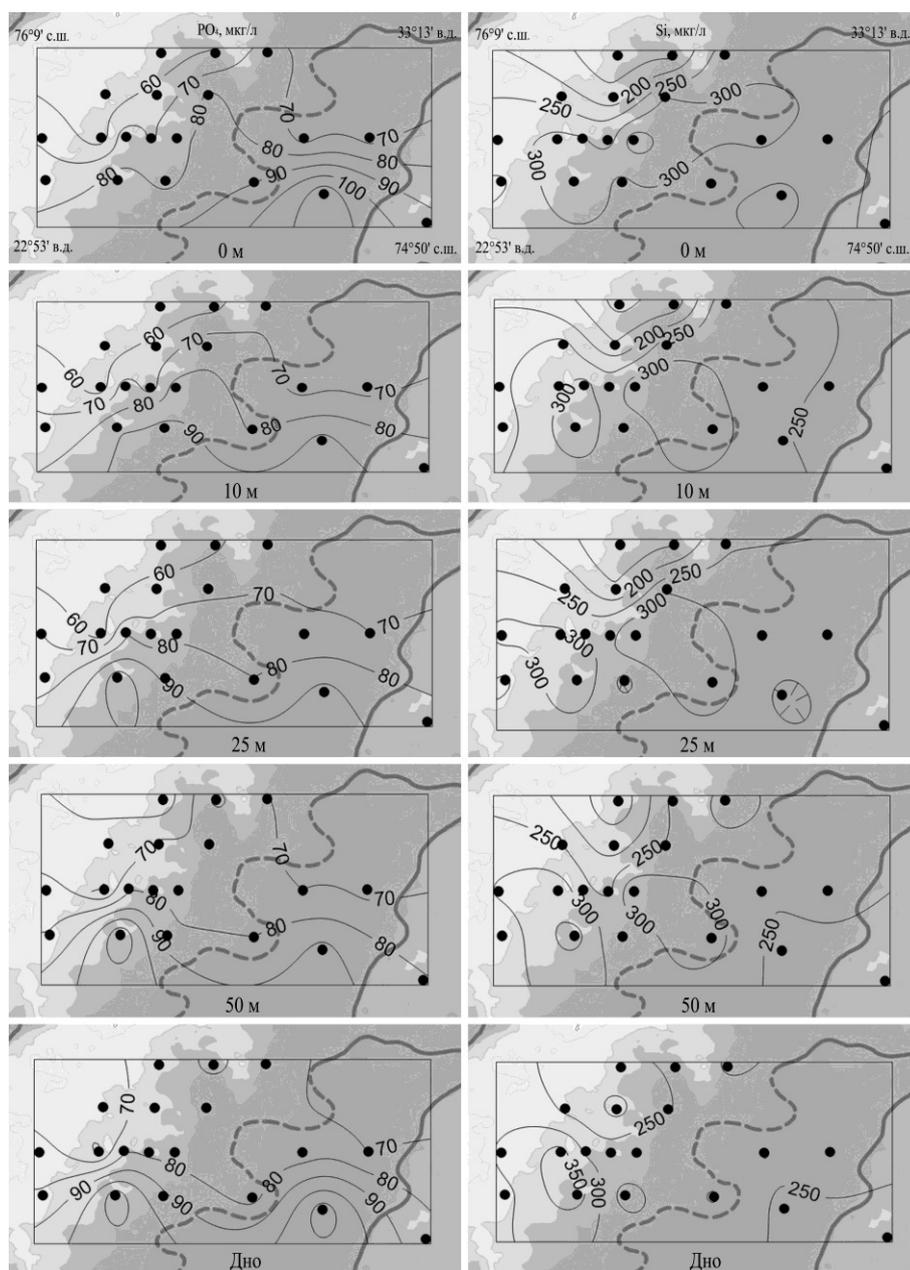


Рис. 3. Распределение фосфатов и кремния

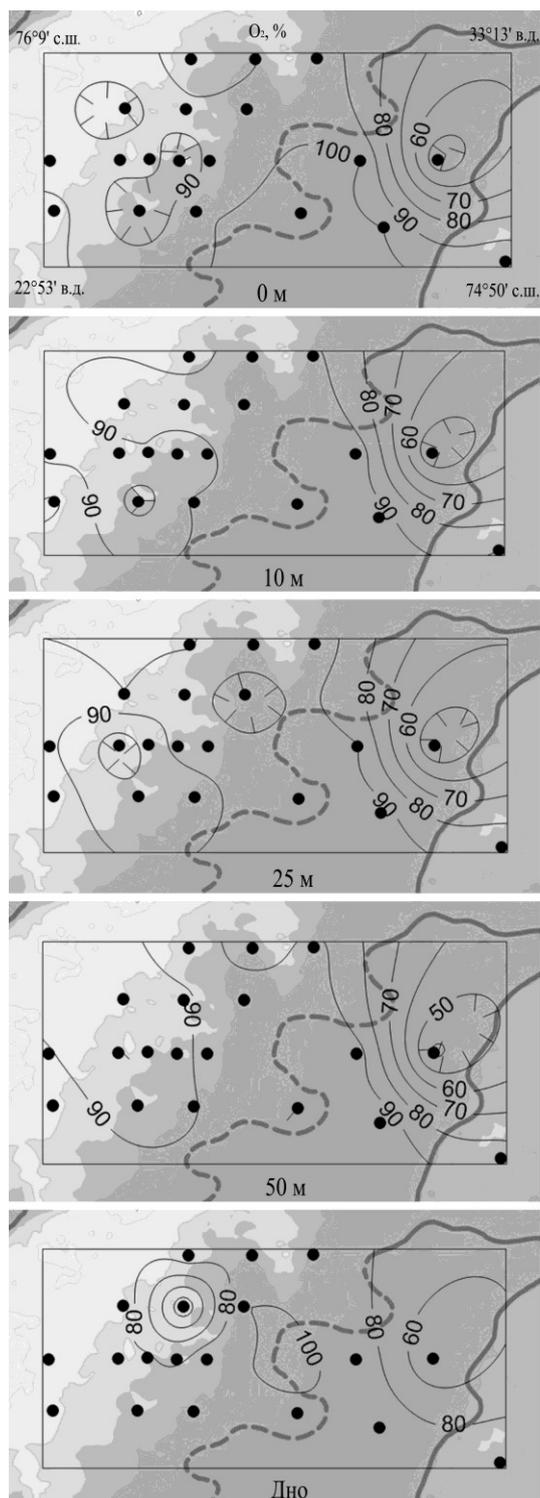


Рис. 4. Насыщенность вод кислородом

Максимум содержания кремния в поверхностных водах составляет примерно 300 мкг/л и отмечен на центральных станциях полигона, которые представляли собой участки воды, только что освободившиеся от льда. Концентрация кремния незначительно снижалась от поверхности ко дну вследствие конвективного перемешивания. Как и в случае с фосфатами, по-видимому, на северо-западе полигона уже началось изъятие кремния фитопланктоном, о чем свидетельствует уменьшение концентрации до 225–250 мкг/л.

В период исследований на полигоне значительная часть вод была закрыта разреженными льдами и шугой (станции 13 и 23 находились по ледовым картам в районе однолетнего льда, а станции 5, 15, 25, 37, 39, 41 в районе молодого льда; ЕКИМО ..., 2018). Ограничение льдом газообмена между атмосферой и гидросферой, слабая активность фотосинтезирующих организмов и хорошо развитое конвективное перемешивание в районе исследования – вот причины практически однородного вертикального и горизонтального распределения растворенного кислорода (рис. 4). Абсолютные величины растворенного кислорода колебались в пределах от 8 до 9 мг/л, а относительные превысили отметку насыщения в 100 % лишь на поверхности с максимумом значения на ст. 37 (106 %), что подтверждает ранее сделанное предположение о начале периоде “цветения” в районе прикромочных станций.

### Выводы

Особенностью исследуемого района является приток атлантических вод, что обеспечивает постоянное поступление биогенных элементов в поверхностный слой и оказывает влияние на ход процессов на первом трофическом уровне.

Распределение гидрохимических элементов имеет более мелкомасштабный характер и большую “пятнистость” по сравнению с распределением температуры и солености (Несветова, 2003). В зимний и весенний период Полярный фронт тесно связан с кромкой плавучего льда. За счет образования тонких линз распреснения при таянии льда происходит стабилизация водных слоев и формирование фотического слоя. Обычно эти факторы приводят к вспышке численности фитопланктона во фронтальной зоне на несколько недель

раньше, чем в теплых водах (Химические ..., 1997). Начало весеннего периода в районе исследования обычно приходится на апрель (Гидрометеорология ..., 1992; Химические ..., 1997; Несветова, 2003; Ozienl et al., 2016).

Однако наши исследования показали, что в 2018 г. воды в районе Полярной фронтальной зоны на западе Баренцева моря все еще преобладает зимний характер распределения гидрохимических параметров и только в прикромочных районах, таких как северо-западная часть нашего полигона, начинается образование слоя, благоприятного для активизации фитопланктонных сообществ. Мы можем предположить, что зима 2017/18 г. была куда суровее предыдущих, и значительное покрытие Баренцева моря льдами несколько задержало начало гидрологической весны. Необходимо дальнейшее изучение фронтальных зон Баренцева моря для более полного понимания краткосрочных и долгосрочных изменений климата и их влияния на биологические ресурсы.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

*Гидрометеорология* и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 182 с.

ЕСИМО ААНИИ – Обзорные ледовые карты СЛО [Электронный ресурс]. URL: [http://www.aari.ru/odata/\\_d0015.php?lang=0&mod=1&uu=2018](http://www.aari.ru/odata/_d0015.php?lang=0&mod=1&uu=2018) (Дата обращения: 19.02.2019).

*Несветова Г.И.* Гидрохимические условия функционирования экосистемы Баренцева моря: Дис. ... докт. геогр. наук (25.00.36). Мурманск, 2003 424 с.

*Руководство по химическому анализу морских вод.* Л.: Гидрометеиздат, 1993. 263 с.

*Сутырина Е.Н.* Океанология. Учеб. пособие. Иркутск: Изд. Иркут. гос. ун-та, 2012. 192 с.

*Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение)* / Г.Г. Матишов, Л.Г. Павлова, Г.В. Ильин и др. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 404 с.

*Флинт М.В.* Биоресурсы арктических морей России // Вестн. РАН. 2015. Т. 85, № 5/6. С. 438–444.

*Oziel L., Sirven J., Gascard J.-C.* The Barents Sea frontal zones and water masses variability (1980–2011) // *Ocean Science*. 2016. № 12. P. 169–184.

### Паразитофауна арктического гольца *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758) из озера Нижний Вензин

**М.П. Плаксина, А.А. Фролов**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск

MarjanaPopjuk@yandex.ru

Арктический голец – циркумполярный вид, в водоемах Севера образует различные экологические формы (проходную, озерно-речную, озерную), образ жизни которых во многом определяет специфику их паразитофауны. Сведения о паразитах арктического гольца, обитающего в небольших замкнутых водоемах, весьма малочисленны и разрозненны. Наиболее полные данные о них имеются в работах А.Л. Гаврилова (2003), В.К. Митенева и А.Б. Карасева (1995), Б.С. Шульмана с соавторами (2010). Указанные исследования были проведены в озерах Кольского полуострова (Ковдозеро, Имандра, Умбозеро, Ловозеро, Мушталампи).

Цель исследований – изучение видового состава и экологии паразитов арктического гольца из оз. Нижний Вензин (Кольский полуостров).

## Материал и методы

Материал для паразитологического анализа был собран в оз. Нижний Вензин (водосборный бассейн южной части Кольского залива) в апреле 2018 г. Всего вскрыто 83 экз. рыб. У выловленных особей определяли длину (от конца рыла до развилки хвостового плавника – АС, см), массу тела, пол, возраст. Для определения возраста у рыб отбирали отоциты, после обработки которых в молочной кислоте на спилах считали годовые кольца.

Длина гольцов в наших уловах варьировала от 13.0 до 23.0 см (в среднем – 18.0 см), масса тела – от 14.6 до 96.4 г (в среднем – 33.2 г) (табл. 1). Для изучения возрастной динамики паразитофауны, гольцы были разделены на четыре размерные группы, которые соответствовали определенному возрасту.

Т а б л и ц а 1

**Половая структура и морфометрические параметры арктических гольцов из оз. Нижний Вензин**

Пол	Количество исследованных рыб, экз.	Длина тела (АС), см		Масса тела, г	
		Min-max	Mean±SE	Min-max	Mean±SE
Самка	20	13–21.4	16.4±0.4	15.04–64.8	31.2±2.6
Самец	63	13–23.0	17.2±0.28	14.6–96.4	35.12±1.9

При вскрытии рыб сначала проводили визуальный осмотр органов и тканей. Затем ткани и органы просматривали компрессионным методом под микроскопом. Обнаруженных паразитов собирали и фиксировали в соответствии с методиками, применяемыми для каждой группы паразитов (Быховская-Павловская, 1985). Из моногеней сразу готовили постоянные глицерин-желатиновые препараты. Остальных гельминтов фиксировали 70°-м этиловым спиртом. Из цестод и трематод, согласно общепринятой методике, были приготовлены тотальные препараты. Для видовой идентификации нематод были приготовлены временные препараты из смеси глицерина с молочной кислотой.

Спектр питания гольцов был установлен путем просмотра содержимого желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) каждой рыбы с последующим определением найденных объектов до уровня систематических групп. При этом была рассчитана частота встречаемости каждого определенного объекта в ЖКТ рыб в каждой возрастной группе.

Для характеристики численности паразитов использовали экстенсивность инвазии (ЭИ – отношение количества рыб, зараженных паразитом данного вида, к общему количеству рыб в выборке, %), интенсивность инвазии (ИИ – количество экземпляров данного вида паразита в одной особи хозяина, экз.) и индекс обилия (ИО – отношение общего количества экземпляров каждого вида паразитов к общему количеству обследованных особей рыб).

Определение паразитов проводили с использованием “Определителя паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные” (1985, 1987), а также отдельных статей с первоописаниями гельминтов (Делямуре и др., 1985). Виды, точную диагностику которых выполнить не удалось из-за неполовозрелого состояния, были указаны как “species”.

## Результаты

У гольцов из оз. Нижний Вензин нами обнаружено 7 видов паразитов: моногеней *Tetraonchus alaskensis* (Price, 1937), половозрелые цестоды *Eubothrium salvelini* (Schrank, 1790), личинки цестод *Proteocephalus* sp. и *Diphyllobothrium* sp., трематоды *Crepidostomum*

*farionis* (Muller, 1874), нематоды *Cystidicola farionis* (Fischer, 1798) и копеподы *Salmincola edwardsii* (Olsson 1869) (табл. 2). Все виды являются пресноводными и широко распространенными. Наивысшие значения количественных параметров инвазии были отмечены для цестод *Eubothrium salvelini* и *Proteocephalus* sp. 1.

Т а б л и ц а 2

**Видовой состав паразитофауны и показатели зараженности арктического гольца из оз. Нижний Вензин**

Паразит	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии min-max (mean±SE), экз.	Индекс обилия (mean±SE)
Monogenea			
<i>Tetraonchus alaskensis</i>	4	1-2 (1.3±0.3)	0.05±0.03
Cestoda			
<i>Eubothrium salvelini</i>	46	1-17 (4.7±0.8)	2.2±0.45
<i>Proteocephalus</i> sp. 1	67	1-1000 (28±18)	19±12
<i>Diphyllobothrium</i> sp.	27	2-17 (3.8±0.95)	1.02±0.31
Trematoda			
<i>Crepidostomum farionis</i>	29	1-6 (3.3±0.3)	0.9±0.2
Nematoda			
<i>Cystidicola farionis</i>	2	1	0.02±0.01
Crustacea			
<i>Salmincola edwardsii</i>	11	1-3 (2.2±0.3)	0.24±0.08

Моногенея *T. alaskensis* локализуется на жаберных лепестках. Цестоды *Eubothrium salvelini* и *Proteocephalus* sp. – в пилорических отростках и кишечнике; плероцеркоиды *Diphyllobothrium* sp. развиваются в цистах на внутренних органах. Трематода *Crepidostomum farionis* паразитирует в кишечнике, нематода *C. farionis* локализуется в плавательном пузыре. Копепода *S. edwardsii* – на внутренней поверхности жаберной крышки, а также на жаберных дугах и лепестках.

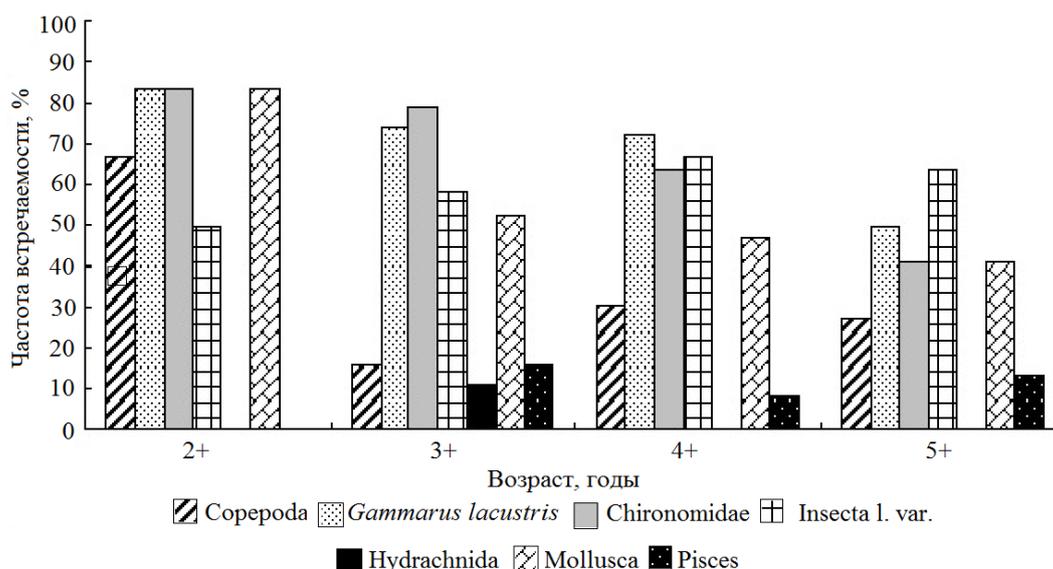


Рис. 1. Частота встречаемости объектов питания у рыб разных возрастных групп

В спектр питания арктического гольца в оз. Нижний Вензин входили в основном личинки насекомых (в частности личинки комаров-звонцов), гаммарусы, двусторчатые

(преимущественно горошинки) и брюхоногие моллюски, а также планктонные ракообразные – копеподы. Менее значимы в пище – водяные клещи и рыба (молодь трехиглой колюшки). В частности, гольцы возрастной группы 2+ активнее поедали гаммарусов, хирономид и двустворчатых моллюсков, 3+ – гаммарусов и личинок комаров, 4+ – гаммарусов, 5+ – предпочитали личинок поденок, веснянок, жуков и ручейников (рис. 1). Планктонные ракообразные значимую роль играли исключительно в питании более молодых гольцов, у старших рыб их доля в питании уменьшалась. При этом трехиглая колюшка в ЖКТ встречалась у рыб трехлеток и старше.

### Обсуждение

Паразитофауна гольца представлена семью видами, из них *E. salvelini*, *Crepidostomum farionis* используют гольца в качестве окончательного хозяина, а *Proteocephalus* sp., *Diphyllbothrium* sp., *C. farionis* – в качестве промежуточного.

Для *T. alaskensis*, *S. edwardsii* характерен прямой жизненный цикл (без промежуточных хозяев), для *E. salvelini*, *Proteocephalus* sp., *Diphyllbothrium* sp., *Crepidostomum farionis*, *C. farionis* – сложный жизненный цикл развития.

Моногенея *T. alaskensis* – арктический пресноводный вид, приурочен к широкому кругу лососевых рыб (Пугачев, 2002). В нашем материале этот паразит встречался единично. Скорее всего, это связано с тем, что при низкой температуре воды (0.5 °C) отсутствуют благоприятные условия для развития моногений. Заражение моногенами происходит от рыбы к рыбе, так как жизненный цикл паразитов проходит без промежуточных хозяев.

Цестоды являются одним из доминирующих классов паразитов у арктического гольца. В результате исследований было обнаружено 3 вида. *Eubothrium salvelini* – паразит лососевых рыб, специфичен для рода *Salvelinus*. Промежуточные хозяева – циклопы и бокоплавцы, возможно присутствие резервуарных хозяев. *Diphyllbothrium* sp. 1. – окончательными хозяевами являются рыбацкие птицы и млекопитающие, промежуточными – циклопы, вторыми промежуточными и резервуарными хозяевами служат преимущественно лососевые и сиговые рыбы. Дефинитивные хозяева *Proteocephalus* sp. – различные виды рыб, промежуточные хозяева – веслоногие ракообразные (циклопы и бокоплавцы), возможно участие хищных рыб в качестве резервуарных хозяев (Kennedy, 1978; Делямуре и др., 1985).

Трематода *Crepidostomum farionis* – широко распространенный кишечный паразит пресноводных, преимущественно лососевых, рыб (Пугачев, 2003). Жизненный цикл *C. farionis* в пресных водах протекает с участием моллюсков и бокоплавцов. Первые промежуточные хозяева *C. farionis* – двустворчатые моллюски Euglesidae и Sphaeriidae (Awachie, 1968; Прозорова, Шедько, 2003), вторые промежуточные хозяева – личинки поденок (Brown, 1927; Crawford, 1943). В качестве вторых промежуточных хозяев *C. farionis* некоторые авторы указывают гаммарид (Dawes, 1947; Awachie, 1968).

По нашим данным, в питании гольца присутствовали указанные выше беспозвоночные, с чем и связана высокая зараженность цестодами *E. salvelini*, *Proteocephalus* sp., *Diphyllbothrium* sp. и трематодами *C. farionis*.

Класс нематоды представлен одним видом – *C. farionis*. Жизненный цикл *C. farionis* проходит с участием одного промежуточного хозяина – рачков-бокоплавцов (Gjaever et al., 1991). Очень низкая зараженность *C. farionis* (ИО = 0.02) связана с тем, что рыбы всю жизнь проводят в озере и не мигрируют в реки, где происходит заражение этими гельминтами.

*Salmincola edwardsii* – является специфичным для рода *Salvelinus*. Копеподы рода *Salmincola* являются объектами повышенного интереса в силу их паразитирования на промысловых и редких видах рыб, для многих из которых раки известны как возбудители инвазионных заболеваний (Kabata, 1969).

Зависимость зараженности арктического гольца от возраста показана на рис. 2. У рыб в возрасте 5+ показатель зараженности *Proteocephalus* sp. 1. был выше, чем у рыб в возрасте 2+. Высокая интенсивность инвазии *Proteocephalus* sp. связана с хищным образом жизни гольца.

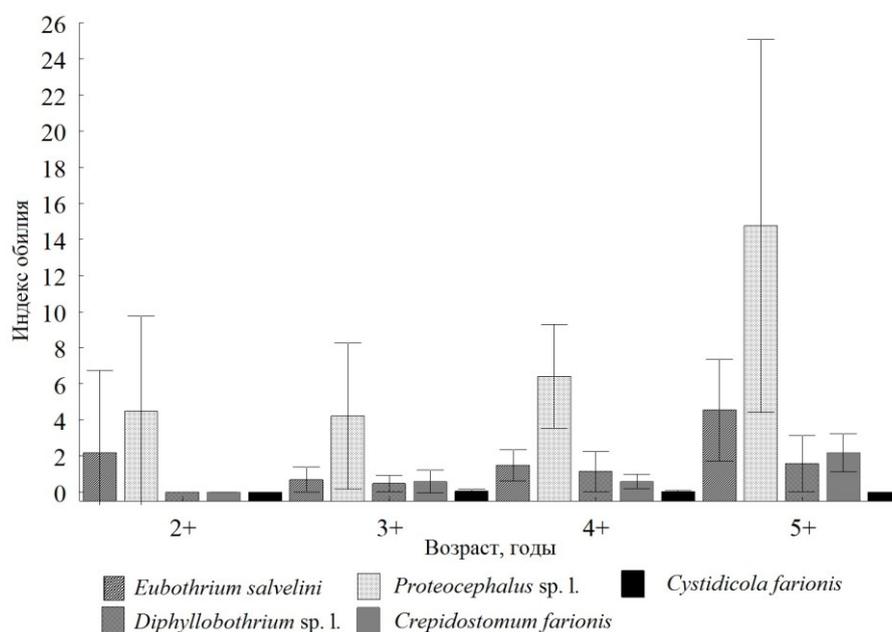


Рис. 2. Индекс обилия гельминтов у арктических гольцов разного возраста

В целом паразитофауна гольца в оз. Нижний Вензин не отличается большим видовым разнообразием и близка к таковой рыб из озер Нямато и Пальга (7 и 8 видов паразитов соответственно), расположенных в западной части Ловозерского района Кольского полуострова (Митенев, Карасев, 1999; Митенев, Шульман, 1999). Однако состав паразитов у них отличается. Если в оз. Пальга у гольца преобладают личинки цестод *D. dendriticum* и трематод сем. Diplostomidae, в оз. Нямато – трематоды *C. farionis* и цестоды *E. salvelini*, то в оз. Нижний Вензин наибольшие значения инвазии были отмечены для цестод *E. salvelini* и *Proteocephalus* sp. 1.

### Заключение

В результате паразитологических исследований гольца из оз. Нижний Вензин обнаружено 7 видов паразитов, принадлежащих к 5 систематическим группам (Monogenea – 1, Cestoda – 3, Trematoda – 1, Nematoda – 1, Copepoda – 1). Из них *Salmincola edwardsii* характерен лишь роду *Salvelinus*; *Eubothrium salvelini*, *Crepidostomum farionis* – специфичны для семейства Salmonidae; *Tetraonchus alaskensis*, *Proteocephalus* sp., *Diphyllbothrium* sp. и *Cystidicola farionis* – широкому кругу хозяев.

Выражаю благодарность научному сотруднику лаборатории ихтиологии и физиологии ММБИ КНЦ РАН Е.В. Смирновой за помощь в определении возраста рыб.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

- Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 131 с.  
 Гаврилов А.Л. Паразитофауна арктического гольца на Полярном Урале // Проблемы современной паразитологии: Матер. Междунар. конф. СПб., 2003. С. 118–120.

- Делямуре С.Л., Скрябин А.С., Сердюков А.М. Дифиллоботрииды – ленточные гельминты человека, млекопитающих и птиц // Основы цестодологии. М.: Наука, 1985. Т. XI. 199 с.
- Митенев В.К., Карасев А.Б. Паразиты лососевых рыб Мурманской области. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1995. 91 с.
- Митенев В.К., Карасев А.Б. Паразиты лососевых рыб Мурманской области. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1999. 91 с.
- Митенев В.К., Шульман Б.С. Паразиты рыб водоемов Мурманской области. Систематический каталог. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1999. 72 с.
- Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные (Первая часть). Л.: Наука, 1985. Т. 2. 452 с.
- Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные (Вторая часть). Л.: Наука, 1987. Т. 3. 583 с.
- Прозорова Л.А., Шедько М.Б. Моллюски озера Азабачье (Камчатка) и их биоценотическое значение // Тр. Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН. 2003. С.120–151.
- Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Книдарии, моногенеи и цестоды. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. гос. ун-та, 2002. 238 с.
- Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Трематоды. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. гос. ун-та, 2003. 224 с.
- Румянцев Е.А., Пермяков Е.В., Дрижаченко Е.Л. Паразитофауна рыб Пяозера // Болезни рыб и борьба с ними. М.: Изд. ВНИИПРХ, 1979. Вып. 23. С. 149–171.
- Шульман Б.С., Широков В.А., Щуров И.Г. Паразитофауна арктического гольца *Salvelinus alpinus* озера Мушталампи (Северная Карелия) // Паразиты Голарктики. Петрозаводск, 2010. С. 132–134.
- Awachie J.B.E. On the bionomics of *Crepidostomum metoecus* (Braun, 1900) and *Crepidostomum farionis* (Müller, 1784) (Trematoda, Allocreadiidae) // Parasitology. 1968. Vol. 58, № 2. P. 307–325.
- Brown F.J. On *Crepidostomum farionis* O.F. Müll., a distome parasite of the trout and grayling // Parasitology. 1927. Vol. 19. P. 86–99.
- Crawford W.W. Colorado trematodes studies. I. A further contribution to the life history of *Crepidostomum farionis* (Muller) // J. Parasitology. 1943. Vol. 29, № 6. P. 379–384.
- Dawes B. The trematodes of British fishes // Proceeding Royal Society. 1947. Vol. 131. 364 p.
- Gjaever A., Klemetsen A., Halvorsen O. Infection of *Cystidicola farionis* Fisher (Nematoda: Spiruroidea) in the swim bladder of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), from Takvatn, North Norway // Nordic J. Freshwater Res. 1991. Vol. 66. P. 63–71.
- Kabata Z. Revision of the genus *Salmincola* Wilson, 1915 (Copepoda: Lernaeopodidae) // J. Fish. Res. Board Can. 1969. Vol. 26. P. 2987–3041.
- Kennedy C.R. Studies on the biology of *Eubothrium salvelini* and *E. crassum* in resident and migratory *Salvelinus alpinus* and *Salmo trutta* and *S. salar* in North Norway and the islands of Spitsbergen and Jan Mayen // J. Fish Biol. 1978. Vol. 12, № 2. P. 147–162.

**Репродуктивный цикл пресноводных двустворчатых моллюсков  
*Henslowiana lilljeborgii* (Clessin in Esmark et Hoyer, 1886) (Bivalvia, Pisidioidea)  
в малых озерах севера Мурманской области**

**З.Ю. Румянцева, А.А. Фролов**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
braym1572@mail.ru

Двустворчатые моллюски надсемейства Pisidioidea, являясь по типу питания фильтраторами, активно участвуют в самоочищении вод, в процессе седиментации донных осадков и входят в пищевой рацион птиц и бентосоядных рыб, тем самым занимают ведущее

место в экосистемах континентальных водоемов (Жадин, 1952; Владимирская, 1957; Алимов, 1991; Лешко, 1998; Долгин, 1998). Численность и биомасса *Pisidioidea* иногда достигает 99 % общей численности и биомассы бентоса (Алимов, 1981).

Моллюски относительно быстро реагируют на изменения окружающей среды, вызываемые как естественными, так и антропогенными факторами. Реакция может проявляться в уменьшении (увеличении) численности и биомассы организмов, изменении видового состава поселений и морфологии моллюсков. Эти свойства активно используются в биоиндикации (Богачев, 1908; Старобогатов, 1977; Долгин, 1998).

*Henslowiana lilljeborgii* – широко распространенный вид в озерах Северной Европы, Сибири, Армении и северных Курильских островов (Старобогатов, 1977; Корнюшин, 1996; Лешко, 1998; Моллюски ..., 2004; Кантор, Сысоев, 2005). В Мурманской области данный вид представлен в большинстве водоемов и водотоков. Населяя преимущественно мелководную зону прибрежий и имея высокую численность, особенно в небольших заболоченных водоемах, этот вид доступен и удобен для многосторонних исследований.

Несмотря на широкое распространение и высокую численность, биология этого вида практически не изучена. Сведения о размножении *H. lilljeborgii* представлены в описании репродуктивного цикла вида из оз. Глухое (район г. Кола), приведенного А.А. Фроловым (2011) в диссертации.

Известно, что *H. lilljeborgii*, как и все моллюски надсемейства *Pisidioidea*, гермафродиты. Способ их размножения – яйцеживорождение: оплодотворенные яйца поступают в полость филламентов внутренней полужабры, которые при развитии эмбрионов утолщаются и образуют выводковую сумку. В этой сумке молодь вынашивается до момента выхода из материнской особи (Алимов, 1981).

Цель работы заключалась в уточнении сведений о размножении *H. lilljeborgii*. Для этого определяли сроки размножения и созревания моллюсков в разных озерах.

## Материал и методы

Материал для исследования отбирали ежемесячно с октября 2015 г. по октябрь 2016 г. в прибрежье (до глубины 1 м) безымянного озера (район пос. Мурмаши) и оз. Второе (район пос. Дровяной и пос. Три Ручья). Сбор материала осуществляли по общепринятой методике с помощью сачка-скребка, путем протаскивания его по поверхности грунта (Абакумов, 1983). Пробы отмывали от ила, алеврита и мелкозернистого песка через сито со стороной ячеек 0.5 мм. Фиксацию материала проводили 4 %-м формалином на месте сбора.

Во время отбора проб отмечали гидрологический тип водоема, глубину, тип грунта, измеряли температуру и рН воды.

В камеральных условиях проводилась первичная сортировка проб, моллюсков отмывали от формалина под проточной водой и фиксировали 75 %-м спиртом. Затем на основе морфометрии раковин, внешней морфологии и внутреннего строения (Старобогатов, 1977; Корнюшин, 1996; Моллюски ..., 2004), моллюсков определяли до видового уровня.

Для *H. lilljeborgii* проводили детальный анатомический анализ, в ходе которого определяли стадию зрелости. При этом измеряли ширину утолщенных филламентов, которые впоследствии образуют выводковую сумку (овисак) или длину непосредственно овисака и внутренней полужабры, в которой он расположен. Рассчитывали относительную длину выводковой сумки R. В выводковых сумках у каждой материнской особи подсчитывали количество яиц и эмбрионов и измеряли их длину. К ювенильным особям (ювенилам) относили моллюсков, имеющих длину раковины такую же, как и у эмбрионов перед выходом из материнской особи. Подростшей молодью (особи в предрепродукционной стадии) считали моллюсков, размер которых находился в диапазоне между ювенилами и достигшими половой зрелости моллюсками. Половую зрелость определяли по наличию

в жабрах утолщенных филламентов или выводковых сумок. Половозрелых моллюсков считали взрослыми. Было высчитано соотношение выделенных групп моллюсков. Также определяли соотношение фертильных и стерильных особей.

Инкубационным периодом считали время от поступления оплодотворенных яиц в филламенты (с утолщением последних) до выхода ювенильной молодежи из материнской особи. Продолжительность инкубационного периода определяли примерно, основываясь на анализе всех имеющихся данных по относительной длине овисака R, наличию и длине эмбрионов, соотношению возрастных групп, а также фертильных и стерильных особей.

Такой анализ *H. lilljeborgii* был проведен для каждого месяца в течение года. Всего было проанализировано 943 моллюска (506 экз. – оз. Второе и 437 экз. – безымянное озеро).

### Результаты и обсуждение

Обследованные озера относятся к малым водоемам, имеют площадь водного зеркала 0.216 км<sup>2</sup> (оз. Второе) и 0.013 км<sup>2</sup> (безымянное озеро). Озеро Второе является слабо проточным, а безымянное – верховым. Вода в обоих озерах слабокислая (рН 5.5–6.3). Небольшая площадь обуславливает значительный прогрев воды в водоемах (до 18.4 °С у дна в районе отбора проб в безымянном озере и до 17.8 °С в оз. Второе). Ледостав длится с конца октября–начала ноября до середины мая.

В размножении участвуют *H. lilljeborgii* с длиной раковины от 2.5 до 5.0 мм (максимальная длина раковин в выборках) (таблица).

#### Основные репродукционные характеристики *H. lilljeborgii*

Характеристика	Озеро Второе	Безымянное озеро
Длина половозрелых особей, мм	2.5–4.8	2.6–5.0
Период увеличения относительных размеров овисаков	Декабрь, июль–август	Декабрь, апрель–июль
Число эмбрионов у одной материнской особи	2–12	2–13
Периоды с наибольшим числом эмбрионов в овисаках	Июль–август	Июль–август, декабрь
Месяцы, когда эмбрионы достигают наибольшей длины, мм	Июнь – 1.2 мм, июль – 1.5 мм, август – 1.2 мм	Апрель – 1.5 мм, июнь – 1.7 мм, июль – 1.6 мм
Преобладание стерильных особей	В течение всего года, кроме апреля, мая и июля	В январе и апреле
Преобладание фертильных особей	В апреле, мае и июле	В ноябре, феврале, марте, мае–октябре

В образовании выводковых сумок *H. lilljeborgii* участвуют от 2 до 13 филламентов внутренних полужабр. По мере роста эмбрионов филламенты срастаются, и начинается рост овисаков. Обнаружена достоверная прямая связь относительных размеров овисаков R от температуры воды. Для оз. Второе коэффициент корреляции составляет 0.702 ( $\alpha = 0.01$ ), а для безымянного – 0.682 ( $\alpha = 0.01$ ).

При разрастании выводковых сумок наблюдается, соответственно, увеличение количества и размеров эмбрионов, находящихся в сумках. Число эмбрионов в полужабрах *H. lilljeborgii* варьировало от 2 до 12. Наибольшее число эмбрионов в материнских особях наблюдалось в июле–августе при максимальной температуре воды и в декабре при стабилизации температурных условий. Максимальная длина готовых или почти готовых к выходу (1.2–1.5 мм) эмбрионов в основном фиксировалась в летний период, но в безымянном озере наблюдалась также и в апреле.

Отмечено, что созревание молодых моллюсков в жабрах материнских особей происходит неравномерно на всех стадиях внутреннего развития, от утолщенных филаментов до момента выхода ювенилов. Например, в одной полужабре материнской особи могут наблюдаться утолщенные филаменты, в другой – выводковая сумка с эмбрионами; или в одном овисаке присутствуют эмбрионы на начальной стадии развития, в другом – готовые к выходу ювенилы.

Фертильные и стерильные особи *H. lilljeborgii* присутствовали в пробах в обоих озерах в течение всего года, при этом большую часть времени в оз. Второе наблюдались стерильные особи, тогда как в безымянном, напротив, фертильные.

В целом за год поселения *H. lilljeborgii* в исследованных озерах пополняют 222–286 молодых моллюсков.

Анализ соотношения возрастных групп показал доминирование (до 94 % всех особей) взрослых моллюсков в течение года. Ювенильная молодежь встречалась в пробах исключительно в безледный период.

Детальный анализ стадий развития *H. lilljeborgii* выявил следующее. Рождение молодежи у моллюсков из оз. Второе происходит не менее 3 раз в год: в декабре при стабилизации температурных условий (температура воды у дна около 1 °С) подо льдом, апреле–мае в начале прогрева воды (от 0.3 до 10 °С) и с июня по август во время максимальных значений (16–18 °С) температуры воды. Ориентировочное время инкубационного периода зимой и весной составляет 15–20 сут. В это время происходит частичный вымет молодежи. Численность ее в озере в эти периоды настолько мала, что не отмечается в пробах. Но по увеличению количества подросшей молодежи можно говорить о предшествующем пополнении поселения ювенильными моллюсками. К тому же после вымета ювенилов наблюдается уменьшение размеров овисаков у материнских особей.

В основном одна материнская особь может вынашивать до 13 эмбрионов. Максимальная рождаемость отмечена в июне (до 85 молодых моллюсков от 32 материнских особей), минимальная – в феврале, апреле и мае (6 ювенилов от 24 взрослых особей, 20 ювенилов от 22 взрослых моллюсков и 19 ювенилов от 29 взрослых моллюсков). Абсолютная рождаемость *H. lilljeborgii* в исследованных озерах варьирует в пределах 222–268 экз. в год. Такое количество молодежи производят на свет 150–170 материнских особей.

В летний период вымет молодежи происходит порционно, в размножении участвует большая часть моллюсков, о чем свидетельствует преобладание в это время фертильных особей. При этом продолжительность созревания от стадии утолщенных филаментов до выхода эмбриона из материнской особи также не превышает 15–20 сут. Для более детального анализа необходим сбор проб каждые 5–10 сут.

В безымянном озере также отмечено несколько этапов размножения. Вымет молодежи происходит, как и в оз. Второе, при стабилизации температурных условий в декабре (температура воды у дна около 1 °С), в феврале (0.7 °С), в начале прогрева толщи воды в апреле (от 0.7 до 2 °С), при максимальной температуре воды с июня по август (13–18 °С) и в сентябре (10 °С). Продолжительность каждого инкубационного периода по предварительной оценке составляет 20–25 сут. При этом зимой и весной, как и в оз. Второе, количество новорожденной молодежи минимально, она не встречается в пробах, но угадывается с небольшим запозданием по увеличению подросшей молодежи в последующих пробах. В летний период созревание эмбрионов также происходит неравномерно, вымет происходит порционно, инкубационные периоды, возможно, имеют такую же продолжительность, что и в другие сезоны года, но наблюдается увеличение числа особей, участвующих в размножении, поэтому новорожденная молодежь в пробах относительно многочисленна.

## Заключение

Проведенные исследования показали, что размножение *H. lilljeborgii* значительно растянуто, и длится в течение всего года с наиболее выраженным максимумом в летний период. Это демонстрирует две стратегии выживания *H. lilljeborgii* в исследованных водоемах. Длительный период репродукции обусловлен преимуществом в динамичных и, возможно, не очень благоприятных условиях среды, при этом возрастает вероятность выживания хотя бы части популяции. Другая стратегия преследует максимум преимуществ, когда период нереста совпадает с благоприятными условиями развития. Так, в безледный период увеличивается поступление в озера аллохтонного вещества, на котором развиваются бактерии, а достаточная освещенность и оптимальная температура создают необходимые условия для развития фитопланктона. Если учесть, что бактерио- и фитопланктон входят в рацион моллюсков, становится понятно, что массовый вымет молоди связан с обеспеченностью питанием как для самих размножающихся особей, так и для молодого поколения.

В течение года наблюдается несколько генераций *H. lilljeborgii*: зимняя, появляющаяся на свет в декабре при выравнивании температуры воды на уровне 1 °С, в феврале (по неустановленным пока причинам), в апреле–мае – в начале прогрева водной массы и в июне–августе (сентябре) – как было сказано выше, при наиболее оптимальных условиях. При благоприятных условиях летом происходит массовое размножение, в котором участвует большая часть взрослых моллюсков, а популяция максимально пополняется молодью. В другие периоды в размножении участвует лишь часть половозрелых моллюсков и популяция *H. lilljeborgii* пополняется незначительным количеством молодых особей.

Непосредственно период инкубации значительно сжат во времени и по предварительной оценке составляет всего 15–25 сут. Между выметами молоди зимой и весной создаются определенные временные интервалы, благодаря чему периоды увеличения численности моллюсков за счет новорожденных перекрываются минимально или не перекрываются вовсе, что создает предпосылки для достижения необходимой комплементарности в освоении пищевых ресурсов.

Репродуктивные циклы *H. lilljeborgii* в исследованных озерах имеют высокую степень сходства. Основные различия достигаются по количеству генераций в течение года: в оз. Второе их 3, в безымянном – 5, а также по абсолютной рождаемости (в безымянном озере она несколько ниже, чем в оз. Второе). Также отмечено, что большую часть года в оз. Второе численно преобладают стерильные моллюски, в то время как в безымянном – фертильные.

В целом в проточном и большем по площади оз. Второе более благоприятные условия для развития популяции *H. lilljeborgii*. Это подтверждается тем, что, несмотря на преобладание в течение года здесь стерильных особей и меньшее число генераций, наблюдается более высокая рождаемость моллюсков. В непроточном верховом безымянном озере, имеющим площадь водного зеркала меньше, чем в оз. Второе, условия для *H. lilljeborgii* хуже, о чем свидетельствуют более низкая рождаемость моллюсков, несмотря на доминирование в течение года фертильных особей и большее число генераций в год.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

## Литература

Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.

- Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1981. Т. 69. С. 248.
- Богачев В.В. Пресноводные плиоценовые фауны Западной Сибири // Изв. Геол. комитета. 1908. Т. 27, № 141. С. 259–299.
- Владимирская М.Н. Хариус из озер северо-западного участка бассейна озера Имандра // Зоол. журн. 1957. Т. XXXVI, вып. 5. С. 729–736.
- Долгин В.Н. Пресноводные моллюски бассейна Хатанги и водоемов полуострова Таймыр // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. Томск: Изд. Нац. исслед. Томского гос. ун-та, 1998. С. 282–283.
- Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 376 с.
- Кантор Ю.И., Сысоев А.В. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005. 627 с.
- Корнюшин А.В. Двустворчатые моллюски надсемейства Pisidioidea Палеарктики. Фауна, систематика, филогения. Киев: Изд. Ин-та зоол. НАНУ, 1996. 176 с.
- Лешко Ю.В. Моллюски. Т. V. Ч. 1 (Фауна европейского Северо-Востока России). СПб.: Наука, 1998. 168 с.
- Моллюски / Я.И. Старобогатов, Л.А. Прозорова, В.В. Богатов, Е.М. Саенко // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 6. Моллюски, полихеты, немертины. СПб.: Наука, 2004. С. 9–491.
- Старобогатов Я.И. Класс двустворчатые моллюски Bivalvia // Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 123–151.
- Фролов А.А. Фауна, распространение и экология моллюсков надсемейства Pisidioidea различных водных объектов северо-запада России: Дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2011. 288 с.

## Влияние пленки дизельного топлива на функциональное состояние зеленой водоросли *Acrosiphonia arcta*

Д.О. Салахов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН г. Мурманск  
salahov04@yandex.ru

В настоящее время одной из главных экологических проблем является нефтяное загрязнение вод Мирового океана, оказывающее губительное действие на широкий спектр морских организмов. Животные и виды прикрепленных форм водорослей, обитающие на литорали, более подвержены действию нефти, чем виды гидробионтов, обитающие на глубине (O'Brien, Dixon, 1976).

Анализ литературных данных показал, что фукусовые водоросли обладают высокой устойчивостью и сорбционной способностью к действию углеводородов нефти, которые формируются благодаря функциональным перестройкам и адаптациям на разных уровнях организации (О возможной ..., 2008). Наиболее массовый представитель фукусовых водорослей на литорали Баренцева моря – *Fucus vesiculosus*. Благодаря способности данного вида образовывать симбиотические ассоциации с эпифитными углеводородокисляющими бактериями происходит деструкция нефтепродуктов на поверхности таллома и включение их в метаболизм водорослей (Воскобойников, Пуговкин, 2012).

Изучение влияния нефтепродуктов на водоросль *Ulvaria obscura* (Chlorophyta) показало, что данный вид макрофитов демонстрирует высокую сорбционную способность и физиологическую устойчивость (Об участии ..., 2018). Физиологическое состояние и сорбционная способность других водорослей отдела Chlorophyta изучено слабо.

Объект исследований – литоральные водоросли *Acrosiphonia arcta* (Dillwyn) Gain из отдела Chlorophyta. Однолетние, сезонные растения, широко распространены на Мурманском побережье, населяют нижний и средний горизонт литорали (Растения ..., 2016).

Цель исследований – определить влияние пленки и эмульсии нефтепродуктов на интенсивность фотосинтеза зеленой водоросли *A. arcta*.

### Материал и методы

Эксперименты проводили в июле 2018 г. на сезонной биостанции ММБИ КНЦ РАН (пос. Дальние Зеленцы) в термостатированном помещении при постоянном освещении 16–18 Вт/м<sup>2</sup> и температуре 8–10 °С с постоянной аэрацией водной среды.

Было поставлено два эксперимента. Первый имитировал приливоотливной цикл с воздействием на водоросли пленки дизельного топлива (ДТ). Одиночные талломы *A. arcta* массой 20 г помещали в воронку Бюхнера, через которую пропускали летнее дизельное топливо, в результате чего на поверхности талломов образовывалась пленка нефтепродукта. После этого талломы переносили в чашки Петри, где они в течение 4–6 ч находились в воздушной среде (“отлив”), затем талломы помещали на 8–10 ч в емкости объемом 1 л с морской водой (“прилив”). При добавлении морской воды в экспериментальные емкости пленка нефтепродуктов, находящаяся на талломах водорослей, трансформировалась в эмульсию. Затем цикл “отлив–прилив” повторялся. Длительность эксперимента составляла 6 сут. Интенсивность фотосинтеза и морфологическое состояние клеток водорослей анализировали в первый день эксперимента, во время “отлива” и “прилива”, а также в конце опыта. Контролем в двух экспериментах служили водоросли без добавления дизельного топлива, которые также подвергались циклу “отлив–прилив”.

Во втором эксперименте водоросли, помещались в стеклянные емкости, содержащие 1 л морской воды. В воду, предварительно пропущенную через ватно-марлевый фильтр, добавляли летнее дизельное топливо в концентрации 3.5 мг/л (700 ПДК). Длительность эксперимента составляла 6 сут. В начале и по окончании эксперимента был измерен фотосинтез водорослей. Оба эксперимента проводились в трех повторностях.

Интенсивность фотосинтеза определяли скляночным методом по изменению содержания кислорода в воде за период инкубации талломов. Растения помещались в стеклянный сосуд объемом 500 мл на 1 ч к источнику света. Для контроля использовали “холостую” пробу (изменение содержания кислорода в емкости без водоросли). Интенсивность фотосинтеза рассчитывали в микрограммах O<sub>2</sub> на 1 г сырой массы таллома за 1 ч (Унифицированные ..., 1973).

Анализ морфологического состояния клеток проводили с использованием микроскопа ЛОМО Микмед-6, статистическую обработку – с использованием пакета программ Excel.

### Результаты и обсуждение

В контроле интенсивность фотосинтеза составляет 0.12 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час (рис. 1), после осушения в течение 1 ч происходит незначительное снижение интенсивности фотосинтеза до 0.09 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час, а после пребывания в течение 3 ч на воздухе наблюдается увеличение интенсивности фотосинтеза по сравнению с контролем в 2 раза – 0.18 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час.

В конце “прилива” интенсивность фотосинтеза у растений выше в 4 раза по сравнению с началом “отлива” и составляет 0.41 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час. Через 6 сут. эксперимента интенсивность фотосинтеза в контроле составила 0.19 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час (рис. 1).

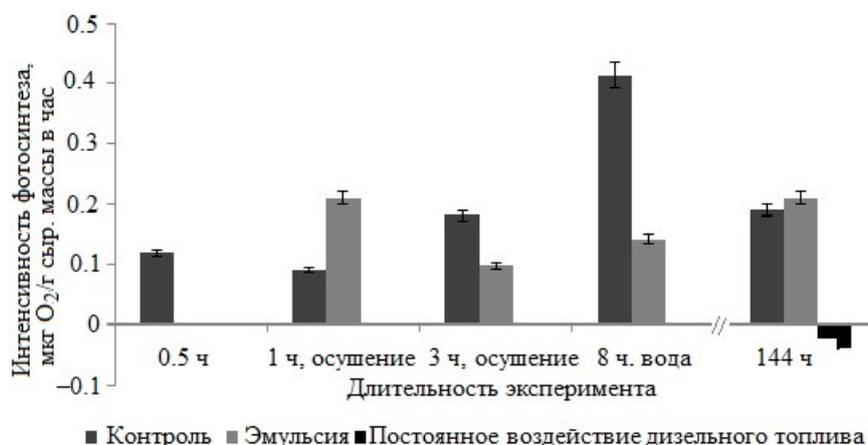


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза *Acrosiphonia arcta* в экспериментах

В эксперименте воздействие дизельного топлива в первый час вызывает усиление интенсивности фотосинтеза у растений до 0.21 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час (рис. 1), при дальнейшем действии “отлива” через 3 ч наблюдается снижение фотосинтетической активности в 2 раза – 0.1 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час.

При контакте с водой дизельное топливо переходит в эмульгированную форму, и в дальнейшем на водоросли будет действовать эмульсия. При воздействии “прилива” интенсивность фотосинтеза по сравнению с контролем становится ниже в 4 раза – 0.14 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час.

Через 6 сут. в экспериментах (рис. 1) интенсивность фотосинтеза под действием эмульсии дизельного топлива сравнивается с показателем контрольного значения и составляет 0.21 и 0.19 мкг O<sub>2</sub>/г сыр. массы в час соответственно.

У растений, которые постоянно находились в воде под воздействием дизельного топлива (без осушения), преобладали процессы дыхания.

Рассмотрим состояние клеток используемой в экспериментах водоросли. Для *Acrosiphonia arcta* характерен сифонокладальный тип таллома с ветвящимися нитями.

В контрольном образце водоросли после “отлива” изменений в строении клеток не отмечается (рис. 2А).

При действии пленки дизельного топлива в клетках наблюдается плазмолиз, который наступает в течение первых часов воздействия токсиканта (рис. 2Б). При “смывании” пленки в течение одного “приливоотливного” цикла не происходит восстановление первоначальной структуры, однако гибели талломов не отмечается. В дальнейшем, при воздействии цикла “прилив–отлив”, идет постепенное восстановление структур клеток (рис. 2В).

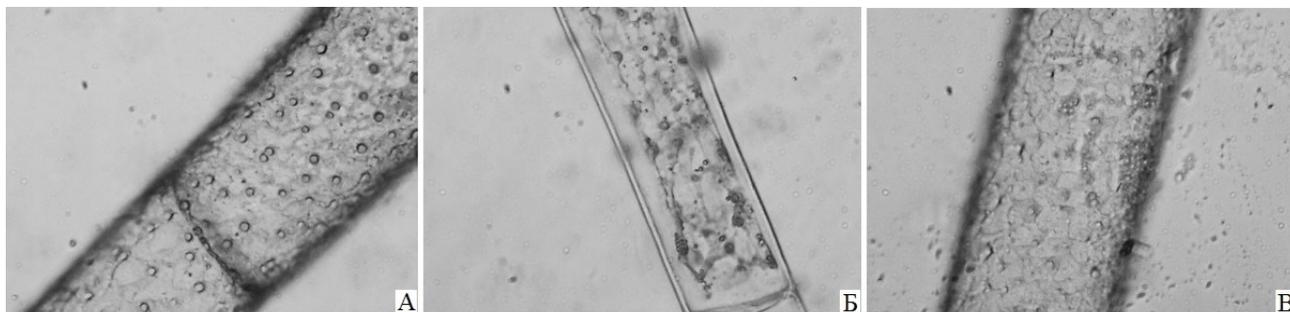


Рис. 2. Состояние клеток водоросли *Acrosiphonia arcta* в экспериментах:

А – контрольный образец, 4 ч эксперимента; Б – плазмолиз, 4 ч воздействия дизельного топлива; В – опытный образец водоросли через несколько суток после воздействия пленки дизельного топлива и “прилива–отлива”

Одним из главных показателей функциональной активности растительных организмов является уровень фотосинтеза. Поэтому в большой части работ по влиянию нефти на макрофиты внимание исследователей сосредоточивалось на воздействии углеводородов на фотосинтетический аппарат.

В лабораторных экспериментах на чистых культурах *A. sonderi*, *A. arcta* и *A. centralis* по воздействию “легкой” и “тяжелой” фракции нефти было показано, что легкая водорастворимая фракция нефти понижает скорость фотосинтеза *A. sonderi* на 40 % через 4 ч. Уже через 6 ч скорость фотосинтеза возрастает, оставаясь при этом меньше контрольной, но через 1 сут. эксперимента снижается до 48 %. Скорость фотосинтеза после 2 ч инкубации *A. arcta* снижалась на 7 %, затем несколько увеличивалась, но через 24 ч “падала” до 40 % от контрольного значения; *A. centralis* оказалась менее чувствительной к воздействию водорастворимой фракции нефти, скорость фотосинтеза снижалась через 1 сут. на 16 % (Kusk, 1980). В нашем эксперименте *A. arcta* продемонстрировала похожую реакцию по воздействию эмульсии дизельного топлива в первые сутки эксперимента, но при постоянном поступлении чистой воды во время прилива, концентрация нефтепродуктов падает. Пленка дизельного топлива, оседающая на поверхности таллома во время отлива, частично смывается, и процесс фотосинтеза выравнивается по сравнению с контрольным значением.

По литературным данным известно, что пленочная форма нефтепродуктов оказывает более выраженное негативное воздействие на морфофункциональное состояние макроводорослей, чем растворенные и эмульгированные формы нефти (Reddin, Prendeville, 1981). В нашем случае увеличение интенсивности фотосинтеза по сравнению с контрольными значениями в первые часы эксперимента вероятнее всего можно объяснить тем, что пленка нефти предотвращает обезвоживание талломов водорослей, задерживая воду на поверхности, затем при нахождении в воде в течение “прилива” дизельное топливо оказывает токсическое воздействие на водоросли – снижает интенсивность фотосинтеза и разрушает клетки водорослей.

При постоянном контакте водорослей с дизельным топливом в концентрации 3.5 мг/л (700 ПДК) происходят необратимые процессы, вызывающие гибель растения, что согласуется с литературными данными (Степаньян, 2003).

### Выводы

Вид зеленых водорослей *A. arcta* оказался устойчивым к воздействию пленки дизельного топлива при чередовании “прилива–отлива”, вследствие чего происходит уменьшение концентрации дизельного топлива в воде и частичное смывание его пленки с талломов водорослей с последующей ее деградацией.

Постоянное воздействие дизельного топлива в концентрации 3.5 мг/л вызывает гибель *A. arcta*.

Для получения более подробной информации о возможной роли *A. arcta* в очистке прибрежных акваторий от нефтепродуктов необходимы дополнительные исследования.

Автор выражает благодарность заведующему лабораторией альгологии д.б.н. Г.М. Воскобойникову и старшему научному сотруднику лаборатории альгологии к.б.н. И.В. Рыжик за частично предоставленные данные и помощь в проведении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-05-80058/18).

### Литература

Воскобойников Г.М., Пуговкин Д.В. О возможной роли *Fucus vesiculosus* в очистке прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. 2012. Т. 15, № 4. С. 716–720.

О возможной роли морских макрофитов в очистке поверхности воды от нефтяного загрязнения / Г.М. Воскобойников, В.В. Ильинский, Е.М. Лопушанская, Д.В. Пуговкин // Нефть и газ Арктического шельфа 2008: Матер. Междунар. конф. Мурманск: Мурм. полиграф. компания, 2008. С. 63–68.

Об участии зеленой водоросли *Ulvaria obscura* в биоремедиации морской среды от нефтепродуктов / Г.М. Воскобойников, Г.Г. Матишов, Л.О. Метелькова и др. // Докл. РАН. 2018. Т. 481, № 1. С. 111–113.

Растения и лишайники Мурманского побережья Баренцева моря (полевой атлас) / Е.Ф. Марковская, С.В. Малавенда, И.В. Рыжик и др. Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. гос. ун-та, 2016. 191 с.

Степаньян О.В. Морфофункциональные перестройки у водорослей-макрофитов Баренцева моря под влиянием нефти и нефтепродуктов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2003. 29 с.

Унифицированные методы анализа вод. Изд. 2-е, испр. / Под общ. ред. д.х.н., проф. Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1973. 376 с.

Kuck K.O. Effects of crude oil and aromatic hydrocarbons on the photosynthesis of three species of *Acrosiphonia* grown in the laboratory // Bot. Mar. 1980. Vol. 23. P. 587–593.

O'Brien P.Y., Dixon P.S. The effects of oils and oil components on algae: a review // Brit. Phycol. J. 1976. № 11. P. 115–142.

Reddin A., Prendeville G.N. Effect of Oils on cell membrane permeability in *Fucus serratus* and *Laminaria digitata* // Mar. Poll. Bull. 1981. Vol. 12, № 1. P. 339–342.

## Некоторые данные о плодовитости арктического шлемоносного бычка *Gymnocanthus tricuspis* (Reinhardt, 1830) в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском

С.А. Чаус

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
deadw8@yandex.ru

### Введение

Размножение – важное звено жизненного цикла рыбы, во взаимосвязи с другими звеньями обеспечивающее воспроизводство популяции и сохранение вида (Никольский, 1974). Весьма актуальным элементом при разработке теории формирования и динамики численности популяций морских видов рыб является количественное определение воспроизводительного потенциала нерестовой части популяции, естественного темпа воспроизводства, а, следовательно, и плодовитости самок (Анохина, 1969). Данные о плодовитости арктического шлемоносного бычка *Gymnocanthus tricuspis* (Reinhardt, 1830) – циркумполярного вида, фрагментарны, а такие вопросы как особенности развития ооцитов, характер икрометания, время нереста и сроки инкубации икры, точно не установлены. Известно, что половозрелости арктический шлемоносный бычок достигает на четвертом году жизни (Андряшев, 1954). Величины индивидуальной плодовитости указаны только для вида, обитающего в Баренцевом (Долгов, 1995) и Карском (Бетешева, 1948) морях. Исходя из этого, целью настоящего исследования было определение количественных показателей плодовитости арктического шлемоносного бычка в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском.

### Материал и методы

Материал для работы собран на достаточно обширной акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в августе–сентябре

2014 г. Лов выполнялся донным тралом (чертеж № 2387) с ячеей 138 мм и мелкоячейной вставкой 12 мм. Горизонтальное раскрытие трала составляло 12–14 м, вертикальное – 4.5–3.5 м. Донные траления осуществляли со скоростью 2.5–3.0 узла в течение 30 мин. Также были выполнены траления в пелагиали со скоростью 3.5–3.6 узлов и продолжительностью 15 мин. Мелководные районы с глубинами менее 10–20 м были обследованы с использованием трала Сигсби с длиной рамы 1 м, высотой 30 см и сетным полотном с ячейей 7 мм. Продолжительность буксировки составляла 10 мин при скорости 1.5 узла. Пробы икры рыб, у которых был проведен полный биологический анализ, фиксировали 4 %-м раствором формалина и доставляли на берег.

Определение плодовитости осуществлялось на материале гонад самок на III и IV стадиях зрелости с помощью стандартного весового метода (Правдин, 1966; Петлина, 1987). Индивидуальную плодовитость определяли у рыб с массой гонад до 5 г по навеске в 0.5 г, более 5 г – по навеске в 0.75 г. Для определения среднего размера яиц из каждой пробы брали по 10 икринок, располагали по прямой линии, измеряли длину этой линии и делили на 10. Всего исследовано 64 пробы икры арктического шлемоносного бычка, среди которых 42 из моря Лаптевых и 22 из Восточно-Сибирского моря.

### Результаты и обсуждение

Индивидуальная, или абсолютная, плодовитость (Правдин, 1966) – общее число зрелых икринок, выметываемых одной самкой за один нерестовый сезон (Анохина, 1969). В результате исследований выявлено, что индивидуальная плодовитость особей арктического шлемоносного бычка из моря Лаптевых варьирует от 2081 до 8595 икринок (рис. 1). Наиболее вариабельными являются средние значения индивидуальной плодовитости у 5- и 6-годовиков.

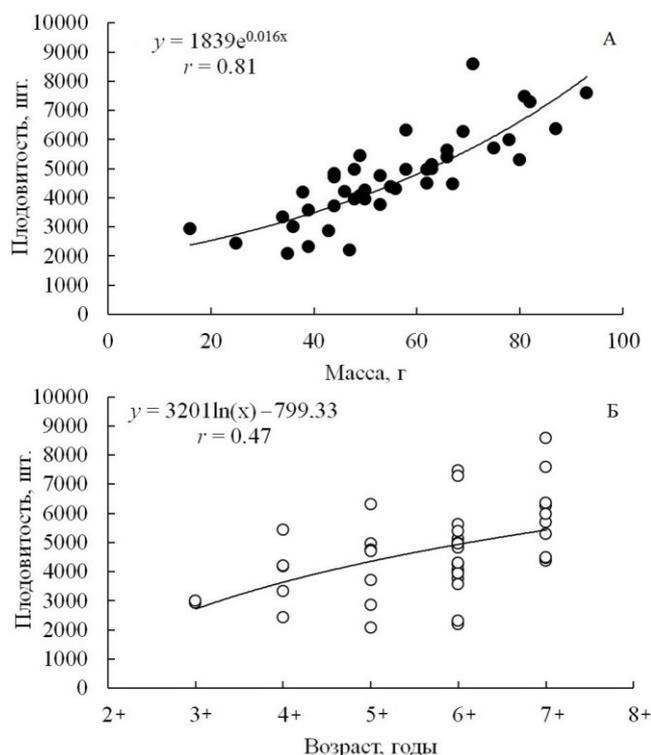


Рис. 1. Зависимость индивидуальной плодовитости от массы тела (А) и возраста (Б) самок арктического шлемоносного бычка из моря Лаптевых в 2014 г.

Индивидуальная плодовитость особей арктического шлемоносного бычка из Восточно-Сибирского моря колеблется в пределах от 2754 до 7120 икринок. С увеличением возраста и размеров рыб индивидуальная плодовитость закономерно увеличивается (рис. 2). Приведенные ранее данные о плодовитости этого вида в других северных морях свидетельствуют о следующем. Индивидуальная плодовитость самок этого вида с длиной тела 11.7–15.8 см составляет 2060–3512 икринок в Карском море (Бетешева, 1948), 11.7–13.7 см – от 2240 до 4710 икринок в Баренцевом море (Долгов, 1995). Полученные нами результаты для особей указанной длины тела в целом согласуются с литературными данными по Баренцеву морю, однако превышают верхний предел для рыб из Карского моря на несколько тысяч икринок.

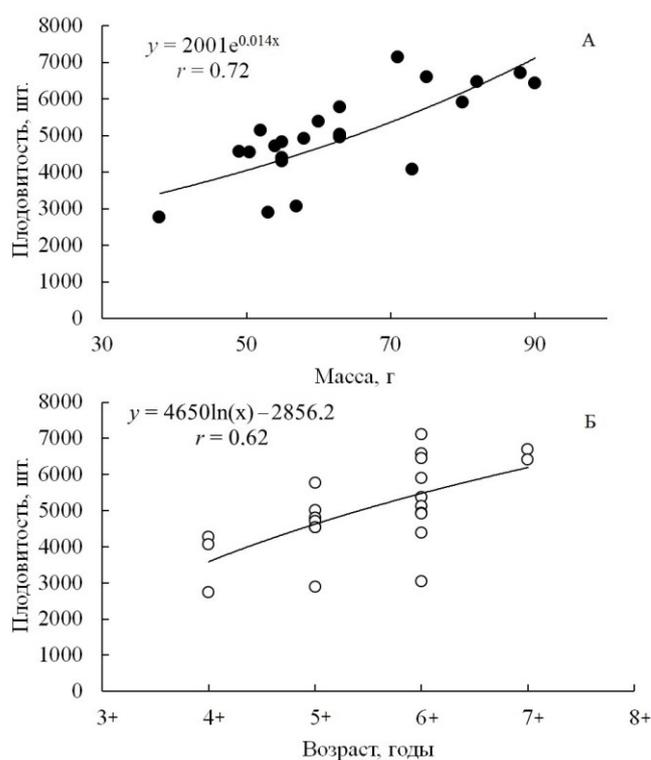


Рис. 2. Зависимость индивидуальной плодовитости от массы тела (А) и возраста (Б) самок арктического шлемоносного бычка из Восточно-Сибирского моря в 2014 г.

Диаметр зрелых ооцитов у особей арктического шлемоносного бычка из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского варьирует от 1.1 до 1.7 мм. Средние размеры зрелых икринок увеличиваются с возрастом рыбы (рис. 3). Более мелкие икринки у 6-летних особей из моря Лаптевых относительно 5-летних объясняются небольшой выборкой пятилеток. Результаты более ранних исследований показывают, что диаметр икринок у самок арктического шлемоносного бычка из Баренцева моря составляет около 1 мм (Долгов, 1995), а диаметр зрелых овариальных икринок у особей из Карского моря – около 2 мм (Бетешева, 1948). Следует отметить, что при анализе плодовитости во всех гонадах были обнаружены не только зрелые желто-коричневые икринки, но и более мелкие бледные икринки размером около 0.5 мм в пропорции со зрелыми приблизительно 1:1, что не указывается авторами для других северных морей. По особенностям развития ооцитов (Овен, 1976) арктический шлемоносный бычок из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, по предварительным данным, может быть отнесен к рыбам с порционным нерестом.

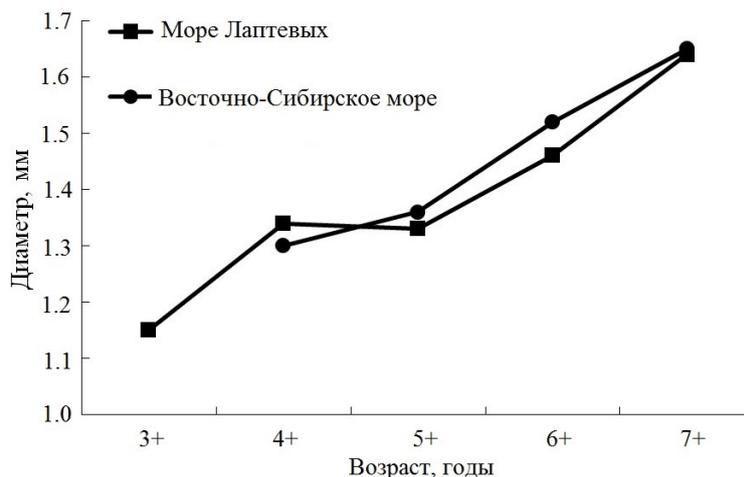


Рис. 3. Средний диаметр зрелых ооцитов арктического шлемоносного бычка разных возрастных классов из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в 2014 г.

### Выводы

Индивидуальная плодовитость особей арктического шлемоносного бычка из моря Лаптевых варьирует в пределах от 2081 до 8595 икринок, из Восточно-Сибирского моря – от 2754 до 7120 икринок.

Сравнение полученных нами данных с информацией по плодовитости этого арктического вида в Баренцевом и Карском морях показало, что в целом результаты согласуются, однако полученные нами данные превышают верхний предел на несколько тысяч икринок у одноразмерных самок по сравнению с карскоморскими особями.

Диаметр зрелых ооцитов особей арктического шлемоносного бычка из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского варьирует от 1.1 до 1.7 мм. Во всех гонадах также обнаружены мелкие икринки диаметром около 0.5 мм, количество которых находится в пропорции 1:1 со зрелыми, что арктического шлемоносного бычка из моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, по предварительным данным, можно отнести к рыбам с порционным нерестом.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

- Андряшев А.П. Рыбы северных морей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 566 с.
- Анохина Л.Е. Закономерности изменения плодовитости рыб на примере весенне- и осенненерестующей салаки. М.: Наука, 1969. 291 с.
- Бетешева Е.И. Непромысловые рыбы Карского моря. М.: Пищепромиздат, 1948. 171 с.
- Долгов А.В. Некоторые вопросы биологии непромысловых рыб Баренцева моря // Проблемы рыбохозяйственной науки в творчестве молодых: Сб. докл. конф.-конкурса молодых ученых и специалистов ПИНРО. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1995. С. 69–94.
- Никольский Г.В. Экология рыб. М.: Высшая школа, 1974. 367 с.
- Овен Л.С. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. Киев: Наук. думка, 1976. 132 с.
- Петлина А.П. Определение плодовитости и стадий зрелости рыб: Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1987. 106 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.

## Оценка работоспособности серых тюленей при их экспозиции в низкочастотном электромагнитном поле

А.П. Яковлев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск  
xloroplast@mail.ru

### Введение

С конца прошлого века произошли значительные изменения в структуре источников электромагнитного поля (ЭМП), связанные с возникновением их новых видов, освоением новых частотных диапазонов теле- и радиовещания, развитием средств дистанционного наблюдения, контроля и др. Особенностью этих источников является создание равномерной зоны “радиопокрытия”, что приводит к увеличению электромагнитного фона в окружающей среде (Еськов, Тобоев, 2008; Бинги, 2012; Бреус и др., 2016). Значительные отклонения ЭМП от естественного уровня в большую или меньшую стороны выходят за границы оптимума жизнедеятельности живых организмов и являются стрессовым фактором (Биогенный ..., 1989; Еськов, Тобоев, 2008). Экспериментальные данные отечественных и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности ЭМП во всех частотных диапазонах (Walker et al., 2002; Еськов, Тобоев, 2008; Visual ..., 2009; Влияние ..., 2011).

Воздействие ЭМП, отличающегося от параметров естественного фона, вызывает обратимые изменения регуляции физиологических процессов у животных и растений. Под влиянием искусственного ЭМП изменяется поведение животных – двигательная активность, ориентация в пространстве, способность к выработке условных рефлексов (Эльгард, Холодов, 1964; Холодов, 1975; Экспериментальная ..., 2010; Экспериментальное ..., 2012; Влияние ..., 2016).

Известно, что одной из ведущих физиологических стресс-систем организма, обеспечивающих развитие общего адаптационного синдрома, является центральная нервная система (ЦНС). Именно ей отводится главная роль в ответе организма животных и человека на электромагнитные поля нетепловой интенсивности (Холодов, 1996, 1998; Экспериментальная ..., 2010; Лукьянова, 2013, 2015). С изменениями ее состояния, а именно, динамических взаимоотношений между процессами возбуждения и торможения в ЦНС многие авторы связывают проявление магнитных биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМП (Лукьянова, 2002).

Поскольку в научной литературе отсутствуют данные о влиянии ЭМП на высшую нервную деятельность ластоногих, представляется целесообразным изучение влияния электромагнитных полей на деятельность ЦНС настоящих тюленей, в частности, на устойчивость выполнения условных рефлексов второго порядка, т. е. на работоспособность этих животных.

Цель данных исследований – изучение влияния искусственного электромагнитного поля с частотой 8 Гц на работоспособность серых тюленей.

### Материал и методы

В ходе экспериментальных работ 2015–2016 гг., проводимых на биофизическом исследовательском комплексе ММБИ–ПГИ в г. Мурманске, в опытах были поэтапно задействованы две половозрелые самки серого тюленя *Halichoerus grypus* Fabricius, 1791 – Соня (11 лет) в 2015 г. и Бузя (12 лет) в 2016 г.

Животные содержались на аквакомплексе ММБИ, расположенном на акватории Кольского залива, в условиях неволи, приближенных к естественной среде их обитания, с полуторамесячного возраста. Оба тюленя прошли курс начальной и общей подготовки, выполняют широкий спектр команд, неоднократно участвовали в экспериментах различной направленности.

После перевозки в биофизический комплекс тюлени проходили период адаптации к новым условиям в течение 14 сут. Животные содержались в пресной воде, температурный и световой режимы в помещении на протяжении экспериментов оставались неизменными. Состав и количество корма были постоянными в течение всего периода содержания животных в биофизическом комплексе.

Источник электромагнитного поля включал задающий генератор с возможностью установления несущей частоты в диапазоне 0.01–36 Гц и излучающую антенну, огибающую бассейн по периметру с образованием горизонтальной рамки (Терещенко, Григорьев, 2016). Напряженность искусственного электромагнитного поля синусоидальной формы, подаваемого на излучающую антенну, составляла 45–50 А/м.

В нашей работе использован метод условных рефлексов как один из наиболее информативных для экспериментального изучения функционального состояния высших отделов ЦНС (Павлова и др., 2013). Исследования по изучению влияния искусственных низкочастотных электромагнитных полей на работоспособность серых тюленей проводились в несколько этапов.

На первом этапе эксперимента, после адаптации тюленей к новым условиям содержания, было проведено 5 тренировок по контролю выполнения ранее выработанных инструментальных рефлексов “таргет”, “ищи” и “бридж-сигнала” (специальный звуковой стимул, ассоциирующийся у тюленя с положительным пищевым подкреплением). На первой тренировке тюленя знакомили с “мишенью” – кеглей красного цвета, длиной 25 см и диаметром 8 см, закрепленной с помощью веревки у борта бассейна на 10–15 см выше уровня среза воды, и “таргетом” (целевым указателем) – шестом с желтым пластиковым шаром на конце.

Тренировки проводили в утренние часы (10 ч), всего за тренировку подавалось 40 команд, по 20 каждой. Тренировочный процесс был организован следующим образом: тюлень занимал стартовую позицию у одного и того же борта бассейна. Ему предъявлялся таргет с одновременной звуковой командой “таргет”, тюлень должен был коснуться носом целевого указателя (желтый шар) и удерживать такое положение как можно дольше, как только животное отводило нос от таргета, следовал бридж-сигнал и пищевое подкрепление. Затем тюлень занимал стартовую позицию у того же борта бассейна, после чего подавалась звуковая команда “ищи”. Животное должно было проплыть до противоположного борта бассейна и коснуться мишени (красная кегля) носом, после чего звучал бридж-сигнал, и следовало пищевое подкрепление. В случае невыполнения поданной команды или своевольное оставление стартовой позиции, пищевое подкрепление не подавалось. После 5 контрольных тренировок, убедившись в стабильности выполнения выработанных ранее инструментальных условных рефлексов, перешли к следующему этапу эксперимента.

Второй этап эксперимента заключался в проведении 15 тренировок с видеофиксацией. На каждой тренировке подавалось по 20 команд “таргет” и 20 команд “ищи”. Таким образом, животное за тренировку максимально могло получить 40 пищевых поощрений, при неверном предъявлении оно его лишалось. Фиксировались следующие параметры: время удержания целевого объекта – таргета (команда “таргет”), измеряемое в секундах; время поиска предмета (мишени) по команде “ищи”, измеряемое в секундах; количество ошибок. Ошибкой считалось “неправильное” действие животного – по ряду причин тюлень не всегда выполнял команду тренера. Не дождавшись команды, он самовольно уплывал к целевому

раздражителю или покидал стартовую позицию. Так же регистрировали общую продолжительность каждой тренировки – время фиксировалось от подачи первой команды до выполнения животным последней из общего числа команд – 40.

В ходе третьего этапа эксперимента были проведены 15 аналогичных тренировок. Главным отличием от второго этапа было то, что серых тюленей во время тренировок подвергали воздействию искусственного низкочастотного электромагнитного поля с частотой 8 Гц. Фиксировался тот же перечень контрольных параметров.

Видеофиксацию хода эксперимента осуществляли при помощи видеокамеры наружного наблюдения и TV-тюнера, подключенного к персональному компьютеру, и переносной видеокамеры Panasonic SDR-H40, установленной на штатив.

При обработке полученных данных применена описательная статистика. Для оценки достоверности различий между массивами данных использовали *U*-критерий Манна–Уитни. Статистическая обработка осуществлена с помощью программного обеспечения Microsoft Excel (Microsoft, США) и Statistica 6.0 (StatSoft, США).

### Результаты и обсуждение

Контроль скорости подхода животного к мишени и время удержания целевого объекта позволяет оценить наличие или отсутствие отвлекающих, тревожных или опасных факторов, способных оказывать влияние на скорость выполнения определенных команд или способность концентрировать внимание животного на определенном действии. Другими словами подобный подход позволяет оценить работоспособность серого тюленя при воздействии какого-либо раздражающего фактора.

В наших экспериментах в качестве раздражающего фактора выступало искусственное электромагнитное поле с частотой 8 Гц. Выбор частоты электромагнитного поля был обусловлен литературными данными (Холодов, 1975, 1996; Биогенный ..., 1989; Бинги, 2002), свидетельствующими о наличии магнитных биологических эффектов у живых систем, подверженных экспозиции в электромагнитных полях с данными частотными характеристиками. Частота 8 Гц весьма близка по значению к первой моде шумановских резонансов (7.62 Гц), которые возникают во время геомагнитных бурь, различных гидрометеорологических процессах и землетрясениях (Эффекты ..., 2013).

Длительность тренировок колебалась независимо от номера опыта и подопытного животного, но с некоторой тенденцией к укорочению от первых, наиболее продолжительных тренировок, с максимальным количеством ошибок, к последним опытам в серии. Такая же тенденция прослеживается с количеством ошибок, совершаемых тюленями, в каждой серии тренировок.

Для всех контролируемых параметров были получены усредненные значения из 15 тренировок в каждой серии экспериментов. Средняя продолжительность тренировки у тюленя Соня составила 28 мин 31 с при фоновых значениях геомагнитного поля и 31 мин 35 с при экспозиции животного в искусственном низкочастотном электромагнитном поле, у тюленя Бузя, соответственно, 31 мин 27 с и 36 мин 27 с. Среднее количество ошибок, допущенных Соней, за тренировку составило 1.33 в серии тренировок без воздействия низкочастотного ЭМП и возросло до 2.73 ошибок в серии тренировок с экспозицией животного в искусственном электромагнитном поле. Серый тюлень Бузя допускал 1.47 ошибки за тренировку в серии экспериментов без воздействия низкочастотного ЭМП и 3.20 ошибок за тренировку в экспериментах с экспозицией в электромагнитном поле (рис. 1).

Средняя продолжительность тренировок у тюленей Сони и Бузи в опытах без воздействия низкочастотного ЭМП имеет различные значения, что связано с индивидуальными особенностями животных. При этом в опытах с экспозицией животных в электромагнитном поле среднее время тренировки незначительно возросло у обоих

тюленей (рис. 1). Иная картина наблюдается с ростом среднего количества допущенных ошибок за тренировку у обоих испытуемых животных. При достаточно низком количестве ошибок в экспериментах без воздействия низкочастотного ЭМП среднее количество неверных выполнений команд выросло более чем в 2 раза при проведении тренировок с экспозицией тюленей в искусственном низкочастотном ЭМП. Оба испытуемых животных гораздо чаще отказывались выполнять команды тренера или занимать стартовую позицию при воздействии на них электромагнитного поля.

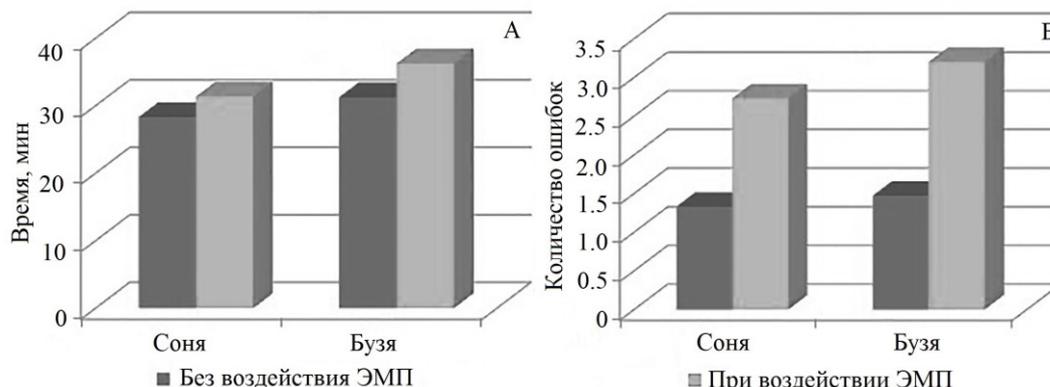


Рис. 1. Средняя продолжительность тренировки (А) и среднее количество ошибок, совершаемых тюленем за тренировку (Б) в экспериментах без воздействия низкочастотного ЭМП и при его воздействии

На рисунке 2 отражены средние значения контролируемых показателей – времени удержания целевого указателя и времени выполнения команды “ищи”. Без воздействия электромагнитного поля среднее время удержания таргета было достаточно продолжительным как у Сони, так и у Бузи, и составило 15.08 и 18.54 с соответственно. При проведении тренировок с экспозицией животных в искусственном низкочастотном ЭМП среднее время удержания целевого указателя составило 9.78 с у Сони и 11.55 с у Бузи, что в 1.5 раза меньше значений, полученных в первых сериях тренировок. Напротив, среднее время выполнения команды “ищи”, выросло в сериях тренировок с экспозицией тюленя в низкочастотном ЭМП и составило для Сони 6.67 с, для Бузи 7.39 с, а на тренировках без воздействия электромагнитного поля среднее время выполнения данной команды соответствует 4.61 и 4.87 с.

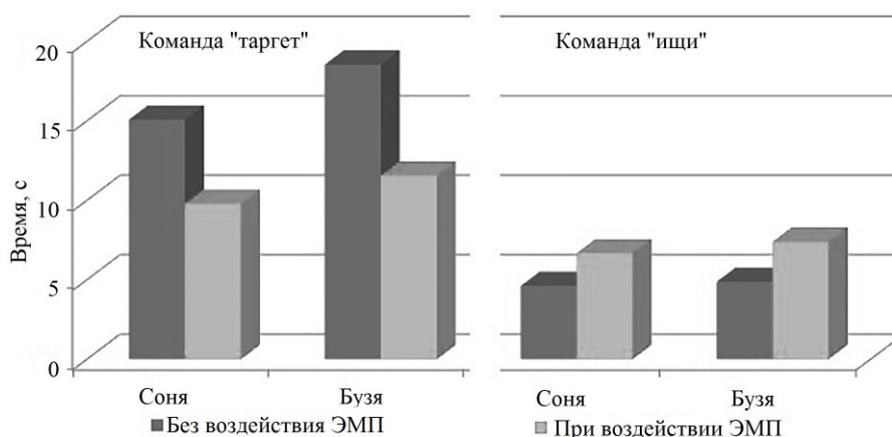


Рис. 2. Среднее время удержания целевого указателя (“таргет”) и среднее время поиска мишени (“ищи”) тюленями Соня и Бузя в экспериментах без и при воздействии искусственного низкочастотного ЭМП

Проведенные исследования позволили отметить, что серые тюлени Соня и Бузя характеризуются сходными свойствами высшей нервной деятельности. В ходе проведения тренировок без воздействия электромагнитного поля они показали сопоставимое время удержания целевого указателя и время выполнения команды “ищи”. Количество допущенных ошибок в этих экспериментах также сопоставимо для двух животных, а незначительную разницу этих величин можно объяснить индивидуальными особенностями каждого из тюленей.

Необходимо отметить, что в целом при проведении тренировок с воздействием искусственного низкочастотного электромагнитного поля с частотой 8 Гц оба зверя находились в состоянии повышенной возбужденности, совершали большее количество ошибок при выполнении команд, время удержания целевого указателя значительно сократилось, а время выполнения команды “ищи” выросло практически в 1.5 раза.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что в экспериментах с воздействием искусственного низкочастотного электромагнитного поля на серых тюленей, наблюдается снижение их работоспособности, выраженное в уменьшении времени удержания целевого указателя и увеличении времени поиска мишени, а также увеличении количества допущенных ошибок.

### Выводы

Совокупность полученных данных позволяет утверждать, что экспозиция серых тюленей в искусственном электромагнитном поле с частотой 8 Гц оказывает раздражающее, вызывающее чувство тревоги воздействие, проявляющееся в снижении эффективности реализации инструментальных условных рефлексов второго порядка, что приводит к снижению работоспособности серых тюленей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ КНЦ РАН.

### Литература

- Бинги В.Н.* Магнитобиология: эксперименты и модели. М.: МИЛТА, 2002. 592 с.
- Бинги В.Н.* Два типа магнитных биологических эффектов: индивидуальный и групповой // Биофизика. 2012. Т. 57, № 2. С. 338–345.
- Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомагнетизме. Т. 1.* М.: Мир, 1989. 352 с.
- Бреус Т.К., Бинги В.Н., Петрукович А.А.* Магнитный фактор солнечно-земных связей и его влияние на человека: физические проблемы и перспективы // Успехи физических наук. 2016. Т. 186, № 5. С. 568–576. Doi: 10.3367/UFNr.2015.12.037693.
- Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМП низкой интенсивности на общую возбудимость ЦНС / Л.П. Жаворонков, Б.В. Дубовик, Л.Н. Павлова и др. // Радиация и риск. 2011. Т. 20, № 2. С. 64–74.*
- Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМИ СВЧ низкой интенсивности на крыс Вистар с высокой организацией адаптивного поведения / Л.Н. Павлова, Б.В. Дубовик, Л.П. Жаворонков, Г.А. Лушникова // Радиация и риск. 2016. Т. 25, № 2. С. 67–78.*
- Еськов Е.К., Тобоев В.А.* Воздействие искусственно генерируемых электромагнитных полей на биологические объекты // Вестн. Чувашского ун-та. 2008. № 2. С. 28–36.
- Лукьянова С.Н.* Феноменология и генез изменений в суммарной биоэлектрической активности головного мозга на электромагнитное излучение // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42, № 3. С. 308–314.
- Лукьянова С.Н.* Электромагнитное излучение нетепловой интенсивности и короткой экспозиции как подпороговый раздражитель для центральной нервной системы // Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53, № 6. С. 625–633.
- Лукьянова С.Н.* Электромагнитное поле СВЧ-диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. М.: Изд. ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. 200 с.

Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В. Влияние низкоинтенсивного широкополосного импульсно-модулированного электромагнитного поля на когнитивные функции мозга крыс // Радиация и риск. 2013. Т. 22, № 2. С. 91–100.

Терещенко Е.Д., Григорьев В.Ф. Устройство для исследования влияния искусственного электромагнитного поля на водные биологические объекты: Патент на полезную модель № 166414 Российской Федерации, МПК51 G 01 R 1/00 (2006/01). Заявитель и патентообладатель ФГБНУ Полярный геофизический институт, № заявки 2016125093. Заявл. 22.06.2016, опубл. 27.11.2016. Бюл. № 33.

Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. М.: Наука, 1975. 208 с.

Холодов Ю.А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. М.: Наука, 1996. 284 с.

Холодов Ю.А. Неспецифическая реакция нервной системы на неионизирующие излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 1998. Т. 38, № 1. С. 121–124.

Экспериментальная оценка реакций ЦНС на воздействие импульсных ЭМИ низкой интенсивности / Л.Н. Павлова, Л.П. Жаворонков, Б.В. Дубовик и др. // Радиация и риск. 2010. Т. 19, № 3. С. 104–119.

Экспериментальное обоснование возможных механизмов влияния электромагнитных полей (ЭМП) низкой интенсивности на поведение животных / Л.Н. Павлова, Б.В. Дубовик, Л.П. Жаворонков, В.С. Глушакова // Радиационная биология. Радиоэкология. 2012. Т. 52, № 4. С. 388–393.

Эльгард А.Л., Холодов Ю.А. Влияние постоянного магнитного поля на двигательную активность птиц // Журн. общей биологии. 1964. Т. 25, № 3. С. 224–237.

Эффекты влияния электромагнитных полей в области “шумановских резонансов” на активность гидробионтов / А.В. Муравейко, И.А. Степанюк, В.М. Муравейко, Н.С. Фролова // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. 2013. № 16(4). С. 764–770.

Visual but not trigeminal mediation of magnetic compass information in a migratory bird / M. Zapka, D. Heyers, C.M. Hein et al. // Nature. 2009. Vol. 461(7268). P. 1274–1277. Doi: 10.1038/nature08528.

Walker M.M., Dennis T.E., Kirschvink J.L. The magnetic sense and its use in long-distance navigation by animals // Current Opinion in Neurobiology. 2002. Vol. 12(6). P. 735–744.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Бердник А.Ф.</i> Изучение морских млекопитающих в России, направления и тенденции ....	5
<i>Бондарев О.В.</i> Сезонная динамика биологических показателей речной камбалы <i>Platichthys flesus</i> Linnaeus, 1758 в средней части Кольского залива в 2018 году .....	8
<i>Булавина А.С.</i> Трехмерное положение водных масс Баренцева моря весной 2018 года .....	14
<i>Валуйская Д.А.</i> Современное радиоактивное состояние наземных прибрежных экосистем Мурманской области .....	19
<i>Ващенко А.В.</i> Бактериопланктон Западного Шпицбергена в летний период .....	23
<i>Венгер М.П.</i> Сезонные изменения количественных характеристик бактериопланктона губы Зеленецкая Баренцева моря .....	27
<i>Гурба А.Н., Ежов А.В.</i> К вопросу о питании толстокилевой кайры <i>Uria lomvia</i> и моевки <i>Rissa tridactyla</i> на п-ове Рыбачий и мысе Крутик (Кольский полуостров) .....	35
<i>Даурцева А.В.</i> Содержание фукоксантина и хлорофилла <i>a</i> в экстрактах из фукусовых водорослей Баренцева моря методом ВЭЖХ .....	38
<i>Заволока П.А., Трошичев А.Р.</i> Сезонные изменения морфометрических показателей серого тюленя <i>Halichoerus grypus</i> .....	40
<i>Захарова Л.В.</i> Антиоксидантная активность экстрактов <i>Fucus vesiculosus</i> .....	44
<i>Клиндух М.П., Добычина Е.О., Задиракина О.В.</i> Содержание витаминов в красной водоросли <i>Palmaria palmata</i> в зимний период .....	46
<i>Максимовская Т.М.</i> Межгодовая динамика аномалий термохалинных показателей вод на разрезе “Кольский меридиан” с 2000 по 2018 гг. ....	51
<i>Мещеряков Н.И., Тарасов Г.В.</i> Гранулометрический состав донных отложений озера Бретгёрна (Западный Шпицберген) .....	55
<i>Москвин К.К.</i> Систематика арктических видов многощетинковых червей рода <i>Pholoe</i> (Polychaeta: Pholoidae) .....	59
<i>Носкович А.Э.</i> Особенности биологии двустворчатого моллюска <i>Macoma calcarea</i> (Bivalvia, Tellinidae) у берегов Новой Земли .....	64
<i>Пастухов И.А.</i> Оценка гидрохимических параметров вод Баренцева моря в районе западной части Полярной фронтальной зоны в 2018 году .....	70
<i>Плаксына М.П., Фролов А.А.</i> Паразитофауна арктического гольца <i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758) из озера Нижний Вензин .....	75
<i>Румянцева З.Ю., Фролов А.А.</i> Репродуктивный цикл пресноводных двустворчатых моллюсков <i>Henslowiana lilljeborgii</i> (Clessin in Esmark et Hoyer, 1886) (Bivalvia, Pisidioidea) в малых озерах севера Мурманской области .....	80
<i>Салахов Д.О.</i> Влияние пленки дизельного топлива на функциональное состояние зеленой водоросли <i>Acrosiphonia arcta</i> .....	85
<i>Чаус С.А.</i> Некоторые данные о плодовитости арктического шлемоносного бычка <i>Gymnoscantus tricuspis</i> (Reinhardt, 1830) в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском .....	89
<i>Яковлев А.П.</i> Оценка работоспособности серых тюленей при их экспозиции в низкочастотном электромагнитном поле .....	93

CONTENTS

	Pages
<i>Berdnik A.F.</i> Research on marine mammals in Russia, trends and tendencies .....	5
<i>Bondarev O.V.</i> Seasonal dynamics of biological parameters in the European flounder <i>Platichthys flesus</i> Linnaeus, 1758 in the middle part of Kola Inlet in 2018 .....	8
<i>Bulavina A.S.</i> Three-dimensional position of Barents Sea water masses in spring 2018 .....	14
<i>Valuiskaya D.A.</i> Current radioactive status of the terrestrial coastal ecosystems of Murmansk region .....	19
<i>Vashchenko A.V.</i> Bacterioplankton in seawaters off Spitsbergen Island (Svalbard) in summer ...	23
<i>Venger M.P.</i> Seasonal changes in abundance and biomass of bacterioplankton in Zelenetskaya Bay, Barents Sea .....	27
<i>Gurba A.N., Yezhov A.V.</i> On diets of the thick-billed murre (Brünnich's guillemot) ( <i>Uria lomvia</i> ) and the black-legged kittiwake ( <i>Rissa tridactyla</i> ) on Rybachy Peninsula and Cape Krutik (Kola Peninsula) .....	35
<i>Daurtseva A.V.</i> Contents of fucoxanthin and chlrolophyl- <i>a</i> in extracts from Barents Sea fucus algae obtained by high-performance liquid chromatography .....	38
<i>Zavoloka P.A., Troshichev A.R.</i> Seasonal variations of morphometrical parameters in the grey seal <i>Halichoerus grypus</i> .....	40
<i>Zakharova L.V.</i> Antioxidant activity of extracts from algae <i>Fucus vesiculosus</i> .....	44
<i>Klindukh M.P., Dobychina E.O., Zadirakina O.V.</i> Contents of vitamins in the red algae <i>Palmaria palmata</i> in winter .....	46
<i>Maksimovskaya T.M.</i> Inter-annual dynamics of anomalies of thermohaline parameters of seawaters along the Kola Meridian Transect over the period of 2000 to 2018 .....	51
<i>Mescheryakov N.I., Tarasov G.V.</i> Granulometric composition of bottom sediments in Bretjønna Lake (Spitsbergen Island, Svalbard) .....	55
<i>Moskvin K.K.</i> Systematics of arctic species of polychaete worms of the genus <i>Pholoe</i> (Polychaeta: Pholoidae) .....	59
<i>Noskovich A.E.</i> Some features of biology of the bivalve mollusk <i>Macoma calcarea</i> (Bivalvia, Tellinidae) off the Novaya Zemlya Archipelago .....	64
<i>Pastukhov I.A.</i> Assessment of the hydrochemical parameters of the Barents Sea waters in the western polar frontal zone in 2018 .....	70
<i>Plaksina M.P., Frolov A.A.</i> Parasite fauna in the Arctic charr <i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758) in Nizhny Venzin Lake .....	75
<i>Rumyantseva Z.Yu., Frolov A.A.</i> Reproductive cycle in the freshwater bivalve mollusk <i>Henslowiana liljeborgii</i> (Clessin in Esmark et Hoyer, 1886) (Bivalvia, Pisidioidea) in small lakes in the north of Murmansk Oblast .....	80
<i>Salakhov D.O.</i> Effects of diesel petroleum film on functional state of the green algae <i>Acrosiphonia arcta</i> .....	85
<i>Chaus S.A.</i> Some data on fertility of the Arctic staghorn sculpin <i>Gymnocanthus tricuspis</i> (Reinhardt, 1830) in the Laptev and East-Siberian Seas .....	89
<i>Yakovlev A.P.</i> Assessment of physical efficiency of grey seals when they are placed into low-frequency electromagnetic field .....	93

*Научное издание*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ МОРЕЙ АРКТИКИ**

---

Материалы XXXVII конференции молодых ученых ММБИ КНЦ РАН

Печатается по решению Ученого совета  
Мурманского морского биологического института  
Кольского научного центра  
Российской академии наук

Дизайн обложки В.Ю. Жиганов  
Перевод В.В. Пономарев  
Фото Е.Г. Берестовский

Технический редактор В. Ю. Жиганов  
Подписано в печать 21.03.2019. Формат 60x84 1/8.  
Усл. печ. л. 11,40. Тираж 300 экз. Заказ № 7.  
ФГБУН ФИЦ КНЦ РАН  
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14



*Российская Академия Наук*  
**КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**  
Мурманский морской биологический институт  
РОССИЯ, Мурманск, ул. Владимирская, д. 17



РИО  
КНЦ  
neukaprint.ru