



Российская Академия Наук

ТРУДЫ

Кольского научного центра РАН

2/2017 (8)

ОКЕАНОЛОГИЯ

выпуск 4

Апатиты
2017

Российская Академия Наук

ТРУДЫ

Кольского научного центра

2/2017 (8)

издается с декабря 2010 г.

УДК 551.46

ISSN 2307-5252

Главный редактор –
д. г.-м. н., проф. Ю. Л. Войтеховский

Заместители главного редактора:
д. г.-м. н., проф. В. П. Петров,
д. т. н., проф. Б. В. Ефимов

Редакционный совет:
академик Г. Г. Матишов,
академик Н. Н. Мельников,
чл.-корр. В. К. Жиров,
чл.-корр. А. Н. Николаев,
д. г.-м. н. Ю. Л. Войтеховский,
д. э. н. Ф. Д. Ларичкин,
д. т. н. В. А. Маслобоев,
д. г.-м. н. В. П. Петров (зам. главного редактора),
д. т. н. В. А. Путилов,
д. ф.-м. н. Е. Д. Терещенко,
к. г.-м. н. А. Н. Виноградов (отв. секретарь)

Редколлегия серии “Океанология”:

академик Г. Г. Матишов (отв. редактор),
д. б. н. П. Р. Макаревич (зам. отв. редактора),
д. г. н. В. В. Денисов,
д. г. н. С. Л. Дженьюк,
д. г.-м. н. Г. А. Тарасов,
д. б. н. М. В. Макаров,
к. б. н. О. В. Карамушко,
к. г. н. Г. В. Ильин,
к. б. н. Д. Г. Ишкулов,
к. г. н. Д. В. Моисеев

ОКЕАНОЛОГИЯ

выпуск 4

Научное издание

Технический редактор: В. Ю. Жиганов

Подписано к печати 20.04.2017. Формат бумаги 70×108 1/16.
Усл. печ. л. 10,67. Заказ № 13. Тираж 100 экз.

ФГБУН КНЦ РАН

184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14

184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14,
Кольский научный центр РАН
Тел.: (81555) 79393, 79380, факс: (81555) 76425
E-mail: admin@admksk.apatity.ru, <http://www.kolasc.net.ru>

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Мурманский морской биологический институт
Кольского научного центра Российской академии наук, 2017
© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Макаревич П.Р., Моисеев Д.В.	Комплексные экосистемные исследования ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в весенний период 2016 года..... 5
Моисеев Д.В., Жичкин А.П.	Термохалинные условия в прикромочной зоне на севере Баренцева моря в апреле 2016 года 10
Ишкулова Т.Г., Пастухов И.А.	Гидрохимическая обстановка в прикромочной зоне ледовых полей в Баренцевом море весной 2016 года..... 25
Водопьянова В.В., Ващенко П.С., Макаревич П.Р.	Концентрация хлорофилла в пелагиали Баренцева моря в весенний период..... 31
Широколобова Т.И., Венгер М.П., Бобров К.А.	Массовые компоненты микропланктона зоны ледовой кромки Баренцева моря..... 39
Макаревич П.Р., Олейник А.А.	Фитопланктон Баренцева моря в весенний период: состав и структура в районе ледовой кромки..... 50
Дворецкий В.Г.	Распределение зоопланктона в Баренцевом море в апреле–мае 2016 года..... 58
Зими́на О.Л., Фролова Е.А., Дикаева Д.Р., Ахметчина О.Ю., Гарбуль Е.А., Фролов А.А., Нехаев И.О.	Фауна и количественное распределение зообентоса в северной части Баренцева моря в апреле–мае 2016 года..... 66
Фролова Е.А., Дикаева Д.Р.	Фауна полихет и краевые желоба Баренцева моря..... 81
Горяев Ю.И.	Распределение морских млекопитающих в Баренцевом море в апреле–мае 2016 года 88
Горяев Ю.И.	Орнитофауна Баренцева моря в весенний период 2016 года..... 95
Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Валуйская Д.А., Дерябин А.А.	Распределение радионуклидов в ледовой прикромочной зоне Баренцева моря (по материалам экспедиции 2016 года)..... 101

Russian Academy of Sciences

2/2017 (8)

transactions

of the Kola Science Centre

UDC 551.46

ISSN 2307-5252

Editor-in-Chief –

Yu. L. Voitekhovskiy, Dr. Sc. (Geology and Mineralogy)

Deputy Editors-in-Chief:

V. P. Petrov, Dr. Sc. (Geology and Mineralogy),

B. V. Efimov, Dr. Sc. (Engineering)

Editorial Council:

G. G. Matishov, Acad. of RAS,

N. N. Melnikov, Acad. of RAS,

V. K. Zhironov, Cor. Member of RAS,

A. N. Nikolaev, Cor. Member of RAS,

Yu. L. Voitekhovskiy, Dr. Sc. (Geology and Mineralogy),

F. D. Larichkin, Dr. Sc. (Economics),

V. A. Masloboev, Dr. Sc. (Engineering),

V. P. Petrov, Dr. Sc. (Geology and Mineralogy),

V. A. Putilov, Dr. Sc. (Engineering),

E. D. Tereshchenko, Dr. Sc. (Physics and Mathematics),

A. N. Vinogradov, PhD

(Geology and Mineralogy) – Executive Secretary

OCEANOLOGY

Series 4

Editor-in-Chief of "Oceanology" Series:

G. G. Matishov, Acad. of RAS – Editor-in-Chief,

P. R. Makarevich, Dr. Sci. (Biology) – Deputy

Editor-in-Chief

V. V. Denisov, Dr. Sci. (Biology),

S. L. Dzhenyuk, Dr. Sci. (Geography),

G. A. Tarasov, Dr. Sci. (Geology and Mineralogy),

M. V. Makarov, Dr. Sci. (Biology),

O. V. Karamushko, PhD (Biology),

G. V. Ilyin, PhD (Geography),

D. G. Ishkulov, PhD (Biology),

D. V. Moiseev, PhD (Geography)

14, Fersman str., Apatity, Murmansk region, 184209, Russia

Tel. (81555) 79380. Fax: (81555) 76425

E-mail: admin@admksk.apatity.ru, <http://www.kolasc.net.ru>

CONTENTS

	Pages
Makarevich P.R., Moiseev D.V.	5
Moiseev D.V., Zhichkin A.P.	10
Ishkulova T.G., Pastukhov I.A.	25
Vodopyanova V.V., Vaschenko P.S., Makarevich P.R.	31
Shirokolobova T.I., Venger M.P., Bobrov K.A.	39
Makarevich P.R., Oleinik A.A.	50
Dvoretzky V.G.	58
Zimina O.L., Frolova E.A., Dikaeva D.R., Akhmetchina O.Yu., Garbul E.A., Frolov A.A., Nekhaev I.O.	66
Frolova E.A., Dikaeva D.R.	81
Goryaev Yu.I.	88
Goryaev Yu.I.	95
Ilyin G.V., Usyagina I.S., Kasatkina N.E., Valuiskaya D.A., Deryabin A.A.	101

УДК 551.46.07

П.Р. Макаревич, Д.В. Моисеев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

**КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОСИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ММБИ
НА НИС “ДАЛЬНИЕ ЗЕЛЕНЦЫ” В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2016 ГОДА**

Аннотация

В статье представлены цель, задачи, маршрут комплексной экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” весной 2016 г. Дана краткая характеристика основных направлений исследований. Показан объем собранного научного материала.

P.R. Makarevich, D.V. Moiseev

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

**MMBI INTEGRATED ECOSYSTEM RESEARCH ON BOARD
R/V “DALNIE ZELENTSY” IN SPRING TIME OF 2016**

Abstract

The aim, tasks, route of MMBI integrated expedition on board R/V “Dalnie Zelentsy” in spring of 2016 are presented. Short description of main research activities is given. The scope of scientific matter gathered in expedition is shown.

Мурманский морской биологический институт регулярно проводит комплексные экосистемные исследования в западном секторе Российской Арктики. На рубеже XX–XXI веков в силу недостаточного целевого бюджетного финансирования исследования на НИС “Дальние Зеленцы” проводились в основном в летний период, и их продолжительность была невелика. Несмотря на это, ученые ММБИ ежегодно получали уникальные данные о структуре и функционировании морских высокоширотных экосистем в условиях меняющегося климата (Комплексные ..., 2004, 2007, 2009; Труды ..., 2014). При этом у ученых ММБИ оставался целый ряд задач, которые нужно было выполнить в другие сезоны.

С 2015 года Федеральное агентство научных организаций России (ФАНО России) в рамках деятельности Комиссии по Гидросфере на конкурсной основе распределяет среди подведомственных учреждений финансовые средства на проведение морских экспедиций. Безусловно, такая политика учредительной организации заставила вспомнить морских гидробиологов ММБИ о спектре фундаментальных научных задач, на решение которых ранее не было средств. Одна из таких задач – исследование экосистемных процессов в пелагиали прикромочной зоны Баренцева моря в весенний период.

Известно, что природные процессы, происходящие в районе кромки льда в весенний период, определяют не только текущее состояние морских экосистем, но и позволяют сделать оценку биологической продуктивности водоема. Именно с такой предпосылкой на фундаментальный научный результат была запланирована и проведена комплексная экспедиция ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” весной 2016 года – с 5 апреля по 30 мая (рис. 1).

В задачи экспедиции входили исследования всех абиотических и биотических компонентов морских экосистем Баренцева моря. Объем работ представлен в таблице. В ходе экспедиции было выполнено семь разрезов у кромки льда в северной части Баренцева моря. Кроме этого, для оценки текущего теплового состояния моря был дважды пройден стандартный вековой разрез “Кольский меридиан”, дополнительно проведены исследования у Новой Земли, на разрезе “Через желоба” и на площадных полигонах в прибрежной зоне Кольского полуострова (рис. 1).

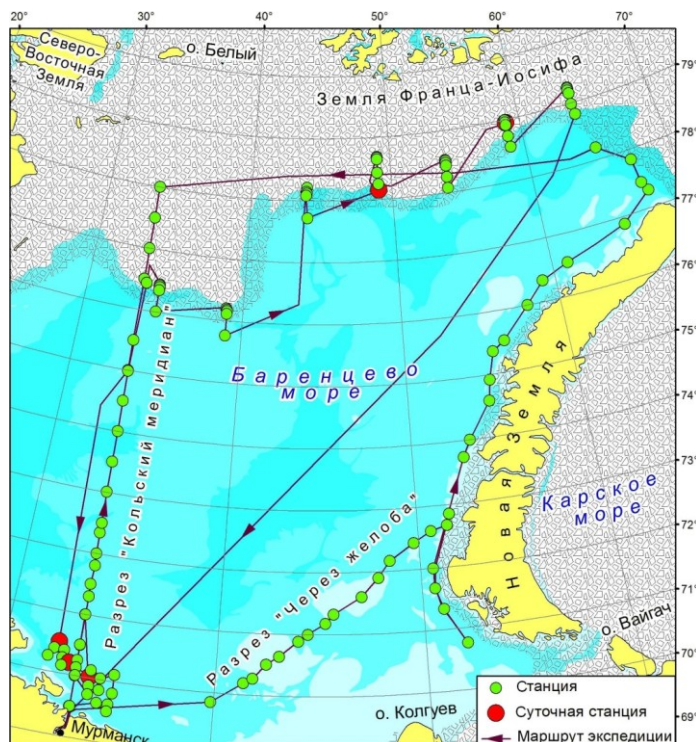


Рис. 1. Карта-схема маршрута и станций двух этапов экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” (06 апреля–30 мая 2016 г.). Положение ледовой кромки показано по состоянию на середину апреля 2016 г. (Рейсовый ..., 2016)

Объем работ, выполненных в экспедиции на НИС “Дальние Зеленцы” с 6 апреля по 30 мая 2016 г. (по: Рейсовый ..., 2016)

Вид исследований	Объем работ
СТД – зондирование и измерения прозрачности воды	120 зондирований (5 суточных станций)
Гидрохимические исследования	248 проб на 60 станциях
Бактерио- и вириопланктон	234 пробы на 23 станциях
Хлорофилл <i>a</i>	275 проб на 45 станциях
Нанофитопланктон	146 проб на 22 станциях
Фитопланктон	367 проб на 50 станциях
Зоопланктон	132 пробы на 108 станциях
Микрофитобентос	69 донных проб, 22 живых нефиксированных пробы
Макрозообентос	212 дночерпательных проб на 60 станциях
Ихтиологические исследования	36 донных и пелагических тралений
Наблюдения за морскими птицами, млекопитающими и белым медведем	На 52 трансектах протяженностью более 2100 км обнаружено 25 видов морских птиц и 11 видов морских млекопитающих
Радиоэкологические исследования	54 пробы на ^{137}Cs , 45 проб на ^{90}Sr из поверхностного и глубинных горизонтов; 32 пробы верхнего (0–2 см) слоя донного осадка на спектр искусственных радионуклидов

Для выполнения поставленных задач в состав экспедиции вошли специалисты всех лабораторий ММБИ, а также привлеченные участники из МГУ, ЮНЦ РАН и МГТУ. Основу научной группы составили молодые ученые, для которых палубная работа в экстремальных условиях прикромочной зоны стала серьезным испытанием и проверкой на прочность (рисунки 2–5).

По результатам экспедиционных судовых весенних исследований 2016 г. ученые ММБИ в течение года подготовили отчетные статьи, вошедшие в настоящий сборник Трудов Кольского научного центра РАН. В основном эти исследования охватывают уникальный район прикромочной зоны. Некоторые авторы представили результаты по всему маршруту экспедиции.

В ходе экспедиции был собран обширный материал, анализ которого позволил получить новые сведения о современном состоянии, структуре и функционировании абиотических и биотических составляющих экосистемы Баренцева моря. Получены уникальные данные о функционировании пелагических сообществ в зоне ледовой кромки в северной части Баренцева моря в малоисследованный весенний период. Продолжены исследования пелагических и бентосных экосистем на стандартном вековом разрезе “Кольский меридиан” и на фоновых полигонах и разрезах в прибрежье архипелага Новая Земля и Кольского полуострова (рис. 1).

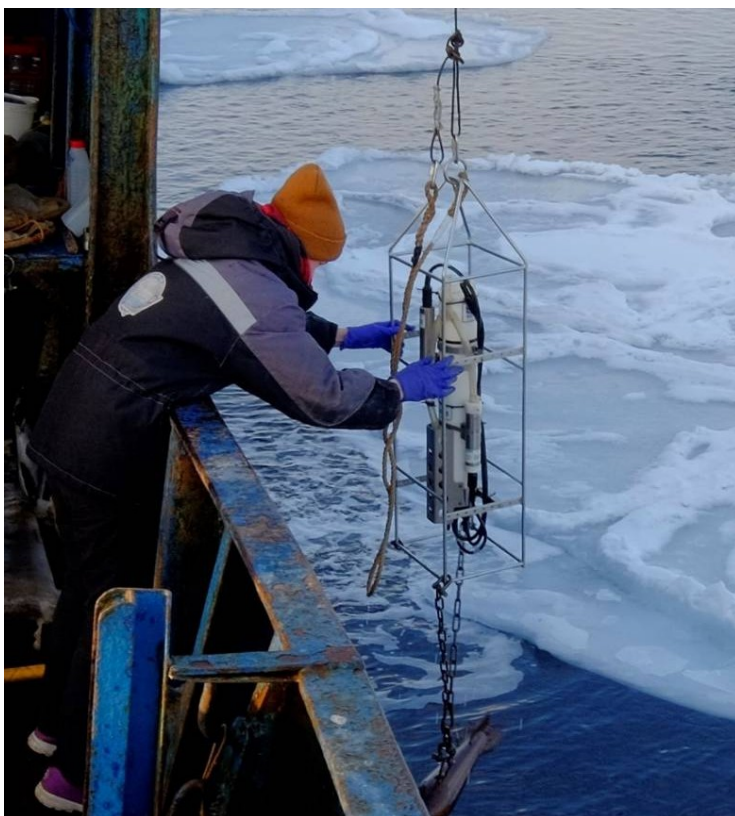


Рис. 2. Выполнение СТД-зондирования у кромки льда (Рейсовый ..., 2016)

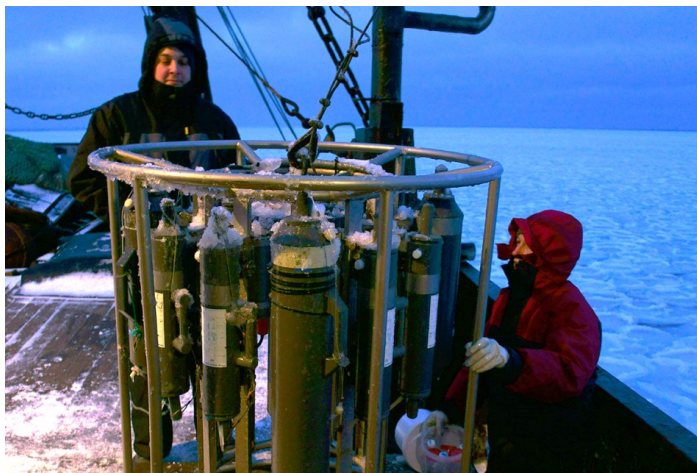


Рис. 3. Отбор глубинных проб воды из кассеты с батометрами (Рейсовый ..., 2016)



Рис. 4. Отбор проб макрозообентоса дночерпателем ван-Вина (Рейсовый ..., 2016)



Рис. 5. “Хозяин Арктики” – белый медведь *Ursus maritimus* возле НИС “Дальние Зеленцы” в период исследований (Рейсовый ..., 2016)

Администрация ММБИ и участники экспедиции выражают благодарность капитану С.И. Остапенко и экипажу НИС “Дальние Зеленцы” за профессиональное и безопасное обеспечение морских научных исследований.

Экспедиционные исследования проведены при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций России в рамках тем госзаданий № 0228-2014-0001 (“Продукционные процессы в районах арктических архипелагов”), № 0228-2014-0013 (“Биоразнообразии и экология зообентоса Баренцева моря, его водосборного бассейна и сопредельных акваторий”), № 0228-2014-0005 (“Орнитофауна северных морей: особенности внегнездовой экологии”), № 0228-2014-0008 (“Популяционные параметры морских млекопитающих и мониторинг их состояния в экосистемах Белого, Баренцева и Карского морей”), № 0228-2014-0009 (“Биогеографические особенности функционирования больших морских экосистем (БМЭ) Арктики в условиях комплексного природопользования”), № 0228-2014-0010 (“Многолетняя динамика накопления химических и радиохимических токсикантов в среде и в биоте арктических морских экосистем”), № 0228-2014-0011 (“Оценка уязвимости и экологический мониторинг арктических экосистем при освоении шельфа”), а также Программы Президиума РАН I.32П – госзадание № 0228-2015-0009 (“Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных изменений и антропогенных воздействий, научные основы и перспективы использования”).

Анализ данных о термохалинных, гидрохимических условиях и структуре планктонных сообществ выполнен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-14-01268).

Литература

Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы “Исследование природы Мирового океана” федеральной целевой программы “Мировой океан”) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Вып. 1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. 557 с.

Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы “Исследование природы Мирового океана” федеральной целевой программы “Мировой океан”) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Вып. 2. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. 633 с.

Комплексные экспедиции в Баренцево и Гренландское моря на НИС “Дальние Зеленцы” / Д.В. Моисеев, Е.А. Гарбуль, О.Ю. Кудрявцева и др. // Экспедиционная деятельность в рамках Международного полярного года 2007. СПб., 2009. С. 25–30.

Рейсовый отчет комплексной экспедиции на НИС “Дальние Зеленцы” 6 апреля–30 мая 2016 г. / Под ред. А.В. Ежова, А.А. Дерябина. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2016. 30 с.

Труды Кольского научного центра РАН. Сер. Океанология / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2014. Вып. 2, № 4(23). 301 с.

УДК 551.465

Д.В. Моисеев, А.П. Жичкин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

ТЕРМОХАЛИННЫЕ УСЛОВИЯ В ПРИКРОМОЧНОЙ ЗОНЕ НА СЕВЕРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В АПРЕЛЕ 2016 ГОДА

Аннотация

Представлены результаты исследования термохалинных условий на 8 разрезах в прикромочной зоне на севере Баренцева моря в апреле 2016 г. Дано детальное описание термохалинных характеристик для каждого разреза. Рассчитаны вертикальные и горизонтальные градиенты температуры и солёности. Показано, что в апреле 2016 г. кромка льда в Баренцевом море находилась в наиболее северном для этого месяца положении за последние 40 лет.

D.V. Moiseev, A.P. Zhichkin

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

THERMOHALINE CONDITIONS OF ICE EDGE AREA IN THE NORTHERN BARENTS SEA IN APRIL 2016

Abstract

The results of ice edge area thermohaline conditions research in April 2016 along 8 sections in the northern Barents Sea are presented. Detailed description of thermohaline features of each section is given. It was shown, that in April 2016 ice edge in the Barents Sea situated in most northern position for this month during last 40 years.

Введение. В соответствии с географическим положением, преобладающими морскими течениями и воздушными переносами на севере Баренцева моря наблюдаются региональные особенности термохалинных и ледовых условий. Специфику океанографических условий в районе определяет его высокоширотное положение и потоки холодных вод, которые выносят льды из Арктического бассейна и Карского моря (Зубакин, 1987; Гидрометеорология ..., 1990). В то же время заметную роль на океанографические условия района оказывает тепляющее воздействие подповерхностных атлантических вод, распространяющихся с запада вдоль континентального склона и проникающих в Баренцево море по подводным желобам (Матишов и др., 1998; Matishov et al., 2009; Pronounced ..., 2014; Trends ..., 2016).

Несмотря на большое количество научных публикаций, посвященных Арктике, ее высокоширотные районы еще недостаточно изучены (Матишов, Моисеев, 2014). В условиях расширяющейся экономической деятельности в западном секторе Российской Арктики возрастает важность комплексных природных исследований, среди которых особое значение имеет изучение региональных особенностей гидрологических условий, в частности в прикромочной зоне (вдоль кромки льда) Матишов и др., 2017). В настоящее время объем данных о термохалинных условиях прикромочной зоны *in situ* относительно небольшой (Hansen et al., 1996; Thermohaline ..., 2003). В современной научной литературе в основном преобладают модельные оценки (Ellingsen et al., 2009) и анализ данных дистанционного зондирования Земли (Sea ..., 2016). Поэтому полученные в экспедиции ММБИ в апреле 2016 г. на разрезах

высокого пространственного разрешения термохалинные данные представляют большой интерес для понимания сложных гидрофизических процессов, происходящих в прикромочной зоне в весенний период.

Материал и методы. Гидрологические наблюдения включали в себя инструментальные измерения давления, электропроводимости и температуры морской воды в режиме непрерывного зондирования от поверхности до дна с помощью профилографа SEACAT SBE 19plus. Данные измерений обработаны с помощью программного обеспечения и по методикам от производителя зонда (SBE ..., 2005).

Всего с 13 по 26 апреля 2016 г. в прикромочной зоне на севере Баренцева моря было выполнено 40 гидрологических станций на восьми разрезах, в том числе 2 суточные станции (рис. 1).

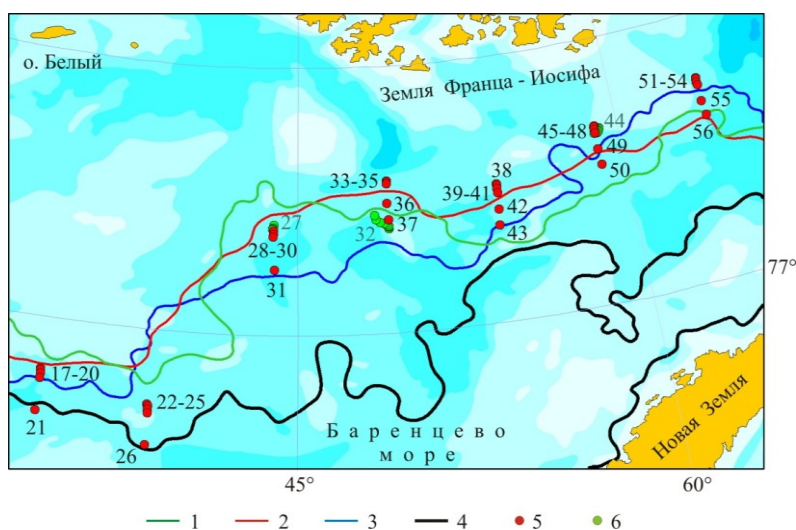


Рис. 1. Положение кромки льда по состоянию на 13.04.2016 г. (1), 19.04.2016 г. (2), 26.04.2016 г. (3) и на 18.04.2016 г. (4), а также расположение гидрологических станций (5; 6 – суточные) на севере Баренцева моря во время рейса НИС “Дальние Зеленцы”

По данным СТД-зондирований построены профили вертикального распределения температуры и солености на семи прикромочных разрезах (рисунки 2–8), а также профили вертикального распределения через ближайšie к кромке льда станции (рис. 9). Для того, чтобы при построении избежать искажений, вызванных неравномерным расстоянием между станциями на разрезе, рисунки 2–9 были построены не в программе Golden Software Surfer, а авторами вручную. После этого они были векторизованы для более качественного представления в виде иллюстраций к данной статье.

Динамика положения кромки льда рассматривалась на основе электронной базы данных по Баренцеву морю ММБИ КНЦ РАН. Она содержит 1920 еженедельных карт за 1977–2016 гг., которые построены в лаборатории океанографии и радиоэкологии Института с помощью ГИС-программы Golden Software MapViewer.

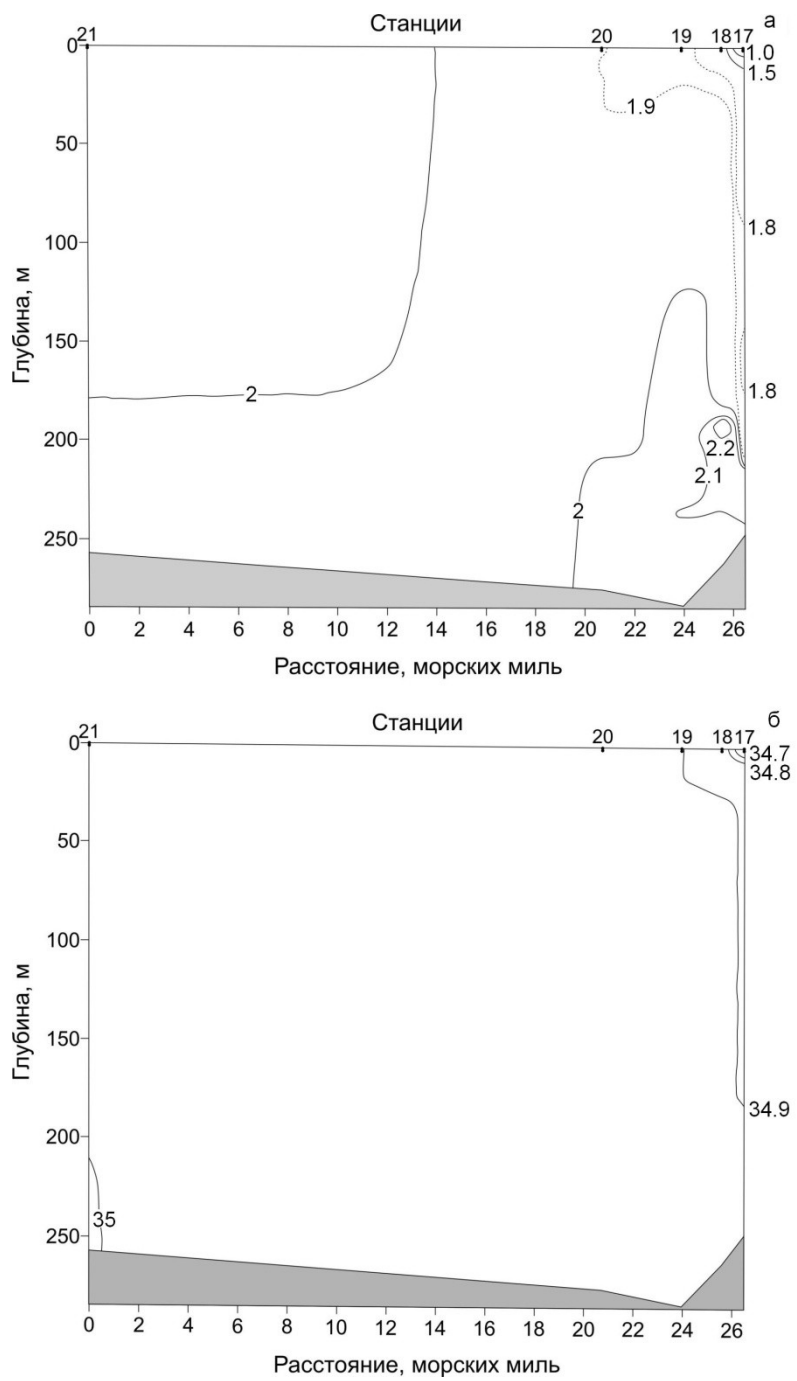


Рис. 2. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 17–21 (13 апреля 2016 г.)

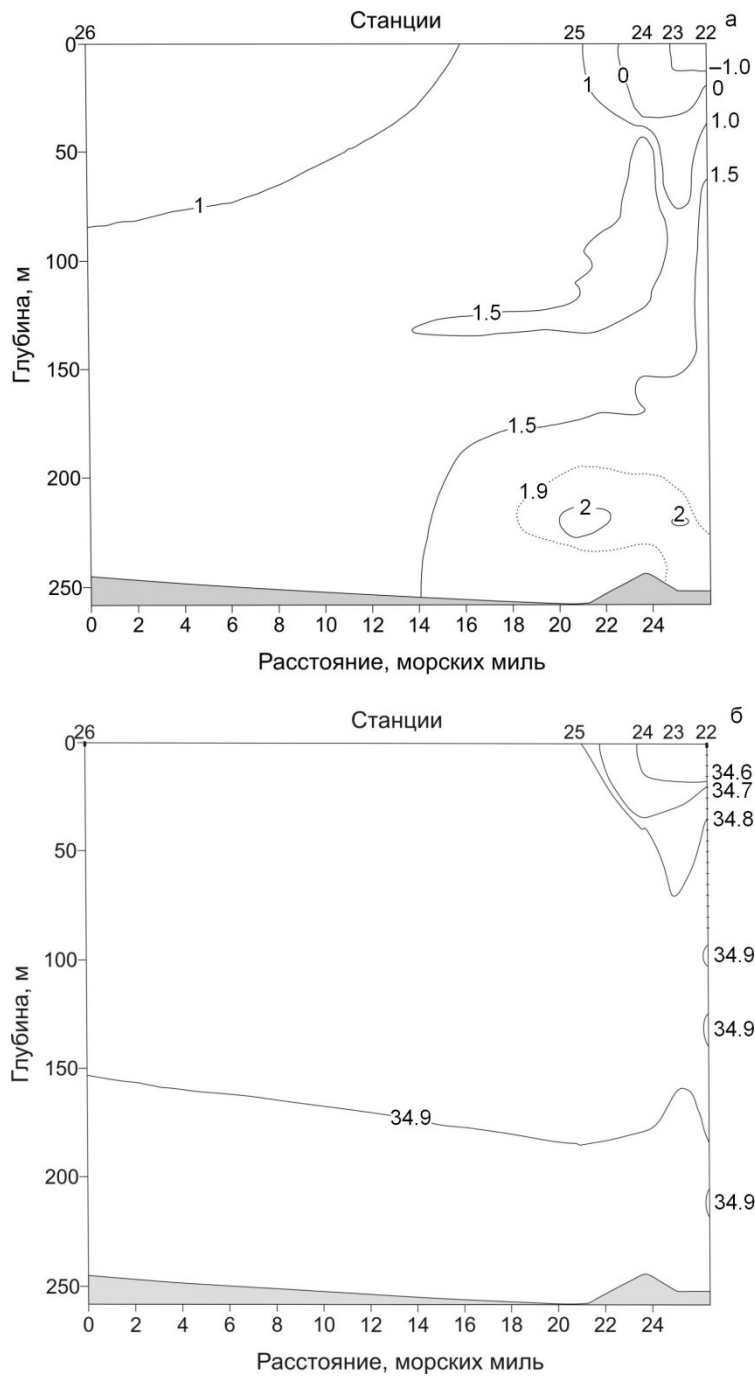


Рис. 3. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 22–26 (14 апреля 2016 г.)

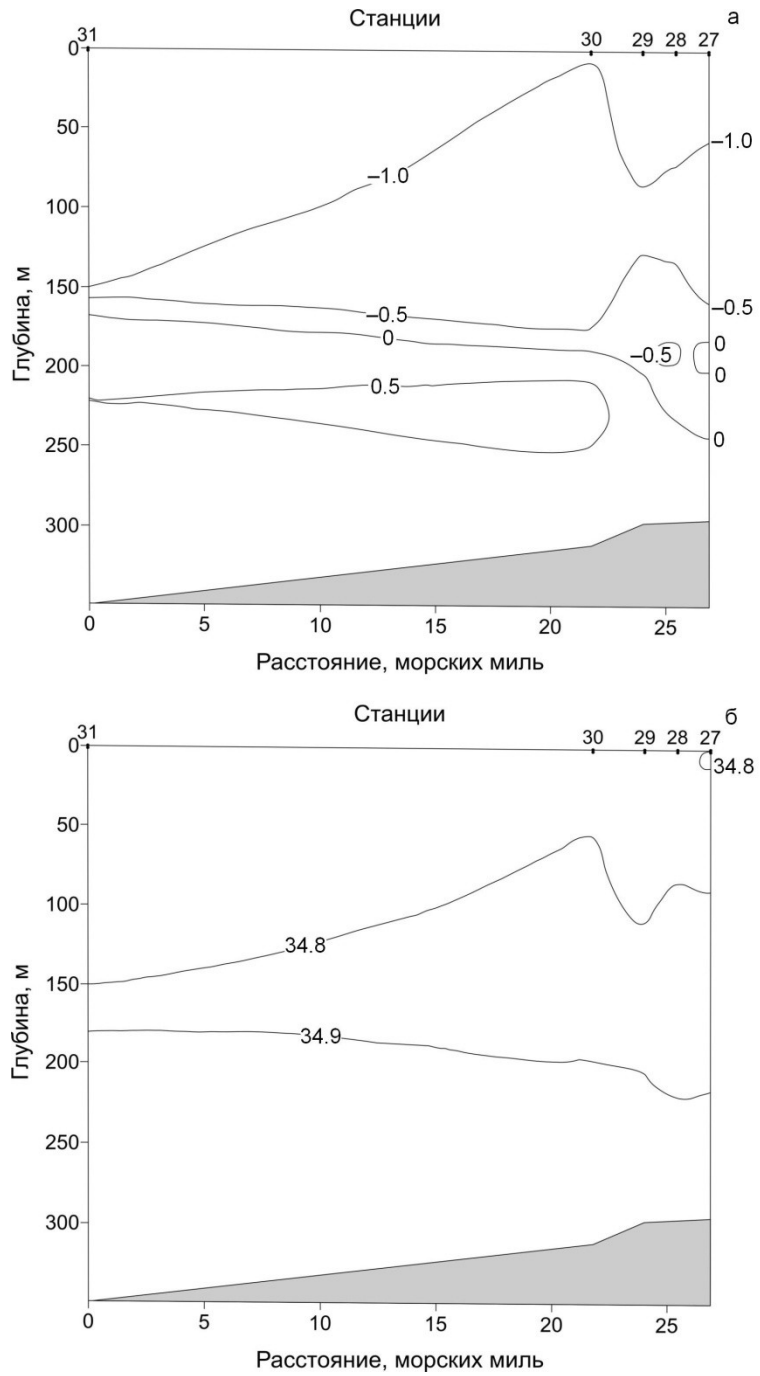


Рис. 4. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 27–31 (16 апреля 2016 г.)

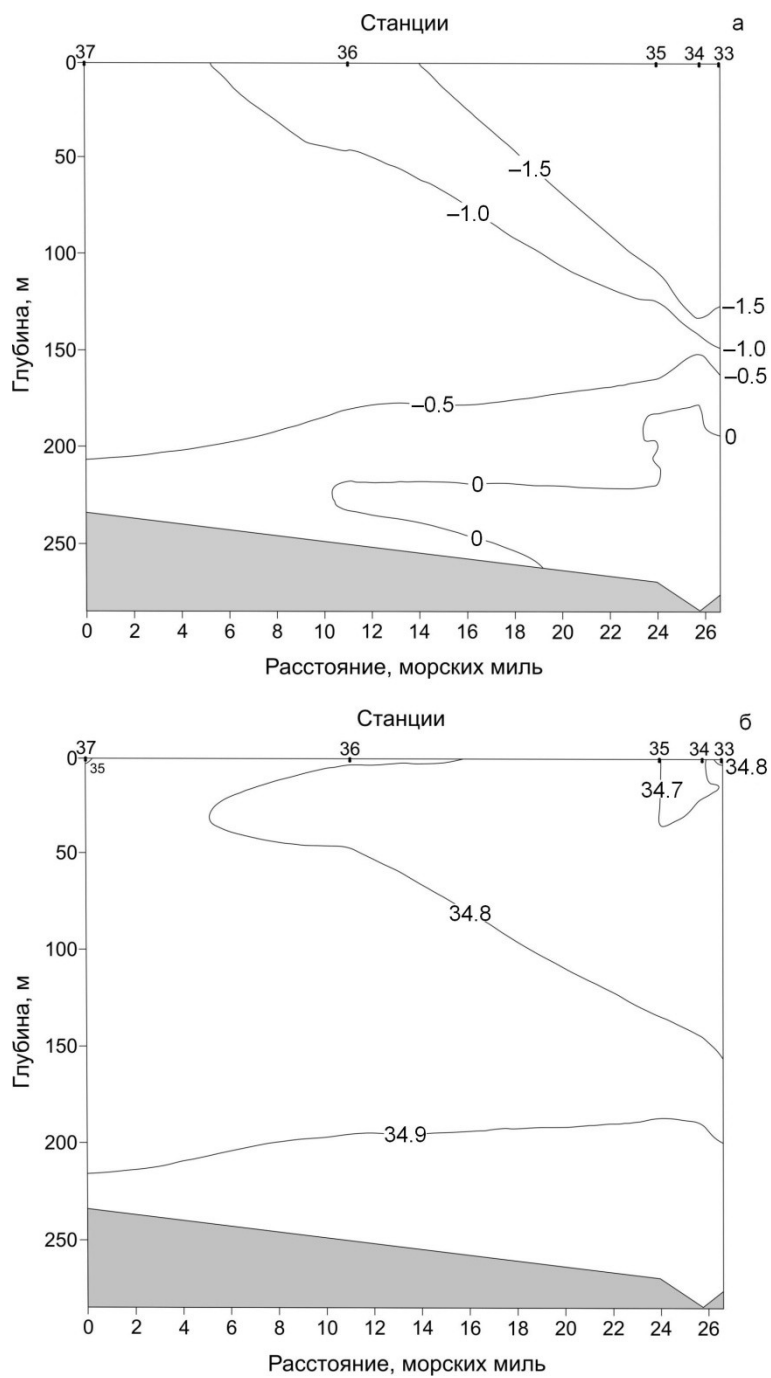


Рис. 5. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 33–37 (19–20 апреля 2016 г.)

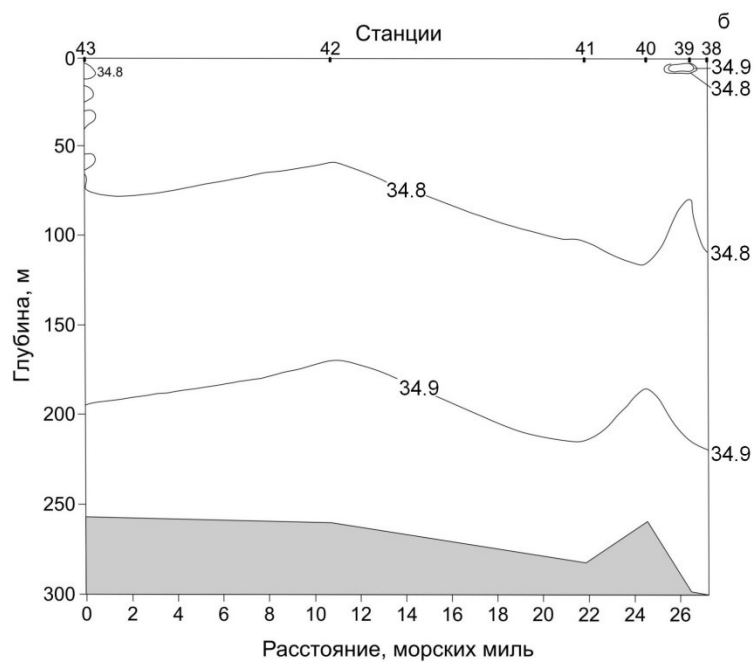
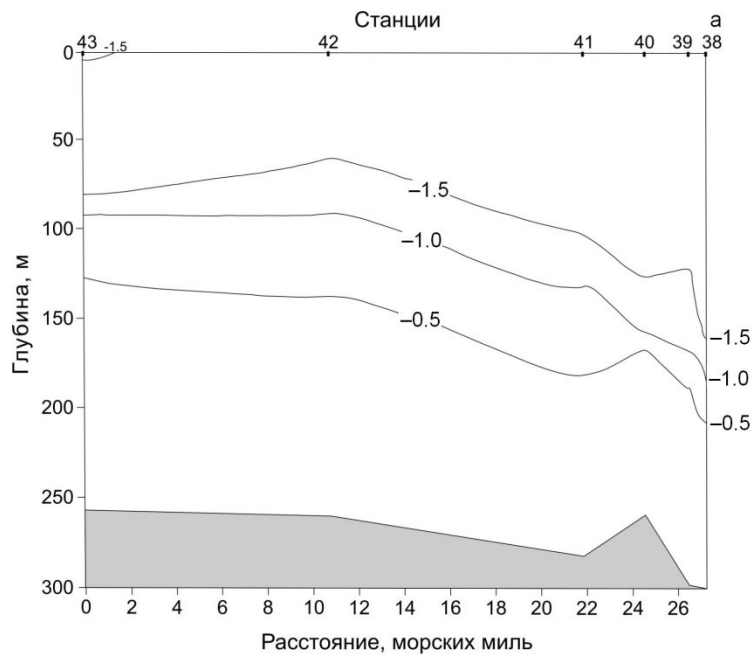


Рис. 6. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 38–43 (20–21 апреля 2016 г.)

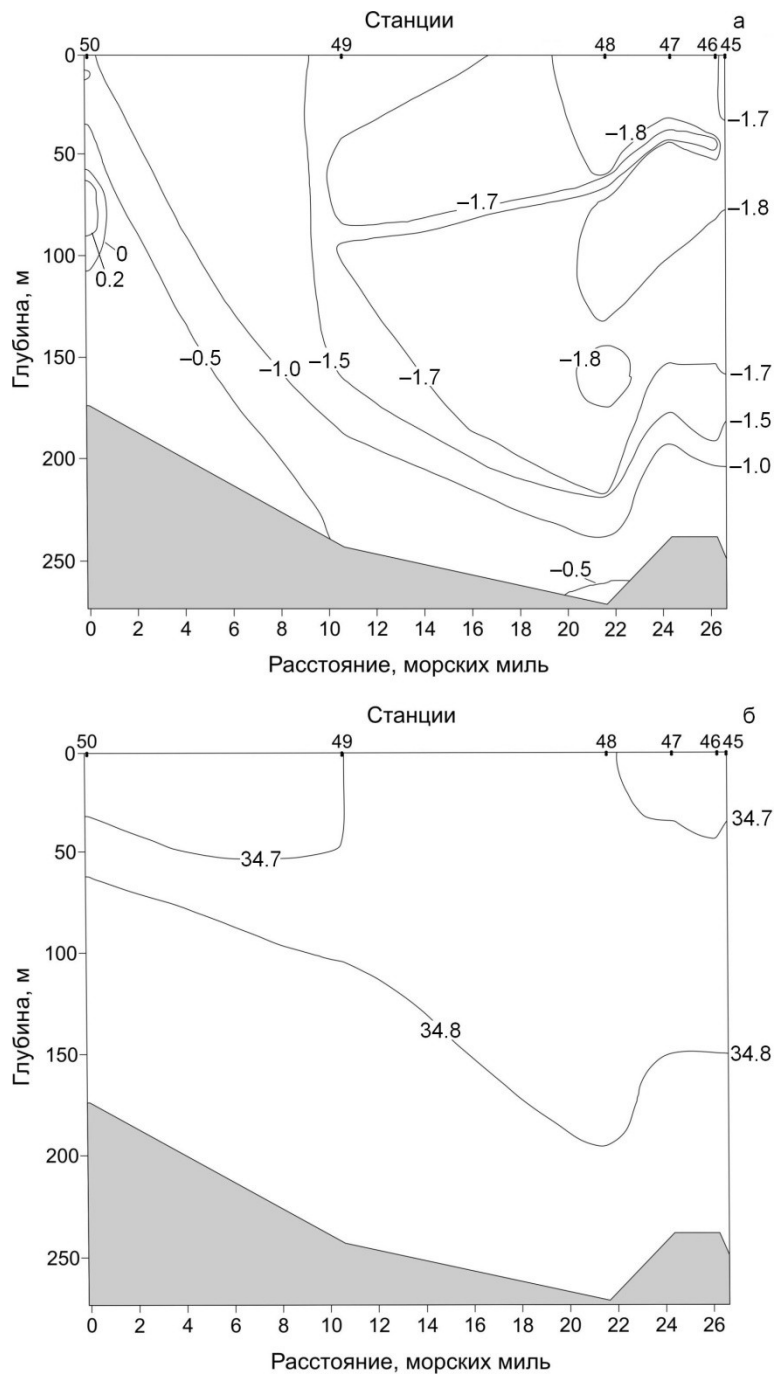


Рис. 7. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 45–50 (24 апреля 2016 г.)

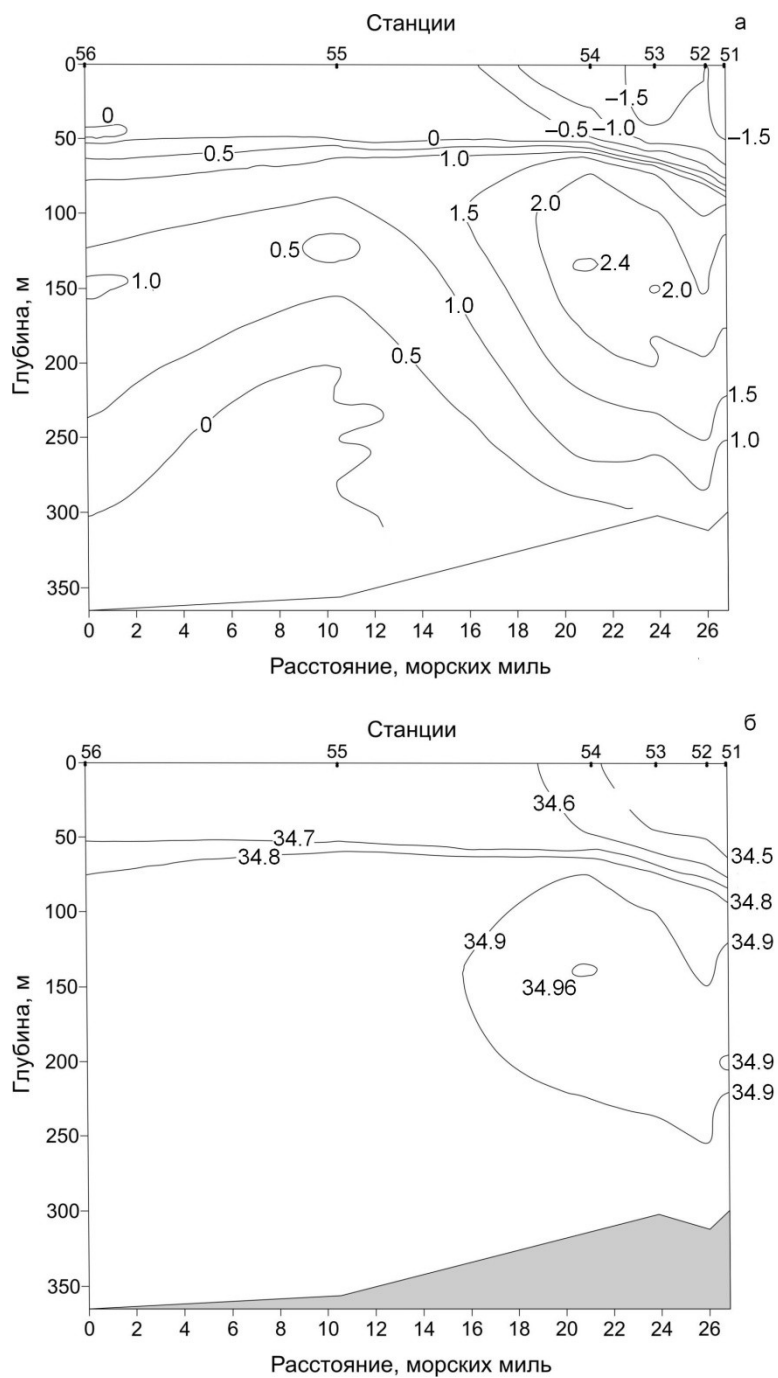


Рис. 8. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе между станциями 51–56 (25–26 апреля 2016 г.)

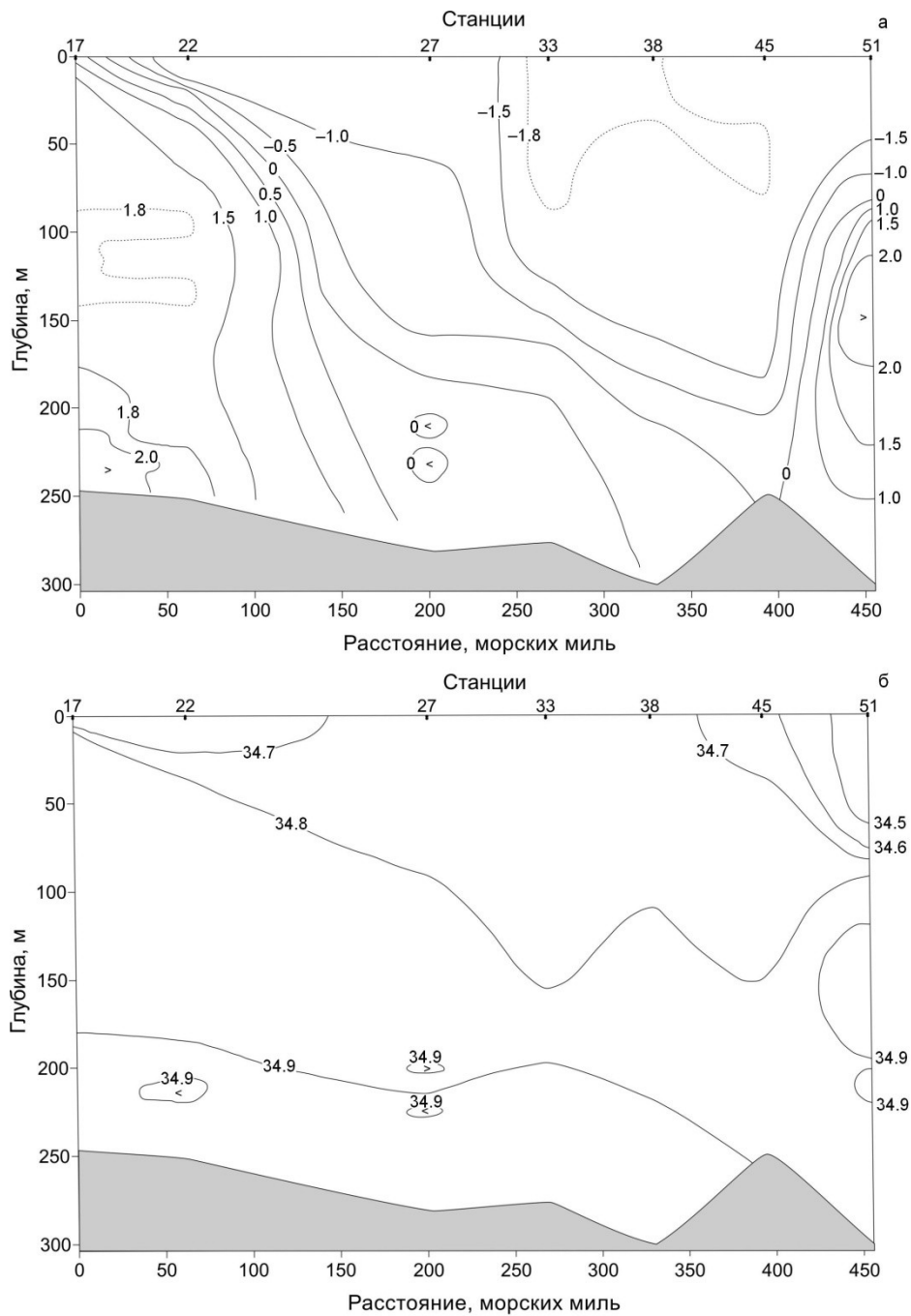


Рис. 9. Распределение температуры (а; °С) и солёности (б; ‰) воды на разрезе вдоль ледовой кромки между станциями 17–51 (13–25 апреля 2016 г.)

Результаты и обсуждение. Анализ распределения термохалинных характеристик на семи прикромочных разрезах показал следующие закономерности.

Разрез I (станции 17–21) полностью находился в атлантических водах (рис. 2). Между ближайшими к кромке льда станциями 17 и 18 выявлена теплая сторона термохалинного фронта (холодная сторона наблюдениями не охвачена).

Наибольшие горизонтальные градиенты температуры отмечены в верхнем 10-метровом слое – 0.48–0.83 °С/милю и в глубинном слое 185–210 м – 0.25–0.37 °С/милю.

Наибольшие вертикальные градиенты температуры на разрезе зафиксированы на ст. 17 в слое 0–15 м – 0.06 °С/м и на ст. 18 в слое 185–190 м – 0.03 °С/м.

В поле солёности фронтальная зона была выражена несколько слабее. Горизонтальные градиенты солёности в верхнем 10-метровом слое составили 0.07–0.22 ‰/милю, а в слое 185–210 м – 0.05–0.06 ‰/милю. Наибольший вертикальный градиент солёности наблюдался на ст. 17 в слое 0–10 м – 0.02 ‰/м. На остальных станциях вертикальные градиенты солёности составляли менее 0.005 ‰/м.

На **разрезе II** (станции 22–26) ярко выражена термохалинная фронтальная зона между атлантическими и арктическими водами (рис. 3). Термическая фронтальная зона в северной части разреза (станции 22–23) располагалась в слое 20–100 м (горизонтальные градиенты – 0.52–0.76 °С/милю), между станциями 23 и 24 – в слое 40–70 м (0.40–0.57 °С/милю), а между станциями 24 и 25 она выклинивается в поверхностный слой 0–30 м (0.58–0.71 °С/милю) (рис. 3). Для южной станции разреза (26) характерны только атлантические воды.

Халинная фронтальная зона между станциями располагалась практически в тех же слоях что и термическая. Горизонтальные градиенты солёности изменялись от 0.05–0.07 ‰/милю между станциями 22 и 23 и до 0.07–0.10 ‰/милю между станциями 24 и 25 в слое 0–30 м.

Вертикальные градиенты температуры в слое раздела атлантических и арктических вод составляли 0.08–0.13 °С/м. Вертикальные градиенты солёности не превышали 0.01 ‰/м.

В пределах **разреза III** (станции 27–31) от поверхности до глубины 170–240 м отмечены холодные арктические воды (рис. 4). Глубже находились воды атлантического происхождения, проникающие в этот район Баренцева моря с севера по желобам (Матишов и др. 1998; Matishov et al., 2009). В слое термоклина между этими водными массами вертикальные градиенты составляли 0.02–0.4 °С/м. Наибольшие вертикальные градиенты температуры (0.05–0.07 °С/м) зафиксированы на станциях 28 (195–205 м), 30 (180–195 м) и 31 (145–170 м).

Горизонтальные градиенты температуры в пределах разреза в основном составляли 0.01–0.10 °С/милю. Лишь в слое 180–200 м между станциями 27 и 29 наблюдалась термическая фронтальная зона. Между станциями 28 и 29 градиенты составляли 0.25–0.30 °С/милю, а между станциями 27 и 28 – 0.50–0.70 °С/милю.

Горизонтальные градиенты солёности повсеместно не превышали 0.01 ‰/милю и часто составляли тысячные доли. Повышенные горизонтальные градиенты (0.02–0.05 ‰/милю) наблюдались лишь в слое 180–200 м между станциями 27 и 29. Поэтому ярко выраженной халинной фронтальной зоны на этом разрезе не было.

Вертикальные градиенты солености на этом разрезе были менее 0.01 ‰/м. Так, например, на ст. 31 в слое скачка солености (145–170 м) вертикальный градиент составил лишь 0.004 ‰/м.

Разрез IV (станции 33–37). Станции 33–35 находились с внутренней стороны разреженной ледовой кромки и выполнялись среди мелкобитого льда. Для разреза характерны холодные арктические воды (рис. 5). Лишь на станциях 33–36 в придонных слоях (более 180–200 м) отмечены атлантические воды с положительной температурой, проникающие сюда с севера по гляциальным желобам. На большей части разреза (станции 35–37) наблюдалось малоградиентное температурное поле, преобладали горизонтальные градиенты температуры от 0.02 до 0.09 °С/милю. Повышенные градиенты температуры отмечены между станциями 33–35. Так, между станциями 33 и 34 в слое 140–160 м градиенты составили 0.33–0.53 °С/милю, а между станциями 34 и 35 на глубине 110–145 м зафиксирована термическая фронтальная зона, где в слое 115–140 м зарегистрировано максимальное значение градиентов – 0.61–0.85 °С/милю.

Наибольшие горизонтальные градиенты солености были отмечены между станциями 33–35 (0.02–0.04 ‰/милю) в слое 110–190 м.

Вертикальные градиенты солености по разрезу не превышали 0.003 ‰/м. На ст. 34 в слое 125–160 м отмечен максимальный градиент температуры – 0.04 °С/м.

Разрез V (станции 38–43). Станции 38–40 находились с внутренней стороны разреженной ледовой кромки и выполнялись среди мелкобитого льда. От поверхности до дна на разрезе наблюдались холодные арктические воды. В придонных слоях температура воды имела слабо отрицательные значения – до –0.02...–0.05 °С, что свидетельствует о влиянии вод атлантического происхождения, присутствующих в соседних желобах (рис. 6), а в поверхностных слоях – до –1.83 °С.

Повышенные горизонтальные градиенты температуры были зафиксированы между станциями, расположенными с внутренней стороны ледовой кромки. Так, повышенные градиенты между станциями 38 и 39 наблюдались на глубине от 110 до 210 м с максимальными значениями в слое 140–180 м (0.27–0.46 °С/милю), а между станциями 39 и 40 – на глубине 140–200 м с максимальными значениями в слое 160–190 м (0.15–0.27 °С/милю). По мере удаления от кромки льда градиенты уменьшались от 0.03–0.15 °С/милю (станции 40–41) до 0.01–0.03 °С/милю (станции 42–43). Горизонтальные градиенты солености на протяжении всего разреза не превышали 0.01 ‰/милю, а между станциями 42 и 43 составляли менее 0.003 ‰/милю. Лишь между станциями 38 и 39 в слое 140–210 м градиенты возросли до 0.02–0.03 °С/милю.

Максимальные вертикальные градиенты температуры зафиксированы на ст. 40 в слое 155–165 м (0.05 °С/м) и на ст. 43 в слое 75–95 м (0.03 °С/м). На остальных станциях этот показатель не превышал 0.02 °С/м. По всему разрезу вертикальные градиенты солености были менее 0.003 ‰/м.

Разрез VI (станции 45–50). Станции 45–49 выполнены с внутренней стороны разреженной ледовой кромки и среди мелкобитого льда.

Разрез располагался в зоне арктических вод, однако, на южной ст. 50 было заметно влияние атлантических трансформированных вод. Так, с 50-метровой глубины и до дна наблюдались слабо отрицательные значения температур – от –0.1 до –0.3 °С, а в слое 57–107 м виден заток вод с положительными температурами (рис. 7).

В северной части разреза (станции 45–49) отмечена сложная картина распределения температур по вертикали. Здесь, вследствие активных гидродинамических процессов, наблюдалась большая завихренность вод.

В верхнем слое (40–65 м) на станциях 46–48, 50 зарегистрированы максимальные вертикальные градиенты температуры – 0.03–0.05 °С/м. Высокие градиенты наблюдались в слое от 160–200 м до 210–260 м на станциях 45–49 – 0.02–0.03 °С/м. Что касается солености, то наибольшие вертикальные градиенты характерны для станций 45–47 в слое 30–50 м – 0.006–0.009 ‰/м. На остальных участках разреза градиенты солености были менее 0.004 ‰/м.

Наибольшие горизонтальные градиенты температуры наблюдались между станциями 45 и 46 (0.20–0.52 °С/милю) в слое 44–50 м, а также между станциями 47 и 48 (0.30–0.49 °С/милю) в глубинном слое 190–215 м. Горизонтальные градиенты солености на всем разрезе составляли менее 0.05 ‰/милю. Лишь между станциями 45 и 46 в слое 35–45 м были отмечены повышенные градиенты 0.06–0.14 ‰/милю.

Разрез VII (станции 51–56). Станции 51–54 находились с внутренней стороны разреженной ледовой кромки и среди мелкобитого льда.

Разрез располагался в зоне взаимодействия арктических и трансформированных атлантических вод. Арктические воды характерны для верхнего 40–70-метрового слоя, наиболее яркое проявление которых наблюдалось на станциях 51–54. Глубже происходило внедрение атлантических вод, для ядра которых характерна температура выше 2 °С и соленость более 34.9 ‰. Ядро отмечено на станциях 51–54 в диапазоне глубин от 75 до 200 м. При этом положительные значения температур на указанных станциях наблюдались до дна. На станциях 55 и 56 в глубинных слоях отмечено присутствие холодных вод с отрицательной температурой (рис. 8).

Наибольшие горизонтальные градиенты температуры были зафиксированы между станциями 51 и 52 в диапазоне глубин 55–90 м, при этом максимальные значения (1.91–2.30 °С/милю) зарегистрированы в слое 77–85 м. На отрезке между станциями 52–54 в этом же диапазоне глубин градиенты были 0.40–0.80 °С/милю. Между станциями 54 и 55 наибольшие градиенты наблюдались в слое 100–210 м – 0.15–0.19 °С/милю. По направлению к югу горизонтальные градиенты уменьшались и между станциями 55 и 56 они составили лишь 0.03–0.07 °С/милю.

Горизонтальные градиенты солености также уменьшались от северных станций к южным. Так, между станциями 51 и 52 максимальные градиенты достигали 0.15–0.26 ‰/милю в слое 70–85 м. От станции 52 к ст. 54 наибольшие значения градиентов отмечены в слое 55–80 м – 0.04–0.09 ‰/милю, а между станциями 55 и 56 они составили менее 0.004 ‰/милю.

Верхняя граница термоклина между арктическими и атлантическими водами залегала на глубине 45–70 м. Наибольшие вертикальные градиенты температуры 0.06–0.09 °С/м наблюдали на станциях 51–55. Максимальные вертикальные градиенты солености зафиксированы на станциях 51–54 – 0.007–0.011 ‰/м. Вертикальные градиенты на станциях 55 и 56 составили 0.004–0.005 ‰/м.

Таким образом, на всех разрезах горизонтальные и вертикальные градиенты температуры и солености имели наибольшие величины либо у кромки льда, либо под льдом. С удалением от кромки льда градиенты уменьшались.

Анализ распределения термохалинных характеристик на разрезе вдоль кромки льда (станции 17–51) показал, что в его пределах присутствовали атлантическая и арктическая водные массы. Основная масса арктических вод распределялась почти по всей глубине на станциях 27–45, а также в верхних слоях воды на станциях 22 и 51. Атлантические воды располагались на ст. 17 (по всей толще), ст. 22 (от 20 м и до дна) и на ст. 51 (от 85 м и до дна). Кроме того, атлантические воды подстилали арктические воды в придонном слое на станциях 27 и 33. Наиболее холодные воды ($-1.5 \dots -1.8$ °C) были обнаружены на станциях 33–45 в слое 0–150 м, а наиболее теплые воды (2 °C и выше) – на ст. 17 в слое 200–250 м и на ст. 51 в слое 115–175 м (рис. 9).

При анализе распределения температуры воды на разрезе вдоль кромки льда выявлены две фронтальные зоны. На западном участке разреза фронтальная зона между арктическими водами и водами атлантического происхождения была ярко выражена в поверхностном 30-метровом слое между станциями 17 и 22 (горизонтальные градиенты температуры здесь составляли $0.02\text{--}0.04$ °C/милю), а на глубине 150–250 м она располагалась между станциями 22 и 27 (рис. 9). Повышенные горизонтальные градиенты солёности на участке станций 17–27 отмечены в верхнем 20-метровом слое – $0.002\text{--}0.005$ ‰/милю.

На восточном участке разреза наиболее выраженная фронтальная зона прослеживалась между станциями 45 и 51 на глубине 60–150 м (рис. 9). Здесь фронтальная зона разделила арктические и атлантические трансформированные воды, которые проникают в северо-западную часть Баренцева моря между Новой Землей и Землей Франца-Иосифа по западной периферии желоба Св. Анны (Ожигин, Ившин, 1999). Наибольшие горизонтальные градиенты температуры между станциями 45 и 51 были отмечены в слое 110–180 м – $0.06\text{--}0.07$ °C/милю. Максимальные величины градиентов солёности наблюдались в 80-метровом поверхностном слое – $0.003\text{--}0.005$ ‰/милю.

Наибольшие вертикальные градиенты температуры и солёности также наблюдали в районе фронтальных зон. Так, на западных станциях 17 и 22 в слое 0–30 м градиенты температуры достигали $0.06\text{--}0.08$ °C/м, а солёности – 0.010 и 0.015 ‰/м.

В восточной части разреза наибольшие вертикальные градиенты температуры и солёности отмечены на ст. 51. Здесь градиенты температуры в слое 50–115 м достигали $0.05\text{--}0.6$ °C/м, а градиенты солёности составили $0.006\text{--}0.007$ ‰/м.

Следует отметить, что апрель является самым ледовитым месяцем в Баренцевом море (Миронов, 2004). В период наблюдений кромка льда испытывала колебания, смещение кромки на различных участках составляло от 15 до 50 миль как в северном, так и в южном направлении (рис. 1). Анализ распространения льдов в апреле, выполненный на основе электронной базы данных по ледовитости Баренцева моря, сформированной в Мурманском морском биологическом институте, показал, что в апреле 2016 г. кромка льда в районе наблюдений находилась в наиболее северном для этого месяца положении за последние 40 лет. Лишь в отдельные годы (1995, 2006, 2007 и 2015) она располагалась примерно на той же широте, что и в 2016 г.

Заключение. Исследования показали следующие закономерности.

1. В апреле 2016 г. отмечено минимальное распространения льдов на севере Баренцева моря за последние 40 лет.

2. Распресненные и холодные воды в прикромочной зоне определяют характер распределения термохалинных характеристик. Горизонтальные градиенты температуры и солёности воды на всех разрезах уменьшались от кромки льда в сторону чистой воды. Вертикальные термохалинные градиенты достигали максимума у кромки льда в слое 0–50 м.

3. Водные массы представлены атлантическими, арктическими и трансформированными баренцевоморскими водами, разделенными фронтальными зонами.

4. На разрезах в юго-восточной части района исследований наблюдалось выраженное в повышенной температуре и солёности воздействие вод атлантического происхождения. Максимальная адвекция арктических вод зарегистрирована на разрезах V и VI в слое 0–170 м.

Авторы выражают благодарность участникам комплексной экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в апреле 2016 г., в том числе океанологам К.А. Боброву и А.А. Тихомировой за сбор и первичную обработку данных СТД-зондирования, а также И.С. Янтаровой за неоценимую помощь по оцифровке рисунков распределения температуры и солёности на разрезах.

Экспедиционные исследования проведены при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций России в рамках тем госзаданий № 0228-2014-0001 (“Производственные процессы в районах арктических архипелагов”), № 0228-2014-0013 (“Биоразнообразие и экология зообентоса Баренцева моря, его водосборного бассейна и сопредельных акваторий”), № 0228-2014-0005 (“Орнитофауна северных морей: особенности внегнездовой экологии”), № 0228-2014-0008 (“Популяционные параметры морских млекопитающих и мониторинг их состояния в экосистемах Белого, Баренцева и Карского морей”), № 0228-2014-0009 (“Биогеографические особенности функционирования больших морских экосистем (БМЭ) Арктики в условиях комплексного природопользования”), № 0228-2014-0010 (“Многолетняя динамика накопления химических и радиохимических токсикантов в среде и в биоте арктических морских экосистем”), № 0228-2014-0011 (“Оценка уязвимости и экологический мониторинг арктических экосистем при освоении шельфа”), а также Программы Президиума РАН I.32П – госзадание № 0228-2015-0009 (“Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных изменений и антропогенных воздействий, научные основы и перспективы использования”).

Анализ термохалинных данных выполнен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-14-01268).

Литература

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под редакцией Ф.С. Терзиева и др. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.

Зубакин Г.К. О ледообмене Баренцева моря // Тр. ААНИИ. 1987. Т. 410. С. 113–117.

Матишов Г.Г., Моисеев Д.В. Исследования термохалинных характеристик вод в районе Земли Франца-Иосифа // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. Океанология. 2014. Вып. 2, № 4(23). С. 69–82.

Матишов Г.Г., Волков В.А., Денисов В.В. О структуре циркуляции теплых атлантических вод в северной части Баренцева моря // Докл. РАН. 1998. Т. 362, № 4. С. 553–556.

Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Моисеев Д.В. Климат и большие морские экосистемы Арктики // Вестн. РАН. 2017. Т. 87, № 2. С. 110–120 (doi: 10.7868/S0869587317020086).

Миронов Е.У. Ледовые условия в Гренландском и Баренцевом морях и их долгосрочный прогноз. СПб.: Изд. ААНИИ, 2004. 320 с.

Ожигин В.К., Ившин В.А. Водные массы Баренцева моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1999. 48 с.

Ellingsen I., Slagstad D., Sundfjord A. Modification of water masses in the Barents Sea and its coupling to ice dynamics: a model study // Ocean Dynamics. 2009. V. 59. P. 1095–1108. (doi: 10.1007/s10236-009-0230-5).

Hansen B., Christiansen S., Pedersen G. Plankton dynamics in the marginal ice zone of the central Barents Sea during spring: carbon flow and structure of the grazer food chain // Polar Biol. 1996. V. 16. P. 115–128 (doi: 10.1007/BF02390432).

Matishov G.G., Matishov D.G., Moiseev D.V. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along glacial troughs // Oceanology. 2009. V. 51, № 3. P. 321–340.

Pronounced anomalies of air, water, ice conditions in the Barents and Kara Seas, and the Sea of Azov / G.G. Matishov, S.L. Dzhenyuk, D.V. Moiseev, A.P. Zhichkin // Oceanologia. 2014. V. 56(3). P. 445–460 (doi: 10.5697/oc.56-3.445).

Sea surface wind and Sea ice in the Barents Sea using microwave sensing data from Meteor-M N1 and GCOM-W1 satellites in January–March 2013 / L.M. Mitnik, M.L. Mitnik, G.M. Chernyavsky et al. // Izv. Atmos. Ocean. Phys. 2016. V. 52. 1041 p. (doi: 10.1134/S000143381609019X).

SBE 19plus SEACAT PROFILER. User Manual. Version 012. Bellevue: Washington, USA, 2005.

Thermochaline convection in the edge-ice zone in the Barents Sea to the east of Spitsbergen / V.M. Kushnir, E. Hansen, V.K. Pavlov et al. // Physical Oceanography. 2003. V. 13. 361 p. (doi: 10.1023/B:POCE.0000013233.69589.d1).

Trends in hydrological and ice conditions in the Large Marine Ecosystems of the Russian Arctic during periods of climate change / G.G. Matishov, S.L. Dzhenyuk, D.V. Moiseev, A.P. Zhichkin // Environmental Development. 2016. V. 17, № S1. P. 33–45 (doi: 10.1016/j.envdev.2015.10.001).

УДК 551.46 (268.45)

Т.Г. Ишкулова, И.А. Пастухов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ПРИКРОМОЧНОЙ ЗОНЕ ЛЕДОВЫХ ПОЛЕЙ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ ВЕСНОЙ 2016 ГОДА

Аннотация

В статье рассматривается распределение гидрохимических параметров, наблюдавшееся в прикромочной зоне ледовых полей в Баренцевом море в апреле 2016 г. Используются данные, собранные в ходе морской экспедиции на борту НИС “Дальние Зеленцы”. Представлены количественные характеристики гидрохимических параметров – кислорода, рН, фосфатов, нитритов, кремния.

T.G. Ishkulova, I.A. Pastukhov

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

HYDROCHEMICAL SITUATION IN THE MARGINAL ICE ZONE IN THE BARENTS SEA IN SPRING 2016

Abstract

The distribution of hydrochemical parameters observed in the edge zone of ice fields in the Barents Sea in April 2016 has been considered in the paper. The data collected during the sea expedition on board R/V "Dalnie Zelentsy" are used in this study. Quantitative characteristics of the hydrochemical parameters – oxygen, pH, phosphates, nitrites, silicate – have been presented.

В апреле 2016 г. сотрудниками Мурманского морского института были проведены комплексные исследования в северо-восточной части Баренцева моря в рамках госзадания при финансировании Федерального агентства научных организаций России. В прикромочной зоне ледовых полей данного района на 22 станциях проведено изучение гидрохимического состояния водных масс. Определение параметров гидрохимического комплекса осуществляли общепринятыми методами (Руководство ..., 1993).

Актуальность данных работ определяется тем, что наличие устойчивого ледового покрова существенно влияет на гидрохимический режим акватории. Во-первых, выделяющиеся из морского льда при его опреснении соли изменяют (в сторону увеличения) химический состав подледных вод, что в свою очередь воздействует на их конвективное перемешивание. Во-вторых, солевой состав этих водных масс зависит от наличия ледового покрова, который препятствует проникновению света под лед, что особенно заметно в весенний период (Гидрометеорология ..., 1992).

Общая картина распределения гидрохимических параметров в районе исследований имеет некоторые характерные черты. Так, наибольшие градиенты содержания биогенных элементов наблюдаются в верхнем 50-метровом водном слое, наиболее подверженном воздействию солнечного света, прогревающего данный водный слой и активирующего продукционные процессы. Так же на отдельных станциях отмечается повышенное количество некоторых биогенов в водном столбе, чему способствует слабая стратификация водных слоев, характерная для Баренцева моря в рассматриваемый сезон (Ильин, 1990). Еще одной характерной чертой района является наличие холодных и соленых придонных водных масс, располагающихся ниже 150 м на большей части исследованной акватории. По гидрологическим параметрам такие водные массы определяются как зимние баренцевоморские (Химические ..., 1997; Ожигин, Ившин, 1999; Климатические ..., 2010). По результатам фитопланктонных исследований, полученным в данной экспедиции, в водных массах исследованной акватории не наблюдается заметной продукционной деятельности, поэтому характер распределения параметров гидрохимического комплекса является следствием физико-гидрологических процессов.

В водных массах исследованной акватории количество фосфатов и нитритов уменьшается с севера на юг, а с востока на запад наблюдается тенденция увеличения содержания кислорода (и его насыщенности)

и водородного показателя. Количественные характеристики большинства параметров гидрохимического комплекса соответствуют среднесезонным величинам по Баренцеву морю и согласуются с литературными данными (Жизнь ..., 1985; Гидрометеорология ..., 1992; Химические ..., 1997) [например, по сообщению Г.И. Несветовой (2002), среднемноголетняя концентрация фосфатов в апреле – 47.5 мкг/л]. Необходимо отметить, что диапазон изменения водородного показателя на акватории находится в узких пределах – от 7.7 до 8.1, что, вероятно, является следствием отсутствия стратификации и активности фитопланктона.

На станциях 27 и 31 (рис. 1) присутствуют водные массы, отличающиеся максимальными для района исследований концентрациями кислорода и фосфатов. Вертикальное распределение данных биогенных элементов на этих двух станциях довольно сходно. Содержание фосфатов в поверхности составило 57–60 мкг/л, кислорода – 8.5–9.1 мл/л. На горизонте 25 м насыщенность кислородом имеет максимальную для района исследований величину – 108.4 %. Далее по мере продвижения в глубину высокие, по сравнению с остальными станциями, показатели данных биогенов сохраняются. В придонном слое ст. 27 отмечено максимальное для района исследований содержание фосфатов – 87.2 мкг/л.

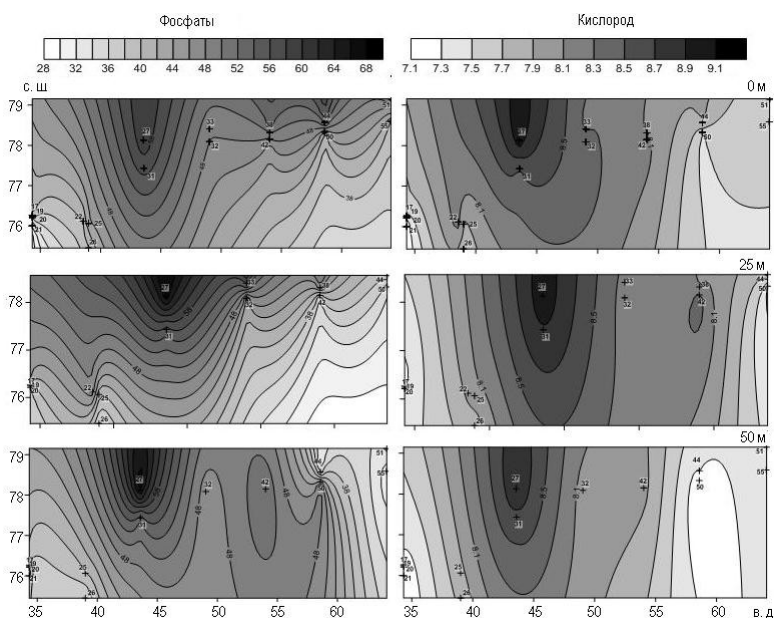


Рис. 1. Распределение фосфатов (мкг/л) и кислорода (мл/л) по горизонтам на станциях в апреле 2017 г.

Содержание нитритов в Баренцевом море незначительно – не выше 15.0 мкг/л (Жизнь ..., 1985; Гидрометеорология ..., 1992). Их максимальная концентрация обнаружена нами на ст. 51 в поверхностном горизонте – 7.4 мкг/л. Среднее количество данного биогена в водных массах района равно 1.9 мкг/л. На поверхности область с минимальным содержанием нитритов (от 0 до 1.5 мкг/л) локализуется на станциях 17–26. Глубже эта область увеличивается, и в придонном слое охватывает всю исследованную акваторию (рис. 2). В северо-восточной части района,

на станциях 38, 44, 50 и 51, в водном слое 50–0 м обнаружено наибольшее количество нитритов, с максимумом на глубине 50 м на ст. 51 (8.6 мкг/л). По литературным данным (Гидрометеорология ..., 1992), более высокое содержание нитритов наблюдаются в зоне кромки льдов на востоке, в тех местах, где фотосинтез начался раньше. И, несмотря на то, что заметной активности фитопланктона не выявлено, наличие таких количеств нитритов позволяет считать данную зону наиболее перспективной для обнаружения центров цветения (Ильин, 1990).

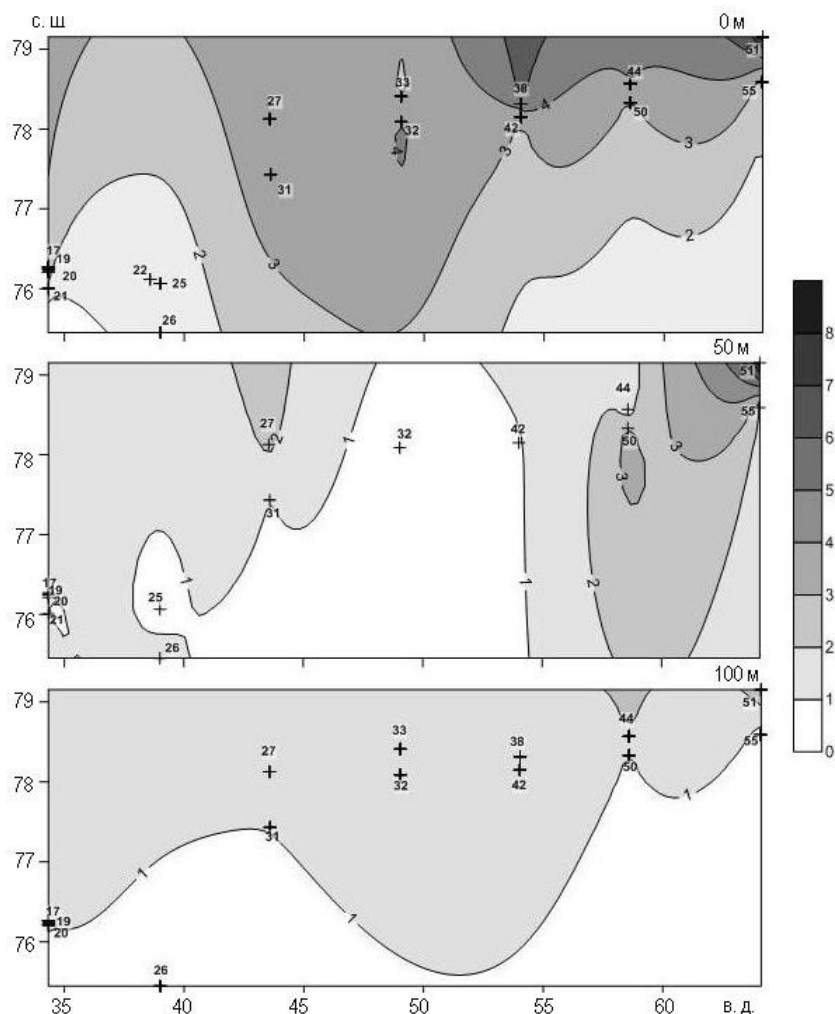


Рис. 2. Распределение нитритов (мкг/л) по горизонтам на станциях в апреле 2017 г.

Распределение кремния в водных массах района исследований характеризуется как пятнистое. Максимальная концентрация зафиксирована на ст. 31 в придонном горизонте – примерно 83 мкг/л. Минимальные количества кремния отмечены на ст. 42, где в водном столбе от поверхности до дна его содержание увеличивалось от 30 до 50 мкг/л. По литературным данным (Жизнь ..., 1985), минимальные значения данного параметра отмечены в зоне полярного фронта. По результатам наших исследований содержание кремния

вблизи ледовой кромки также довольно низкое, в среднем примерно 60 мкг/л. По мнению В.В. Волковинского (1968), данный биогенный элемент может являться лимитирующим фактором для развития холодолюбивых видов фитопланктона если содержание кремния в воде менее 280 мкг/л.

Придонный слой исследованной акватории выделяется количеством и соотношением параметров гидрохимического комплекса. Ему свойственны высокие средние концентрации фосфатов (50 мкг/л) и кремния (60 мкг/л). Также на данном горизонте обнаружены минимальные для района исследований концентрации нитритов (0.3 мкг/л на ст. 55) и кислорода (6.1 мл/л при насыщенности 75.3 % на ст. 50).

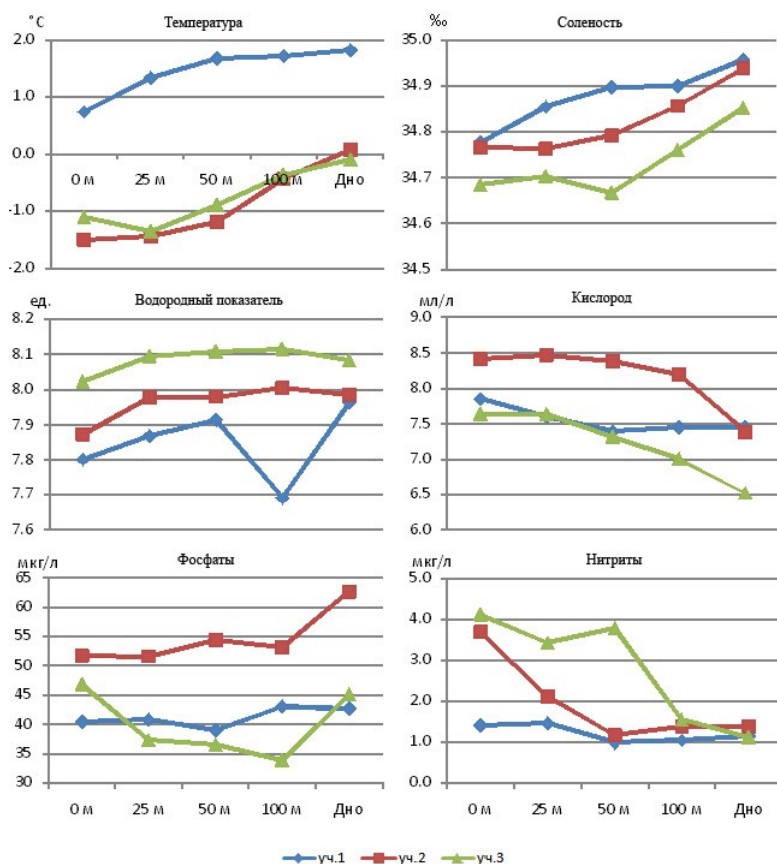


Рис. 3. Вертикальное распределение осредненных по горизонту гидролого-гидрохимических параметров в апреле 2017 г.:
участок 1 – станции 16–26, участок 2 – станции 27–42, участок 3 – станции 44–55

Район наших исследований находится на границе расположения основных типов вод Баренцева моря – арктических, атлантических и баренцевоморских, в так называемой полярной фронтальной зоне (Ожигин, Ившин, 1999; Климатические ..., 2010). По пространственному местоположению и характеру вертикального распределения гидролого-гидрохимических параметров исследованную акваторию в прикромочной

зоне ледовых полей мы условно подразделили на 3 участка. На рисунке 3 представлено вертикальное распределение биогенных элементов в выделенных зонах. Выявлены следующие характерные для них черты: 1) наиболее теплая и соленая водная масса на станциях 16–25 является самой обедненной биогенными элементами; 2) максимальные показатели водородного потенциала и низкие концентрации кислорода присущи наименее соленым водным массам на станциях 44–55 (воды на этих станциях по гидрологическим параметрам определяются как арктические).

Таким образом, анализ распределения гидрохимических показателей позволил установить, что на исследованной акватории состояние водных масс определяется в основном физико-гидрологическими условиями. Выявлено, что в придонном горизонте на большей части акватории располагаются водные массы, которые имеют высокую соленость, низкую температуру, минимальное содержание нитритов и кислорода и максимальное – остальных изученных нами параметров гидрохимического комплекса. Необходимо отметить, что:

1) наиболее высокое количество нитритного азота (маркера продукционных процессов) обнаружено на ст. 51;

2) содержание кремния в водных массах исследованной акватории ниже величины, необходимой для развития холодолюбивых видов фитопланктона. Эти противоположные по своим последствиям факты показывают необходимость дальнейшего изучения данного района.

Литература

Волковинский В.В. Основные факторы среды, лимитирующие уровень первичной продукции в океане // Методы рыбохозяйственных химико-океанографических исследований. Ч. 2. М.: Изд-во ВНИРО, 1968. С. 125–135.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 181 с.

Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1985. 218 с.

Ильин Г.В. Океанографическая структура фронтов Баренцева и Норвежского морей весной 1989 года // Экология, воспроизводство и охрана биоресурсов морей Северной Европы: Тез. докл. III Всесоюз. конф., Мурманск, 25–29 июня 1990 г. Мурманск, 1990. С. 40–42.

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

Несветова Г.И. Гидрохимические условия функционирования экосистемы Баренцева моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2002. 295 с.

Ожигин В.К., Ившин В.А. Водные массы Баренцева моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1999. 47 с.

Руководство по химическому анализу морских вод. Руководящий документ. Л.: Гидрометеиздат, 1993. 265 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.

УДК 574.583 (268.45)

В.В. Водопьянова, П.С. Ващенко, П.Р. Макаревич
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

КОНЦЕНТРАЦИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ПЕЛАГИАЛИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Аннотация

В апреле–мае 2016 г. исследована пространственная динамика концентрации хлорофилла *a* в двух типах пелагических экосистем Баренцева моря: на севере Арктического шельфа (поля молодых и однолетних льдов) и в свободных от льда южных районах субарктического побережья. Получены новые данные по концентрации хлорофилла *a*, температуре и солености водных масс. Максимальная концентрация хлорофилла *a* на всех разрезах была ≤ 1 мг/м³. Невысокое содержание пигмента указывает на отсутствие активной вегетации микрофитопланктона в арктической пелагической экосистеме открытого шельфа и субарктической прибрежной экосистеме Баренцева моря в период научных изысканий.

V.V. Vodopyanova, P.S. Vaschenko, P.R. Makarevich
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

CONCENTRATION OF CHLOROPHYLL IN PELAGIC WATERS OF THE BARENTS SEA IN THE SPRING PERIOD

Abstract

The spatial dynamics of the concentration of chlorophyll *a* in two types of pelagic ecosystems in the Barents Sea has been studied in April and May 2016. Three arbitrary cuts were performed: in the north of the Arctic shelf (within young and annual ice fields) and in the southern regions of the subarctic coast. New data on the concentration of chlorophyll *a*, the temperature, and the salinity of the water masses are presented. The maximum concentration of chlorophyll *a* in all cuts was ≤ 1 mg/m³. The low pigment concentration indicated the absence of active microphytoplankton vegetation in the pelagic ecosystem of the Arctic shelf and the subarctic coast of the Barents Sea during the period of research.

Введение. Изучение весеннего развития микрофитопланктона и его пигментного состава дает возможность получения более полной картины сезонной сукцессии и продукционного цикла Баренцева моря, так как большая часть годовой биомассы арктического фитопланктона продуцируется во время весеннего сукцессионного цикла. Показателем общего обилия фитопланктона служит количество хлорофилла *a*.

На акватории Баренцева моря выделяют два типа пелагических экосистем – открытого шельфа и прибрежные, различающиеся по целому ряду факторов и, в частности, по стадиям наступления и продолжительности фаз сукцессионного цикла фитопланктона (Makarevich et al., 2012). Пигментные характеристики пелагических сообществ фотосинтетиков наиболее полно изучены в водах субарктического шельфа в безледный период и в субарктическом побережье (Роухияйнен, 1956, 1961, 1962; Бобров, 1985а,б, Бобров, Шмелева, 1985; Кузнецов, 2003), в то время как северные районы Арктического шельфа Баренцева моря в условиях сложной ледовой обстановки в весенний период изучены недостаточно. Большой вклад в зимне-весенние биоокеанологические

исследования Баренцева моря внесли сотрудники ММБИ КНЦ (Савинов, 1990; Environmental..., 1992; Зимне-весенние..., 1996; Дружков, 1996; Ларионов, 1996, Макаревич, 1996; Биологические..., 1996; Планктон..., 1997; Биология..., 1998; Влияние ..., 2010).

В работе представлены новые данные по концентрации хлорофилла *a* для пелагиали арктической экосистемы открытого шельфа и субарктической прибрежной экосистемы Баренцева моря, полученные нами в апреле–мае 2016 г.

Материал и методы. В апреле–мае 2016 г. в ходе рейса НИС “Дальние Зеленцы” на северо-востоке открытой части Баренцева моря в зоне молодых и однолетних льдов Арктического шельфа и на юго-западе акватории в прибрежье Кольского полуострова (субарктическая зона), выполнено 23 станции по определению хлорофилла *a*. Эти станции были сгруппированы в разрезы I–III (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Характеристика станций, на которых выполнен отбор проб хлорофилла *a*, Баренцево море, апрель–май 2016 г.

Номер станции	Дата	Координаты		Глубина, м
		с. ш.	в. д.	
Разрез I				
16	12.04	76°26.3′	33°42.4′	254
17	13.03	76°26.8′	34°33.1′	247
19	13.04	76°24.3′	34°34.4′	283
22	14.04	76°11.8′	38°56.6′	252
24	14.04	76°09.4′	39°00.0′	244
25	14.04	76°06.5′	39°00.4′	258
27	16.04	78°12.8′	43°55.8′	281
30	16.04	78°05.0′	43°52.9′	311
32	17.04	78°09.1′	49°03.7′	300
38	20.04	78°31.6′	54°03.7′	300
40	20.04	78°29.0′	54°04.1′	259
44	21.04	78°57.1′	58°58.9′	260
51	25.04	79°15.3′	64°10.8′	300
53	26.04	79°12.4′	64°09.0′	302
54	26.04	79°09.7′	64°10.6′	313
Разрез II				
99	24.05	70°14.8′	32°05.8′	154
103	25.05	70°07.8′	32°47.9′	135
112	28.05	69°44.1′	34°12.7′	180
118	29.05	69°30.4′	35°11.0′	175
Разрез III				
100	24.05	70°22.7′	32°48.3′	261
104	25.05	70°14.9′	33°30.0′	247
106	26.05	70°01.1′	34°10.8′	216
116	28.05	69°48.2′	35°20.1′	233

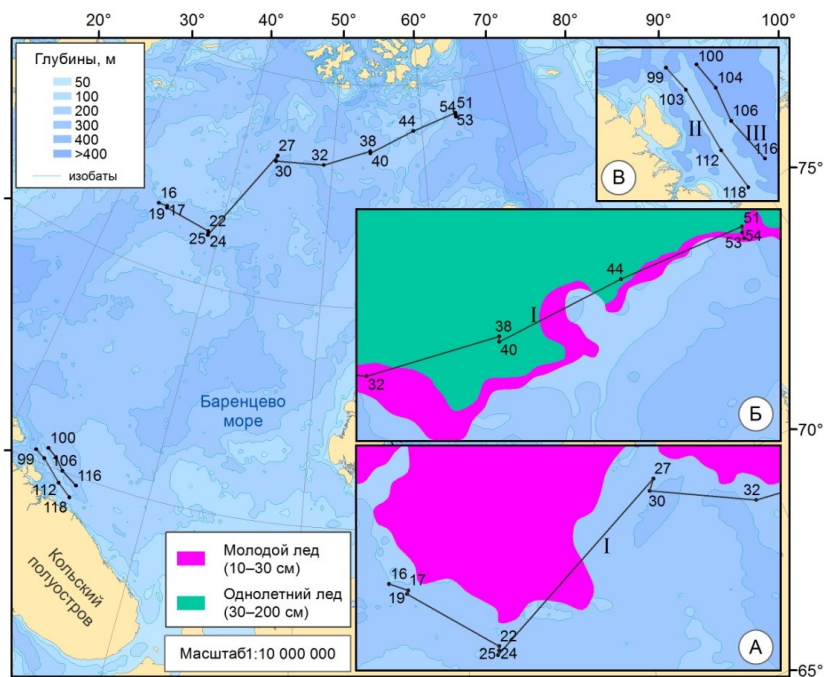


Рис. 1. Ледовая обстановка в районе выполнения работ:
 А – на 12.04.2016 г. (по: Анализ ..., 2016б), разрез I; Б – на 26.04.2016 г.
 (по: Анализ ..., 2016а), разрез I; В – лед отсутствует, разрезы II и III

Первый разрез (протяженность 572 мили) объединяет 15 станций на северо-западе Баренцева моря, второй (90 миль) и третий (72 мили) проходят вдоль Мурманского берега Кольского полуострова – по 4 станции на каждом разрезе.

Пробы морской воды (от 3 до 5 л) для дальнейшего определения хлорофилла *a* отбирали пластиковым батометром Нискина на шести стандартных гидрологических горизонтах (поверхностный, 10, 25, 50, 100 м, придонный).

Фильтрацию воды осуществляли в судовой лаборатории с помощью вакуумной фильтровальной установки. Использовали мембранные фильтры Владипор МФАС-ОС-4 диаметром 47 мм, размер пор 0.6 мкм. Продолжительность фильтрации не превышала 1 ч, канистры с водой были затенены непрозрачным темным материалом. По ее окончании фильтры складывали пополам осадком внутрь, подсушивали на фильтровальной бумаге и помещали в эксикатор с силикагелем. Фильтры хранили в морозильной камере при температуре -20°C до обработки в стационарных условиях. В лабораторных условиях после гомогенизации фильтров хлорофилл экстрагировали 90 %-м ацетоном. Экстракт центрифугировали на лабораторной центрифуге Опн-8 при 8000 об/мин. Спектрофотометрирование осуществляли на UV-Visible спектрофотометре Nicolett Evolution 500 фирмы "Spectronic Unicam". Концентрацию хлорофилла *a* ($\text{мг}/\text{м}^3$) вычисляли по стандартным формулам (ГОСТ ..., 2001).

Результаты и обсуждение. По результатам STD-зондирования (рис. 2, табл. 2) в пределах разреза I были выделены арктические водные массы. На большинстве станций температура воды была отрицательной от поверхности

до дна. Согласно данным о ледовой обстановке (Анализ ..., 2016а,б) и нашим наблюдениям в пределах разреза I преобладала шуга, молодые и однолетние льды. Сложная ледовая обстановка на исследуемой акватории затрудняла отбор проб вблизи ледовой кромки.

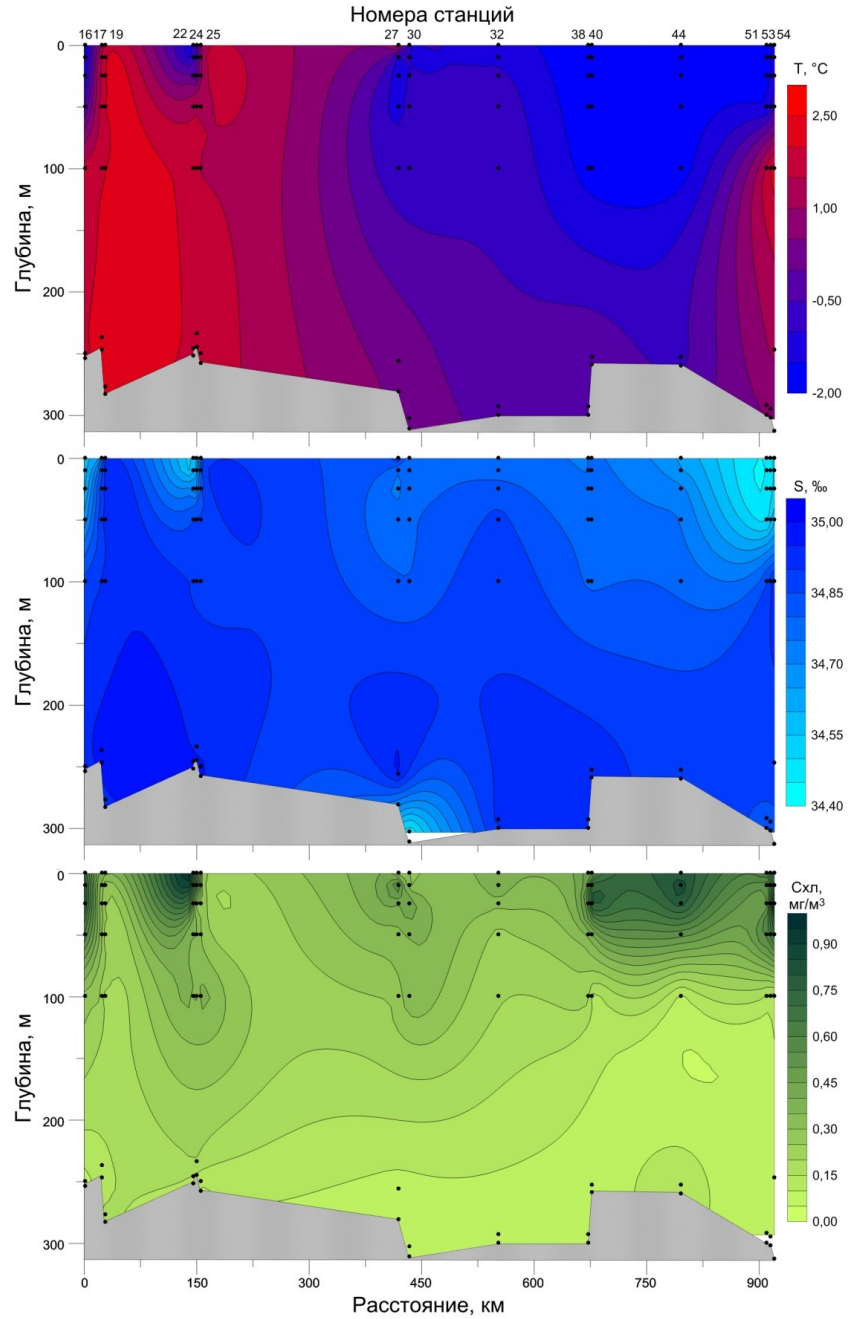


Рис. 2. Вертикальные профили распределения температуры, солёности и концентрации хлорофилла *a* в воде на разрезе I

Таблица 2

Средние показатели температуры и солености воды, концентрации хлорофилла *a*, Баренцево море, апрель–май 2016 г.

Горизонт, м	T, °C	S, ‰	C _{хлс} мг/м ³
Разрез I			
0	-0.73±1.34	34.67±0.15	0.52±0.20
10	-0.83±1.25	34.68±0.14	0.56±0.20
25	-0.65±1.31	34.71±0.14	0.52±0.23
50	-0.24±1.42	34.76±0.13	0.41±0.15
100	0.59±1.60	34.86±0.05	0.23±0.10
Дно	0.98±0.96	34.88±0.13	0.12±0.04
Разрез II			
0	6.32±0.54	33.88±0.10	0.35±0.17
10	6.10±0.49	33.89±0.10	0.35±0.20
25	5.09±0.30	34.08±0.10	0.59±0.29
50	4.09±0.31	34.20±0.05	0.38±0.21
75	3.84±0.30	34.24±0.06	0.34±0.18
100	4.03±0.52	34.30±0.10	0.32±0.10
Дно	4.46±0.79	34.49±0.28	0.22±0.06
Разрез III			
0	5.91±0.46	34.20±0.06	0.45±0.29
10	5.82±0.41	34.19±0.06	0.37±0.19
25	5.31±0.23	34.20±0.05	0.56±0.25
50	4.28±0.27	34.26±0.02	0.38±0.31
75	4.05±0.23	34.29±0.04	0.55±0.48
100	4.28±0.30	34.36±0.06	0.34±0.22
Дно	4.99±0.48	34.73±0.14	0.16*

* Единственное значение для горизонта.

В период изысканий (апрель 2016 г.) содержание хлорофилла *a* в водах разреза I варьировало незначительно: в фотическом слое от 0.21 до 1.00 мг/м³, в придонном – от 0.07 до 0.39 мг/м³ (рис. 2). Средние для стандартных гидрологических горизонтов значения приведены в табл. 2.

Диапазон значений соответствовал таковому в открытой части Баренцева моря. В его центральной части в мае концентрация хлорофилла *a* изменялась от 0.1 до 3.3 мг/м³ (Кузнецов, 2003), на севере моря в прикромочной зоне и ледовых полях от < 1 до 10.6±1.5 мг/м³ (Hodal, Kristiansen, 2008; Sturluson et al., 2008). Зарегистрированные нами концентрации хлорофилла *a* (максимум 1.00 мг/м³) являются невысокими для вод Арктического шельфа в весенний период.

Исследования, проводимые в субарктической прибрежной экосистеме (май 2016 г.), показали, что станции разрезов II и III, согласно данным STD-зондирования (табл. 2, рис. 3), выполнялись в водах Мурманского прибрежного течения. Температура воды от поверхности до дна была положительной. Термохалинные характеристики вод свидетельствовали о сохраняющейся тенденции потепления в Баренцевоморском бассейне (Океанографические ..., 2016).

Содержание хлорофилла *a* в водах двух разрезов побережья Кольского полуострова было сопоставимым и изменялось в фотическом слое от 0.12 до 0.90 мг/м³ (разрез II) и от 0.11 до 0.91 мг/м³ (разрез III). Локальный

максимум концентрации хлорофилла *a* (1.26 мг/м^3) был выявлен на разрезе III ниже фотического слоя. В придонных слоях минимальное содержание пигмента достигало значений 0.15 мг/м^3 , максимальное – 0.30 мг/м^3 (рис. 3). Пространственное распределение основного пигмента фотосинтеза в пелагиали субарктической прибрежной экосистемы было характерно “пятнистым” (Планктон ..., 1997), области повышенного содержания исследуемого компонента фитоценоза чередовались с участками его более низких значений. Средние концентрации хлорофилла *a* в слоях водной толщи приведены в табл. 2.

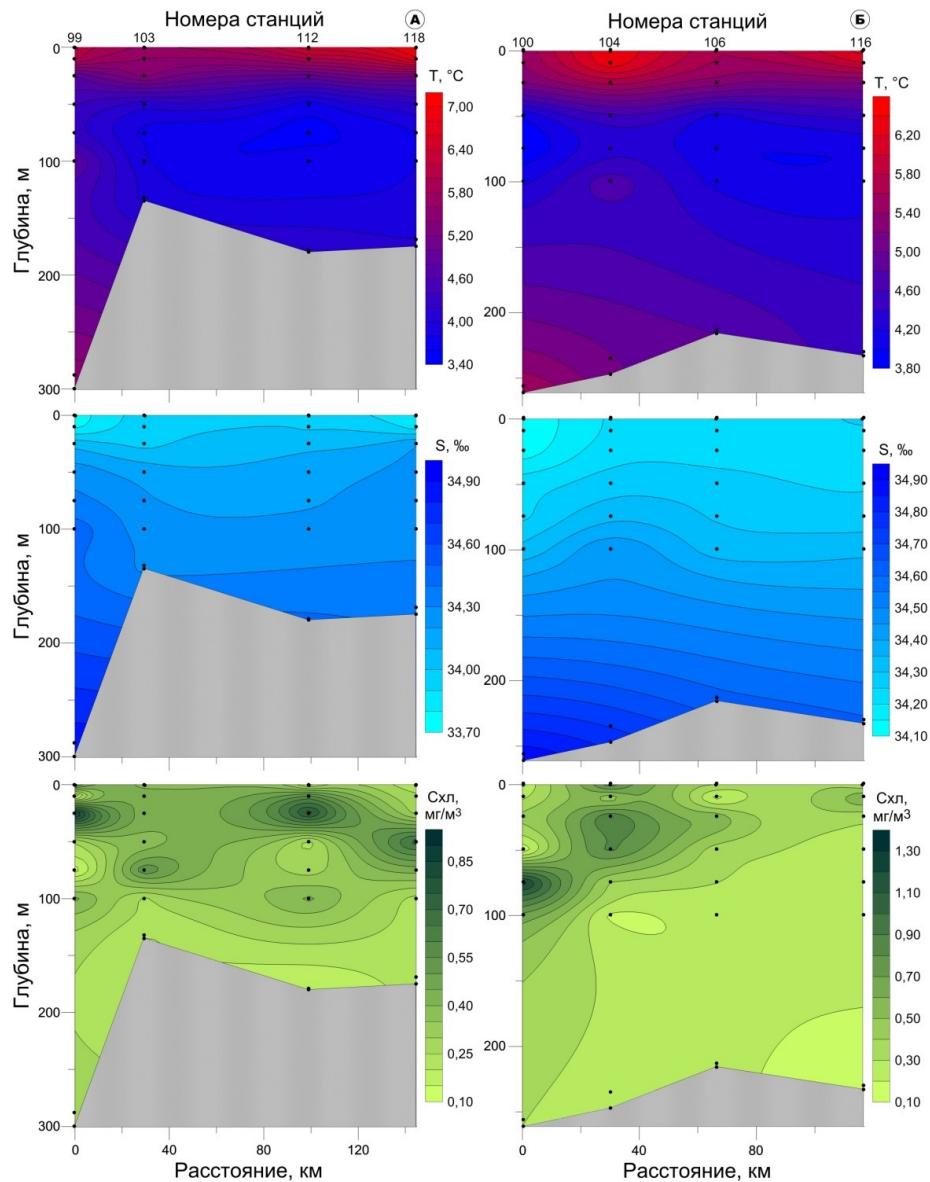


Рис. 3. Вертикальные профили распределения температуры, солёности и концентрации хлорофилла *a* в воде на разрезах II (А) и III (Б)

Согласно литературным данным, в прибрежье южной части Баренцева моря в мае содержание хлорофилла *a* изменяется в пределах 0.2–4.3 мг/м³ (Кузнецов, 2003). Его концентрации, зарегистрированные нами (максимум 0.91 мг/м³), являются невысокими для субарктического прибрежья в весенний период.

Заключение. Известно, что в центральной и северной части Баренцева моря регистрируется один весенний максимум развития фитопланктона и большая часть годовой биомассы арктического микрофитопланктона, продуцируется именно во время весеннего сукцессионного цикла. В то время как в прибрежье в течение периода вегетации наблюдается три-четыре вспышки цветения и, соответственно, максимума концентрации хлорофилла *a*. В северной части Баренцева моря, примыкающей к кромке дрейфующих льдов, значения первичной продукции и концентрации хлорофилла *a* значительно уступают таковым для южной ее части (Кузнецов, 2003).

Исследования, проведенные нами во второй–третьей декадах апреля 2016 г. в пелагиали арктической экосистемы открытого шельфа Баренцева моря, и в третьей декаде мая 2016 г. в его субарктической прибрежной экосистеме, не выявили между ними значимых различий в содержании хлорофилла *a*, который традиционно является показателем общего обилия фитопланктона. В апреле–мае, несмотря на различные ледовые условия и сценарии сукцессионного цикла фитопланктона, средние концентрации хлорофилла *a* на всех разрезах были сопоставимыми. Содержание основного фотопигмента было невысоким для каждой из рассматриваемых экосистем, и свидетельствовало об отсутствии активной вегетации микрофитопланктона на разрезах.

Авторы статьи выражают благодарность старшему научному сотруднику лаборатории планктона к.б.н. Т.И. Широколобовой за помощь в отборе проб и консультации, К.А. Боброву за предоставленные данные STD-зондирования.

Литература

Анализ ледовой обстановки по данным ИСЗ за 10–12.04.2016 // Обзорные ледовые карты СЛО. СПб.: ААНИИ, 2016а. URL: <http://www.aari.ru/resources/d0015/arctic/gif.ru/2016/20160412.gif> (Дата обращения: 03.03.2017).

Анализ ледовой обстановки по данным ИСЗ за 24–26.04.2016 // Обзорные ледовые карты СЛО. СПб.: ААНИИ, 2016б. URL: <http://www.aari.ru/resources/d0015/arctic/gif.ru/2016/20160426.gif> (Дата обращения: 03.03.2017).

Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. 467 с.

Бобров Ю.А. Первичная продукция: Продукционный цикл фитопланктона в прибрежной зоне Баренцева моря // Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1985а. С. 110–116.

Бобров Ю.А. Влияние температуры и света на первичную продукцию // Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1985б. С. 116–125.

Бобров Ю.А., Шмелева В.Л. Исследования первичной продукции в Баренцевом море // Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1985. С. 106–110.

Влияние ледового покрова на первично-продукционный потенциал прибрежных пелагических экосистем Западно-Арктического шельфа / П. Р. Макаревич, Е. И. Дружкова, В. В. Ларионов, А. А. Олейник // *Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл. Междунар. науч. конф.* (10–12 марта 2010 г., Мурманск). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. С. 139.

ГОСТ 17.1.4.02-90. ВОДА. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a* // *Государственный контроль качества воды*. М.: Изд-во стандартов, 2001. С. 551–563.

Дружков Н.В. Новый тип арктической сукцессионной системы микрофитопланктона в зонах контакта выводящих ледников Новой Земли и прибрежной пелагиали Баренцева моря // *Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала: Тез. докл. Междунар. науч. конф., Мурманск, 22–23 октября 1996 г.* Мурманск: Русская Лапландия, 1996. С. 29–30.

Зимне-весенние биоокеанологические исследования Мурманского морского биологического в морях Арктического бассейна на судах ледокольного флота / Г.Г. Матишов, В.Г. Аверинцев, Л.Л. Кузнецов и др. Мурманск: Русская Лапландия, 1996. 18 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. 7–181.*

Ларионов В.В. Особенности развития фитопланктонного сообщества в приледниковых водах Грен-фьорда (архипелаг Шпицберген) // *Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала: Тез. докл. Междунар. науч. конф., Мурманск, 22–23 октября 1996 г.* Мурманск: Русская Лапландия, 1996. С. 41–42.

Макаревич П.Р. Фитопланктон прикромочной ледовой зоны Карского моря и моря Лаптевых в летний период // *Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала: Тез. докл. Междунар. науч. конф., Мурманск, 22–23 октября 1996 г.* Мурманск: Русская Лапландия, 1996. С. 42–43.

Океанографические условия в морях Северо-Европейского бассейна и Северной Атлантики в 2014–2015 гг. и их влияние на распределение промысловых рыб / А.Л. Карсаков, В.А. Боровков, Е.В. Сентябов и др. // *Тр. ВНИРО. 2016. Т. 164. С. 5–21.*

Планктон морей Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 352 с.

Роухияйнен М.И. Некоторые закономерности весеннего развития фитопланктона Восточного Мурмана // *Докл. АН СССР. 1956. Т. 109, № 1. С. 109–113.*

Роухияйнен М.И. Особенности весеннего развития фитопланктона в 1955–1957 гг. // *Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана. Мурманск: Кн. изд-во, 1961. С. 98–109.*

Роухияйнен М.И. Сезонность в развитии фитопланктона в прибрежных водах Восточного Мурмана // *Тр. Мурман. мор. биол. ин-та АН СССР. 1962. Т. 4(8). С. 19–26.*

Савинов В.М. Океанологические предпосылки формирования центров весеннего цветения фитопланктона в Баренцевом море. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1990. 33 с.

Environmental studies from Franz-Josef Land with emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island / Norsk Polarinstitut, Meddeler. 1992. 130 p.

Hodal H., Kristiansen S. The importance of small-celled phytoplankton in spring blooms at the marginal ice zone in the northern Barents Sea // *Deep-Sea Res.* 2008. V. 55. P. 2176–2185.

Makarevich P., Druzhkova E., Larionov V. Primary Producers of the Barents Sea // *Diversity of Ecosystems* / Prof. Mahamane Ali. (Ed.). 2012. P. 367–392 p. URL: <http://www.intechopen.com/books/diversity-of-ecosystems/primary-producers-of-the-barents-sea> (Дата обращения: 13.03.2017).

Sturluson M., Nielsen T.G., Wassmann P. Bacterial abundance, biomass and production during spring blooms in the northern Barents Sea // *Deep-Sea Res.* 2008. V. 55. P. 2186–2198.

УДК 579.68 (268.45)

Т.И. Ширококолобова, М.П. Венгер, К.А. Бобров

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

МАССОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ МИКРОПЛАНКТОНА ЗОНЫ ЛЕДОВОЙ КРОМКИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Аннотация

На севере Баренцева моря в предшествующий подледному цветению период изучено распределение количественных показателей вирио- и бактериопланктона. Численность свободных вирусных частиц на участке широтной ориентации (протяженностью примерно 40 миль) значительно превышала численность бактериальных клеток (в 5–21 раз). При их относительно равномерном распределении по глубине достоверной связи между обилием не выявлено. Сравнение с результатами ранее проведенных исследований показало, что уровень развития вирио- и бактериопланктона в наших наблюдениях был существенно ниже такового в зоне ледовой кромки при вегетации фитопланктона.

T.I. Shirokolobova, M.P. Venger, K.A. Bobrov

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

MASS COMPONENTS OF MICROPLANKTON IN THE MARGINAL ICE ZONE OF THE BARENTS SEA

Abstract

The distribution of abundance and biomass of viro- and bacterioplankton was studied in the northern Barents Sea prior to the sub-ice blooming period. The abundance of free-living virus particles along a latitudinal distance of ca. 40 miles greatly exceeded the number of bacterial cells (5–21 fold). Both virus particles and bacterial cells were relatively evenly spread vertically in the water column. No reliable connection between the abundances of virus particles and bacterial cells was detected. Our comparison with previously conducted studies showed that the level of development of viro- and bacterioplankton was significantly lower than that in the Ice marginal zone during phytoplankton vegetation.

Введение. К массовым компонентам микропланктона традиционно причисляют наиболее мелких его представителей, чьи размеры соответствуют диапазонам 0.02–0.2 и 0.2–2.0 мкм (Sieburth et al., 1978). В размерную фракцию первого из них входят вирусоподобные частицы (вириопланктон), в размерную фракцию второго – клетки бактерий (бактериопланктон).

Начиная с 1980-х годов, роль микроорганизмов в планктонных экосистемах была переосмыслена. Концепция микробной “петли” предполагает, что значительная часть создаваемого фитопланктоном растворенного органического вещества (РОВ) усваивается бактериями и только потом, через гетеротрофных жгутиконосцев и инфузорий, включается в классическую пищевую цепь (The ecological ..., 1983). Благодаря этому питательные вещества удерживаются в системе, даже если пик “цветения” фитопланктона по тем или иным причинам оказывается разобщен с массовым развитием его потребителей.

Особенно важную роль микробная “петля” играет в полярных экосистемах, где в течение полугода недостаток света ограничивает развитие фитопланктона. Исследования показали, что бактериальная продукция в арктических водах может достигать 35–150 % от первичной продукции (Active ..., 1996). В этом случае осмотрофные микроорганизмы, способные эффективно усваивать РОВ, становятся важнейшим звеном пищевой цепи.

Основными факторами, определяющими обилие и распределение бактерий в планктонных сообществах водных экосистем, являются присутствие бактериотрофных организмов (так называемый “top-down control” – контроль “сверху”) и доступность питательного субстрата (“bottom-up control” – контроль “снизу”). Основная часть бактериотрофов представлена гетеротрофными жгутиконосцами, способными выедать значительную долю бактериальной продукции (Копылов, Сажин, 1988; Leakey et al., 1996). Установлено, что разные виды гетеротрофных флагеллят питаются бактериями определенного размера (Копылов, Моисеев, 1984; Simek, Chrzanowski, 1992), что в дальнейшем влияет на величину среднего клеточного объема бактериальной популяции. В условиях интенсивного потребления простейшими, вследствие элиминации медленно растущих клеток, существенные изменения могут наблюдаться и в составе бактериоценоза (Sinclair, Alexander, 1989).

Кроме протистов и обилия ресурсов развитие бактериопланктона лимитируют вирусы-бактериофаги (Fuhrman, Suttle, 1993; Weinbauer, 2004). Предпосылкой к их активному изучению послужили новые методические приемы количественного учета фаговых частиц в воде (Porter, Feig, 1980; Wommack, Colwell, 2000). Последующие исследования воздействия вирусов на популяции клеток-хозяев и диапазон организмов, которые они заражают, перевернули сложившиеся ранее представления о структуре и функционировании микробной “петли” в водных экосистемах (Дрюккер, Дутова, 2009).

В частности, было показано, что выделяемое при вирусном лизисе клеток РОВ и его последующее потребление гетеротрофными бактериями напрямую воздействуют на экосистему пелагиали в качестве отдельной стадии в рециклинге биогенных элементов в пределах микробной пищевой сети в ограниченных питательными веществами олиготрофных условиях (Fuhrman, 1992; Middelboe et al., 1996). Гибель бактерий в результате вирусного лизиса может достигать 60–100 % от суточной бактериальной продукции (Weinbauer, 2004), что также позволяет считать вирусные частицы важным компонентом микробной “петли”, оказывающим значительное влияние на процесс регулирования обилия и видового разнообразия своих хозяев.

Несмотря на более чем 20-летнюю историю исследований, роль планктонных вирусов в распределении потоков углерода в трофических сетях арктических морей до конца не раскрыта. Не снимает необходимости дальнейшего изучения их сообществ и наличие современных данных для северных морей России (Сажин и др., 2010; Венгер, 2011; Летний ..., 2012; Вирусы ..., 2012; Планктонные ..., 2012; Вириопланктон ..., 2015; Влияние ..., 2016; Бактерии ..., 2016; Вирио- ..., 2017).

Из-за труднодоступности большинства районов весьма ограничена информация о вирио- и бактериопланктоне зоны сезонных льдов. В Баренцевом море исследования проводились в 1999 и 2003–2005 гг. (Distribution ..., 2002; Sturluson et al., 2008; Bacterial ..., 2008), в Карском – в 2016 г. (Планктонные ..., 2017).

Работы в Баренцевом море, большей частью приуроченные к подледному “цветению”, охватывали период конец мая–начало августа. Уровень развития бактериальных и вирусных сообществ пелагиали в начале экологического года (март–апрель; Планктон ..., 1997), когда ледовый покров достигает своего максимального развития (Гидрометеорология ..., 1990), пока остается неизвестным.

В цель нашей работы входило изучение количественных характеристик массовых компонентов микропланктона Баренцева моря, а также факторов среды, определяющих особенности их распределения в зоне ледовой кромки в один из наиболее ледовитых месяцев года.

Материал и методы. Экспедиционные наблюдения выполнялись на НИС “Дальние Зеленцы” с 13 по 25 апреля 2016 г. в северном районе моря (76–79° с. ш., 34–64° в. д.). Материалом для работы послужили пробы воды на микроскопический анализ и определение концентраций хлорофилла, отобранные по стандартным гидрологическим горизонтам пластиковыми батометрами Нискина в кассете Hydrobios MWS12. Дополнительно привлекались результаты измерений прозрачности (по диску Секки) и СТД-зондирования (SEACAT SBE 19 plus) (таблица).

Определение количественных показателей вирио- и бактериопланктона проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии при ув. 1000 (микроскоп Olympus BX51 с системой анализа изображений) после концентрирования проб фильтрацией при слабом вакууме (< 30 мм Hg). Объем профильтрованной пробы вирио- и бактериопланктона составлял 8 и 10 мл соответственно.

Вирусные частицы подсчитывали на мембранных фильтрах “Anodisc” из оксида алюминия (фирма Wathman®, США, диаметр пор 0.02 мкм) с использованием красителя SYBR Green I (Noble, Fuhrman, 1998). Численность и объемы бактериальных клеток учитывали на мембранным фильтрах (производство ОИЯИ, Россия, диаметр пор 0.2 мкм) с окраской препаратов красителем DAPI (Porter, Feig, 1980), их биомассу выражали в углеродных единицах (Norland, 1993).

**Метаданные станций исследования микропланктона
в зоне ледовой кромки, 2016 г.**

Стан- ция	Дата	Координаты		Глубина, м	Гори- зонт, м	Т, °С	S, ‰	Диск Секки, м
		с. ш.	в. д.					
17	13.04	76°26.8'	34°33.1'	247	1	0.86	34.66	20
					10	1.49	34.82	
					25	1.76	34.88	
					50	1.79	34.89	
					100	1.80	34.89	
					200	1.88	34.90	
					230	2.13	34.97	
22	14.04	76°11.8'	38°56.6'	252	1	-1.20	34.54	12
					10	-1.17	34.54	
					25	0.39	34.75	
					50	1.34	34.85	
					100	1.84	34.90	
					200	1.69	34.90	
					230	1.93	34.97	
27	16.04	78°12.8'	43°55.8'	281	1	1.60	34.89	12
					10	-1.26	34.74	
					25	-1.24	34.74	
					50	-1.21	34.76	
					100	-0.79	34.81	
					200	0.51	34.95	
					230	0.36	34.96	
32-с-1	17.04	78°09.1'	49°03.7'	300	1	-1.48	34.75	26
					10	-1.15	34.77	
					25	-0.83	34.83	
					50	-0.64	34.86	
					100	-0.58	34.88	
					200	-0.67	34.88	
					230	-0.25	34.91	
38	20.04	78°31.6'	54°03.7'	300	1	-1.83	34.75	-
					10	-1.84	34.75	
					25	-1.81	34.76	
					50	-1.76	34.78	
					100	-1.68	34.79	
					200	-0.66	34.87	
					230	-0.05	34.92	

Окончание таблицы

Станция	Дата	Координаты		Глубина, м	Горизонт, м	Т, °С	S, ‰	Диск Секки, м
		с. ш.	в. д.					
44	21.04	78°57.1'	58°58.9'	260	1	-1.83	34.64	18
					10	-1.83	34.65	
					25	-1.82	34.72	
					50	-1.81	34.75	
					100	-1.78	34.79	
					200	-1.01	34.85	
					230	-0.62	34.88	
51	25.04	79°15.3'	64°10.8'	300	1	-1.68	34.45	11
					10	-1.67	34.45	
					25	-1.61	34.46	
					50	-1.49	34.47	
					100	1.54	34.83	
					200	1.58	34.89	
					230	0.56	34.84	

Скорость контактов (R) между вирусами и бактериями рассчитывали по формуле

$$R = 2\pi ShwD_v N_v N_b,$$

где Sh – число Шервуда (использовали величину 1.01 для неподвижных бактерий); w – диаметр бактериальной клетки; N_v и N_b – численность вирусов и бактерий соответственно; D_v – диффузия (распространение вирусов).

Диффузию рассчитывали по формуле

$$D_v = \frac{kT}{3\pi\mu d_v},$$

где k – константа Больцманна ($1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К); T – температура “in situ” в градусах Кельвина; μ – вязкость воды; d_v – диаметр вирусной капсиды, равный 0.05 мкм (Murray, Jackson, 1992).

Концентрацию хлорофилла в пробах морской воды устанавливали методом спектрофотометрии (Вода ..., 2001).

Анализ данных проводили с использованием стандартного пакета программ Microsoft Excel, метода ранговой корреляции Спирмена (r_s) и U-критерия Манна-Уитни при $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение. В 2016 году ледовитость Баренцева моря была на 33 % меньше нормы (Ледовая ..., 2016). Во второй-третьей декаде апреля на большей части акватории температура поверхностных вод имела отрицательные значения, что соответствует многолетним результатам наблюдений (Жизнь ..., 1995). По мере продвижения с запада на восток лед в виде шуги и снежуры сменяли поля из ледяной каши, блинчатых и мелкобитых льдов. Повсеместно низкие температуры воздуха (от -0.81 до -8.65 °С) не способствовали активному развитию процессов таяния льда и расплескивания, о чем свидетельствовала повышенная соленость верхнего

водного слоя (34.45–34.89 ‰). Конвективное перемешивание под льдом (Гидрометеорология ..., 1990) определило относительно однородное вертикальное распределение солености на станциях.

Судя по опубликованным материалам, увеличение солнечной радиации в апреле, а также фиксируемые нами гидрологические показатели являлись благоприятными для запуска весеннего “цветения” (Планктон ..., 1997; Макаревич, 2007). На момент съемок содержание хлорофилла ($0.23\text{--}0.93\text{ мг/м}^3$) в слое фотосинтеза (0–50 м) еще не выходило за пределы, установленные для олиготрофных вод ($0.01\text{--}1.00\text{ мг/м}^3$) (Ведерников, 1975). Но его средняя концентрация ($0.49\pm 0.03\text{ мг/м}^3$) уже в 3.7 раза превышала аналогичный показатель в водах разреза “Кольский меридиан” в период полярной ночи (Водопьянова, Макаревич, 2016).

На фоне предстартового состояния планктонных альгоценозов локально повышенные значения хлорофилла (от 0.70 до 0.93 мг/м^3) в поверхностных водах станций 22, 44 и 51 совпали с пониженной прозрачностью воды (таблица). Наблюдаемое явление могло определяться штормовым воздействием, ускоряющим попадание в воду аккумулированных во льду взвешенных веществ и микрофотосинтетиков.

Общая численность и биомасса бактериопланктона в рассматриваемый период изменялись от $0.12\cdot 10^6$ до $0.32\cdot 10^6$ кл/мл [среднее $(0.20\pm 0.01)\cdot 10^6$ кл/мл] и от 1.63 до 4.57 мг С/м^3 ($2.62\pm 0.41\text{ мг С/м}^3$) соответственно. Средний клеточный объем достигал $0.046\pm 0.003\text{ мкм}^3$ ($0.030\text{--}0.070\text{ мкм}^3$). Показатели относительно равномерно распределялись по вертикали, их значения в поверхностных и придонных водах достоверно не различались.

Особенностью горизонтального распределения сообществ было увеличение их обилия (в среднем в 2 раза) в слое 10–0 м в западном и восточном направлении от ст. 32-с-1, расположенной в зоне сплоченных льдов. При этом биомасса в водах восточных участков несколько превышала таковую в водах западных.

Главным компонентом бактериопланктона являлись одиночные неприкрепленные клетки. Их агрегаты встречались в пробах единично, что, с учетом низких значений общей численности, сводило к минимуму прямое выедание бактерий микрозоопланктоном (Turner et al., 1988; Экология ..., 1990). Вероятнее всего, их основными потребителями в апреле являлись мелкие флагелляты, часто отмечаемые в поле зрения при микроскопировании бактериальных препаратов. Установлено, что высокие темпы роста мелких жгутиков под льдом при минимальной солнечной активности (Distribution ..., 2007) приводят к последующему их доминированию в позднелетней и ранневесенней сезоны (Microbial ..., 2011). Также имеются сведения об усилении “контроля” простейших над бактериопланктоном при отсутствии микрофотосинтетиков в пелагиали арктических областей в зимний период (Anderson, Rivkin, 2001).

Статистический анализ гидрологических и бактериальных параметров в районе исследования выявил отрицательную зависимость между температурой воды и биомассой клеток (теснота связи $r_s = -0.53$). Их количество соответствует олиготрофному статусу вод (Сорокин, 1973) и не зависит от степени ее прозрачности и концентрации хлорофилла. Учитывая, что в период предшествующий весеннему “цветению” низкопродуктивные воды северных районов моря относят к ультраолиготрофным (Химические ..., 1997),

выявленные нами величины численности и биомассы можно рассматривать дополнительным свидетельством начинающихся переходных процессов в экосистеме пелагиали.

По сообщениям зарубежных коллег (Sturluson et al., 2008), в условиях активной вегетации фитопланктона в зоне дрейфующих льдов на северо-западе моря средние значения количественных показателей бактериопланктона в слое 50–0 м составляют $0.36 \cdot 10^6$ кл/мл и 7.1 мг С/м³. Самое высокое обилие – $0.91 \cdot 10^6$ кл/мл при биомассе 18.1 мг С/м³ – отмечено летом 2003 и 2004 гг., самое низкое – $0.08 \cdot 10^6$ кл/мл при биомассе 1.5 мг С/м³ – летом 2004 г. и весной 2005 г. Глубже 100 м величина показателя уменьшалась в среднем до $0.16 \cdot 10^6$ кл/мл, что соответствовало биомассе 3.1 мг С/м³.

Более широкий диапазон значений зафиксирован в июне–июле 1999 г. в центральных и северных районах моря, где, в зависимости от ледовитости района и этапа развития “цветения”, численность изменялась от 0.41 до $4.1 \cdot 10^6$ кл/мл, а биомасса в течении суток варьировала от 8.0 до 26.1 мг С/м³ (Distribution ..., 2002).

Различные стадии подледного “цветения” в Баренцевом море нашли отражение в распределении бактериальных сообществ, чьи максимумы численности располагались в поверхностных (1–20 м) и подповерхностных слоях (20–50 м) фотической зоны (Bacterial ..., 2008). Приведенные сведения и наши данные указывают на тесную связь между характером распределения РОВ в пелагиали и его основным потребителем бактериопланктоном: мозаичное – летом, в период вегетации фитопланктона; равномерное – зимой, в период конвективного перемешивания.

Численность вириопланктона в районе исследований составляла 0.92 – $4.03 \cdot 10^6$ частиц/мл [$(2.64 \pm 0.07) \cdot 10^6$ частиц/мл]. Их минимальные и максимальные концентрации на станциях различались в 1.3–3.2 раза, средние по водной толще значения варьировали от $1.96 \cdot 10^6$ до $3.26 \cdot 10^6$ частиц/мл.

За исключением достоверных различий обилия в поверхностном слое и у дна, особых закономерностей в распределении вирусов не наблюдалось. Повышенные скопления частиц фиксировали как в подповерхностных слоях (10 м), так и на глубине (100 и 200 м). Концентрации в водах западных и восточных участков достоверно не различались.

Средняя численность вирусов была ниже таковой на севере разреза “Кольский меридиан” в конце осеннего–начале зимнего сезона [$(5.63 \pm 1.27) \cdot 10^6$ и $(4.26 \pm 2.05) \cdot 10^6$ частиц/мл в слое 50–0 м и дно–100 м соответственно] (Бактерии ..., 2016), а также в заливе Франклина в слое 60–0 м осенью [$(5.9 \pm 2.5) \cdot 10^6$ частиц/мл] и зимой [$(5.3 \pm 2.8) \cdot 10^6$ частиц/мл] (Payet, Suttle, 2008).

В июне–июне 1999 г. на участках Баренцева моря с разным уровнем ледового покрытия (Distribution ..., 2002) обилие вирусов в поверхностных водах [$(1.9$ – $22.0) \cdot 10^6$ частиц/мл] и на глубине [$(4.2$ – $14.0) \cdot 10^6$ частиц/мл] значительно превышало диапазон наших значений. В подледной воде Карского моря (по трассе Севморпути) величина параметра весной изменялась от $1.05 \cdot 10^6$ до $8.47 \cdot 10^6$ частиц/мл и в среднем составляла $(4.04 \pm 0.91) \cdot 10^6$ частиц/мл (Планктонные ..., 2017).

Несмотря на многочисленные примеры, подтверждающие гипотезу, что в морских экосистемах обилие вирусов и потенциальных клеток-хозяев тесно взаимосвязано (Wommack, Colwell, 2000; Weinbauer, 2004), представления о влиянии факторов среды на концентрацию вирусов продолжают оставаться ограниченными.

В период наблюдений в Баренцевом море на участке протяженностью до 40 миль с запада на восток численность вириопланктона повсеместно превышала таковую бактериопланктона в среднем в 12 раз (5–21). В олиготрофных морских водах этот показатель находится в пределах 1.6–2.1 (Importance ..., 2015), 0.6–7.0 (Hwang, Cho, 2002), 0.1–0.7 (Distribution ..., 2001), тогда как его более высокие значения отмечаются при активном росте клеток хозяина в высокопродуктивных экосистемах (Wommack, Colwell, 2000; Effect ..., 2009).

Достоверной корреляции между численностью вирио- и бактериопланктона в зоне ледовой кромки не установлено. Рассчитанная скорость контактов между вирусными частицами и бактериальными клетками была крайне низкой и не превышала одного контакта в сутки. На характер процессов в микробных сообществах пелагиали напрямую могли влиять как повышенная вязкость при низких температурах воды (Role ..., 2010), так и трофический статус акватории, определяющий жизненную стратегию вирусов (Weinbauer et al., 1993; Steward et al., 1996; Wommack, Colwell, 2000).

В морских олиготрофных водах широкое распространение получил лизогенный цикл репродукции фага, при которой его геном длительно сохраняется в геноме хозяина в неактивном состоянии (Weinbauer, Suttle, 1999). Предположение о том, что это наиболее часто встречаемый тип инфекции в арктических экосистемах получило подтверждение (Marine ..., 2011). Так, было установлено, что значительная часть бактериального сообщества холодных олиготрофных вод Арктического шельфа представлена лизогенными клетками. В этой связи лизогению можно рассматривать наиболее вероятной причиной отсутствия тесной связи между вирио- и бактериопланктоном в наших исследованиях. Мы также не исключаем, что повышенные значения соотношения обилия вирусных частиц и бактериальных клеток определялись составом вириопланктона, содержащим вирусы мелких флагеллят (Garza, Suttle, 1995), массово представленных в пелагиали в предвесенний период.

Заключение. Исследования в зоне ледовой кромки в апреле 2016 г. показали, что воды северной части Баренцева моря в период предшествующий “цветению” фитопланктона характеризуются низкими концентрациями хлорофилла и бактериопланктона. Количество планктонных вирусных частиц значительно превышает таковое их потенциальных хозяев – бактерий.

Из анализа полученных и опубликованных материалов следует, что в период наблюдений вирусы (их литическая инфекция) не оказывали существенного влияния на уровень развития бактериальных сообществ. Относительно равномерное распределение и незначительные пределы диапазона обилия вирио- и бактериопланктона свидетельствуют о наличии динамического равновесия между факторами, влияющими на продукцию и элиминацию как вирусных частиц, так и бактериальных клеток в среде.

Учитывая недостаточную изученность представителей мелких размерных фракций микропланктона и их роли в функционировании арктических экосистем, полученные результаты дополняют существующую информацию о состоянии их сообществ под льдом.

Авторы выражают благодарность н.с., к.б.н. В.В. Водопьяновой за любезно предоставленные данные по концентрации хлорофилла. Мы также искренне признательны м.н.с. А.А. Тихомировой за данные о прозрачности воды, полученные ею в суровых экспедиционных условиях.

Литература

- Бактерии* и вирусы свободной ото льда акватории Баренцева моря в период наступления полярной ночи / Т.И. Широколобова, А.П. Жичкин, М.П. Венгер и др. // Докл. РАН. 2016. Т. 469, № 3. С. 383–387.
- Ведерников В.И.* Зависимость ассимиляционного числа и концентрации хлорофилла *a* от продуктивности вод в различных температурных областях Мирового океана // Океанология. 1975. Т. 15, вып. 4. С. 703–707.
- Венгер М.П.* Бактериопланктон северо-восточной части Баренцева моря // Вестн. ЮНЦ РАН. 2011. Т. 7, № 4. С. 55–60.
- Вирио-* и бактериопланктон в эстуарной зоне реки Обь и прилегающих районах шельфа Карского моря / А.И. Копылов, А.Ф. Сажин, Е.А. Заботкина и др. // Океанология. 2017. Т. 57, № 1. С. 118–127.
- Вириопланктон* Карского моря: влияние вирусов на смертность гетеротрофных бактерий / А.И. Копылов, А.Ф. Сажин, Е.А. Заботкина, Н.Д. Романова // Океанология. 2015. Т. 55, № 4. С. 620–631.
- Вирусы* в пелагиали Баренцева моря / М.П. Венгер, Т.И. Широколобова, П.Р. Макаревич, В.В. Водопьянова // Докл. РАН. 2012. Т. 446, № 3. С. 345–349.
- Влияние* вирусов на бактериопланктон открытой и прибрежной части Баренцева моря / М.П. Венгер, А.И. Копылов, Е.А. Заботкина, П.Р. Макаревич // Биология моря. 2016. Т. 42, № 1. С. 19–26.
- Вода.* Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a* (ГОСТ 17.1.4.02-90). М.: Изд-во стандартов, 2001. 10 с.
- Водопьянова В.В., Макаревич П.Р.* Фотосинтетические пигменты фитопланктона высоких широт в условиях полярной ночи // Вестн. МГТУ. 2016. Т. 19, № 1/2. С. 249–257.
- Гидрометеорология* и гидрохимия морей СССР. Т. I. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Отв. ред. Ф.С. Терзиев. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.
- Дрюккер В.В., Дутова Н.В.* О новом трофическом звене в водных экосистемах // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 1, № 1. С. 48–58.
- Жизнь* и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1985. 220 с.
- Копылов А.И., Моисеев Е.В.* Бактериальное питание планктонных зоофлагеллят // Фронтальные зоны юго-восточной части Тихого океана (Биология, физика, химия). М.: Наука, 1984. С. 168–171.
- Копылов А.И., Сажин А.Ф.* Гетеротрофный наннопланктон: его состав, распределение и трофические характеристики // Экосистемы субантарктической зоны Тихого океана. М.: Наука, 1988. С. 146–155.
- Ледовая* обстановка на российских морях в апреле 2016 г. [Электронный ресурс] // О погоде из первых рук. М.: Гидрометцентр России, 2016. URL: <http://www.meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/12582-05052016-2016-> (Дата обращения: 20.03.17).
- Летний* бактерио- и зоопланктон прибрежных вод архипелага Шпицберген / В.Г. Дворецкий, М.П. Венгер, П.Р. Макаревич, Д.В. Моисеев // Биология моря. 2012. Т. 38, № 1. С. 82–85.
- Макаревич П.Р.* Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. Баренцево, Карское и Азовское моря. М.: Наука, 2007. 224 с.

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

Планктонные вирусы, гетеротрофные бактерии и нанофлагелляты в пресных и морских прибрежных водах бассейна Карского моря (Арктика) / А.И. Копылов, Д.Б. Косолапов, Е.Б. Заботкина и др. // Биология внутренних вод. 2012. № 3. С. 15–24.

Планктонные сообщества Карского моря ранней весной / А.Ф. Сажин, С.А. Мошаров, Н.Д. Романова и др. // Океанология. 2017. Т. 57, № 1. С. 246–248.

Сажин А.Ф., Романова Н.Д., Мошаров С.А. Бактериальная и первичная продукция в водах Карского моря // Океанология. 2010. Т. 50, № 5. С. 801–808.

Сорокин Ю.И. Бактериальная продукция в водоемах // Общая экология. Биоценология. Гидробиология. Т. 1. М.: Изд-во ВИНТИ АН СССР, 1973. С. 47–101.

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.

Экология и биологическая продуктивность Баренцева моря. М.: Наука, 1990. 119 с.

Active cycling of organic carbon in the central Arctic Ocean / P.A. Wheeler, M. Gosselin, E. Sherr et al. // Nature. 1996. V. 380. P. 697–699.

Anderson M.R., Rivkin R.B. Seasonal patterns in grazing mortality of bacterioplankton in polar oceans: a bipolar comparison // Aquat. Microb. Ecol. 2001. V. 25. P. 195–206.

Bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the northern Barents Sea / H. Tammert, K. Olli, M. Sturluson, H. Hodal // Deep-Sea Res. II. 2008. V. 55. P. 2199–2209.

Distribution of virus-like particles in an oligotrophic marine environment (Alboran Sea, Western Mediterranean) / M.C. Alonso, F. Jimenez-Gomez, J. Rodriguez, J.J. Borrego // Microb. Ecol. 2001. V. 42. P. 407–415.

Distribution of bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the central Barents Sea during summer / M.H. Howard-Jones, V.D. Ballard, A.E. Allen et al. // J. Mar. Syst. 2002. V. 38. P. 77–91.

Distribution, phylogeny, and growth of cold-adapted picoprasinophytes in Arctic seas / C. Lovejoy, W.F. Vincent, S. Bonilla et al. // J. Phycol. 2007. V. 43. P. 78–89.

Effect of seawater – freshwater cross-transplantations on viral dynamics and bacterial diversity and production / O. Bonilla-Findji, E. Rochelle-Newall, M.G. Weinbauer et al. // Aquat. Microb. Ecol. 2009. V. 54. P. 1–11.

Fuhrman J.A. Bacterioplankton roles in cycling of organic matter: the microbial food web // Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea. New York: Plenum Press, 1992. P. 361–383.

Fuhrman J.A., Suttle C.A. Viruses in marine planktonic systems // Oceanography. 1993. V. 6. P. 51–63.

Garza D.R., Suttle C.A. Large double-stranded DNA viruses which cause the lysis of a marine heterotrophic nanoflagellate (*Bodo* sp.) occur in natural marine viral communities // Aquat. Microb. Ecol. 1995. V. 9. P. 203–210.

Hwang C.Y., Cho B.C. Virus-infected bacteria in oligotrophic open waters of the East Sea, Korea // Aquat. Microb. Ecol. 2002. V. 30. P. 1–9.

Importance of predation and viral lysis for bacterial mortality in a tropical western Indian coral-reef ecosystem (Toliara, Madagascar) [Электронный ресурс] /

M. Bouvy, P. Got, Y. Bettarel et al. // Marine and Freshwater Res. 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.1071/MF14253> (Дата обращения: 3.04.2017).

Leakey R.J.G., Archer S.D., Grey J. Microbial dynamics in coastal waters of East Antarctica: Bacterial production and nanoflagellate bacterivory // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1996. V. 142. P. 3–17.

Marine viruses and global climate change / R. Danovaro, C. Corinaldesi, A. Dell'Anno et al. // *FEMS Microbiol. Rev.* 2011. V. 35, № 6. P. 993–1034.

Microbial communities and processes in ice-covered Arctic waters of the northwestern Fram Strait (75 to 80° N) during the vernal pre-bloom phase / L. Seuthe, B. Töpper, M. Reigstad et al. // *Aquat. Microb. Ecol.* 2011. V. 64. P. 253–266.

Middelboe M., Jorgensen N., Kroer N. Effects of viruses on nutrient turnover and growth efficiency of noninfected marine bacterioplankton // *Appl. Environ. Microbiol.* 1996. V. 62. P. 1991–1993.

Murray A.G., Jackson G.A. Viral dynamics: a model of the effects of size, shape, motion and abundance of single-celled planktonic organisms and other particles // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1992. V. 89. P. 103–116.

Noble R.T., Fuhrman J.A. Breakdown and microbial uptake of marine viruses and other lysis products // *Aquat. Microb. Ecol.* 1999. V. 20. P. 1–11.

Norland S. The relationship between biomass and volume of bacteria // *Handbook of methods in aquatic microbial ecology.* Boca Ration, FL: Lewis Publ., 1993. P. 303–307.

Payet J.P., Suttle C.A. Physical and biological correlates of virus dynamics in the southern Beaufort Sea and Amundsen Gulf // *J. Mar. Syst.* 2008. V. 74. P. 933–945.

Porter K.G., Feig Y.S. The use DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. V. 25, № 5. P. 943–948.

Role of microbial and phytoplanktonic communities in the control of seawater viscosity off East Antarctica (30–80° E) / L. Seuront, S.C. Leterme, J.R. Seymour et al. // *Deep-Sea Res.* 2010. V. 57. P. 877–886.

Sieburth J.McN., Smetacek V., Lenz J. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions // *Limnol. Oceanogr.* 1978. V. 23, № 6. P. 1256–1263.

Simek K., Chrzanowski T.H. Direct and indirect evidence of size-selective grazing on pelagic bacteria by freshwater nanoflagellates // *Appl. Environ. Microbiol.* 1992. V. 58, № 11. P. 3715–3720.

Sinclair J.Z., Alexander M. Effect of protozoan predation on relative abundance of fast- and slow-growing bacteria // *Can. J. Microbiol.* 1989. V. 35, № 5. P. 578–582.

Steward G.F., Smith D.C., Azam F. Abundance and production of bacteria and viruses in the Bering and Chukchi seas // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1996. V. 131. P. 287–300.

Sturluson M., Nielsen T.G., Wassmann P. Bacterial abundance, biomass and production during spring blooms in the northern Barents Sea // *Deep-Sea Res.* 2008. V. 2, № 55. P. 2186–2198.

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

Turner J.T., Tester P.A., Ferguson R.L. The marine cladoceran *Penilia avirostris* and the “microbial loop” of pelagic food webs // *Limnol. Oceanogr.* 1988. V. 33, № 2. P. 245–255.

Weinbauer M.G. Ecology of prokaryotic viruses // *FEMS Microbiol. Rev.* 2004. V. 28, P. 127–181.

Weinbauer M.G., Suttle C.A. Lysogeny and prophage induction in coastal and offshore bacterial communities // *Aquat. Microb. Ecol.* 1999. V. 18. P. 217–225.

Weinbauer M.G., Fuks D., Peduzzi P. Distribution of viruses and dissolved DNA along a coastal trophic gradient in the northern Adriatic Sea // *Appl. Environ. Microbiol.* 1993. V. 59, P. 4074–4082.

Wommack K.E., Colwell R.R. Viruses in aquatic ecosystems // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2000. V. 64. P. 69–114.

УДК 574.583 (268.45)

П.Р. Макаревич, А.А. Олейник

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

ФИТОПЛАНКТОН БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД: СОСТАВ И СТРУКТУРА В РАЙОНЕ ЛЕДОВОЙ КРОМКИ

Аннотация

Представлены результаты исследований фитопланктона Баренцева моря в весенний период (апрель) в районе ледовой кромки. В структуре альгоценоза доминирующее положение занимали виды ранневесенней фазы сукцессионного цикла. На уровне таксонов ранга отдела несомненные доминанты – диатомовые водоросли. Общий уровень обилия микроводорослей на исследованной акватории в среднем составил примерно 20 мкг/л (максимум – около 0.2 мг/л). Выявлено наличие “прикромочного эффекта”, выраженного в виде повышенных значений общей биомассы альгоценоза непосредственно на ледовой кромке и на расстоянии 1–2.5 морских миль. На удалении от ледовой кромки на 5.5 мили прикромочное цветение отсутствовало.

P.R. Makarevich, A.A. Oleinik

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

BARENTS SEA PHYTOPLANKTON DURING SPRINGTIME: COMPOSITION AND STRUCTURE AT THE SEA ICE EDGE

Abstract

Springtime phytoplankton was studied in situ in the marginal ice zone at the sea ice edge during a cruise to the Barents Sea in April 2016. Species of the early-spring stage of the annual succession cycle dominated the taxonomic structure of the algal community. Diatoms were indubitable dominants at phylum level. Total abundance of microalgae within the water area studied averaged ca. 20 µg/l (reaching a maximum value of about 0.2 mg/l). An ice-edge bloom effect was detected, which was expressed in elevated levels of the total biomass of the algal community, directly on the edge of sea ice and at a distance of 1–2.5 nautical miles from the ice edge. At a distance of 5.5 miles the ice-edge bloom was not detected.

Введение. Первичное органическое вещество открытых вод Баренцева моря создается двумя компонентами первичных продуцентов – пелагической и ледовой флорой (Макаревич, Дружкова, 2010). Существует уникальный биотоп, где неразрывно связаны эти оба компонента – прикромочная зона, продукция которой до сих пор не оценена, но ее роль велика (Head et al., 2000). Во-первых, это зона так называемого “весеннего цветения”, где синтезируется более 60 % органического вещества общего годового потенциала. Во-вторых, лед со своей альгофлорой является своеобразным депо “посевного материала”, способным при определенных абиотических условиях

(инсоляция, биогены, температура воздуха и воды, таяние льда) “засевать” спорами и клетками микроводорослей богатую биогенами близлежащую пелагиаль (Syvertsen, 1991), вызывая ее бурное “цветение” и обеспечивая синтез большого количества первичного органического вещества в прикромочной области. Началу активного периода вегетации фитопланктона предшествует развитие ледовых водорослей. В результате таяния льда ледовые водоросли, попадая в пелагиаль, дают начало “весеннему цветению” (Schandelmeier, Alexander, 1981; Syvertsen, 1991).

В Баренцевом море прикромочное “цветение” начинается в конце апреля–начале мая, т. е. задолго до начала активной вегетации сообщества пелагических микроводорослей в его незамерзающей центральной части. Специфической особенностью прикромочного “цветения” является бурное развитие пелагической альгофлоры как в пространстве (по горизонтали и вертикали), так и во времени. Активная вегетация микроводорослей сохраняется на всей площади отступающей кромки льда, т. е. “цветение” следует за кромкой льда.

Таким образом, высокая продуктивность арктических и прибрежных водных масс в некоторой степени определяется наличием “прикромочного цветения” (Sakshaug, 2004), где и создается основная масса органического вещества за вегетативный сезон.

Материал и методы. Материал собран в рейсе НИС “Дальние Зеленцы” в апреле 2016 г. На семи участках, расположенных в северной части Баренцева моря, было выполнено 25 станций. В настоящем сообщении приведены результаты обработки материала с 21-й станции, представляющей все участки.

Планктонные пробы отбирали батометром и сетью с фильтрующим конусом из газа с ячейей 29 мкм и входным диаметром 8 см, на отдельных станциях для взятия пробы из поверхностного горизонта использовали параллельно батометр и небольшое пластиковое ведро.

На всех участках, непосредственно в зоне битого однолетнего льда (ледовая кромка), выполняли “ледовую” станцию полного профиля (батометрические пробы из 7–10 горизонтов, в том числе из 4–5 горизонтов в верхнем 50-метровом слое). При исследовании мелкомасштабного распределения (участки I, II, V) добавляли еще 2 станции на расстоянии 1 и 2.5 морских миль от “ледовой”.

Для анализа распределения фитопланктона в области ледовой кромки для каждой станции рассчитывали биомассу микроводорослей в слое 10–0 м как среднюю величину для горизонтов (Руководство ..., 1983, с. 106–109). Градиент биомассы вдоль трансекты определяли как

$$\frac{\Delta \log_{10} B}{S},$$

где $\Delta \log_{10} B$ – разность логарифмов биомассы B в слое между “ледовой” и следующими станциями; S – расстояние между станциями, морские мили.

Курс, по которому закладывались станции, был ориентирован на удаление от кромки.

Сетной лов в слое 50–0 м выполнен на 10 станциях, в том числе на 5 “ледовых” (без участка I). Дополнительно к пробам воды на участках II, V, VI, VII взяты пробы битого льда.

Все пробы фиксировали нейтральным формалином до конечной концентрации примерно 1 %.

Батометрические пробы объемом около 1 л концентрировали способом обратной фильтрации через “ядерные” лавсановые фильтры с порами 0.95 мкм. Остаток с отфильтрованной взвесью сливали в пробирку и отстаивали, после чего проводили повторное концентрирование путем медленного сливания надосадочной жидкости через эластичную трубку с U-образно изогнутым капилляром на конце. Сетные пробы концентрировали повторно фильтрацией через газ с ячейей 29 мкм. Микроскопирование проводили в проходящем свете при ув. 100–400 в счетных камерах Нажотта и Горяева. Для просветления объектов применяли раствор гипохлорита с последующим нагреванием.

Мерой сходства альгоценозов служило отношение числа общих видов для пары сравниваемых участков к среднему арифметическому числу видов на этих участках (коэффициент Серенсена-Чекановского).

Биомасса клеток заимствована из литературных источников (Makarevich et al., 1991, 1993), в отдельных случаях выполнена оригинальная оценка биомасс клеток отдельных видов общепринятым способом (Кольцова, 1970). При этом исходили из принятой плотности клеточного содержимого, равной 1. Всего проанализировано 89 проб.

Результаты и обсуждение. В планктоне обследованной акватории отмечены микроводоросли 74 таксонов видового ранга: 40 (диатомеи), 28 (динофлагелляты), 2 (золотистые), 2 (гаптонемовые), 1 (празиофитовые) и одна форма с неясным таксономическим статусом (консортивный комплекс *Solenicola setigera* Pavillard + *Leptocylindrus mediterraneus* Hasle). Выявлено 19 форм, общих для верхней области пелагиали (слой 50–0 м) исследованной акватории (табл. 1), которые составляют характерный сезонный комплекс (комплекс характерных видов).

Сравнительный анализ показал, что из 19 видов выделенного комплекса часть отмечена в пелагиали только весной: *Chaetoceros socialis*, *Fragilariopsis oceanica*, *Navicula pelagica*, *N. vanhoeffenii*, *Nitzschia frigida*, *Thalassiosira hyalina*(?), *Phaeocystis pouchetii*, *Porosira glacialis*. Это обычные виды ранневесенней фазы сукцессионного цикла фитопланктона Баренцева моря (Роухийнен, 1956, 1961, 1962; Кашкин, 1964; Druzhkov, Makarevich, 1992; Makarevich, Larionov, 1992; Макаревич, 2007; Макаревич, Дружкова, 2010).

Остальные – формы общие с осенне-зимним таксоценозом (А.А. Олейник, собственные данные), возможно, круглогодично поддерживающие на достаточно высоком уровне плотность популяций. Следует отметить, что и в данной группе большинство видов показывает значительный рост численности весной – на 1–2–3 порядка. Лишь у динофлагеллят *Ceratium arcticum* и *Protoperidinium brevipes* уровень численности в сравнении с осенне-зимним сезоном практически не изменился.

Общность таксоценозов каждого из семи участков в слое 50–0 м составляет 0.5–0.6 (коэффициент Серенсена-Чекановского); при исключении из сравнения видов с единичной регистрацией и видов с повсеместной встречаемостью сходство увеличивается до 0.8–0.9.

Численность микроводорослей в верхней области пелагиали (горизонты от 0 до 50 м) варьировала в диапазоне 10^3 – 10^5 кл./л. При среднем (по медиане) значении горизонта отбора 10 м медиана численности равна

1.4·10⁴ кл/л; доля значений численности менее 0.3·10⁴ кл/л – 15 %, более 3.0·10⁴ кл/л – 25 %. На отдельных горизонтах медианные значения численности составили, кл/л: поверхность – 1.7·10⁴, 5 м – 1.1·10⁴, 10 м – 1.5·10⁴, 20–25–30 м – 1.6·10⁴, 50 м – 0.6·10⁴.

Таблица 1

Таксономический состав микропланктона

Отдел	Вид
Bacillariophyta	<i>Amphiprora hyperborea</i> Grunow
	<i>Asterionella formosa</i> Hassall
	<i>Attheya longicornis</i> Crawford & Gardner
	<i>Aulacoseira granulata</i> Simonsen
	<i>Bacterosira bathyomphala</i> Syvertsen & Hasle
	<i>Biddulphia aurita</i> Brébisson
	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve
	<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin
	<i>Chaetoceros contortus</i> Schütt
	<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane
	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve
	<i>Chaetoceros diadema</i> Gran
	<i>Chaetoceros furcillatus</i> Bailey
	<i>Chaetoceros similis</i> Cleve
	<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder
	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve
	<i>Cylindrotheca closterium/Nitzschia longissima</i>
	<i>Eucampia groenlandica</i> Cleve
	<i>Eucampia</i> aff. <i>zodiacus</i> Ehrenberg
	<i>Fragilaria islandica</i> Grunow(?)
	<i>Fragilaria striatula</i> Lyngbye(?)
	<i>Fragilariopsis cylindrus</i> Krieger(?)
	<i>Fragilariopsis oceanica</i> Hasle
	<i>Gyrosigma fasciola</i> Griffith & Henfrey
	<i>Lennoxia faveolata</i> Thomsen & Buck
	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
	<i>Navicula distans</i> Smith
	<i>Navicula pelagica</i> Cleve
	<i>Navicula vanhoeffenii</i> Gran
	<i>Nitzschia frigida</i> Grunow
	<i>Pleurosigma angulatum</i> Smith
	<i>Porosira glacialis</i> Jørgensen
	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> complex
	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> complex
	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey f. <i>hiemalis</i>
	<i>Skeletonema costatum</i> Cleve
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Mereschkowsky	

Отдел	Вид	
Dinophyta	<i>Thalassiosira gravida/antarctica</i>	
	<i>Thalassiosira hyalina</i> Gran(?)	
	<i>Thalassiosira nordenskioldii</i> Cleve	
	<i>Actiniscus pentasterias</i> Ehrenberg	
	<i>Alexandrium ostenfeldii/tamarensis</i>	
	<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff	
	<i>Ceratium arcticum</i> Cleve	
	<i>Ceratium fusus</i> Dujardin	
	<i>Ceratium longipes</i> Gran	
	<i>Dicroerisma psilonereia</i> F.J.R. Taylor & Cattell	
	<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann	
	<i>Dinophysis contracta</i> Balech	
	<i>Dinophysis ovata</i> Claparède & Lachmann	
	<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann	
	<i>Gyrodinium lachryma</i> Kofoid & Swezy	
	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor aff.	
	<i>Micracanthodinium claytonii</i> Dodge	
	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller	
	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domerque	
	<i>Prorocentrum balticum</i> Loeblich III	
	<i>Protoceratium reticulatum</i> Bütschli	
	<i>Protoperidinium bipes</i> Balech	
	<i>Protoperidinium brevipes</i> Balech	
	<i>Protoperidinium conicoides</i> Balech	
	<i>Protoperidinium curvipes</i> Balech	
	<i>Protoperidinium depressum</i> Balech	
	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	
	<i>Protoperidinium pyriforme</i> Balech	
	<i>Protoperidinium quarnerense/cerasus</i>	
	<i>Scrippsiella trochoidea/Pentapharsodinium dalei</i>	
	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy	
	Haptophyta	<i>Coccolithus pelagicus</i> Schiller
		<i>Phaeocystis pouchetii</i> Lagerheim
Chrysophyta, включая Dictyochophyceae	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	
	<i>Dinobryon balticum</i> Lemmerman	
Prasinophyta	<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz	
Формы incertae sedis	<i>Solenicola setigera</i> Pavill. + <i>Leptocylindrus mediterraneus</i> Hasle	

ПРИМЕЧАНИЕ. Полужирным шрифтом выделены таксоны, общие для слоя 50–0 м на всей акватории.

В литре растопленного льда число клеток равно $1.1 \cdot 10^6$ – участок VI, $1.8 \cdot 10^5$ – участок V, $6.6 \cdot 10^4$ – участок II. Первые два значения многократно превысили максимумы численности в пелагиали соответствующих участков, последнее – находилось на уровне средней величины для слоя 25–0 м.

На горизонтах в слое 250–100 м численность микроводорослей варьировала от 25 тыс. до 50 кл/л, медианное значение – около 1 тыс. кл/л.

В структуре численности фитопланктона верхних горизонтов пелагиали (50–0 м) ведущую роль играют диатомовые (максимум – 95 %, средняя доля по медиане – 55 % от общего числа клеток микроводорослей) и *Phaeocystis pouchetii* (максимум – 93 %, медианная доля – 30 %).

На уровне отдельных видов в числе доминантов на разных участках акватории отмечены диатомеи *Chaetoceros socialis*, *Fragilariopsis oceanica*, *Thalassiosira hyalina*(?), *Thalassiosira gravidal/antarctica*. В пробах льда до 80–90 % общей численности обычно формирует *Porosira glacialis*. Эта водоросль характерна для околледовых участков, хотя и не относится к типичным криофилам, вегетирующим во льдах (Palmisano, Garrison, 1993). Между сроками ее развития и вскрытия морских льдов существует тесная зависимость. Известно, что массовая вегетация начинается еще под льдом, как только сходит снежный покров.

Максимальные доли *P. pouchetii* отмечены на III и VII участках – в среднем около 70 %; диатомеи заметно преобладают на V и VI участках – в сумме примерно 70 %. На других участках доли этих таксонов сопоставимы.

Общая биомасса микроводорослей в верхней области пелагиали (слой 50–0 м) варьировала в диапазоне $\sim 10^0$ – 10^2 мкг/л. Средняя биомасса (по медиане) составила 23.6 мкг/л; доля менее 10 мкг/л – 20 %, более 100 мкг/л – 9 %. На отдельных горизонтах медианные значения биомассы соответствовали 42 (поверхность), 19 (5 м), 35.5 (10 м), 10 (20–25–30 м) и 6.9 (50 м) мкг/л.

Для биомассы микроводорослей в растопленном льду характерны следующие значения: 5.6 мг/л – участок VI, 1.0 мг/л – участок V, 0.28 мг/л – участок II. Первые два значения превысили максимумы биомассы в пелагиали соответствующих участков на 1–2 порядка, последнее – в 1.5–2 раза.

На горизонтах в слое 250–100 м биомасса микроводорослей варьировала от 0.2 до 43 мкг/л, медианное значение – примерно 1 мкг/л.

В структуре биомассы фитопланктона верхних горизонтов пелагиали (50–0 м) ведущую роль играют диатомовые (максимум – 99 %, медианная средняя доля – 87 %).

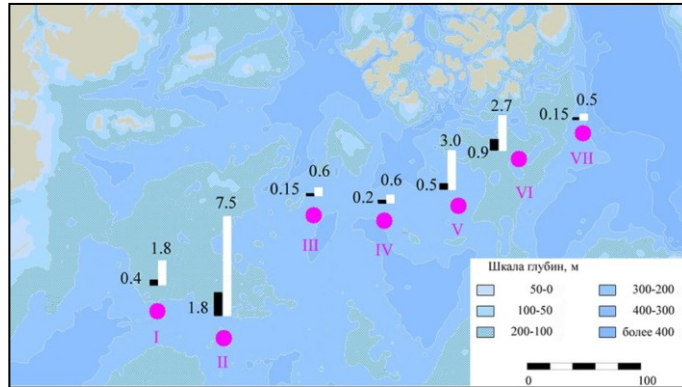
На уровне видов наибольшая доля в общей биомассе отмечена у диатомовой водоросли *Porosira glacialis* – 22 %. Максимальная доля *P. glacialis* характерна для участка VI, где в слое 50–0 м она формирует примерно 75 % общей биомассы.

Средняя доля *P. pouchetii* для района исследований составила примерно 3 %, максимальная доля этого вида зарегистрирована на участках III и VII, в подповерхностных горизонтах (50–10 м) формирует до 60 % общей биомассы.

Пространственной закономерности в распределении богатых или бедных по параметрам обилия фитопланктона участков не прослеживается (рисунок).

Распределение в прикромочной зоне на каждом из изученных участков характеризуется снижением обилия альгоценоза по мере удаления от ледовой кромки. В частности, градиент логарифмов общей биомассы микроводорослей в слое 10–0 м (табл. 2) на расстоянии примерно 1–2.5 морских миль имеет характерные значения от –0.1 до –0.3, что соответствует уменьшению биомассы относительно значений у ледовой кромки в 1.3–2.0 раза на каждую морскую милю.

Однако уже на расстоянии около 5.5 миль от кромки (на одном участке – уже на расстоянии 2.5 миль) градиент логарифма биомассы приближается к нулевым или положительным значениям: снижение биомассы прекращается или отмечается ее рост в сравнении с кромкой, что можно интерпретировать как исчезновение прикромочного эффекта и переход функционирования пелагического сообщества на режим безледной акватории.



Биомасса (мг/м^2) микроводорослей в зоне битого льда северной части Баренцева моря в апреле 2016 г. в слое воды 10–0 м (черные столбики) и 50–0 м (белые столбики): I–VII – участки. Шкала расстояний приведена в морских милях

Таблица 2

Биомасса запаса (г/м^2) в слое 10–0 м и градиент ее логарифма (1/морская миля)

Участок	Биомасса				Градиент		
	“Ледовая” станция	Станции трансекты			Станции трансекты		
		+1	+2.5	+5.5	+1	+2.5	+5.5
I	0.4	0.2	0.1	0.2	-0.30	-0.24	-0.05
II	1.8	1.0	0.8	–	-0.26	-0.14	–
III	0.15	–	–	0.03	–	–	-0.13
V	0.5	0.4	0.6	–	-0.10	0.03	–

ПРИМЕЧАНИЕ. Станции трансекты обозначены как число миль (расстояние) от “ледовой” станции.

Анализ таксономического состава фитопланктона показал, что вдоль трансекты на каждом из участков отмечаются закономерные изменения в структуре биомассы: снижается доля диатомовой водоросли *Porosira glacialis* и(или) диатомей суммарно; соответственно, растет доля динофлагеллят, а на крайних станциях некоторых трансект – также и доля *Phaeocystis pouchetii*.

Заключение. В структуре пелагической альгофлоры прикромочной зоны Баренцева моря на уровне таксонов видового ранга представлены преимущественно диатомеи (около 55 %) и динофлагелляты (около 40 %). Ядро таксоценоза формируют виды ранневесенней фазы сукцессионного цикла и формы осенне-зимне-весенней (круглогодичной?) вегетации. На всей акватории развит единый по составу альгоценоз, основу численности в котором составили виды ранневесенней фазы сукцессионного цикла – *Chaetoceros socialis*, *Fragilariopsis oceanica*, *Thalassiosira hyalina*(?), *Th. gravidalantarctica*, *Phaeocystis pouchetii*, в альгоценозах льда – *Porosira glacialis*. В структуре биомассы доминируют диатомеи, формируя в сумме примерно 90 % общей биомассы. На видовом уровне стабильно высокую долю (по всей акватории в среднем около 20 %) обеспечивает *Porosira glacialis*. Последний вид доминирует также и в альгоценозах льда. Уровень биомассы фитопланктона в верхней части пелагиали (50–0 м) исследованной акватории составил примерно 20 мкг/л , у ледовой кромки – примерно 180 мкг/л (максимум).

По составу доминантов и уровню обилия фитопланктон исследованной акватории соответствует началу ранневесенней фазы сукцессионного цикла; “прикромочный эффект” проявляется в виде повышенных значений общей биомассы альгоценоза непосредственно на ледовой кромке и на расстоянии 1–2.5 морских миль в слое 10–0 м. На удалении 5.5 мили прикромочный эффект по изменениям общей биомассы, как правило, не проявляется. Однако в структуре общей биомассы такие закономерные изменения прослеживаются по всей ширине исследованной прикромочной области.

Литература

Кашкин Н.И. Материалы к экологии *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerheim, 1893 (Chrysophyceae) в окраинных морях Северной Атлантики // Тр. Мурман. мор. биол. ин-та АН СССР. 1964а. Т. 5(9). С. 16–37.

Кольцова Т.И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. 1970. № 6. С. 114–120.

Макаревич П.Р. Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. Баренцево, Карское и Азовское моря. М.: Наука, 2007. 223 с.

Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей. Ростов-н/Д.: Изд. ЮНЦ РАН, 2010. 280 с.

Роухияйнен М.И. Некоторые закономерности весеннего развития фитопланктона Восточного Мурмана // Докл. АН СССР. 1956. Т. 109, № 1. С. 109–113.

Роухияйнен М.И. Особенности весеннего развития фитопланктона в 1955–1957 гг. // Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана. Мурманск: Кн. изд-во, 1961. С. 98–108.

Роухияйнен М.И. К биологии золотистой водоросли *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerheim // Тр. Мурман. мор. биол. ин-та АН СССР. 1962а. Т. 4(8). С. 19–26.

Руководство по методам биологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 236 с.

Druzhkov N.V., Makarevich P.R. Structural characteristic of the microphytoplankton seasonal development in the coastal ecosystem // Phytoplankton of the Barents Sea. Apatity: Publ. KSC RAS, 1992. P. 82–96.

Head E.J.H., Harris L.R., Campbell R.W. Investigations on the ecology of *Calanus* spp. in the Labrador Sea. I. Relationship between the phytoplankton bloom and reproduction and development of *Calanus finmarchicus* in spring // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2000. V. 193. P. 53–73.

Makarevich P.R., Larionov V.V. Taxonomic composition of phytoplankton and history of the phytoplankton studies in the Barents Sea // Phytoplankton of the Barents Sea. Apatity: Publ. KSC RAS, 1992. P. 15–49.

Makarevich P.R., Larionov V.V., Druzhkov N.V. Average cell weights of the mass phytoplankton species of the Barents Sea. Apatity: Publ. KSC RAS, 1991. 12 p.

Makarevich P.R., Larionov V.V., Druzhkov N.V. Mean weights of dominant phytoplankton species of the Barents Sea // Альгология. 1993. Т. 13, № 1. С. 103–106.

Palmisano A.C., Garrison D.L. Microorganisms in Antarctic sea ice // Antarctic Microbiology / E.I. Friedman (Eds.). New York, NY: Wiley-Liss, 1993. P. 167–218.

Sakshaug E. Primary and secondary production in the Arctic seas // The organic carbon cycle in the Arctic Ocean / R. Stein & R.W. Macdonald (Eds.). Berlin: Springer, 2004. P. 57–82.

Schandelmeier L., Alexander V. An analysis of the influence of ice on spring phytoplankton population structure in the southeast Bering Sea // Limnol. Oceanogr. 1981. V. 26. P. 935–943.

Syvvertsen E.E. Ice algae in the Barents Sea: types of assemblages, origin, fate and role in the ice-edge phytoplankton bloom: Proceedings of the Pro-Mare Symposium on Polar Marine Ecology. Trondheim, 12–16 May 1990 // Polar Res. 1991. V. 10. P. 277–287.

УДК (574.583+591.524.12) (268.45)

В.Г. Дворецкий

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В АПРЕЛЕ–МАЕ 2016 ГОДА

Аннотация

Исследовано пространственное распределение весеннего зоопланктона на обширной акватории Баренцева моря. В апреле на разрезе “Кольский меридиан” и вдоль ледовой кромки общая численность зоопланктона варьировала от 33 до 997 экз/м³, биомасса – от 0.1 до 49 мг сухой массы/м³. В мае в восточной и южной частях Баренцева моря суммарная численность зоопланктона колебалась от 231 до 6576 экз/м³, биомасса изменялась в диапазоне 2–157 мг сухой массы/м³. В сообществах повсеместно доминировали веслоногие ракообразные, среди которых наибольшего обилия достигали *Oithona similis*, *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus minutus*, *Calanus glacialis* и *Metridia longa*.

V.G. Dvoretsky

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

ZOOPLANKTON DISTRIBUTION IN THE BARENTS SEA IN APRIL AND MAY 2016

Abstract

Spatial distribution of spring zooplankton was investigated in vast area of the Barents Sea. In April in the Kola Transect and in the marginal ice zone, total zooplankton abundance varied from 33 to 997 individuals/m³, biomass varied from 0.1 to 49 mg dry mass/m³. In May in the eastern and southern parts of the Barents Sea, total zooplankton abundance varied from 231 to 6576 individuals/m³, biomass varied between 2 and 157 mg dry mass/m³. Copepods dominated zooplankton communities within all study sites with *Oithona similis*, *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus minutus*, *Calanus glacialis* and *Metridia longa* being the most numerous.

В экосистемах арктических морей зоопланктон представляет важное звено, связывающее микропродуцентов с более высокими трофическими уровнями, в том числе промысловых рыб. Баренцево море – один из наиболее продуктивных районов Мирового океана. История исследований зоопланктона Баренцева моря насчитывает более 100 лет. Накоплен большой объем

информации о составе, распределении, динамике, биологии массовых видов. Тем не менее, некоторые вопросы слабо освещены в литературе. В частности, мало данных о весеннем состоянии планктона на севере и востоке Баренцева моря. Цель работы – исследование пространственного распределения зоопланктона в Баренцевом море в весенний период 2016 г.

В ходе экспедиции на 108 станциях были отобраны 132 пробы воды для анализа показателей распределения сообществ мезозоопланктона (рис. 1, таблица).

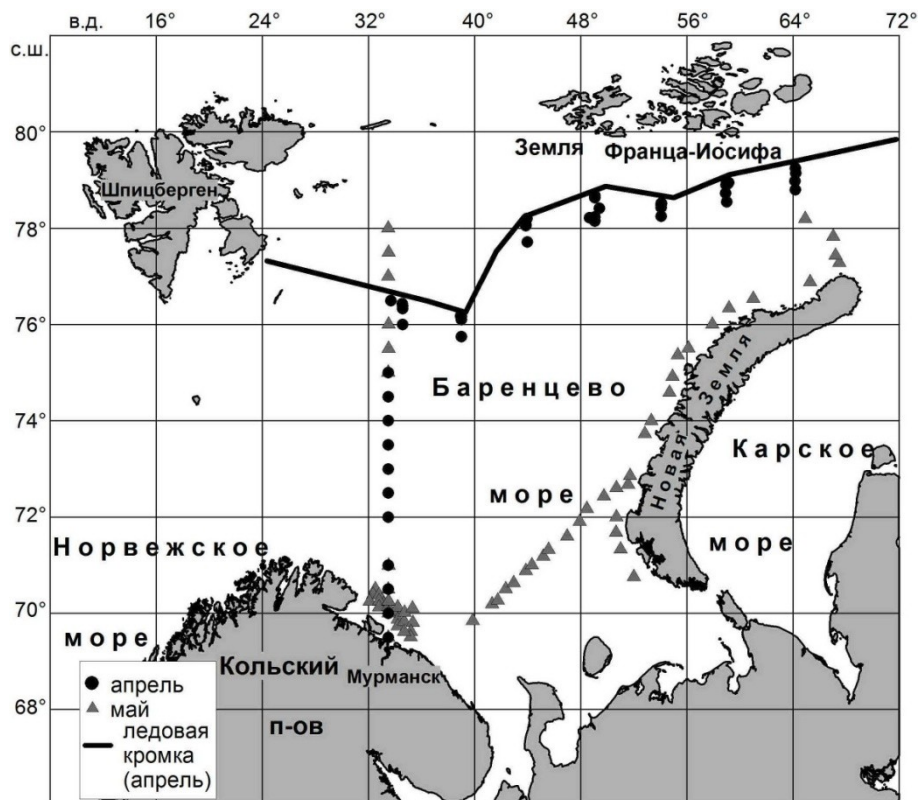


Рис. 1. Расположение станций отбора проб зоопланктона в Баренцевом море в апреле–мае 2016 г.

В качестве орудия лова применяли стандартную модель сети Джели (БСД, диаметр входного отверстия 37 см, среднего обруча 50 см, размер ячее фильтрующего полотна 180 мкм) без замыкателя (Инструкции ..., 2001). Осуществляли тотальный облов всего слоя водной толщи (5–10 м от дна до поверхности). Для опускания и подъема сети на заданную глубину применяли гидрологическую лебедку; в зависимости от угла наклона осуществляли притравку троса. Скорость опускания и подъема сети –1 м/с (ICES ..., 2000). Пробы незамедлительно фиксировали 40 %-м раствором формалина, конечная концентрация составляла 4 %. После консервации осуществляли маркировку проб (Инструкция ..., 1971).

**Характеристика станций отбора проб зоопланктона
в Баренцевом море в апреле–мае 2016 г.**

Станция	Дата	Координаты		Время (мск)	Глубина, м	Слой отбора, м
		с. ш.	в. д.			
1	06.04	69°30'	33°30'	5:00	268	260–0
2	06.04	70°00'	33°30'	12:50	146	140–0
3	06.04	70°30'	33°31'	18:35	250	240–0
4	07.04	71°00'	33°30'	1:20	220	210–0
6	07.04	72°00'	33°31'	11:10	277	260–0
10	09.04	72°31'	33°30'	19:50	288	270–0
11	10.04	73°00'	33°30'	3:15	215	200–0
12	10.04	73°30'	33°30'	10:30	285	270–0
13	10.04	74°00'	33°31'	17:15	320	300–0
14	11.04	74°30'	33°30'	2:35	260	240–0
15	11.04	75°01'	33°30'	17:30	143	130–0
16	12.04	76°30'	33°42'	22:15	257	240–0
17	13.04	76°26'	34°33'	9:50	240	230–0
19	13.04	76°23'	34°34'	15:00	270	250–0
20	13.04	76°20'	34°34'	18:40	280	260–0
21	13.04	76°00'	34°34'	23:30	255	240–0
22	14.04	76°11'	38°56'	12:32	250	230–0
23	14.04	76°10'	39°00'	16:30	250	230–0
24	14.04	76°09'	38°59'	18:00	250	230–0
25	14.04	76°06'	39°00'	20:18	256	240–0
26	14.04	75°45'	39°00'	23:43	243	230–0
27	16.04	78°12'	43°56'	6:10	274	260–0
28	16.04	78°10'	43°52'	12:48	293	280–0
29	16.04	78°03'	43°52'	13:27	292	280–0
30	16.04	78°05'	43°52'	16:30	310	300–0
31	16.04	77°43'	43°58'	22:22	350	340–0
32-с-1	17.04	78°09'	49°04'	11:08	302	290–0
32-с-1	17.04	78°09'	49°04'	11:20	302	100–0
32-с-1	17.04	78°09'	49°04'	11:25	302	50–0
32-с-2	17.04	78°10'	49°03'	17:20	290	280–0
32-с-2	17.04	78°10'	49°03'	17:30	290	100–0
32-с-2	17.04	78°10'	49°03'	17:40	290	50–0
32-с-3	17.04	78°12'	48°55'	23:32	290	280–0
32-с-3	17.04	78°12'	48°55'	23:42	290	100–0
32-с-3	17.04	78°12'	48°55'	23:49	290	50–0
32-с-4	18.04	78°13'	48°39'	5:20	256	250–0
32-с-4	18.04	78°13'	48°39'	5:30	256	100–0
32-с-4	18.04	78°13'	48°39'	5:40	256	50–0
33	19.04	78°41'	49°04'	16:30	263	230–0
35	19.04	78°38'	49°04'	22:25	270	250–0

Продолжение таблицы

Станция	Дата	Координаты		Время (мск)	Глубина, м	Слой отбора, м
		с. ш.	в. д.			
36	20.04	78°25'	49°25'	0:40	252	230–0
37	20.04	78°14'	49°04'	2:57	230	220–0
38	20.04	78°31'	54°03'	11:18	302	280–0
39	20.04	78°31'	54°06'	16:50	292	270–0
40	20.04	78°29'	54°04'	17:55	268	260–0
41	20.04	78°26'	54°04'	19:30	283	270–0
42	20.04	78°15'	54°03'	22:51	272	260–0
44-с-1	21.04	78°57'	59°00'	16:20	253	230–0
44-с-1	21.04	78°57'	59°00'	16:30	253	100–0
44-с-1	21.04	78°57'	59°00'	16:35	253	50–0
44-с-2	21.04	78°57'	59°09'	22:11	243	230–0
44-с-2	21.04	78°57'	59°09'	22:20	243	100–0
44-с-2	21.04	78°57'	59°09'	22:26	243	50–0
44-с-3	22.04	78°56'	59°07'	4:15	238	220–0
44-с-3	22.04	78°56'	59°07'	4:25	238	100–0
44-с-3	22.04	78°56'	59°07'	4:30	238	50–0
44-с-4	22.04	78°55'	59°04'	10:18	274	250–0
44-с-4	22.04	78°55'	59°04'	10:28	274	100–0
44-с-4	22.04	78°55'	59°04'	10:35	274	50–0
45	24.04	79°00'	58°59'	6:30	248	230–0
48	24.04	78°54'	58°57'	10:30	274	260–0
49	24.04	78°44'	58°56'	12:35	240	220–0
50	24.04	78°33'	59°00'	18:00	177	150–0
51	25.04	79°15'	64°11'	22:07	300	280–0
54	26.04	79°09'	64°12'	5:00	312	300–0
55	26.04	78°59'	64°09'	8:00	355	340–0
56	26.04	78°48'	64°11'	13:51	364	350–0
57	07.05	69°51'	39°52'	18:49	201	180–0
58	08.05	70°11'	41°19'	0:57	202	180–0
59	08.05	70°16'	41°45'	2:25	93	80–0
60	08.05	70°30'	42°21'	4:35	57	50–0
61	08.05	70°38'	42°58'	6:27	73	60–0
62	08.05	70°53'	43°52'	9:15	117	110–0
63	08.05	70°60'	44°19'	10:52	140	130–0
64	08.05	71°11'	45°10'	16:20	252	230–0
65	08.05	71°19'	45°34'	21:35	68	60–0
66	09.05	71°36'	46°58'	2:22	50	40–0
73	10.05	70°45'	51°60'	8:10	156	140–0
74	10.05	71°20'	51°00'	13:45	130	130–0
75	10.05	71°40'	50°39'	18:18	114	100–0
76	10.05	71°60'	50°41'	21:30	122	110–0
67	11.05	71°54'	47°54'	4:39	61	50–0
68	11.05	72°10'	48°28'	7:32	125	110–0
69	11.05	72°26'	49°45'	11:22	97	90–0
70	11.05.	72°36'	50°41'	14:30	161	130–0
71	11.05	72°40'	51°34'	17:41	76	60–0

Окончание таблицы

Станция	Дата	Координаты		Время (мск)	Глубина, м	Слой отбора, м
		с. ш.	в. д.			
72	11.05	72°51'	51°43'	19:20	85	80-0
77	12.05	73°44'	52°50'	2:05	90	80-0
78	12.05	73°60'	53°19'	5:10	139	130-0
79	12.05	74°35'	54°42'	10:05	145	130-0
80	12.05	74°55'	54°54'	12:35	149	140-0
81	12.05	75°22'	55°20'	16:05	193	140-0
82	12.05	75°30'	56°07'	19:21	169	160-0
83	13.05	76°00'	57°55'	0:20	94	90-0
84	13.05	76°20'	59°11'	4:10	176	170-0
85	13.05	76°32'	61°01'	7:32	86	80-0
86	13.05	76°53'	65°17'	15:45	227	210-0
87	13.05	77°17'	67°30'	20:27	231	230-0
88	13.05	77°26'	67°12'	23:05	293	290-0
89	14.05	77°50'	67°03'	2:32	365	350-0
90	14.05	78°12'	64°55'	8:21	384	400-0
91	16.05	78°00'	33°29'	23:55	185	170-0
92	17.05	77°30'	33°31'	6:00	154	140-0
93	17.05	77°00'	33°30'	11:38	157	150-0
94	17.05	76°00'	33°31'	16:40	204	200-0
95	18.05	75°30'	33°30'	14:08	223	210-0
96	18.05	75°00'	33°30'	20:43	143	130-0
97	22.05	70°30'	32°31'	23:58	284	270-0
98	23.05	70°23'	32°20'	20:35	181	170-0
99	24.05	70°15'	32°06'	12:37	300	280-0
100	24.05	70°23'	32°49'	17:30	261	250-0
102	24.05	70°11'	33°09'	23:43	192	180-0
101	25.05	70°15'	32°48'	3:52	169	160-0
103	25.05	70°08'	32°48'	10:05	137	130-0
104	25.05	70°15'	33°30'	19:00	247	240-0
105	26.05	70°08'	33°30'	1:07	238	230-0
106	26.05	70°01'	34°11'	4:52	214	210-0
107	26.05	70°07'	34°13'	9:25	249	240-0
108	27.05	69°52'	34°12'	0:10	208	200-0
109	27.05	70°60'	33°31'	12:16	219	210-0
110	27.05	70°30'	33°30'	16:35	247	240-0
104a	27.05	70°15'	33°31'	19:25	246	240-0
111	27.05	70°00'	33°31'	21:54	147	140-0
112	28.05	69°44'	34°13'	0:51	180	170-0
113	28.05	69°50'	34°42'	4:04	213	200-0
114	28.05	70°01'	34°42'	6:45	244	240-0
115	28.05	70°06'	35°19'	9:37	215	200-0
116	28.05	69°48'	35°20'	20:05	233	220-0
117	28.05	69°37'	35°13'	23:00	187	180-0
118	29.05	69°30'	35°11'	1:43	176	160-0
119	29.05	69°37'	34°41'	5:35	167	160-0
120	29.05	69°30'	33°30'	14:35	263	250-0

Обработка проб проведена по стандартным методикам. Подробное описание приведено ранее (Инструкция ..., 1971, 2001; ICES ..., 2000). В апреле на разрезе “ Кольский меридиан” были отобраны 12 проб зоопланктона на 12 станциях. Численность и биомасса зоопланктона варьировали в широких пределах (рисунки 2, 3). По численности доминировали *Oithona similis*, *Calanus finmarchicus* и *Microcalanus pygmaeus*. По биомассе преобладали *Calanus finmarchicus* и *Metridia longa*. В составе популяций массовых видов преобладали старшие возрастные группы. Состав соответствовал более ранним данным (Дворецкий, Дворецкий, 2010, 2014, 2015; Dvoretzky, Dvoretzky, 2013a).

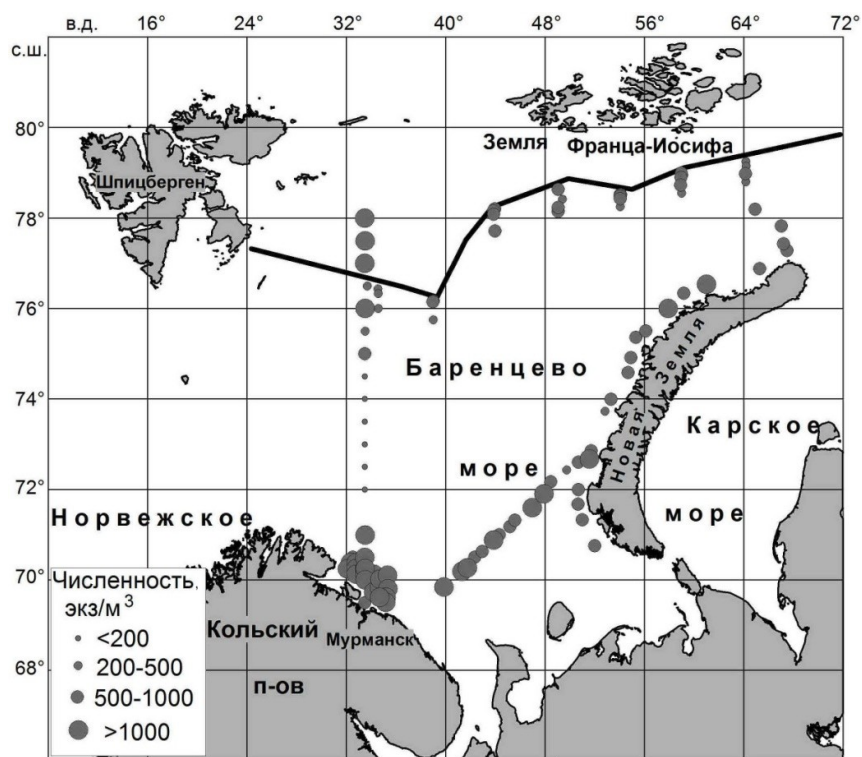


Рис. 2. Распределение численности зоопланктона в Баренцевом море в апреле–мае 2016 г.

В районе ледовой кромки выполнена 31 станция на 7 разрезах. Дополнительно на двух суточных станциях проведен отбор проб с периодичностью 6 ч для изучения вертикального распределения зоопланктона в северной части Баренцев моря. Пробы отбирали в слоях дно–0 м, 100–0 м и 50–0 м. Всего на данной акватории отобрано 55 проб. Вариации численности и биомассы показаны на рисунках 2, 3. По численности доминировали *Oithona similis* и *Pseudocalanus minutus*, по биомассе – *Calanus glacialis*, *Calanus finmarchicus* и *Metridia longa*, что типично для северного сектора моря (Дворецкий, Дворецкий, 2010, 2015; Dvoretzky, Dvoretzky, 2010b, 2011, 2013a). Анализ суточной динамики показал, что на ст. 32 основная часть зоопланктона концентрировалась в поверхностном 50-метровом слое. Для ст. 44 отмечена сходная картина суточного распределения. Наиболее продуктивным был верхний 50-метровый слой, где обилие зоопланктона составляло более 92 %.

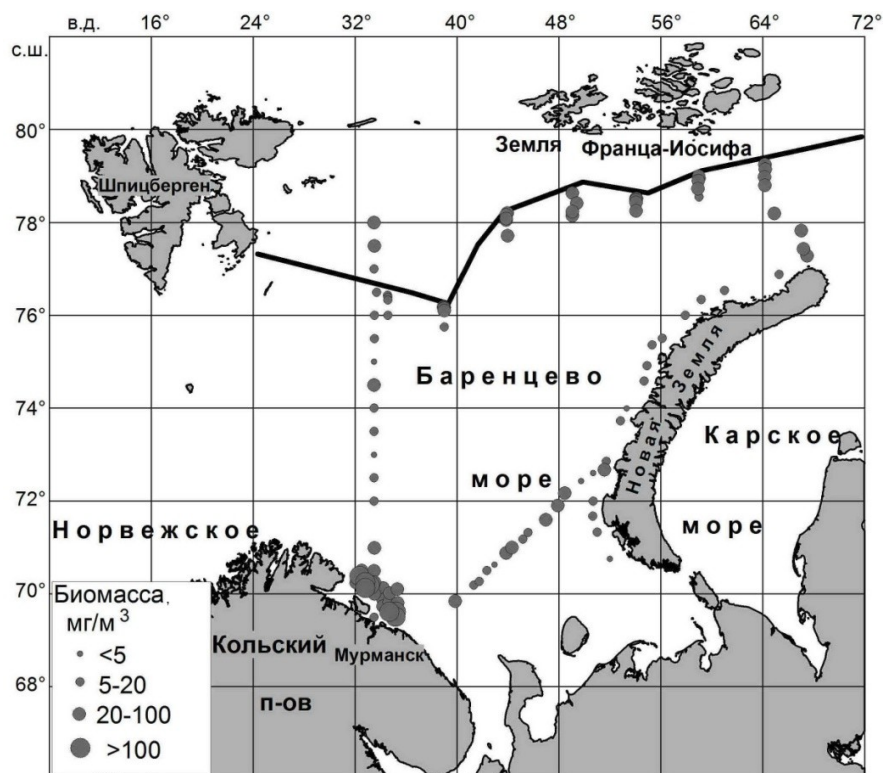


Рис. 3. Распределение сухой биомассы зоопланктона в Баренцевом море в апреле–мае 2016 г.

В мае в юго-восточной части моря (разрез через желоба) проведен отбор 10 проб на 10 станциях. На рисунках 2, 3 отображены пространственные вариации численности и биомассы зоопланктона. По численности доминировали *Calanus finmarchicus*, а также науплии веслоногих, усонюгих и эвфаузиевых ракообразных. По биомассе преобладали *Calanus finmarchicus*, *Meganuistophanes norvegica* и науплии рачков. Состав был сопоставим с данными более ранних исследований (Дворецкий, Дворецкий, 2010, 2015; Dvoretzky, Dvoretzky, 2009b, 2010b, 2013a, 2015).

В восточной части Баренцева моря в мае выполнено 22 станции. Численность и биомасса зоопланктона колебались в широком диапазоне (рисунки 2, 3). По численности доминировали науплии и яйца копепод, *Oithona similis*, науплии эвфаузиид и микрокалянус. По биомассе преобладали *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis*, *Parasagitta elegans* и *Metridia longa*. В составе популяций *Calanus finmarchicus* на юге преобладала молодежь, в центральной и северной частях – старшие копеподиты. Состав доминирующих видов был сходен с данными предыдущих исследований (Дворецкий, Дворецкий, 2010, 2015; Dvoretzky, Dvoretzky, 2009a, 2010b, 2011, 2013a,b).

В мае в северной части разреза “Кольский меридиан” выполнено 6 станций. Пространственные вариации численности и биомассы зоопланктона показаны на рисунках 2, 3. По численности преобладали науплии и яйца копепод, *Oithona similis* и *Fritillaria borealis*. По биомассе доминировали *Calanus glacialis*, *Calanus finmarchicus*, *Metridia longa* и науплии копепод.

В мае в южной части Баренцева моря выполнена 21 станция. Численность и биомасса зоопланктона сильно варьировали между станциями (рисунки 2, 3). По численности доминировали *Calanus finmarchicus*, науплии копепод и *Oithona similis*. По биомассе преобладал *Calanus finmarchicus*. Состав фауны был близок с отмеченными ранее данными (Дворецкий, Дворецкий, 2010, 2011, 2013, 2015; Dvoretzky, Dvoretzky, 2010a,b, 2012, 2013a).

Таким образом, в ходе экспедиции собран обширный материал, анализ которого позволяет получить новые сведения о современном состоянии, структуре и функционировании зоопланктонных сообществ Баренцева моря до начала весеннего цветения фитопланктона (апрель) вдоль ледовой кромки в северной части Баренцева моря. Исследования на стандартном вековом разрезе “Кольский меридиан” дополняют современные планктонные базы данных, что имеет большое значение для мониторинга состояния пелагических экосистем Баренцева моря и прогноза их изменений под влиянием климатических флуктуаций (Дворецкий, Дворецкий, 2015). Также получен уникальный материал о состоянии зоопланктона в восточной части Баренцев моря во время цветения сообществ микроводорослей. Ранее изучение зоопланктонных сообществ у берегов арх. Новая Земля было ограничено летним периодом (июль–сентябрь) (Дворецкий, Дворецкий, 2015), поэтому данные для мая восполняют существующие пробелы о функционировании пелагической экосистемы указанной акватории в весенний период.

Литература

- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение зоопланктона Баренцева моря в августе 2006 г. // Океанология. 2010. Т. 50, № 6. С. 964–972.
- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Биология и роль *Oithona similis* в зоопланктоне морей Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 349 с.
- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Зимний зоопланктон юго-западной части Баренцева моря (март 2007 г.) // Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 74–78.
- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Межгодовая флуктуация зоопланктона на Кольском разрезе (Баренцево море) в связи с факторами среды // Изв. РАН. Сер. Биол. 2014. № 4. С. 398–407.
- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Экология зоопланктонных сообществ Баренцева моря и сопредельных вод. СПб.: Реноме, 2015. 736 с.
- Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: Изд-во ВНИРО, 1971. 82 с.
- Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО / Отв. ред. М.С. Шевелев. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2001. 291 с.
- ICES Zooplankton methodology manual / R.P. Harris, P.H. Wiebe, J. Lenz (Eds.). London; San-Diego: Academic Press, 2000. 648 p.
- Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton distribution near Novaya Zemlya (eastern Barents Sea) // Polar Biol. 2009a. V. 32. P. 719–731.
- Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (south-eastern Barents Sea) // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2009b. V. 84. P. 11–20.
- Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Mesozooplankton structure in Dolgaya Bay (Barents Sea) // Polar Biol. 2010a. V. 33. P. 703–708.
- Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Checklist of fauna found in zooplankton samples from the Barents Sea // Polar Biol. 2010b. V. 33. P. 991–1005.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Copepod communities off Franz Josef Land (northern Barents Sea) in late summer of 2006 and 2007 // *Polar Biol.* 2011. V. 34. P. 1231–1238.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Estimated copepod production rate and structure of mesozooplankton communities in the coastal Barents Sea during summer–autumn 2007 // *Polar Biol.* 2012. V. 35. P. 1321–1342.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Structure of mesozooplankton community in the Barents Sea and adjacent waters in August 2009 // *J. Nat. Hist.* 2013a. V. 47(31–32). P. 2095–2114.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton community of Moller Bay (Novaya Zemlya Archipelago, Barents Sea) // *Oceanologia.* 2013b. V. 55. P. 205–218.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Early winter mesozooplankton of the coastal south-eastern Barents Sea // *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2015. V. 152. P. 116–123.

574.587 (268.45)

О.Л. Зимина¹, Е.А. Фролова¹, Д.Р. Дикаева¹, О.Ю. Ахметчина¹, Е.А. Гарбуль¹, А.А. Фролов¹, И.О. Нехаев²

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

ФАУНА И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООБЕНТОСА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В АПРЕЛЕ–МАЕ 2016 ГОДА

Аннотация

На основе материала, собранного в экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в апреле–мае 2016 г., дано описание видового состава, количественного распределения и биогеографической структуры зообентоса в северной части Баренцева моря. В районе исследований выделено 3 фаунистических комплекса, состав и структура которых обусловлены типом донных осадков и распределением придонных температур.

O.L. Zimina¹, E.A. Frolova¹, D.R. Dikaeva¹, O.Yu. Akhmetchina¹, E.A. Garbul¹, A.A. Frolov¹, I.O. Nekhaev²

¹Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

²Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

FAUNA AND DISTRIBUTION OF ABUNDANCE AND BIOMASS OF ZOOBENTHOS IN THE NORTHERN BARENTS SEA IN APRIL AND MAY 2016

Abstract

The paper describes species composition, abundance and biomass distribution, and the biogeographic structure of zoobenthos in the northern Barents Sea on the basis of the data collected during a cruise on R/V “Dalnie Zelentsy” in April and May 2016. Three faunistic complexes were discovered in the study area, the composition and the structure of which depend on the type of bottom sediments and near-bottom temperature.

Северная часть Баренцева моря является наименее изученной с точки зрения фаунистического состава и количественного распределения бентоса. В литературе крайне мало сведений о донной фауне этого района. Здесь проходят границы распространения водных масс разного происхождения (арктическая и атлантическая), что не может не отражаться на структуре донных сообществ, поэтому новые данные представляют особый интерес.

Материал и методы. В ходе комплексной экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в апреле–мае 2016 г. в северной части Баренцева моря (в районе положения кромки льда в период исследований) отобрано 54 количественных пробы зообентоса на 18 станциях (рис. 1).

Пробы отбирали дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м² в трехкратной повторности. Промывку грунта осуществляли на промывочном столе с размером ячеек нижнего сита 0.75 мм. После промывки пробы фиксировали 4 %-м формалином. Первичная сортировка проб по таксономическим группам и перевод в 75 %-й этиловый спирт осуществлялась в лаборатории зообентоса ММБИ В.Н. Паюсовой и О.Л. Зиминой. Идентификация организмов зообентоса разных таксономических групп проводилась сотрудниками лаборатории: Е.А. Фроловой и Д.Р. Дикаевой (Polychaeta), А.А. Фроловым (Bivalvia), О.Л. Зиминой (Crustacea), О.Ю. Ахметчиной (Bryozoa, Echinodermata), И.О. Нехаевым (Gastropoda), Е.А. Гарбулем (Varia). Организмы каждого вида подсчитывали и взвешивали на торсионных весах с точностью до 0.001–0.0001 г.

Статистическая обработка полученных данных выполнена в программах PAST (Hammer et al., 2001) и Microsoft Excel 2007. При кластерном анализе в качестве меры сходства постанционных видовых списков применяли коэффициент Брэя–Куртиса (Bray, Curtis, 1957). Характерными для выделенных сообществ считали виды, имеющие в них частоту встречаемости более 50 %, высокую плотность поселения и биомассу. Доминирующие виды выделяли по величине биомассы.

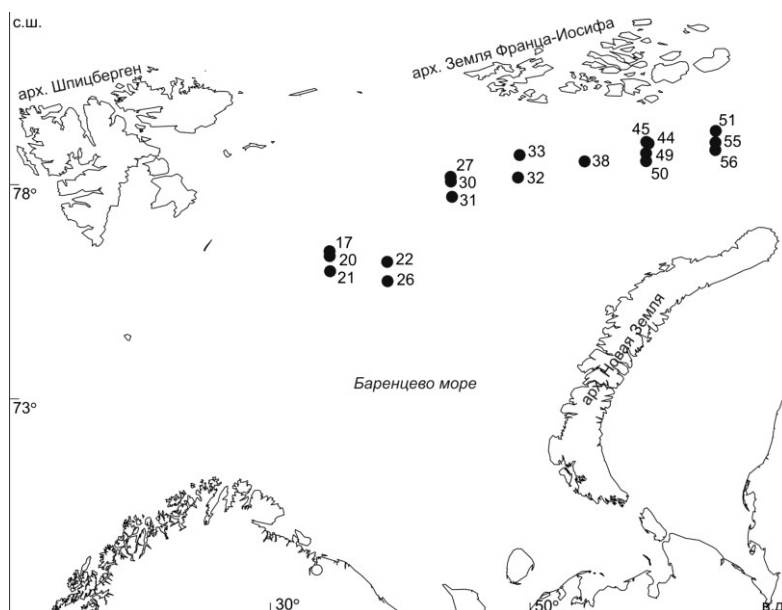


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб зообентоса в северной части Баренцева моря в апреле–мае 2016 г.

Результаты и обсуждение. В исследованном районе на глубине менее 250 м распространены преимущественно смешанные илисто-песчаные грунты с примесью гальки и гравия, на больших глубинах – жидкие коричневые илы. Характерно понижение придонной температуры в направлении с запада на восток. Согласно схеме распределения водных масс в Баренцевом море в северных районах преобладает холодная арктическая водная масса, южнее

77–78° с. ш. располагаются атлантические и баренцевоморские воды, с севера и запада по глубоководным желобам поступают трансформированные атлантические воды (Ожигин, Ившин, 1999; Matishov et al., 2009).

Всего в районе исследований идентифицировано 275 таксонов донных беспозвоночных (232 видового ранга), относящихся к 12 типам, 17 классам (таблица). Преобладали полихеты (98 таксонов), ракообразные (65 таксонов) и моллюски (46 таксонов). Наиболее распространены в районе исследований (частота встречаемости более 60 %) полихеты *Aglaophamus malmgreni*, *Heteromastus filiformis*, *Minuspio cirrifera*, *Myriochele heeri*, кумовые раки *Ehtonodiastylis nimia*, остракоды *Rabilimis mirabilis*, двустворчатые моллюски *Astarte crenata*, *Dacrydium vitreum*, *Mendicula ferruginosa*, *Thyasira gouldi*, *Yoldiella intermedia*, *Yoldiella lenticula*, *Yoldiella nana*.

**Список таксонов донных беспозвоночных
в северной части Баренцева моря в апреле–мае 2016 г.**

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
Тип Annelida																		
Класс Polychaeta																		
<i>Aglaophamus malmgreni</i> (Théel, 1879)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Ampharete borealis</i> (Sars, 1856)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ampharetidae g. sp.	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aricidea hartmanae</i> (Strelzov, 1968)	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Aricidea quadrilobata</i> (Webster & Benedict, 1887)	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+
<i>Artacama proboscidea</i> Malmgren, 1865	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Asychis biceps</i> (M. Sars, 1861)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brada villosa</i> (Rathke, 1843)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Bylgides elegans</i> (Théel, 1879)	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+
<i>Bylgides groenlandica</i> (Malmgren, 1867)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chone duneri</i> Malmgren, 1867	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Chone infundibuliformis</i> Krøyer, 1856	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chone murmanica</i> Lucash, 1910	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+
Cirratulidae g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cirrophorus lyra</i> (Southern, 1914)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict, 1887	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplocirrus longisetosus</i> (Marenzeller, 1890)	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enipo torelli</i> (Malmgren, 1865)	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ephesiella abyssorum</i> (Hansen, 1878)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Продолжение таблицы

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
<i>Eteone</i> agg. <i>flava</i> (Fabricius, 1780)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>Euchone analis</i> (Krøyer, 1856)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Euchone papillosa</i> (M. Sars, 1851)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euclymene droebachiensis</i> (M. Sars, 1872)	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Euclymeninae g. sp.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eucranta villosa</i> (Malmgren, 1865)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Galathowenia fragilis</i> (Nilsen, Holthe, 1985)	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gattyana cirrosa</i> (Pallas, 1766)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Glyphanostomum pallescens</i> (Théel, 1873)	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Lanassa venusta venusta</i> (Malm, 1874)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Laphania boeckii</i> Malmgren, 1865	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Leaena abranchiata</i> Malmgren, 1865	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Lumbriclymene minor</i> Arvidsson, 1906	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Lumbrineridae g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lumbrineris fragilis</i> (Müller, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Lysippe labiata</i> Malmgren, 1865	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maldane sarsi</i> Malmgren, 1867	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
Maldanidae g. sp.	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
<i>Melinna cristata</i> (M. Sars, 1851)	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Melinna elisabethae</i> McIntosh, 1922	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melinnopsis arctica</i> (Annenkova, 1931)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Minuspio cirrifera</i> (Wirén, 1883)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Myriochele heeri</i> Malmgren, 1867	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Nephtyidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Nephtys ciliata</i> (Müller, 1779)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephtys paradoxa</i> Malm, 1874	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nicomache lumbricalis</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Nicomache quadrispinata</i> Arwidsson, 1906	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nothria hyperborea</i> (Hansen, 1878)	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Notomastus latericeus</i> M. Sars, 1851	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Notoproctus oculatus</i> Arwidsson, 1906	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Ophelina acuminata</i> Ørsted, 1843	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophelina cylindrica</i> caudata (Hansen, 1878)	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Owenia</i> gr. <i>fusiformis</i> Delle Chiaje, 1842	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Owenia</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh, 1868)	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paramphitrite birulai</i> (Ssolowiew, 1899)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Pectinaria hyperborea</i> (Malmgren, 1865)	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pholoe longa</i> (Muller, 1776)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Phyllodoce groenlandica</i> Oersted, 1842	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Polychaeta g. sp.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polycirrus medusa</i> Grube, 1850	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Polydora caeca</i> (Oersted, 1843)	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polynoidae g. sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Praxillella praetermissa</i> (Malmgren, 1865)	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Praxillura longissima</i> Arwidsson, 1906	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Proclea graffi</i> (Langerhans, 1880)	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoscalibregma parvum</i> (Hansen, 1878)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-
Sabellidae g. sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-
<i>Schistomeringos caeca</i> (Webster and Benedict, 1884)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Scolelepis korsuni</i> Sikorski, 1992	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scoloplos acutus</i> (Verrill, 1873)	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Sphaerodoridae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Sphaerodoropsis philippi</i> Fauvel, 1911	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+
<i>Spio armata</i> (Söderström, 1920)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spio martinensis</i> (Thulin, 1957)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M. Sars, 1856	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Spionidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube, 1860	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Spirorbidae g. sp.	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
<i>Syllidae</i> g. sp.	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Syllinae</i> g. sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Terebellidae</i> g. sp.	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Terebellides stroemi</i> Sars, 1835	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Terebellides williamsae</i> Jirkov, 1989	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Trochochaeta carica</i> Birula, 1879	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Тип Arthropoda																		
Класс Malacostraca																		
<i>Aceroides latipes</i> (G.O. Sars, 1882)	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Ampelisca eschrichti</i> Kroeyer, 1842	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ampelisca macrocephala</i> Lilljeborg, 1852	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ampeliscidae</i> g. sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Amphilochidae</i> g. sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphilochus tenuimanus</i> (Boeck, 1870)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphipoda</i> g. sp.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Amphithopsis longicaudata</i> Boeck, 1861	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anonyx nugax</i> (Phipps, 1774)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arrhis phyllonyx</i> (M. Sars, 1858)	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Byblis</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Caecognathia elongata</i> (Kroeyer, 1846)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Calathura brachiata</i> (Stimpson, 1854)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Calliopidae</i> g. sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptocopoides arcticus</i> (Hansen, 1886)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Desmosoma lineare</i> (G.O. Sars, 1864)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmosoma tetarta</i> (Hessler, 1970)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Diastylis goodsiri</i> (Bell, 1855)	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Diastylis rathkei</i> (Kroeyer, 1841)	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Diastylis spinulosa</i> Heller, 1875	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Ektonodiastylis nimia</i> (Hansen, 1920)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ericthonius stephenseni</i> Myers & McGrath, 1984	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythrops erythropthalma</i> (Goes, 1864)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudorella emarginata</i> (Kroeyer, 1846)	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Eudorella gracilis</i> G.O. Sars, 1871	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eurycope hanseni</i> Ohlin, 1901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Haploops similis</i> Stephensen, 1925	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Haploops tenuis</i> Kannevorff, 1966	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
<i>Harpinia mucronata</i> G.O. Sars, 1879	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Harpinia propinqua</i> G.O. Sars, 1891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Harpinia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hippomedon propinquus</i> G.O. Sars, 1890	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyas</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Idunella aequicornis</i> (G.O. Sars, 1876)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyarachna bicornis</i> Hansen, 1916	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyarachna hirticeps</i> G.O. Sars, 1870	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilyarachna</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Ischyrocerus</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptognathia gracilis</i> (Kroeyer, 1847)	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Leptostylis villosa</i> G.O. Sars, 1869	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leucon acutirostris</i> G.O. Sars, 1864	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Leucon nasica</i> (Kroeyer, 1841)	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Leucon nathorsti</i> Ohlin, 1901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Leucon pallidus</i> G.O. Sars, 1864	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-
Lysianassidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoculopsis longicornis</i> (Boeck, 1871)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Munna minuta</i> Hansen, 1910	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Phippsiella similis</i> (G.O. Sars, 1891)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleustomesus medius</i> (Goes, 1866)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhachotropis helleri</i> A. Boeck, 1871	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saduria sabinii</i> (Kroeyer, 1849)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-
<i>Sphyrapus anomalus</i> (G.O. Sars, 1899)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Stegocephalus inflatus</i> Kroeyer, 1842	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Themisto abyssorum</i> Boeck, 1870	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tiron spiniferus</i> (Stimpson, 1853)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tmetonyx cicada</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Tmetonyx</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Tryphosella horingi</i> Boeck, 1871	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Typhlotanais</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Ostracoda																		
<i>Acanthocythereis dunelmensis</i> (Norman, 1865)	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Philomedes globosus</i> (Lilljeborg, 1853)	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Rabilimis mirabilis</i> (Brady, 1868)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
<i>Rabilimis septentrionalis</i> (Brady, 1866)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Продолжение таблицы

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
<i>Sarsicytheridea bradii</i> (Norman, 1865) Класс Pycnogonida	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphon macronyx</i> G.O. Sars, 1877 Тип Bryozoa Класс Gymnolaemata	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alcyonidium disciforme</i> (Smitt, 1878)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Alcyonidium erectum</i> Andersson, 1902	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alcyonidium gelatinosum</i> (L., 1767)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alcyonidium radicellatum</i> Kluge, 1946	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Amathia imbricata</i> (Adams, 1800)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Callopora craticula</i> (Alder, 1857)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Callopora lineata</i> (L., 1767)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callopora weslawski</i> Kuklinski & Taylor, 2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Crisia eburneodenticulata</i> (Smitt, 1865)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Dendrobeatia decorata</i> Nordgaard, 1906	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplosolen intricarius</i> (Smitt, 1872)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Disporella hispida</i> (Fleming, 1828)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Escharella latodonta</i> (Kluge, 1962)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Escharoides jacksoni</i> (Waters, 1900)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Escharopsis lobata</i> (Smitt, 1868)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Eucratea loricata</i> (L., 1758)	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Hornera lichenoides</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Idmidronea atlantica</i> (Forbes, 1847)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Myriapora coarctata</i> (M. Sars, 1863)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Myriozoella crustacea</i> Smitt, 1868	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notoplites sibiricus</i> (Kluge, 1929)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Palmiskenea plana</i> (Hincks, 1888)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Porella concinna</i> Busk, 1854	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Porella obesa</i> (Waters, 1900)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Pseudoflustra solida</i> (Stimpson, 1854)	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sarsiflustra abyssicola</i> (G.O. Sars, 1872)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schizoporella elmwoodiae</i> Waters, 1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Scrupocellaria minor</i> Kluge, 1915	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Smittina bella</i> (Busk, 1860)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Smittina minuscula</i> Smitt, 1868	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tricellaria gracilis</i> Van Beneden, 1848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Tubulipora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
Тип Cephaloryncha																		
Класс Priapulida																		
<i>Priapulius caudatus</i> Lamarck, 1816	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Тип Chordata																		
Класс Ascidiacea																		
<i>Molgula griffithsii</i> (MacLeay, 1825)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Тип Cnidaria																		
Класс Anthozoa																		
<i>Duva florida</i> (Rathke, 1806)	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Edwardsia andresi</i> Danielssen, 1890	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gersemia fruticosa</i> (M. Sars, 1860)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gersemia rubiformis</i> (Ehrenberg, 1834)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Paraedwardsia arenaria</i> Carlgren in Nordgaard, 1905	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Тип Echinodermata																		
Класс Asteroidea																		
<i>Ctenodiscus crispatus</i> (Retzius, 1805)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Pontaster tenuispinus</i> (Dueben & Koren, 1846)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
Класс Holothuroidea																		
<i>Euryrgus scaber</i> Luetken, 1857	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Labidoplax buski</i> (McIntosh, 1866)	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Molpadia borealis</i> (M. Sars, 1859)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myriotrochus rinkii</i> Steenstrup, 1851	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psolus squamatus</i> (O.F. Muller, 1776)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochoderma elegans</i> Theel, 1877	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Класс Ophiuroidea																		
<i>Amphiura sundevalli</i> (Mueller & Troschel, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiacantha bidentata</i> (Retzius, 1805)	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-
<i>Ophiocten sericeum</i> (Forbes, 1852)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-
<i>Ophiopholis aculeata</i> (L., 1767)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiopleura borealis</i> Danielssen & Koren, 1877	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+
<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1841	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiura sarsi</i> Luetken, 1855	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ophiuroidea g. sp.	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Тип Echiura																		
Класс Echiurida																		
<i>Echiurus echiurus echiurus</i> (Pallas, 1767)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-

Продолжение таблицы

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
Тип Hemichordata																		
Класс Enteropneusta																		
<i>Saccoglossus mereschkowskii</i> (Wagner, 1885)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тип Mollusca																		
Класс Caudofoveata																		
Caudofoveata g. sp.	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Bivalvia																		
<i>Astarte crenata</i> (Gray, 1842)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Batharca glacialis</i> (Gray, 1842)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Ciliatocardium ciliatum ciliatum</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cuspidaria arctica</i> (M. Sars, 1859)	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Dacrydium vitreum</i> (Holboell in Moeller, 1842)	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Ennucula tenuis</i> (Montagu, 1808)	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Hiatella arctica</i> (L., 1767)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lyonsiella abyssicola</i> M. Sars, 1868	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Macoma calcarea</i> (Gmelin, 1791)	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macoma moesta</i> (Dashayes, 1855)	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Nuculana pernula</i> (Mueller, 1779)	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Panomya norvegica</i> Spengler, 1793	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thracia myopsis</i> (Moeller, 1842)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thyasira equalis</i> (Verrill & Bush, 1898)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thyasira gouldi</i> (Philippi, 1845)	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Yoldiella annenkovae</i> (Gorbunov, 1946)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Yoldiella frigida</i> (Torell, 1859)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Yoldiella intermedia</i> (M. Sars, 1865)	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Yoldiella lenticula</i> (Moeller, 1842)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Yoldiella nana</i> (M. Sars, 1865)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Класс Gastropoda																		
<i>Admete viridula</i> (Fabricius, 1780)	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cephalaspidea g. sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cerithiella danielsseni</i> (Friele, 1877)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Chrysallida sublustris</i> (Friele, 1886)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cryptonatica affinis</i> Gmelin, 1791)	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Curtitoma novajasemljensis</i> (Leche, 1878)	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Curtitoma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylichna alba</i> (Brown, 1827)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Cylichna corticata</i> (Beck in Möller, 1842)	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																	
	17	20	21	22	26	27	30	31	32	33	38	44	45	49	50	51	55	56
<i>Cylichnoides scalpta</i> (Reeve, 1855)	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Diaphana makarovi</i> Gorbunov, 1946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Diaphana</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euspira pallida</i> (Broderip & Sowerby, 1829)	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Frigidoalvania cruenta</i> (Odhner, 1915)	-	+		+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Frigidoalvania janmayeni</i> (Friele, 1978)	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Frigidoalvania</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastropoda g. sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Mangeliidae g. sp.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+
<i>Menestho truncatula</i> Odhner, 1915	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Propebela</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Punctulum wyvillethomsoni</i> (Jeffreys in Friele, 1877)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+
Rissoidae g. sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solariella varicosa</i> (Mighels & Adams, 1842) Класс Scaphopoda	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siphonodentalium lobatum</i> Sowerby, 1859 Тип Nematelminthes Класс Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Nematoda g. sp. Тип Nemertini Класс Nemertini	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
Nemertini g. sp. Тип Porifera Класс Demospongiae	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+
<i>Stylocordyla borealis</i> (Loven, 1866)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spongia</i> g. sp. Тип Sipuncula Класс Sipunculidea	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Golfingia margaritacea</i> <i>margaritacea</i> (M. Sars, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma abyssorum abyssorum</i> (Koren & Danielssen, 1875)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Nephasoma diaphanes diaphanes</i> (Gerould, 1913)	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-

В районе исследований по числу видов, биомассе и численности преобладают бореально-арктические виды. Доля бореальных и арктических представителей в видовом составе и биомассе примерно одинакова, однако в общей численности бореальные виды существенно преобладают над арктическими.

Доля бореально-арктических видов в таксономическом составе относительно постоянна на всех станциях, колеблется от 75 до 96 % (рис. 2). В то же время арктические и бореальные виды распределены в пространстве неравномерно. Восточнее ст. 32 арктические виды начинают численно преобладать над бореальными, и их доля возрастает при движении на восток. Вероятнее всего это связано с распределением придонной температуры воды. На востоке от ст. 32 придонная температура стабильно отрицательна, т. е. в этом районе преобладает арктическая водная масса. Станции западного района (17–31) находятся под остаточным влиянием атлантической водной массы (северной ветви Нордкапского течения и глубинных атлантических вод, поступающих с севера по желобу Франц-Виктория).

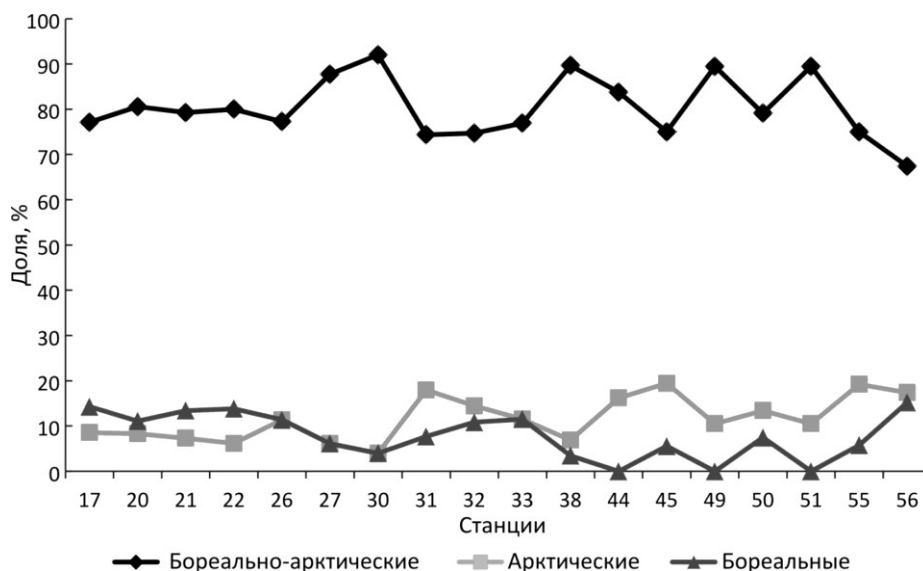


Рис. 2. Распределение относительного количества видов основных биогеографических групп

Зависимость биогеографической структуры фауны от теплосодержания придонных вод была показана и ранее на примере сообществ разреза “Кольский меридиан” (Предварительные ..., 2013; Современное ..., 2016; Зимина, Любина, 2016). В исследованном нами районе влияние теплых атлантических вод не столь велико, как в юго-западной части Баренцева моря, однако прослеживается четкая смена биогеографической структуры фауны в направлении с запада на восток, в сторону смены атлантической водной массы арктической (Ожигин, Ившин, 1999). В этом направлении увеличивается доля арктических видов и снижается доля бореальных. Относительное количество широкораспространенных бореально-арктических видов остается стабильным, составляя основу фауны.

Видовое богатство на станциях колебалось от 27 до 103 таксонов, в среднем составило 63 ± 6 таксонов на станцию. Плотность поселений зообентоса варьировала от 550 до 7800 экз/м² при среднем значении 2500 ± 500 экз/м². Биомасса изменялась от 7.5 до 250 г/м², в среднем составляя 85 ± 17 г/м². Максимальные значения всех количественных параметров

зафиксированы в юго-западной части исследованного района на смешанных илисто-песчаных грунтах при положительной придонной температуре. Минимальные значения разнообразия, биомассы и плотности поселений отмечены на восточных станциях преимущественно на жидких коричневых илах при отрицательной придонной температуре.

Значения средних и постанционных количественных характеристик в целом совпадают с имеющимися данными из района между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа (Количественное ..., 2008; Донные ..., 2011). Зависимость количественных характеристик от характера грунта, глубины и температуры придонных вод также широко известна. Она четко проявляется в районе исследований вследствие изменения термохалинных характеристик вод при движении с запада на восток и неоднородности рельефа, от которого зависит осадконакопление и гидродинамические условия. Все это непосредственно влияет на состав и структуру донных сообществ, так как определяет условия питания, размножения и разнообразие экологических ниш (Броцкая, Зенкевич, 1939).

Методом кластерного анализа в исследованном районе выделено три (I–III) фаунистических комплекса донных беспозвоночных (рис. 3). Они приурочены к определенным условиям среды. Главными факторами, определяющими формирование комплексов, являются глубина, характер грунта и придонная температура.

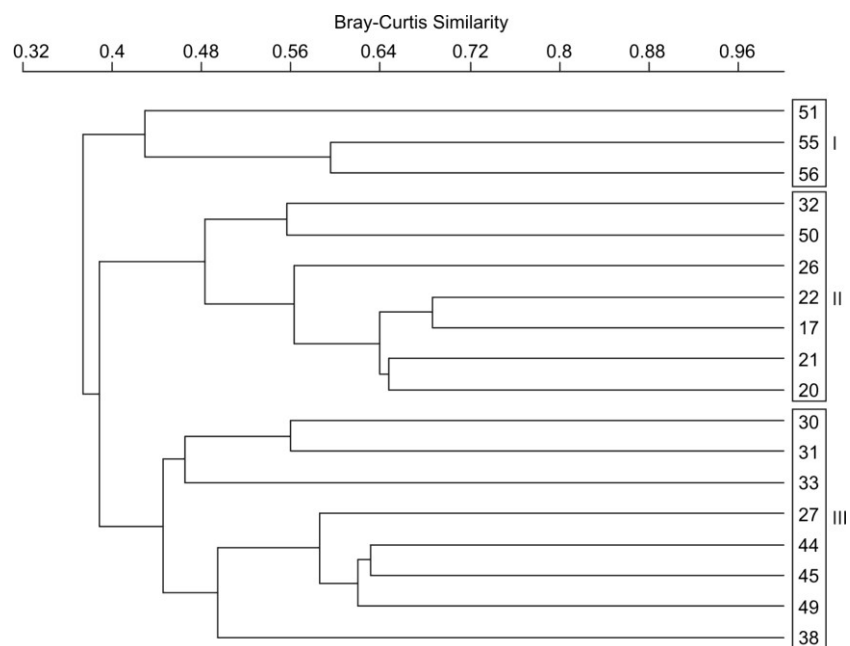


Рис. 3. Дендрограмма сходства видового состава зообентоса на станциях в северной части Баренцева моря

Фаунистический комплекс I расположен на востоке исследованного района (станции 51–56). Здесь на глубине 300–360 м распространены жидкие коричневые илы с большим количеством фораминифер, средняя придонная температура воды равна -0.57 °C. В этом комплексе отмечено 96 таксонов зообентоса, в среднем

51±12 таксона на станцию. Количество арктических видов превышает количество бореальных (14 и 9 соответственно). Среднее значение биомассы – 50±30 г/м², плотности поселения – 750±140 экз/м². Доминируют по биомассе полихета *Spiochaetopterus typicus* (37 % средней биомассы сообщества) и мягкий коралл *Gersemia fruticosa* (16 %). Характерными видами являются кумовые раки *Ehtonodiastylis nimia* и *Eudorella gracilis*, полихета *Schistomeringos caeca*.

Фаунистический комплекс II объединяет западные станции района (17–26) и станции 32 и 50 в центральной части. Он расположен на глубине 170–290 м, здесь распространены смешанные илисто-песчаные грунты с примесью камней и гальки, средняя придонная температура воды – 1.2 °С. В данном комплексе отмечено максимальное видовое богатство (225 таксонов, в среднем 90±5 таксонов на станцию). Количество бореальных и арктических видов примерно одинаково (21 и 22 соответственно). Средняя биомасса – 120±30 г/м², плотность поселения – 4300±850 экз/м². Для комплекса присуще максимальное разнообразие полихет. Доминирующими видами являются полихеты *Spiochaetopterus typicus* (42 % средней биомассы) и *Maldane sarsi*, морская звезда *Ctenodiscus crispatus* (15 % биомассы). Характерными также являются бореальные полихеты *Lumbriclymene minor*, *Scoloplos acutus*, *Praxillella gracilis* и полихеты семейства Oweniidae.

Фаунистический комплекс III расположен в центральной части исследованного района на глубине 250–350 м. Здесь распространены мягкие коричневые илы с большим содержанием фораминифер. Придонная температура воды в среднем составляет –0.12 °С. Отмечено 128 таксонов донных беспозвоночных, в среднем 45±3 таксона на станцию. Количество арктических видов вдвое превышает количество бореальных (15 и 7 соответственно). Среднее значение биомассы – 63±27 г/м², плотности поселения – 1600±150 экз/м². По биомассе доминируют сипункулида *Golfingia margaritacea* (50 % биомассы сообщества). Особенность этого комплекса – высокое разнообразие и плотность поселений двустворчатых моллюсков рода *Yoldiella* и семейства Thyasiridae. Характерными видами являются амфиподы *Aceroides latipes*, полихеты *Ophelina acuminata* и *Ophelina cylindricaudata*, двустворчатый моллюск *Nuculana pernula*, кумовый рак *Ehtonodiastylis nimia*.

Распределение, состав и количественные характеристики выделенных фаунистических комплексов в общих чертах совпадают с ранее описанными в этом районе (Кийко, Погребов, 1997; Кийко, Погребов, 2008; Количественное ..., 2008; Донные ..., 2011). По данным О.А. Кийко и В.Б. Погребова (2008), весь район наших исследований относится к сообществу с доминированием двустворчатых моллюсков *Elliptica elliptica* и *Astarte crenata*. Однако наши результаты отражают более сложную структуру донных биоценозов в этом районе моря.

По составу доминирующих видов и разнообразию четко различаются сообщества смешанных грунтов западной части исследованной акватории и жидких коричневых илов восточной части. При этом заметна разница в структуре сообществ на сходных типах грунтов и с разной придонной температурой. Сообщества смешанных грунтов и районов с положительной температурой в целом богаче и обильнее таковых, расположенных на мягких грунтах и при отрицательных температурах. Биогеографическая структура фауны в этих сообществах также различается в зависимости от температурных условий.

Заключение. В ходе проведенной экспедиции собран уникальный материал по составу и структуре бентосных сообществ северной части Баренцева моря. Получены и проанализированы сведения о количественном и качественном составе донной фауны и установлена их зависимость от характера донных осадков, глубины и температуры придонных вод. В районе исследований выделено три видовых комплекса зообентоса, состав и структура которых обусловлены характером грунта и распределением придонных температур. Полученная информация существенно дополняет сведения о донных сообществах северной части Баренцева моря, позволяет уточнить расположение основных фаунистических комплексов и выявить особенности биогеографической структуры фауны данного района в зависимости от термохалинных характеристик водных масс.

Литература

Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 5–126.

Зими́на О.Л., Любина О.С. Донные ракообразные надотряда Peracarida (Crustacea: Malacostraca) на разрезе “Кольский меридиан” // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. Океанология. 2016. Вып. 3, № 2(36). С. 196–221.

Кийко О.А., Погребов В.Б. Донные сообщества Европейской Арктики близ архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики: Матер. Междунар. науч. конф. М.: ГЕОС, 2008. С. 164–169.

Количественное распределение зообентоса вдоль западных побережий архипелага Новая Земля и на прилегающих акваториях / О.С. Любина, Е.А. Фролова, Д.Р. Дикаева и др. // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики: Матер. Междунар. науч. конф. М.: ГЕОС, 2008. С. 214–217.

Ожигин В.К., Ившин В.А. Водные массы Баренцева моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1999. 48 с.

Предварительные результаты современного мониторинга зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” (Баренцево море) / О.С. Любина, Е.А. Фролова, Д.Р. Дикаева и др. // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. Океанология. 2013. Вып. 1, № 1(14). С. 208–223.

Современное количественное распределение зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” / О.С. Любина, Н.А. Стрелкова (Анисимова), П.А. Любин и др. // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. Океанология. 2016. Вып. 3, № 2(36). С. 64–91.

Донные сообщества у берегов арктических архипелагов / Е.А. Фролова, О.С. Любина, О.Л. Зими́на и др. // Наземные и морские экосистемы. М.: Paulsen, 2011. С. 181–209.

Bray J.R., Curtis J.T. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin // Ecol. Monogr. 1957. V. 27. P. 325–349.

Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Paleontologia Electronica. 2001. V. 4(1). P. 9–15.

Kiyko O.A., Pogrebov V.B. Long-term benthic population changes (1920–1930s – present) in the Barents and Kara seas // Mar. Poll. Bull. 1997. V. 35, № 7–12. P. 322–332.

Matishov G.G., Matishov D.G., Moiseev D.V. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along glacial troughs // *Oceanologia*. 2009. V. 51, № 3. P. 293–312.

Е.А. Фролова, Д.Р. Дикаева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

ФАУНА ПОЛИХЕТ И КРАЕВЫЕ ЖЕЛОБА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Аннотация

На основе материалов бентосной съемки 2016 г. проведен анализ распределения многощетинковых червей в Баренцевом море. Изучен их видовой состав, количественные показатели. Проанализирована связь изменения фауны и ее распределения со структурой дна. Выявлено увеличение видового богатства, биомассы и плотности поселения полихет в районах краевых желобов.

E.A. Frolova, D.R. Dikaeva

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

POLYCHAETA FAUNA AND MARGINAL DEEPS OF THE BARENTS SEA

Abstract

The paper analyzes the distribution of polychaetes in the Barents Sea on the basis of data from a benthic survey conducted during a cruise to the Barents Sea in 2016. The species composition, abundance and biomass of benthos were studied; relations between changes in the benthos fauna and its distribution and the bottom structure were analyzed. An increase in species diversity, biomass, and density of settlement of polychaetes were detected in areas of marginal deeps.

Температурно-солевой режим Баренцева моря в основном определяется структурой его дна. По глубоким краевым желобам в Баренцево море поступают теплые атлантические воды. На западе это Медвежинский и Зюйдкапский желоба, на севере – Орли и Франц-Виктория, на востоке – Святой Анны. Желоба в послеледниковое время перестали быть каналами транспортировки осадочного вещества, а стали зонами его аккумуляции (Современные ..., 2002; Митяев и др., 2007). Бентос Баренцева моря и в частности многощетинковые черви зависят от температуры и солености вод и состава грунта. Исследования, проведенные ММБИ в апреле 2016 г. в Баренцевом море, позволили выяснить степень влияния краевых желобов на состав и распределение фауны полихет.

Проанализированы 49 проб многощетинковых червей с 18 станций, выполненных в апреле 2016 г. с НИС “Дальние Зеленцы”. Пробы были взяты дночерпателем ван-Вина (0.1 м²). Станции были расположены в виде семи меридиональных разрезов (от 1 до 4 станций на разрез) через 4–5° с запада от 34.5° в. д. на восток до 64.3° в. д. При этом разрез I находился в вершине Медвежинского желоба, IV – в вершине желоба Франц-Виктория, а VII – на склоне желоба Святой Анны (рис. 1).

Пробы обрабатывали по стандартной гидробиологической методике (Руководство ..., 1980). Многощетинковые черви были идентифицированы авторами согласно определителю И.А. Жиркова (2001). Особей каждого вида подсчитывали и взвешивали с точностью 0.001 г. Для анализа результатов станции были объединены в разрезы. Разрез I включал станции 17, 20, 21; разрез II – станции 22, 26; разрез III – станции 27, 30, 31; разрез IV – станции 32, 33; разрез V – ст. 38; разрез VI – станции 44, 45, 49, 50; разрез VII – станции 51, 55, 56 (рис. 1).

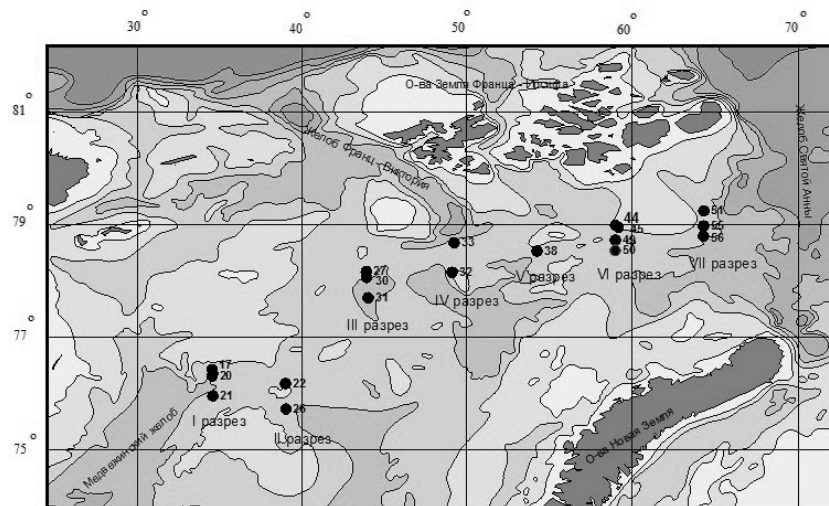


Рис. 1. Карта-схема бентосных станций, выполненных в апреле 2016 г., НИС “Дальние Зеленцы”

Всего было идентифицировано 97 таксонов полихет, 82 из которых имеют видовой статус (табл. 1). Полихеты принадлежат 29 семействам, из них наиболее многочисленное – Maldanidae (12 видов). Видовое богатство полихет на станциях (количество таксонов в трех дночерпателях) составляло от 11 (ст. 30) до 50 (ст. 21). Биомасса полихет на станциях колебалась от 5.1 г/м² (ст. 38) до 163.8 г/м² (ст. 22). Плотность поселения полихет на станциях изменялась от 260 экз/м² (ст. 38) до 6763 экз/м² (ст. 21).

Таблица 1

Распределение полихет по разрезам

Таксон	Разрезы						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Сем. Phyllodoceidae							
<i>Eteone</i> agg. <i>flava</i> (Fabricius, 1780)	+	+	+	+	-	+	+
<i>Phyllodoce groenlandica</i> Oersted, 1842	+	+	-	+	-	+	-
Сем. Polynoidae							
<i>Bylgides elegans</i> (Théel, 1879)	+	-	+	-	-	+	+
<i>Bylgides groenlandicus</i> (Malmgren, 1867)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Enipo torelli</i> (Malmgren, 1865)	+	+	-	-	-	-	-
<i>Eucranta villosa</i> (Malmgren, 1865)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gattyana cirrhosa</i> (Pallas, 1766)	-	-	-	-	-	-	+
Polynoidae g. sp.	-	+	-	-	+	+	-
Сем. Pholoidae							
<i>Pholoe longa</i> (Muller, 1776)	+	+	+	+	-	+	+
Сем. Nephtyidae							
<i>Aglaophamus malmgreni</i> (Théel, 1879)	+	+	+	+	+	+	+
Nephtyidae g. sp.	-	-	-	-	-	+	-
<i>Nephtys ciliata</i> (Mueller, 1779)	+	+	-	-	-	-	-
<i>Nephtys paradoxa</i> Malm, 1874	+	-	-	+	-	-	-
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	-	-	-	+	-	-	-
Сем. Syllidae							
Syllidae g. sp.	+	+	-	-	+	-	-
Syllinae g. sp.	-	+	-	+	-	+	-

Продолжение табл. 1

Таксон	Разрезы						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Сем. Sphaerodoridae							
<i>Ephesiella abyssorum</i> (Hansen, 1878)	-	-	-	-	-	-	+
Sphaerodoridae g. sp.	-	-	-	-	-	-	+
<i>Sphaerodorum philippi</i> Fauvel, 1911	+	+	-	+	+	+	+
Сем. Amphinomidae							
<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh, 1868)	+	+	-	-	-	-	-
Сем. Onuphidae							
<i>Nothria hyperborea</i> (Hansen, 1878)	+	+	+	+	+	+	+
Сем. Lumbrineridae							
Lumbrineridae g. sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lumbrineris fragilis</i> (Muller, 1776)	-	-	-	-	-	+	-
Сем. Dorvilleidae							
<i>Schistomeringos caeca</i> (Webster and Benedict, 1884)	-	-	-	-	+	+	+
Сем. Spionidae							
<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	+	-	+	+	-	+	-
<i>Minuspio cirrifera</i> (Wiren, 1883)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polydora caeca</i> (Oersted, 1843)	+	-	-	+	-	-	-
<i>Scolecipis korsuni</i> Sikorski, 1992	+	-	-	-	-	-	-
<i>Spio arctica</i> (Söderström, 1920)	+	+	-	-	-	-	-
<i>Spio armata</i> (Thulin, 1957)	+	-	-	-	-	-	-
Spionidae g. sp.	-	-	-	-	-	+	-
<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube, 1860	+	+	-	+	-	+	+
Сем. Trochochaetidae							
<i>Trochochaeta carica</i> Birula, 1879	-	-	-	-	-	-	+
Сем. Chaetopteridae							
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M. Sars, 1856	+	+	+	+	-	+	+
Сем. Cossuridae							
<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict, 1887	+	-	-	+	-	-	-
Сем. Cirratulidae							
Cirratulidae g. sp.	+	+	+	+	+	+	+
Сем. Flabelligeridae							
<i>Brada villosa</i> (Rathke, 1843)	-	-	-	-	-	-	+
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Diplocirrus longisetosus</i> (Marenzeller, 1890)	+	+	-	+	+	-	-
Сем. Scalibregmidae							
<i>Pseudoscalibregma parvum</i> (Hansen, 1878)	-	-	-	+	-	+	-
<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843	+	-	-	+	+	+	-
Сем. Opheliidae							
<i>Ophelina abbranchiata</i> Stoep0Bowitz, 1948	+	-	+	+	+	+	+
<i>Ophelina acuminata</i> Oersted, 1843	-	-	+	+	-	-	-
<i>Ophelina cylindricaudata</i> (Hansen, 1878)	-	-	+	+	+	+	+
Сем. Orbiniidae							
<i>Scoloplos acutus</i> (Verrill, 1873)	+	+	+	+	-	+	-
Сем. Paraonidae							
<i>Aricidea hartmanae</i> (Strelzov, 1968)	+	+	-	-	-	+	+

Таксон	Разрезы						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Aricidea quadrilobata</i> (Webster & Benedict, 1887)	+	+	+	+	-	+	+
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cirrophorus lyra</i> (Southern, 1914)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	+	+	+	+	-	+	-
Сем. Maldanidae							
<i>Asychis biceps</i> (M. Sars, 1861)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Euclymene droebachiensis</i> (M. Sars, 1872)	-	+	+	-	-	-	-
Euclymeninae g. sp.	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lumbriclymene minor</i> Arwidsson, 1906	+	+	-	-	-	+	+
<i>Maldane sarsi</i> Malmgren, 1867	+	+	-	+	+	+	-
Maldanidae g. sp.	+	+	-	+	+	+	-
<i>Nicomache lumbricalis</i> (Fabricius, 1780)	-	+	-	-	-	+	-
<i>Nicomache quadrispinata</i> Arwidsson, 1906	-	-	-	+	-	-	-
<i>Notoproctus oculatus</i> Arwidsson, 1906	-	-	-	+	-	+	+
<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)	+	+	-	+	+	+	-
<i>Praxillella praetermissa</i> (Malmgren, 1865)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Praxillura longissima</i> Arwidsson, 1906	+	-	-	-	-	+	+
Сем. Capitellidae							
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede, 1864)	+	+	+	+	-	+	-
<i>Notomastus latericeus</i> M. Sars, 1851	+	-	-	+	-	+	+
Сем. Oweniidae							
<i>Galathowenia fragilis</i> (Nilsen, Holthe, 1985)	-	+	-	+	-	+	-
<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	+	+	+	+	-	+	-
<i>Myriochele heeri</i> Malmgren, 1867	+	+	+	+	+	+	+
<i>Owenia</i> gr. <i>fusiformis</i> Delle Chiaje, 1842	+	+	+	-	-	-	-
<i>Owenia</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-
Сем. Pectinariidae							
<i>Pectinaria hyperborea</i> (Malmgren, 1865)	+	+	+	-	-	-	-
Сем. Ampharetidae							
<i>Ampharete borealis</i> (Sars, 1856)	+	-	-	-	-	-	-
Ampharetidae g. sp.	+	-	+	+	-	+	+
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	-	-	-	+	-	-	+
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Glyphanostomum pallescens</i> (Théel, 1873)	+	+	+	+	-	+	+
<i>Lysippe labiata</i> Malmgren, 1865	+	+	-	-	-	-	-
<i>Melinna cristata</i> (M. Sars, 1851)	+	+	-	-	-	-	+
<i>Melinna elisabethae</i> McIntosh, 1922	+	-	-	+	-	-	-
<i>Melinnopsis arctica</i> (Annenkova, 1931)	-	-	-	-	-	-	+
Сем. Terebellidae							
<i>Artacama proboscidea</i> Malmgren, 1865	-	-	+	-	+	+	-
<i>Lanassa venusta venusta</i> (Malm, 1874)	+	-	-	-	-	-	+
<i>Laphania boeckii</i> Malmgren, 1865	-	-	-	-	-	-	+
<i>Leaena abranchiata</i> Malmgren, 1865	+	-	-	+	-	-	-
<i>Paramphitrite birulai</i> (Ssolowiew, 1899)	-	-	+	-	-	-	+

Окончание табл. 1

Таксон	Разрезы						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Polycirrus medusa</i> Grube, 1850	+	-	-	+	-	+	-
<i>Proclea graffi</i> (Langerhans, 1880)	-	-	+	-	-	-	-
Terebellidae g. sp.	+	+	+	+	-	-	-
<i>Terebellides stroemi</i> Sars, 1835	+	+	+	+	+	+	+
<i>Terebellides williamsae</i> Jirkov, 1989	+	+	-	-	-	-	+
Сем. Sabellidae							
<i>Chone duneri</i> Malmgren, 1867	+	+	-	-	-	+	-
<i>Chone infundibuliformis</i> Kroeyer, 1856	+	-	-	-	-	-	-
<i>Chone murmanica</i> Lucash, 1910	+	+	+	+	+	+	+
<i>Euchone analis</i> (Kroeyer, 1856)	-	-	-	-	-	+	+
<i>Euchone papillosa</i> (M. Sars, 1851)	+	-	-	-	-	-	-
Sabellidae g. sp.	-	+	-	-	-	-	+
Сем. Spirorbidae							
Spirorbidae g. sp.	-	+	-	-	-	-	-

Для проведения анализа результаты исследований усредняли по разрезам (табл. 2).

Таблица 2

**Средние показатели количественных характеристик
распределения полихет по разрезам**

Разрез	Станции	Количество видов в пробе	Биомасса, г/м ²	Плотность поселения, экз/м ²
I	17, 20, 21	33	125.9	5460
II	22, 26	23	89.4	2178
III	27, 30, 31	12	12.1	338
IV	32, 33	22	12.9	845
V	38	11	5.1	260
VI	44, 45, 49, 50	15	10.8	664
VII	51, 55, 56	16	15.3	420

Разрез I находится под непосредственным влиянием атлантических вод, поступающих в Баренцево море по Медвежинскому желобу. Он характеризуется наибольшим видовым богатством полихет (средним количеством видов в дночерпателе), биомассой и плотностью поселения (табл. 2). В условиях положительных придонных температур и песчанисто-илистых грунтов по биомассе доминирует *Spiochaetopterus typicus* (Sars, 1856). По плотности поселения среди полихет преобладает *S. typicus*, иногда *Galathowenia oculata* (Pallas, 1766).

Разрез II в несколько меньшей степени подвержен влиянию атлантических вод. Здесь снижаются видовое богатство полихет, их биомасса и плотность поселения (табл. 2). Однако по биомассе по-прежнему доминирует *S. typicus*, а по плотности поселения – *S. typicus* и *Heteromastus filiformis* (Claparede, 1864).

На разрезе III, далеко от краевых желобов, падает видовое богатство многощетинковых червей, их биомасса и плотность поселения. *Spiochaetopterus typicus* встречается изредка (не на каждой станции), и *Aglaophamus malmgreni* (Théel, 1879) часто доминирует по биомассе, а по плотности поселения – *G. oculata*, *H. filiformis* и полихеты семейства Cirratulidae.

Разрез IV находится в вершине желоба Франц-Виктория. Видовое богатство полихет, их биомасса и плотность поселения выше, чем на других разрезах (табл. 2). Находки *S. typicus* редки. По биомассе доминируют *Terebellides stroemi* Sars, 1835, *Ophelina acuminata* Oersted, 1843, а по плотности поселения – *Myriochele heeri* Malmgren, 1867 и полихеты семейства Lumbrineridae.

Разрез V не подвержен влиянию желобов. Здесь в условиях отрицательных придонных температур на коричневом иле отмечен самый бедный таксоценоз полихет. Минимальны здесь как видовое богатство, так и биомасса и плотность поселения (табл. 2). Доминирует по биомассе *Artacama proboscidea* Malmgren, 1865, а по плотности поселения – *Ophelina cylindricaudata* (Hansen, 1878). Живые особи *S. typicus* не встречались, хотя пустые трубки были отмечены.

В районе разрезов VI и VII все показатели обилия полихет выше, чем на предыдущих разрезах (табл. 2). Эти районы находятся под влиянием атлантических вод, поступающих в Баренцево море по желобу Святой Анны. По сравнению с разрезом V увеличиваются видовое богатство, биомасса и плотность поселения полихет. Если на разрезе VI по биомассе доминировали *A. malmgreni*, *Nicomache lumbricalis* (Fabricius, 1780) и *S. typicus*, то на разрезе VII – на склоне желоба Святой Анны – устойчиво преобладает *S. typicus*. На разрезе VI по плотности поселения доминировали *O. cylindricaudata* и *Minuspio cirrifera* (Wigen, 1883), на разрезе VII – полихеты семейств Cirratulidae и Lumbrineridae.

Разрезы I, IV и VII расположены в непосредственной близости к краевым желобам, соответственно, Медвежинский, Франц-Виктория и Св. Анны (рис. 1). Видовое богатство полихет, их биомасса и плотность поселения на этих разрезах выше, чем на соседних, более удаленных от краевых желобов (табл. 2). Наибольшие количественные показатели полихет отмечены в районе Медвежинского желоба (разрез I). Они уменьшаются при удалении разрезов (II, III) от Медвежинского желоба и вновь увеличиваются при приближении к желобу Франц-Виктория (разрез IV), затем снова уменьшаются (разрез V) и возрастают на склоне желоба Св. Анны (разрезы VI, VII) (рисунки 2–4).

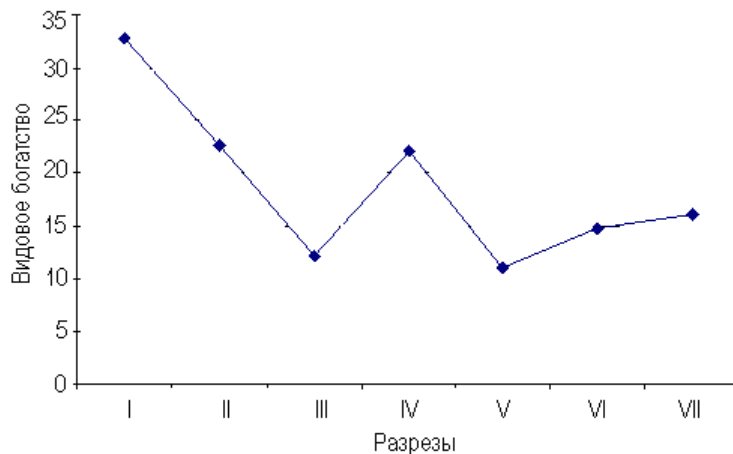


Рис. 2. Среднее видовое богатство полихет на разрезах

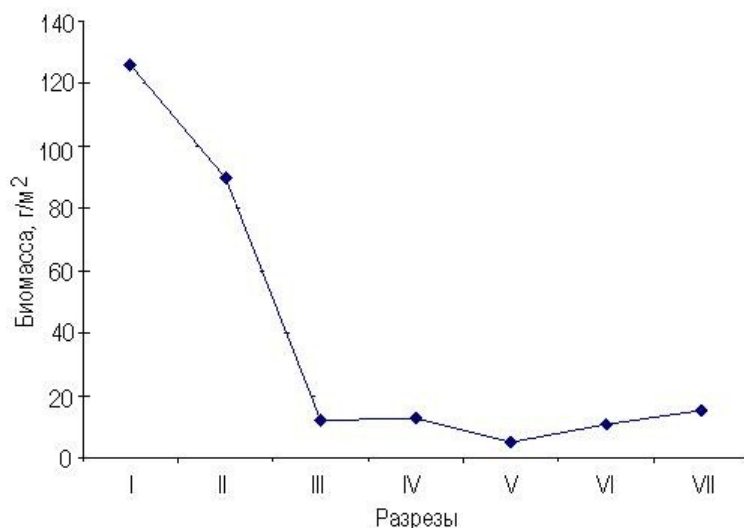


Рис. 3. Средняя биомасса полихет на разрезах

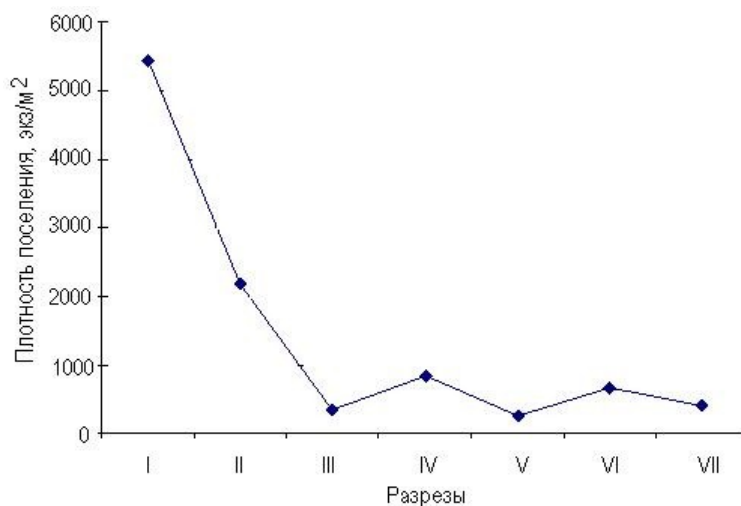


Рис. 4. Средняя плотность поселения полихет на разрезах

Итак, в результате исследований мы можем оценить влияние краевых желобов на распределение фауны полихет в Баренцевом море. Поступающие по желобам теплые атлантические воды способствуют увеличению видового богатства многощетинковых червей. Являясь ловушками осадочного вещества (Современные ..., 2002; Митяев и др., 2007), желоба увеличивают кормовую базу для организмов, обитающих в грунте, в результате чего возрастают биомасса и плотность поселения полихет. Медвежинский желоб, по которому поступают наиболее теплые воды, способствует обильному развитию *S. tyricus*, доминирующему по биомассе и плотности поселения. По мере удаления от вершины Медвежинского желоба этот вид становится редким и снова увеличивает свое присутствие при приближении к желобам Франц-Виктория и Святой Анны.

Литература

- Жирков И.А.* Полихеты Северного Ледовитого океана. М.: Янус-К, 2001. 631 с.
- Митяев М.В., Хасанкаев В.Е., Голубев В.А.* Желоба Баренцева моря – современные каналы транспортировки или ловушки осадочного вещества? // Арктика и Антарктика. 2007. Вып. 5(39). С. 72–79.
- Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений.* Л.: Гидрометеиздат, 1980. 192 с.
- Современные области аккумуляции осадочного вещества в Медвежинском желобе Баренцева моря / Г.Г. Матишов, М.В. Митяев, В.Б. Хасанкаев и др. // Докл. РАН. 2002. Т. 384, № 6. С. 818–820.*

599.5:599.745:599.742 (268.45)

Ю.И. Горяев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В АПРЕЛЕ–МАЕ 2016 ГОДА

Аннотация

В апреле–мае 2016 года на чистой воде и вблизи границы плавучих льдов открытой акватории Баренцева моря выполнены судовые трансектные учеты китообразных и ластоногих, а также наземных хищных (белый медведь *Ursus maritimus*). Общая протяженность учетного маршрута составила 2114 км, отмечено 11 видов животных. Для западной и юго-западной части моря характерны наибольшее разнообразие и численность животных, где наряду с обычными видами как морская свинья *Phocaena phocaena*, беломордый дельфин *Lagenorhynchus acutus* довольно многочисленны были редкие – финвал *Balaenoptera physalus* и горбач *Megaptera novaeangliae*. В северо-восточной части моря в зоне льдов и прилегающей к ним акватории отмечена высокая плотность редчайших гренландских китов *Balaena mysticetus*.

Yu.I. Goryaev

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

DISTRIBUTION OF MARINE MAMMALS IN THE BARENTS SEA IN APRIL AND MAY 2016

Abstract

Visual transect counts of cetaceans and pinnipeds, as well as polar bears *Ursus maritimus*, were carried out from a ship in the Barents Sea near the edge of floating sea ice and in open waters in April and May 2016. The total length of the counting route was 2114 km, 11 animal species were detected. The highest diversity and animal numbers were recorded for the southern and south-western Barents Sea. Along with common species such as the harbour porpoise *Phocaena phocaena* and the Atlantic white-sided dolphin *Lagenorhynchus acutus*, rare species such as the fin whale *Balaenoptera physalus* and the humpback whale *Megaptera novaeangliae* were observed in high numbers. High density of rarest bowhead whales *Balaena mysticetus* was recorded in the north-eastern Barents Sea among the ice fields and in adjacent waters.

В водах Баренцева моря обитает 24 вида морских млекопитающих (включая белого медведя), 11 из которых имеют охранный статус МСОП и Красной книги России. В настоящем сообщении приводятся результаты наблюдений в весенний период года за морскими млекопитающими в ходе комплексной научной экспедиции (в рамках госзадания при финансировании ФАНО РФ).

Материал и методы. Учет морских млекопитающих проведен с 6 апреля по 29 мая 2016 г. визуально (сектор обзора 180°) на 52 трансектах общей протяженностью около 2114 км. В апреле было выполнено 27 трансект, в мае – 25. При работе использовали бинокль Nikon Action 16x. Места встреч китообразных и ластоногих фиксировали по показаниям GPS Garmin 12 XL. По возможности наблюдения документировались фото- и видеосъемкой. Рассчитывали количество особей на 1 км маршрута и плотность животных на 1 км².

Результаты. В границах маршрута экспедиции были отмечены 11 видов морских млекопитающих (включая белого медведя): белобокий дельфин *Lagenorhynchus albirostris*, беломордый дельфин *Lagenorhynchus acutus*, косатка *Orcinus orca*, морская свинья *Phocaena phocaena*, гренландский кит *Balaena mysticetus*, горбач *Megaptera novaeangliae*, финвал *Balaenoptera physalus*, малый полосатик *Balaenoptera acutorostrata*, морской заяц *Erignathus barbatus*, гренландский тюлень *Phoca groenlandica*, белый медведь *Ursus maritimus* (рис. 1). Два вида (серый и обыкновенный тюлени) были зарегистрированы в Кольском заливе (за пределами плановых учетных трансект).

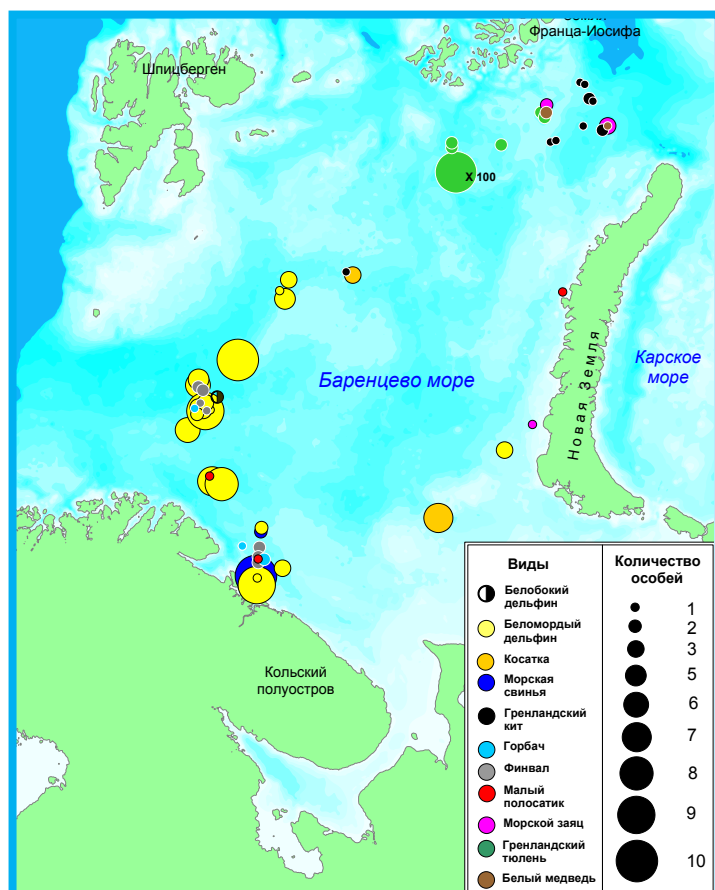


Рис. 1. Места встреч морских млекопитающих 6 апреля–29 мая 2016 г.

Учеты проведены на удалении 25 км и более от побережья, т. е. район наблюдений можно охарактеризовать как открытую акваторию моря с характерным составом фауны, включающим виды, характерные для районов, удаленных от берегов, – китообразных и пагофильных ластоногих. Условия обитания морских млекопитающих отличаются по гидрологии и трофности, поэтому мы выделили пять участков: I – юго-западный, II – западный, III – прикромочный, IV – северо-восточный, V – юго-восточный (табл. 1).

Три *белобоких дельфина* отмечены вблизи борта судна во время работы на станции в центральной части участка II. Вид трудно идентифицируем из-за сходства с беломордым дельфином, поэтому показатели учета не приводятся.

Таблица 1

Протяженность маршрутов на участках исследований в 2016 г., км

Месяц	Участки				
	I	II	III	IV	V
Апрель	110	192	187 (20)	–	–
Май	451	277	151 (35)	347	344

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры без скобок – чистая вода, в скобках – льды.

Беломордый дельфин – массовый вид китообразных Баренцева моря, обитающий здесь круглый год. Нами на 302 км трансект в апреле и 728 км в мае на участках I и II учтено 19 и 74 особи соответственно, т. е. относительный показатель учета составил 0.062 и 0.1 экз/км маршрута (табл. 2). В районе Центральной возвышенности средняя многолетняя плотность распределения вида составляет примерно 0.12 экз/км², что значительно выше полученных нами данных для двух месяцев (0.038 экз/км² на участке II; таблицы 2 и 3, рис. 1).

В восточной части моря вид был отмечен лишь один раз 11 мая – группа из 3 особей в 80 км от побережья Южного острова арх. Новая Земля (участок V; табл. 2, рис. 1).

В разводьях сильно разреженных льдов (примерно 1–3 балла) на участке III 14 апреля наблюдали 3 особи косаток. Между Гусиной и Канинской банками (участок V) 8 мая было зарегистрировано 7 косаток (2 семьи из 3 и 4 особей).

Морская свинья была отмечена в прибрежной зоне Западного Мурмана (участок I) 6 и 27 мая – 9 и 1 экз. соответственно.

Во второй половине апреля–середине мая 2016 г. в прикромочной зоне льдов в северной части Баренцева моря на 400-километровом маршруте учтены 11 особей *гренландского кита*, в том числе самка с детенышем. Плотность распределения животных (без поправки на возможный недоучет) определена примерно в 0.0075 экз/км², что как минимум на порядок выше средней плотности, соответствующей предположительной численности популяции на акватории в окрестностях арх. Земля Франца-Иосифа (рис. 2).

Наблюдение крупного скопления гренландских китов вблизи границ с Карским морем в целом мало характерно для рассматриваемого сезона и, вероятно, свидетельствует о возможности зимовки этих китов во льдах, прилежащих к арх. Земля Франца-Иосифа (без откочевки на зиму в воды у о. Гренландия). Это может быть связано с более северным (относительно среднего) положением

кромки льда и общей слабостью развития ледового покрова в течение зимы в местах обитания китов, что делает эти районы благоприятными для обитания и в зимний период. Граница ареала, очерченного по точкам встреч китов, и положение кромки льда в конце марта 2016 г. показаны на рис. 2.

Таблица 2

Численность и плотность распределения животных в Баренцевом море (без Кольского залива) в апреле–мае 2016 г.

Вид	Участки							
	I		II		III		IV	V
	Апрель	Май	Апрель	Май	Апрель	Май	Май	Май
Белобокий дельфин	–	–	–	0.01 (0.0027)	–	–	–	–
Беломордый дельфин	0.1 (0.022)	–	0.046 (0.011)	0.26 (0.066)	–	–	–	0.009 (0.0021)
Косатка	–	–	–	–	0.014 (0.007)	–	–	0.02 (0.01)
Морская свинья	–	0.022 (0.022)	–	–	–	–	–	–
Гренландский кит	–	–	–	–	0.038 (0.0096)	0.016 (0.004)	–	–
Горбач	–	0.0066 (0.0016)	–	0.0036 (0.0009)	–	–	–	–
Финвал	–	0.018 (0.0044)	–	0.021 (0.0054)	–	–	–	–
Малый полосатик	–	0.0022 (0.0011)	–	–	–	–	0.0028 (0.0014)	0.003 (0.0014)
Морской заяц	–	–	–	–	0.1 (0.025)	0.085 (0.021)	–	0.003 (0.0072)
Гренландский тюлень	–	–	–	–	50.5 (12.5)	–	–	–
Белый медведь	–	–	–	–	0.1 (0.05)	0.028 (0.014)	–	–

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры без скобок – количество особей на 1 км маршрута; цифры в скобках – плотность распределения, экз/км².

Таблица 3

Средние показатели численности и плотности распределения животных в апреле–мае 2016 г. в районе исследований

Вид	Численность, экз/км	Плотность распределения, экз/км ²
Белобокий дельфин	0.0014	0.00035
Беломордый дельфин	0.044	0.011
Косатка	0.0047	0.0023
Морская свинья	0.0048	0.0048
Гренландский кит	0.027	0.007
Горбач	0.0018	0.00047
Финвал	0.0066	0.0016
Малый полосатик	0.0014	0.0007
Белый медведь	0.05	0.025

Высокая плотность распределения этих редких китов, наблюдаемая в экспедиции, свидетельствует, по-видимому, об активном росте их популяции и недооценке современной численности. Так, на протяжении 37 лет (с 1958 по 1995 гг.) ежегодных ледовых авиаразведок (ЛАР) было зарегистрировано всего 24 встречи гренландских китов, тогда как только в двух рейсах ММБИ с судов и вертолета в 2001 и 2016 гг. и при гораздо меньшей протяженности учетных маршрутов было учтено 16 таких встреч (рис 2).

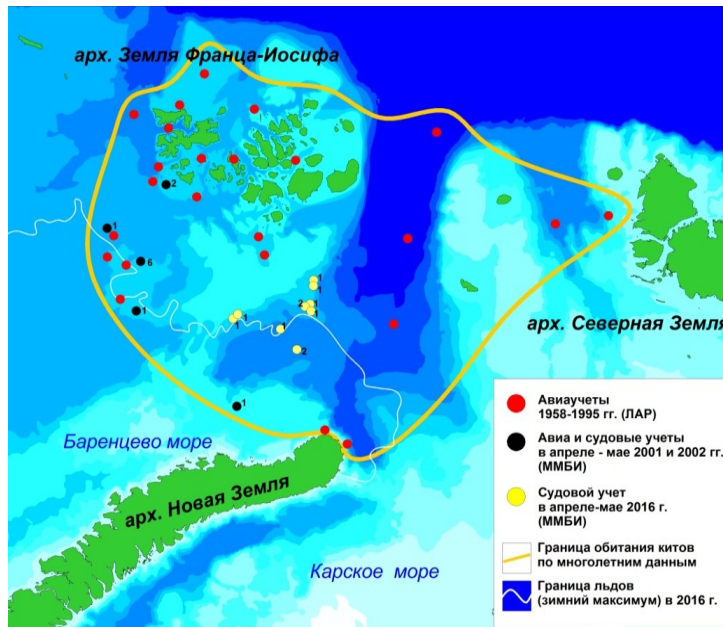


Рис. 2. Места встреч гренландских китов по многолетним наблюдениям

Горбач отмечен на участке I (3 экз.) и на юге участка II (1 экз.). На участке I в одной из встреч горбач нырял рядом с финвалом. При прохождении участка II в мае на расстоянии от судна не менее 10 км наблюдались неоднократные вертикальные выпрыгивания из воды (на весь корпус) крупного кита. Из-за удаленности определить вид животного было невозможно, но из крупных китов наиболее склонны к подобному поведению горбачи. Полученные нами показатели плотности для всего маршрута идентичны результатам судовых учетов 1995–2001 гг. (Øien, 2009) – 0.00047 и 0.00046 экз/км² соответственно. Очень близкими оказались и относительные показатели численности – 0.0018 и 0.0013 экз/км маршрута (таблицы 2 и 3).

Финвал наблюдался в юго-западной части моря (участки I и II – 8 и 6 экз. соответственно). Одиночные особи встречены 3 раза, пары – 4 раза, группы из трех китов – 1 раз. И как уже отмечено, в одном случае наблюдалась охота финвала в нескольких десятках метров от другого крупного кита – горбача. На участке II 6 особей отмечены на протяжении трансекты в 80 км (0.075 экз/км маршрута). Полученные нами показатели плотности распределения превышают примерно в 1.6 раза таковые судовых учетов 1995–2001 гг. (Øien, 2009) – 0.0016 и 0.00099 экз/км² соответственно, относительные показатели учета – 0.0066 и 0.0021 экз/км маршрута.

В районах наличия горбачей и финвалов отсутствовали крупные кормовые скопления морских птиц, а также скопления беломорского дельфина и малого полосатика, обычно ассоциирующихся с охотящимися на рыбу крупными китами. Поэтому можно предположить, что эти животные кормились зоопланктоном, по всей вероятности – *Calanus finmarhicus*, который мигрирует из Норвежского в Баренцево море, образуя области высокой плотности скопления в местах “столкновения” вод Атлантики (центральной ветви Нордкапского и Мурманского течения) с полярным фронтом (Бойцов, Орлова, 2004).

Малый полосатик отмечен в юго-западной и северо-восточной частях моря (участки I, II и IV) одиночно. Малое число встреч не позволяет даже приблизительно оценить количество животных на единицу площади, поэтому мы приводим относительные показатели обилия для всего маршрута, которые оказались существенно ниже (примерно в 2.5 раза) показателей судовых учетов для летнего периода согласно опубликованным оценкам – 0.0014 и 0.034 экз/км маршрута соответственно (Abundance ..., 2004). Судя по незначительному количеству встреч одного из самых многочисленных полосатиков, вероятно, мы наблюдали малых полосатиков Баренцева моря в начале их весенней миграции из Атлантики.

Морской заяц отмечен во льдах на участке III (5 экз.) и на чистой воде участка V (1 экз.), в 25 км от побережья арх. Новая Земля. В числе особей во льдах была 1 самка со щенком. Подобные пары неоднократно наблюдались в этом районе в прошлые годы (собственные данные). Морские зайцы дважды отмечены также во льдах в восточной части участка III, где подплывали к борту судна.

Группа *обыкновенных (пятнистых) тюленей* из 6 особей отмечена при проходе через Кольский залив на северной оконечности о. Сальный и один тюлень зарегистрирован на обратном пути там же во второй половине мая. Этот вид присутствовал в этом же месте в апреле 2013 г. – 10 особей.

Один *серый тюлень* отмечен нами в центральной части Кольского залива 6 мая.

Гренландские тюлени наблюдались в разреженных льдах с 17 по 20 апреля во время суточных станций на участке III. В центре участка 17 апреля было учтено более 1000 экз. (в основном – в плотной залежке), в последующие дни – 7 особей на маршрутах в светлое время суток и по 2 особи на двух суточных станциях. Погода во все дни была достаточно благоприятной для залегания на льду. 17 апреля – солнце, температура воздуха 1 °С, скорость ветра 1 м/с. В последующие дни наблюдений – 19–22 апреля было пасмурно, температура воздуха 1–4 °С, скорость ветра 2–7 м/с. Возможно, некоторое ухудшение погоды 19–22 апреля могло сказаться на активности залежки, тем не менее едва ли плотность ее была столь же высокой как 17 апреля. На чистой воде в восточной части моря, где в апреле–мае проходит миграция гренландских тюленей (из Печорского моря к ледовой кромке), последние не отмечены, несмотря на благоприятные погодные условия.

21 и 22 апреля на суточных станциях в разреженных прикромочных льдах (участок III) в течение дня (16-кратный бинокль, поле зрения – 360°) отмечено 5–8 лежащих на льду тюленей, из-за большого расстояния до вида не определены.

На участке III отмечены 3 особи белого медведя, из которых два одиночных зверя (с интервалом в несколько часов) подходили к работавшему на станции судну 26 апреля, а один наблюдался во время движения

судна вдоль поля льда 14 мая. Обе встречи произошли в нескольких километрах от чистой воды, в условиях сильно разреженных мелкобитых льдов, по которым медведи передвигались с трудом. Плотность распределения хищников в этом районе была очень высокой – 0.025 экз/км² (во льдах за 2 мес. было пройдено не более 60 км). Вероятно, это объясняется обилием ластоногих (главным образом, гренландских тюленей) – объектов питания для медведей на участке в период наблюдений.

Заключение. Фауна морских млекопитающих в исследованном районе Баренцева моря в апреле–мае представлена 11 видами, которых можно объединить в группы:

- 1) виды, населяющие льды (с прилегающей к ним акваторией);
- 2) виды, обитающие в части акватории, свободной от льда.

В первую группу входят пагофильные виды, мигрирующие весной из Восточной Атлантики и Белого моря (гренландские киты, гренландские тюлени), и постоянные резиденты льдов (белый медведь, морской заяц).

Вторая группа представлена в основном китообразными, также мигрирующими в Баренцево море из Атлантики (атлантический белобокий дельфин, косатка, морская свинья, горбач, финвал, малый полосатик), и круглогодичными резидентами акватории – беломордым дельфином и морским зайцем.

В зоне льдов состав видов ластоногих был характерным для периферической зоны ледового массива с ее высокими разреженностью и раздробленностью льда – морской заяц и гренландский тюлень. Отсутствие встреч кольчатой нерпы, массового вида льдов, является нормальным, так как этот вид предпочитает сплоченные льды. Однако, численное соотношение видов (например, высокая плотность гренландских тюленей) нехарактерна для данного сезона и, возможно, связана с изменениями сроков миграции вида из юго-восточных районов Баренцева моря.

Численность белых медведей в целом соответствует установленной ранее (однако незначительный объем работ во льдах не позволяет делать выводы).

Китообразные в зоне льдов представлены гренландскими китами и косатками. Первый вид типичен для исследованной области, однако наблюдался при необычно высокой численности в малохарактерный для него период года, что также, вероятно, свидетельствует об изменении районов зимовок или сроков весенней миграции из Северной Атлантики.

Заход косаток в область льдов можно считать редким исключением.

На свободной от льда акватории наблюдались все типичные для летнего сезона виды, однако их количественное соотношение и распределение было скорее весенним; массовым видом оказался беломордый дельфин (в значительном количестве зимующий в Баренцевом море), а наибольшее разнообразие и численность видов-мигрантов (весенних) сосредоточены в западной части моря. Увеличение этих показателей от апреля к маю, по-видимому, свидетельствует о начале весеннего прибытия китообразных в Баренцево море из Норвежского именно в эти сроки.

Литература

Бойцов В.Д., Орлова Э.Л. Роль абиотических факторов в формировании биомасс зоопланктона центральной части Баренцева моря и его перенос из других регионов // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 101–118.

Abundance of minke whales (Balaenoptera acutorostrata) in the Northeast Atlantic: variability in time and space / H. Skaug, N. Øien, T. Schweder, N. Gjermund // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61. P. 870–886.

Øien N. Distribution and abundance of large whales in Norwegian and adjacent waters based on ship surveys 1995–2001 // NAMMCO Sci. Publ. 2009. V. 7. P. 31–47.

УДК 598.2 (268.45)

Ю.И. Горяев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

ОРНИТОФАУНА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2016 ГОДА

Аннотация

В апреле–мае 2016 года на чистой воде и вблизи границы плавучих льдов открытой акватории Баренцева моря проведены судовые трансектные учеты морских и водоплавающих птиц. На маршруте протяженностью 2114 км зарегистрировано 25 видов из 5 отрядов. Наибольшее разнообразие видов отмечено в юго-западной части моря. Основу авифауны моря в исследуемый сезон составляют морские птицы из отрядов трубконосых и ржанкообразных – глупыши, чайки, поморники, чистиковые, а также веслоногие – бакланы и олуши (всего 21 вид). Среди них широко распространены и многочисленны на большей части акватории толстоклювая кайра, глупыш и моевка, составляющие более 90 % особей всех видов для исследованного района в целом. В зоне льдов и прилегающей акватории доминирует люрик (36 %). Транзитный пролет мигрирующих птиц через исследованную область выражен слабо и представлен гагарообразными (чернозобая гагара) и гусеобразными (гуменник, обыкновенная гага), обычными для акватории во время осенних и весенних кочевков.

Yu.I. Goryaev

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

BIRD FAUNA IN THE BARENTS SEA IN SPRINGTIME 2016

Abstract

Visual transect counts of marine and floating birds were carried out from a ship in the Barents Sea near the edge of floating sea ice and in open waters in April and May 2016. The total length of the counting route was 2114 km; 25 bird species of 5 orders were detected. The greatest diversity of species was observed in the south-western Barents Sea. During the season under investigation, the bird fauna in the Barents Sea mostly consisted of three orders, tubenoses or petrels (Procellariiformes) and Charadriiformes that include fulmars, gulls, skuas, and auks (alcids), and Pelecaniformes including cormorants, gannets and boobies (21 species in total). Among all of them, the thick-billed murre or Brünnich's guillemot, the northern fulmar, and the black-legged kittiwake comprised more than 90 % of birds of all species and were wide-spread and numerous across a vast water area. The little auk or dovekie was dominant (36 %) in the sea ice zone and adjacent waters. Transit passage of migratory birds through the study area was rarely observed and presented by Gaviiformes (the black-throated loon) and Anseriformes (the taiga bean goose and the common eider), typical for this water area during spring and autumn migrations.

Фауна птиц Баренцева моря достаточно хорошо изучена в летний период. Прочие сезоны до сих пор освещены гораздо менее полно. Так при хорошо известном составе видов практически отсутствуют данные по плотности распределения в различных районах моря в течение года. Весенний период количественный и видовой аспекты фауны морских птиц определяются миграцией видов с мест зимовок к местам гнездования или летнего пребывания (для не размножающейся части популяции). Их распределение на акватории зависит от локализации кормовых объектов, расположения мест гнездований,

а также от особенностей фенологии миграций конкретных видов. В это же время наблюдается миграция группы водоплавающих птиц в Западную Сибирь, которые летят восточноатлантическим путем.

Материал и методы. Учет морских птиц и млекопитающих проведен на 52 трансектах общей протяженностью примерно 2114 км. В апреле было отработано 27 трансект, в мае – 25. Учет выполнен по стандартной методике (Gould, Forsell, 1989).

Результаты. Для Баренцева моря, его островов и побережья описаны 52 вида птиц 4 отрядов, так или иначе связанных с его акваторией (табл. 1). Для большинства видов плотность распределения особей, обитающих на акватории моря в различные сезоны, неизвестно, поэтому в табл. 1 мы приводим приблизительную оценку обилия по шестибалльной шкале.

Таблица 1

Видовой состав и примерная оценка обилия морских птиц по многолетним данным в районе проведения экспедиционных работ (The Barents ..., 2001; собственные данные)*

Таксон	Оценка обилия	
	мин.	макс.
Гагарообразные Gaviformes		
Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i>	ор	р
Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i>	ор	р
Полярная гагара <i>Gavia immer</i>	ор	р
Белоклювая гагара <i>Gavia adamsii</i>	ор	р
Трубноносые Procellariiformes		
Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	мн	м
Прямохвостая качурка <i>Hydrobates pelagicus</i>	ор	ор
Северная качурка <i>Oceanodroma leucorhoa</i>	р	р
Веслоногие Pelecaniformes		
Северная олуша <i>Sula bassana</i>	ор	р
Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>	р	р
Хохлатый баклан <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	ор	р
Гусеобразные Anseriformes		
Тундровый лебедь <i>Cygnus bewickii</i>	ор	р
Гуменник <i>Anser fabalis</i>	ор	р
Короткоклювый гуменник <i>Anser brachyrhynchus</i>	ор	р
Белолобый гусь <i>Anser albifrons</i>	ор	р
Пискулька <i>Anser erythropus</i>	ор	р
Белощекая казарка <i>Branta leucopsis</i>	ор	р
Черная казарка <i>Branta bernicla</i>	ор	р
Пеганка <i>Tadorna tadorna</i>	ор	р
Чирок свистунок <i>Anas crecca</i>	ор	р
Морская чернеть <i>Aythya marila</i>	ор	р
Обыкновенная гага <i>Somateria mollissima</i>	р	р
Гага-ребенушка <i>Somateria spectabilis</i>	р	р
Стеллерова гага <i>Polystikta stelltry</i>	р	р
Морянка <i>Clangula hyemalis</i>	р	р
Синьга <i>Melanitta nigra</i>	ор	р
Турпан <i>Melanitta fusca</i>	ор	р
Длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i>	р	р
Большой крохаль <i>Mergus merganser</i>	р	р

Таксон	Оценка обилия	
	мин.	макс.
Ржанкообразные Charadriiformes		
Большой поморник <i>Stercorarius skua</i>	ор	р
Средний поморник <i>Stercorarius pomarinus</i>	н	о
Короткохвостый поморник <i>Stercorarius parasiticus</i>	р	н
Длиннохвостый поморник <i>Stercorarius longicaudus</i>	р	н
Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i>	р	р
Сизая чайка <i>Larus canus</i>	р	р
Клуша <i>Larus fuscus</i>	р	р
Серебристая чайка <i>Larus argentatus</i>	р	о
Западно-сибирская чайка <i>Larus heuglini</i>	р	р
Полярная чайка <i>Larus glaucooides</i>	р	р
Бургомистр <i>Larus hyperboreus</i>	н	н
Морская чайка <i>Larus marinus</i> L., 1758	р	н
Вилохвостая чайка <i>Xema sabini</i>	ор	р
Моевка <i>Rissa tridactyla</i> (L., 1758)	н	мн
Белая чайка <i>Pagophila eburnea</i>	ор	н
Речная крачка <i>Sterna hirundo</i>	ор	р
Полярная крачка <i>Sterna paradisaea</i>	ор	р
Люрик <i>Alle alle</i>	р	м
Гагарка <i>Alca torda</i>	р	р
Тонкоклювая кайра <i>Uria aalge</i>	ор	н
Толстоклювая кайра <i>Uria lomvia</i>	о	м
Чистик <i>Cephus grylle</i>	ор	н
Тупик <i>Fratercula arctica</i>	ор	р

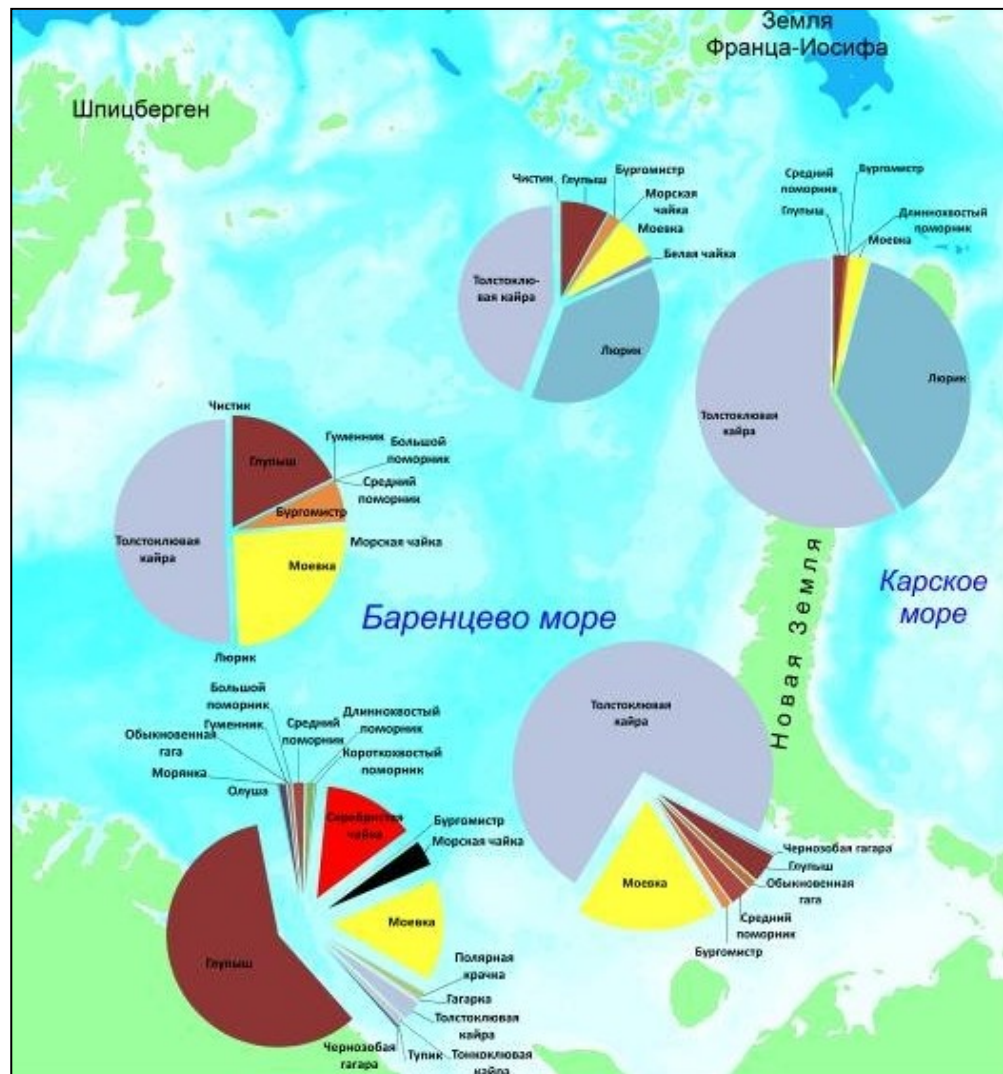
* Кулики и хищные птицы не приводятся.

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в табл. 2 оценка обилия птиц: ор – очень редкий, р – редкий, н – немногочисленный, о – обычный, мн – многочисленный, м – массовый вид.

Учеты выполнены на удалении 25 км и более от побережья, т. е. район наблюдений можно охарактеризовать как открытую акваторию моря. Исследованная акватория, ввиду приуроченности ее отдельных участков к районам, отличным по гидрологическим и трофическим условиям, очень неоднородна по условиям обитания птиц, в связи с чем в ее пределах необходимо рассматривать несколько самостоятельных участков. В связи с этим мы выделили пять участков: I – юго-западный, II – западный, III – прикромочный, IV – северо-восточный, V – юго-восточный (рисунки).

Во время экспедиции были отмечены 25 видов морских птиц (табл. 2). По причине удаленности от побережий из поля учета почти полностью выпадают птицы, обитающие и мигрирующие в узкой прибрежной зоне – большая часть отряда гусеобразных, веслоногих (за исключением олуши), подотряда чистиков. Достаточно полные данные по плотности распределения имеются только для массовых видов – глупыша, моевки и толстоклювой кайры. Глупыш – абсолютный количественный доминант в позднелетний период, а весной значительно уступает по численности моевкам и чистиковым птицам. По данным авиа- и судовых учетов плотность распределения глупышей летом в среднем составляет 12 экз/км².

Плотность моевок также значительно выше летом – 2–10 экз/км², а вот толстоклювых кайр, напротив, близка к определенной нами и равна примерно 2–5 экз/км² (Результаты ..., 1992, Особенности ..., 2006; Боркин, 2012).



Общая плотность распределения морских птиц на участках и доля видов в составе фауны в период экспедиции

Таблица 2

Плотность распределения (экз/км²) и относительное обилие видов морских птиц в Баренцевом море в апреле–мае 2016 г.

Вид	Участки				
	I	II	III	IV	V
Чернозобая гагара	0.03 (н)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	0.01 (н)
Глупыш	4 (мн)	1.26 (мн)	0.57 (о)	0.11 (о)	0.3 (о)
Северная олуша	0.007 (р)	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Хохлатый баклан	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Гуменник	0.001 (р)	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)	0.02 (н)
Морянка	0.07 (н)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Обыкновенная гага	0.033 (н)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	0.1 (о)
Большой поморник	0.001 (р)	0.003 (р)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Средний поморник	0.11 (о)	0.005 (р)	– (ор)	0.024 (н)	0.2 (о)
Короткохв. поморник	0.01 (н)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Длиннохвостый поморник	0.1 (о)	– (ор)	– (ор)	0.003 (р)	– (ор)
Озерная чайка	– (ор)	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Серебристая чайка	1 (мн)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Полярная чайка	– (ор)	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Бургомистр	0.01 (н)	0.42 (о)	0.14 (о)	0.02 (н)	0.1 (о)
Морская чайка	0.25 (о)	0.001 (р)	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)
Моевка	1 (мн)	1.8 (мн)	0.43 (о)	0.19 (о)	1.4 (мн)
Белая чайка	– (ор)	– (ор)	0.067 (н)	– (ор)	– (ор)
Полярная крачка	0.08 (о)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Люрик	– (ор)	0.003 (р)	2.26 (мн)	3.1 (мн)	– (ор)
Гагарка	0.01 (н)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Тонкоклювая кайра	0.048 (н)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Толстоклювая кайра	0.2 (о)	3.6 (мн)	2.7 (мн)	4.8 (м)	5.8 (м)
Чистик	– (ор)	0.004 (р)	0.02 (н)	– (ор)	– (ор)
Тупик	0.001 (р)	– (ор)	– (ор)	– (ор)	– (ор)
Всего	20	13	8	7	8

На *участке I* (табл. 2, рисунок) с апреля по май количество видов увеличилось с 8 до 17. Многочисленными в течение двух месяцев были глупыш (59 %), серебристая чайка (13 %) и моевка (15 %), обычными – морская чайка (4 %), толстоклювая кайра (3 %). Доля каждого из других зарегистрированных видов не превышала 1–2 % (немногочисленные и редкие). Общая плотность распределения всех видов птиц составила в среднем для двух месяцев 6.8 экз/км². Из морских птиц, наблюдавшихся на участке в оба месяца, высокий рост численности отмечен только у глупыша (в 100 раз), что, вероятно, связано как с увеличением численности по мере прилета с мест зимовок, так и с нахождением в исследованном районе в мае кормового зоопланктона; количество бургомистров увеличилось в 2 раза. Серебристая чайка, морская чайка, моевка не показали никакой существенной динамики численности, а количество толстоклювых кайр снизилось в 5 раз, тонкоклювых – в 3 раза. Остальные виды отмечались лишь в один из двух месяцев, в основном в мае. Для этого месяца характерно наибольшее разнообразие мигрирующих водоплавающих птиц (летели в незначительном количестве гагары, гуменники, морянки), а также появление олуши, 4 видов поморников, полярной крачки, гагарки.

На *участке II* (табл. 2, рисунок) с апреля по май количество видов увеличилось с 4 до 10. В среднем для двух месяцев многочисленными были толстоклювая кайра (51 %), моевка (25 %) и глупыш (18 %), обычен был бургомистр (6 %). Другие виды были редки и в сумме составили 0.25 % общей численности всех видов. Из морских птиц, наблюдавшихся на участке в апреле и мае, рост численности отмечен только у моевки (примерно в 2 раза), для остальных характерно снижение численности (толстоклювая кайра и глупыш – в 2–3 раза, бургомистр – в 10 раз). Общая плотность распределения всех видов в апреле–мае составила 7 экз/км². В мае были отмечены мигрирующие через участок гуменники, а из морских птиц большой и средний поморники, морская чайка, люрик и чистик.

На *участке III* (табл. 2, рисунок) количество видов в апреле – 7, в мае – 6. Многочисленными в апреле–мае были толстоклювая кайра (44 %) и люрик (37 %), обычные – глупыш (8 %), моевка (7 %), бургомистр (2 %). Немногочисленной была белая чайка (1 %), остальные виды были редки (0.3 % в сумме). В числе морских птиц, наблюдавшихся на участке в оба месяца, значительное увеличение численности к маю отмечено у люрика (в 3 раза), моевки (в 2 раза), численность глупыша не изменилась, а численность бургомистра и толстоклювой кайры снизилась в 3 и 4 раза соответственно. В апреле отмечены белая и морская чайки, в мае – чистик. Общая плотность распределения всех видов птиц в апреле–мае составила примерно 6 экз/км².

Участок IV (табл. 2, рисунок) был обследован только в мае. Зарегистрировано 7 видов птиц, из которых наиболее многочисленны люрик (35 %) и толстоклювая кайра (58 %). Глупыш, средний поморник, длиннохвостый поморник, бургомистр, моевка были редки (суммарно примерно 4 %). Общая плотность распределения всех видов составила примерно 8.2 экз/км².

Участок V (табл. 2, рисунок) также обследован лишь в мае. Фауна птиц представлена 8 видами, среди которых доминирует по численности толстоклювая кайра (75 %). Многочисленна была моевка (17 %), а суммарная доля глупыша, среднего поморника и бургомистра не превышала 7.3 %. Мигрирующие водоплавающие птицы, среди которых отмечены обыкновенная гага, чернозобая гагара и гуменник в сумме составили 1.4 %, а общая плотность распределения особей всех видов – примерно 7.8 экз/км².

Заключение. Анализ результатов экспедиционных наблюдений и многолетних архивных данных позволяет сделать следующие выводы.

Фауна птиц Баренцева моря в апреле–мае представлена 25 видами. Наибольшее разнообразие видов отмечено в юго-западной и западной частях моря.

Группу гнездящихся или летующих видов составляют морские птицы отрядов трубконосых и ржанкообразных – глупыши, чайки, поморники, чистиковые, а также веслоногие – бакланы и олуши (всего 21 вид). Среди них наиболее многочисленны на большей части акватории только толстоклювая кайра (3.4 экз/км², 55 %), глупыш (1.24 экз/км², 20 %) и моевка (0.96 экз/км², 16 %). Прочие виды очень редки, редки или немногочисленны.

Небольшая часть видов-резидентов в границах исследованной части моря приурочена к относительно локальным зонам, где они довольно многочисленны: серебристая чайка (прибрежные воды) и люрик (зона льдов с прилегающей акваторией). Доля этих видов в данных районах достигает 13 и 38 % соответственно.

Транзитный пролет мигрирующих птиц через исследованную область выражен слабо и представлен гагарообразными (чернозобая гагара) и гусеобразными (гуменник, морянка, обыкновенная гага), обычными для акватории во время осенних и весенних кочевок. Пролетные виды отмечены в юго-западной и юго-восточной части акватории. По-видимому, пролет проходит в непосредственной близости к южному побережью и над ним, а в обследованных районах летит незначительная часть птиц, отклонившихся от основного русла. При значительной разнице в составе видов на участках общая плотность распределения птиц всех видов в них различается мало (от 6 до 8 экз/км²).

Литература

Боркин И.В. О значении сайки в питании наиболее массовых птиц Баренцева моря // Вестн. Балт. федерал. ун-та им. И. Канта. 2012. Вып. 1. С. 107–115.

Особенности распределения и численность наиболее массовых морских птиц-ихтиофагов Баренцева моря в связи с распределением их жертв в 2003–2004 гг. / И.В. Боркин, С.В. Зырянов, В.А. Терещенко, С.А. Егоров // Рыбное хозяйство. 2006. № 1. С. 97–101.

Результаты авиасъемки морских птиц Баренцева моря осенью 1991 г. / И.В. Боркин, В.И. Черноок, И.Я. Пономарев и др. // Исследование взаимоотношений рыб в Баренцевом море. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1992. С. 301–317.

Gould P.J., Forsell D.J. Techniques for shipboard surveys of marine birds // Fish and Wildlife Technical Rep. Washington, 1989. V. 25. 22 p.

The Barents Sea ecoregion: a biodiversity assessment / T. Larsen, D. Nagoda, J.R. Anderson (Eds.). Oslo: World Wildlife Fund, 2001. 160 p.

УДК 551.468 (268.45):504.054

Г.В. Ильин, И.С. Усягина, Н.Е. Касаткина, Д.А. Валуйская, А.А. Дерябин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕДОВОЙ ПРИКРОМОЧНОЙ ЗОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ 2016 ГОДА)

Аннотация

Выполнены радиоэкологические исследования морской среды в ледовой прикромочной зоне Баренцева моря. Приведены данные о современной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в воде, молодых льдах и донных отложениях моря. Положение кромки плавучего льда в апреле 2016 г. характеризовалось аномальным смещением к северу, а ледовые процессы соответствовали зимнему периоду. Новообразование льда и наличие битого льда не оказывают влияния на радиоэкологическое состояние верхнего слоя вод. Дифференциация удельной активности ¹³⁷Cs происходит в глубинных слоях прикромочной зоны, характеризуется слабовыраженной тенденцией роста ко дну и поддерживается аккумуляцией у дна тонкодисперсной взвеси. Загрязнение донного осадка, вызванное в том числе и атмосферными выпадениями радионуклидов, опосредовано ледовыми процессами. Мощность загрязненного слоя составила примерно 4 см, однако уровень радиоактивного загрязнения оказался низким.

G.V. Ilyin, I.S. Usyagina, N.E. Kasatkina, D.A. Valuiskaya, A.A. Deryabin
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDES IN THE MARGINAL ICE ZONE OF THE BARENTS SEA (RESULTS OF A CRUISE IN 2016)

Abstract

The paper addresses radioecological studies in the marginal ice zone of the Barents Sea in April and May 2016. It adduces data on the current activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in sea water, young sea ice, and bottom sediments. In April 2016, the edge of the floating sea ice was anomalously shifted northwards; ice processes corresponded to the winter period. The formation of new ice and the presence of broken ice do not have any impact on the radioecological status of the upper seawater layer. Differentiation of specific activity of ^{137}Cs occurs in deeper layers of the marginal ice zone, is characterized by mild growth trend as closer to the bottom, and is supported by the accumulation of fine suspension at the bottom. Contamination of bottom sediments caused by, among other sources, atmospheric fall-outs is mediated by ice processes. Thickness of the contaminated layer was approximately 4 cm; however, the level of contamination was low.

Введение. Исследование радиоэкологической ситуации в ледовой прикромочной зоне стоит в ряду общих задач изучения и мониторинга состояния среды различных океанографических зон Баренцева моря как объекта, находящегося под воздействием множественных региональных и локальных источников радиационного загрязнения. К таковым относятся атлантические течения – транзитеры загрязнений от источников в Западной Европе, разветвленная инфраструктура гражданского и военного атомного флота, загрязненные участки испытательных полигонов на архипелаге Новая Земля. Однако особый научный интерес к состоянию прикромочной зоны связан с ледовым переносом аккумулированных в толще дрейфующего льда радионуклидов, выпавших на ледовую поверхность при глобальном и региональном атмосферном переносе. Радионуклиды, накопленные во время зимы, высвобождаются весной при таянии льда. Таким образом, в относительно узкой зоне ледовой кромки Баренцева моря создается потенциал локального роста радионуклидного фона в водной среде и для биологического поглощения техногенных радионуклидов.

В Баренцевоморском бассейне наблюдаются льды местного происхождения, аккумулирующие атмосферные выпадения непосредственно в пределах акватории моря. Главным образом, это однолетние льды, которые образуются осенью и зимой, а весной и летом тают. Старые льды, в том числе паковые, в последние годы практически не встречаются.

В Баренцевом море подробное изучение радиоэкологической характеристики ледовой кромки проведено впервые в “постядерную эпоху”, после прекращения испытаний оружия, когда общий фон радиоактивного загрязнения от всех источников значительно снижен (Современная ..., 2014). К тому же современный научный и практический интерес к изучению особенностей регионального фона связан с выносом радионуклидов, депонированных в период ядерных испытаний в почвенно-грунтовой покрове и ледниках архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Влияние поверхностного стока с архипелагов на морскую среду уже было отмечено в некоторых исследованиях, и может быть вызвано потеплением в Арктике (Усягина и др., 2014; Ильин и др., 2015; Радиоэкологические ..., 2017). Быстрое

таяние ледников увеличивает вероятность регионального ветрового переноса терригенных загрязненных субстанций.

Таким образом, цель работы – изучение региональных особенностей радионуклидного загрязнения Баренцева моря в специфических условиях высоких широт и оценка роли плавучих льдов в перераспределении техногенных радионуклидов в морской среде.

Материал и методы. Исследования выполнены во второй половине апреля 2016 г. в прикромочной зоне плавучего ледового покрова в полосе разреженного битого льда и открытой воды (рис. 1).

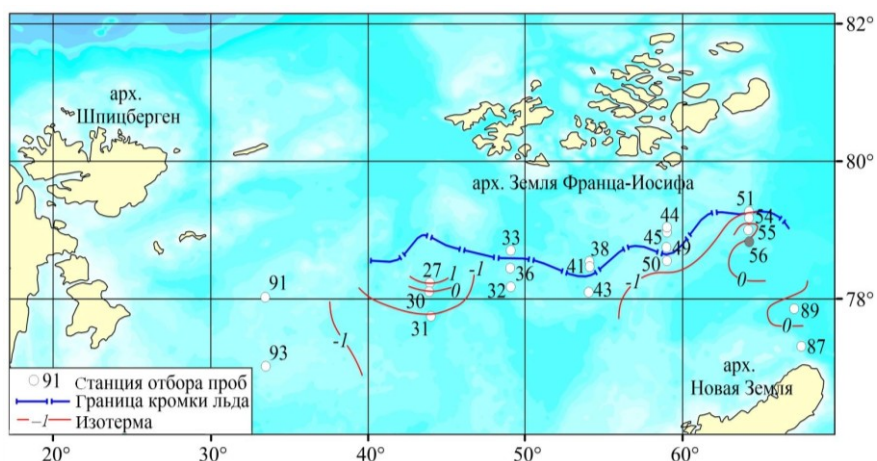


Рис. 1. Район экспедиционных исследований. Кромка битого льда показана с учетом особенностей эволюции ледовых условий и временной дискретности наблюдений

Было изучено содержание техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в водной среде и в донных отложениях. При этом исследовался не только поверхностный слой воды, но также глубинные и придонный. Отобрана проба плавучего льда. В донных отложениях дополнительно были взяты колонки осадка длиной до 10–12 см (таблица).

Сбор, обработку и анализ материалов осуществляли общепринятыми в международной практике методами. Радиологический анализ выполнен в лаборатории ММБИ. В пробах воды определена активность радиоизотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Для концентрирования ^{137}Cs из морской воды использовали целлюлозный неорганический сорбент “Анфеж”.

Объем собранного материала

Тип пробы	Количество проб	
	для определения ^{137}Cs	для определения ^{90}Sr
Вода		
поверхностный слой	12	5
глубинные слои	13	8
придонный слой	5	4
всего	30	17
Донный осадок (0–2 см)	12	12
Донный осадок (колонка)	2	2
Лед	1	–

Измерения активности радионуклидов в пробах сорбента и донного осадка выполнены на спектрометрах гамма-излучения InSpector-2000, гамма- и рентгеновского излучения b13237 (“Canberra”, США). Обработка и анализ спектров проведены с помощью программного обеспечения Genie-2000.

Определение удельной активности ^{90}Sr в пробах осуществляли методом радиохимического концентрирования равновесного ^{90}Y . Счетные образцы измерены на жидкосцинтилляционном β -радиометре “LS-6500” (“Beckman Instruments Inc.”, США).

Результаты и обсуждение. Характеристика района исследований и прикромочной ледовой зоны. Район исследований занимал относительно узкую полосу между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля от 78° с. ш. до 79.5° с. ш, в пределах которой перемещалась южная граница ледового покрова в период исследований (рис. 1).

В океанографии прикромочной зоной принято считать пограничную область между ледовым покровом и открытыми районами моря. Эта область характеризуется специфическими океанографическими условиями: тонким распресненным слоем на поверхности, образующимся в результате таяния льда; наличием конвекции и разномасштабных неоднородностей в поле течений и термохалинных характеристик; затуханием ветровых волн и зыби. Исследуемый в настоящей работе район связан с прикромочной зоной плавучего льда, которая характеризуется в дополнение к вышеизложенному динамичностью своего положения на акватории моря в течение года, зависящей от стадии развития процессов ледообразования и ледотаяния.

По климатическим нормам в апреле ледовый покров в Баренцевом море получает максимальное развитие и распространяется на юг до 74° с. ш. (Гидрометеорология ..., 1990). Однако в апреле 2016 г. граница ледовой кромки не достигала своего климатического положения и быстро смещалась к северу в высокоширотной области моря в соответствии с существующими гидрометеорологическими условиями.

Район исследований захватывал участки разреженного битого льда как фрагмент ледовой кромки и полосу открытой воды – зону турбулентности и перемешивания, вызванного дрейфом ледовых полей.

Граница плавучего ледового покрова была отмечена узкой полосой (5–10 миль) разреженного битого морского льда и значительным снижением солености до 34.45 ‰. Слой распресненной воды, образующийся в прикромочной зоне, обнаруживался фрагментами (станции 51–54) и был отделен от подстилающих слоев на глубине 15–25 м хорошо сформированным пикноклином. В условиях распреснения пикноклин, как правило, совпадает с галоклином и изолирует талые воды от нижележащих слоев. Наличие ареалов высокой и пониженной солености (34.45–34.7 ‰) в зоне битого льда, низкая температура воды ($-1.6...-1.8$ °C) и воздуха ($-1...-8$ °C), образование блинчатого льда свидетельствовали о сочетании процессов ледотаяния и ледообразования в прикромочной зоне, что соответствует конечному этапу зимнего периода.

Структура вод в зоне турбулентности была весьма неоднородной и представляла собой систему разномасштабных линз и вихрей, сгенерированных движущимися и тающими ледовыми полями. Взаимодействие основных для ледовой кромки водных масс (зимней баренцевоморской и арктической) осложнялось поступлением в глубинные слои теплой атлантической водной массы, фрагментами

выходящей на поверхность (рис. 2). Ширина турбулентной зоны составляла до 40–50 миль, а вертикальное развитие достигало более 50 м. При смешении вод были сформированы остроградиентные поля температуры и солёности. Характерная для водных масс солёность (34.8 ‰ – зимняя баренцевоморская, < 34.6 ‰ – арктическая, > 34.8 ‰ – атлантическая; Химические ..., 1997) позволяла идентифицировать генетический тип водной массы в линзах и вихрях.

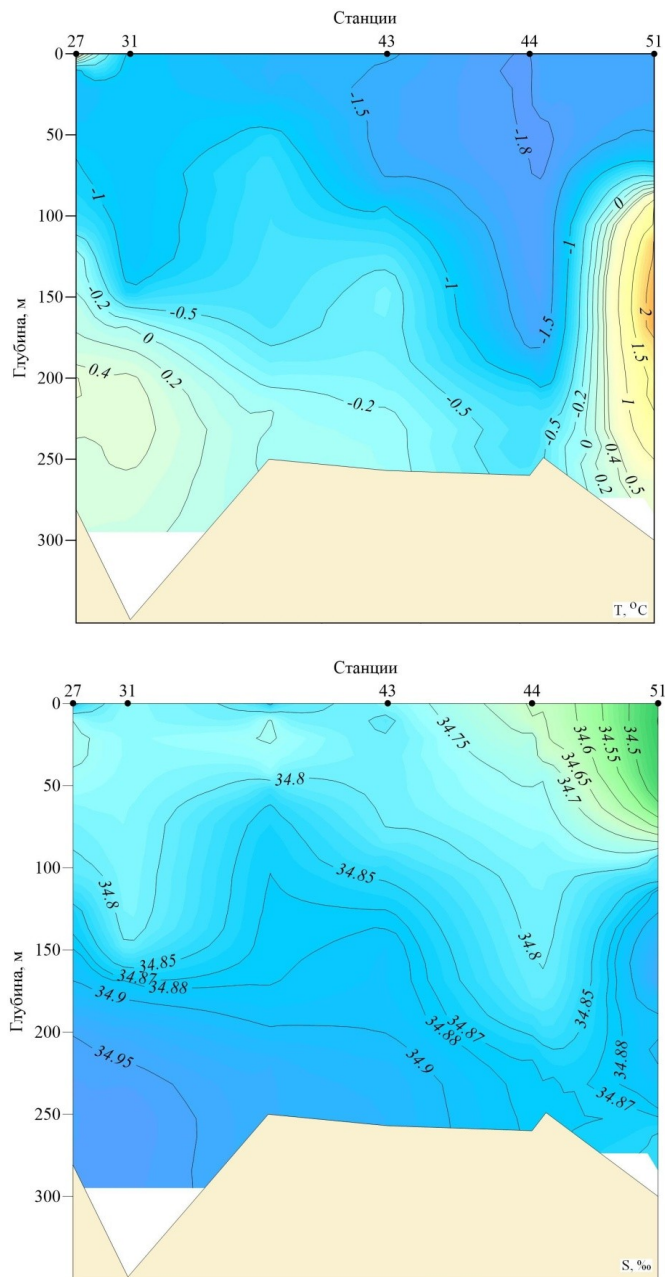


Рис. 2. Профили температуры и солёности на широтном разрезе ледовой прикромочной зоны в апреле 2016 г.

Таким образом, исследуемую ледовую прикромочную зону следует рассматривать как короткоживущую, динамично изменяющуюся относительно узкую зону воды с чередующимися участками обострения градиентов температуры и солёности, не имеющую линии основного фронтального раздела и четких границ.

Техногенные радионуклиды в воде ледовой прикромочной зоны.

По данным наблюдений, объемная активность ^{137}Cs в поверхностном слое вод варьировала в диапазоне 0.8–2.1 Бк/м³, а ^{90}Sr – от 1 до 3.3 Бк/м³ (рис. 3). То есть необходимо отметить в целом очень низкое радионуклидное загрязнение верхнего слоя воды в прикромочной зоне. Пробы воды, отобранные для исследования, принадлежат двум обозначенным выше водным массам: зимней баренцевоморской и арктической, к которой относится и распресненная вода у ледовой кромки. Именно в верхнем слое 15–25 м может наблюдаться влияние талого льда на радиозэкологическое состояние морской воды. Лед из Карского моря в Баренцево практически не поступает вследствие слабых течений и не искажает складывающуюся в прикромочной зоне радиозэкологическую ситуацию. Однако, по выполненным наблюдениям, отличительных признаков дифференцированного распределения радионуклидов в зоне битого льда и в турбулентной зоне не обнаружено. Статистически достоверных отличий между концентрациями рассматриваемых радионуклидов воде в районе кромки и в других районах Баренцева моря не выявлено, не наблюдается и статистически достоверной связи объемной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr с температурой и солёностью вод поверхностного слоя.

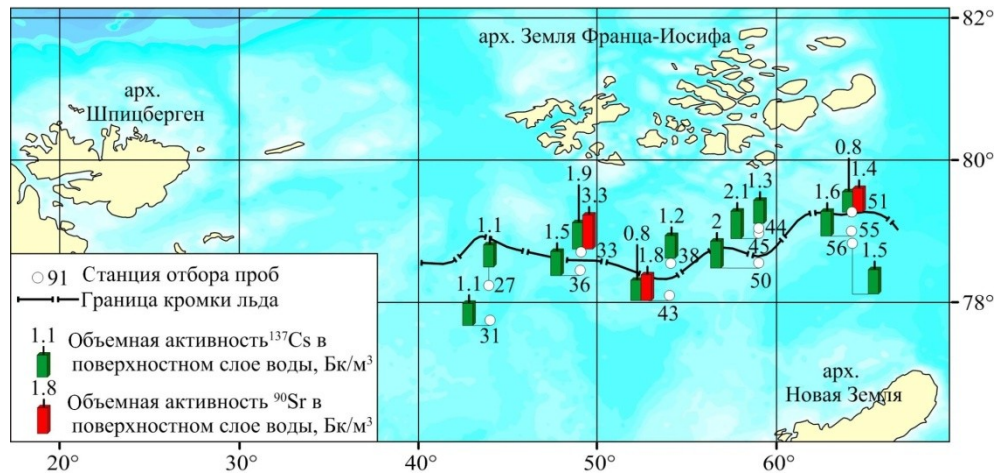


Рис. 3. Объемная активность радионуклидов в поверхностном слое воды в апреле 2016 г.

При гамма-спектрометрическом анализе блинчатого льда (масса пробы 100 кг), отобранного у ледовой кромки, было отмечено включение техногенных радиоизотопов в структуру льда. Объемная активность ^{137}Cs в нарастающем льду (1.7 ± 0.8 Бк/м³) в целом соответствовала его среднему содержанию в окружающей воде (1.4 ± 0.4 Бк/м³). Ранее изучение радиэкологического состояния морского плавучего льда в Баренцевом море не проводилось. Ближайшие к данному району исследования были выполнены в прилегающей акватории Северного Ледовитого океана более 20 лет назад – в 1993 г.

Таким образом, радиационный фон плавучего льда не отличается от такового водной среды в районе своего формирования. Дрейфующий лед как агент перераспределения загрязнений выполняет транспортную функцию и может играть роль генератора неоднородности загрязнения в морском бассейне. Влияние плавучего льда как аккумулятора атмосферных выпадений радионуклидов в период наблюдений не выявлено. Однако следует учесть неблагоприятные для такого анализа факторы – господствующие в районе исследований зимние погодные условия, препятствующие активному таянию льда, и колоссальное сокращение площади ледового покрова.

В вертикальной структуре вод различия концентрации радионуклидов малы (рис. 4). Однако ниже слоя турбулентности в распределении ^{137}Cs и ^{90}Sr отмечена устойчивая тенденция роста концентрации, хотя, в целом, его содержание остается низким. Диапазон изменений объемной активности ^{137}Cs по вертикальному профилю на разрезе через прикромочную зону разновелик и составляет от 0.5 до 1.3 Бк/м³ в зависимости от гидродинамики и подстилающей водной массы. Рост объемной активности ^{137}Cs в глубинных слоях обусловлен, по-видимому, концентрацией взвеси, оседающей в период осенне-зимней конвекции из вышележащих слоев. Миграция изотопов ^{137}Cs тесно связана с перераспределением минерального и органического взвешенного вещества – основного сорбента этого радионуклида в морской воде. Поэтому в период наших наблюдений, в конце гидрологической зимы, более высокая концентрация ^{137}Cs наблюдалась в придонном слое вод (рис. 4). На этом фоне максимальное содержание радиоизотопа в глубинных слоях (до 2.5 Бк/м³) характерно для участков выхода в прикромочную зону теплых и соленых атлантических вод (рис. 2).

В отличие от ^{137}Cs ^{90}Sr слабо сорбируется взвесью и мигрирует в основном в растворе. Потому концентрация ^{90}Sr в слоях воды разнообразна (от 0.5 до 3.7 Бк/м³, в среднем – 2.3 ± 1.1 Бк/м³), а закономерности распределения размыты и требуют более подробного изучения. Относительно высокая вариация концентраций (примерно 50 %) определяется неравномерностью смешения разнотипных вод, тогда как концентрация ^{137}Cs связана с концентрацией взвеси.

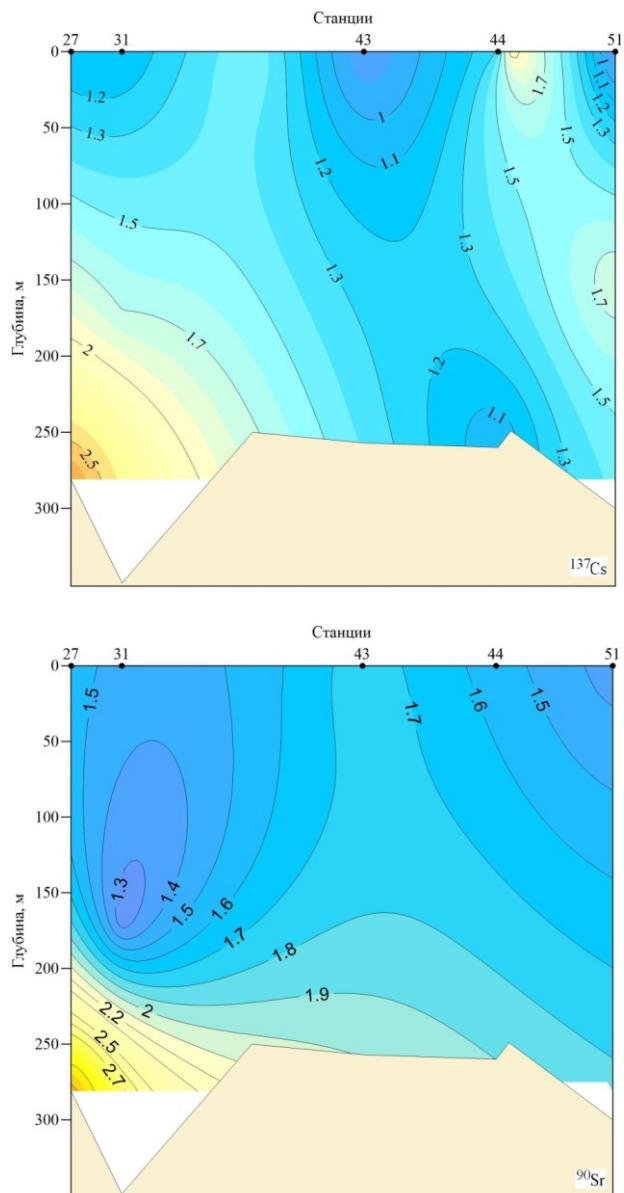


Рис. 4. Вертикальное распределение объемной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr на разрезе вдоль ледовой прикромочной зоны в апреле 2016 г., Бк/м³

Радионуклиды в донных отложениях. Донные отложения существенно меньше подвергаются загрязняющему влиянию плавучих льдов чем водная среда вследствие сезонной динамичности пространственного положения ледовой кромки. По-видимому, наиболее значимое воздействие происходит в зимний период при интенсивном осаждении мелкодисперсной взвеси при вертикальной конвекции и весной при таянии льда. Именно процесс зимней конвекции наблюдался на исследуемом участке (рисунки 2, 3).

Донные осадки практически повсеместно имели постоянный механический состав, что соответствует спокойному характеру донного рельефа,

представляющего собой относительно выровненный участок Северного плато с глубинами моря 250–300 м.

По данным анализа колонок длиной до 12 см, взятых на станциях 27 и 51, верхний относительно тонкий слой бурого ила (примерно 2–3 см) подстилается слоем плотных, рассыпчатых бурых или черных глин. На некоторых станциях отмечены редкие включения мелкого гравия и гальки в интервале 7–12 см.

Концентрация техногенных ^{137}Cs и ^{90}Sr в верхнем современном слое осадка (0–2 см) была низкой. Удельная активность ^{137}Cs варьировала в пределах среднего значения 2.2 ± 1.1 Бк/кг сухого осадка, а удельная активность ^{90}Sr – около 1.3 ± 0.9 Бк/кг (рис. 5).

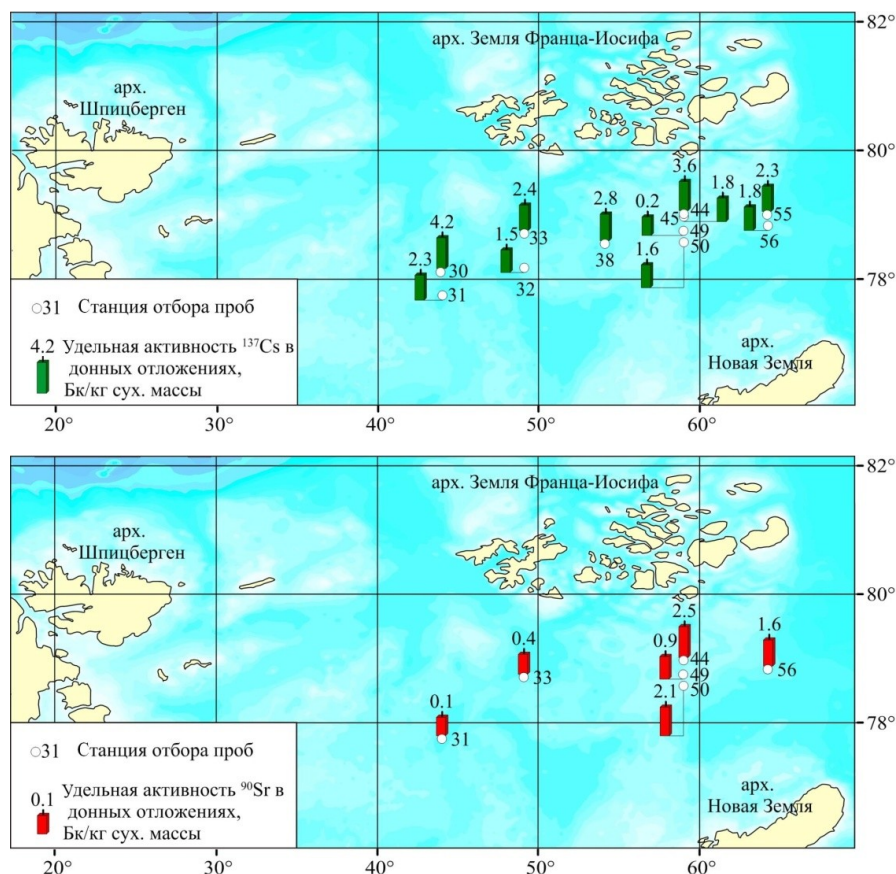


Рис. 5. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в донных отложениях прикромочной зоны в апреле 2016 г.

Таким образом, содержание радионуклидов в изучаемом районе соответствует общему для донных отложений глубоководной части Баренцева моря современному радиозэкологическому фону, который характеризуется диапазоном концентрации ^{137}Cs от 0.8 до 3 Бк/кг сухого осадка, а ^{90}Sr – от 0.8 до 1.0 Бк/кг (Матишов, Матишов, 2001; Современная ..., 2014). Полученные результаты хорошо согласуются с данными других наблюдений в высокоширотной зоне Баренцева моря (Усягина и др., 2014), по которым радиозэкологический фон донных отложений в исследуемой нами области соответствует концентрации ^{137}Cs 1.0–3.8 Бк/кг, а ^{90}Sr – 0.7 Бк/кг сухого осадка.

Несмотря на механическую однородность верхнего слоя отложений, на общем фоне низкой концентрации радионуклидов отмечена повышенная вариативность удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr – 50 и 73 % соответственно. Одной из причин этого является в том числе неравномерность радионуклидного загрязнения вытаявающей из льда терригенной взвеси. Отметим, что при климатической “норме” исследуемый район является летней границей плавучего льда, интенсивное таяние которого происходит в июле и августе (Гидрометеорология ..., 1990).

При исследовании колонок послойно проанализировано содержание ^{137}Cs в донном осадке. В глубинных слоях отложений не фиксируется рост удельной активности этого радионуклида, что соответствовало бы эпохе ядерных испытаний. Наоборот, в слое от 4 до 8 см отмечено резкое снижение удельной активности радиоцезия с 3.5 до 0.2 Бк/кг сухого осадка. Слой современных осадков 0–4 см, по-видимому, отделяет “ядерную” эпоху в седиментогенезе высокоширотных областей Баренцева моря. В более глубоких слоях происходит диффузионная миграция и биотурбация радионуклидов.

Заключение. В итоге проведенных исследований можно заключить, что, несмотря на аномально высокое широтное положение кромки плавучего льда в апреле 2016 г., ледовые процессы соответствуют зимнему периоду с образованием молодых льдов. Таяние льдов не развито. При складывающейся гидрологической ситуации в верхнем слое вод прикромочной зоны практически не наблюдается пространственных различий объемной активности техногенных радионуклидов, связанных с наличием битого льда или образованием нового льда. Однако в вертикальной структуре вод можно отчетливо наблюдать глубинную дифференциацию активности ^{137}Cs , геохимически связанную с вертикальным перераспределением минерального и органического взвешенного вещества, с диапазоном изменений по вертикальному профилю от 0.5 до 1.3 Бк/м³. Аккумуляция тонкодисперсной взвеси у дна в конце гидрологической зимы определяет максимум концентрации изотопов ^{137}Cs в придонных горизонтах.

При ледообразовании фоновая концентрация ^{137}Cs в молодых льдах идентична таковой в водной среде на месте образования ледового покрова, что в дальнейшем, при дрейфе ледовых полей, становится еще одним фактором разномасштабного перераспределения радионуклидов.

В условиях слабого влияния атлантических вод и отсутствия материкового стока в высокоширотной зоне моря к числу основных источников поступления радионуклидов в донные отложения следует отнести аэрозольный поток тонкодисперсного терригенного вещества, влияние которого опосредовано ледовыми процессами. Слой донного осадка, сформированный в холодной высокоширотной зоне, в том числе под влиянием атмосферных выпадений, составил примерно 4 см, а удельная активность техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr оказалась низкой. Вследствие этого можно утверждать, что атмосферные выпадения радионуклидов не создают значимого радиоактивного загрязнения донных осадков в высокоширотной области Баренцева моря по сравнению с водным трансграничным переносом радионуклидов.

Литература

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. I. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 280 с.

Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Современная оценка радиоэкологического состояния среды Карского моря // Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований: Матер. науч. конф. (Москва, 27–29 мая 2015 г.). М.: АПР, 2015, С. 267–275.

Матишов Д.Г. Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. 417 с.

Радиоэкологические исследования на севере архипелага Новая Земля / А.Ю. Мирошников, Н.П. Лаверов, Р.А. Чернов и др. // *Океанология*. 2017. Т. 57, № 1. С. 227–237.

Современная радиоэкологическая нагрузка на морскую среду Западной Арктики / Г.Г. Матишов, Д.Г. Матишов, Г.В. Ильин и др. // *Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений*. СПб.: Реноме, 2014. С. 76–98.

Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Ильин Г.В. Техногенные радионуклиды в морской среде и элементах наземной экосистемы архипелага Земля Франца-Иосифа // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. *Океанология*. 2014. Вып. 2, № 4(23). С. 102–112.

Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Отв. ред. И.А. Шпарковский. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 404 с.

