

Российская Академия Наук

ТРУДЫ

2/2016 (36)

издается с декабря 2010 г.

УДК 551.46

ISSN 2307-5252

ISBN 978-5-91137-316-0

Кольского научного центра

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. Дженюк,

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 3

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, 2016

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Стрелкова (Анисимова) Н.А.	7
История изучения бентоса на разрезе “Кольский меридиан”.....	
Брызгин В.Ф.	29
Комплексная гидробиологическая съемка донной фауны Баренцева моря 1968–1972 годов (организация, выполнение, результаты).....	
Любин П.А.	43
Сравнительный анализ селективности методов промывки количественных проб бентоса, применявшихся в исследованиях на разрезе “Кольский меридиан”.....	
Любина О.С., Стрелкова (Анисимова) Н.А., Любин П.А., Фролова Е.А., Дикаева Д.Р., Зими́на О.Л., Ахметчина О.Ю., Манушин И.Е., Нехаев И.О., Фролов А.А., Захаров Д.В., Гарбуль Е.А., Вязникова В.С.	64
Современное количественное распределение зообентоса на разрезе “Кольский меридиан”.....	
Любин П.А., Любина О.С., Стрелкова (Анисимова) Н.А., Карсаков А.Л., Манушин И.Е., Зими́на О.Л., Фролова Е.А.	91
Стандартизация количественных исторических бентосных данных на разрезе “Кольский меридиан” (Баренцево море) и их анализ с учетом селективности методов сбора и обработки материала.....	
Любин П.А., Стрелкова (Анисимова) Н.А., Манушин И.Е., Зими́на О.Л., Любина О.С., Йоргенсен Л.Л., Захаров Д.В.	103
Мегабентос на разрезе “Кольский меридиан”.....	
Дикаева Д.Р., Фролова Е.А., Вязникова В.С.	143
Видовой состав, количественное распределение и динамика сообществ полихет на разрезе “Кольский меридиан”.....	
Фролов А.А., Манушин И.Е.	166
Пространственно-временная структура поселений двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан”.....	

Зими́на О.Л., Люби́на О.С.	Донные ракообразные надотряда Peracarida (Crustacea: Malacostraca) на разрезе “Кольский меридиан”.....	196
Гарбуль Е.А., Стрелкова (Анисимова) Н.А.	Современное состояние фауны сипункулид (Sipuncula) на разрезе “Кольский меридиан”.....	221
Нехаев И.О., Любин П.А.	Брюхоногие и лопатоногие моллюски на гидробиологическом разрезе “Кольский меридиан”.....	232
Дворецкий В.Г.	Зоопланктон – индикатор климатических изменений на разрезе “Кольский меридиан” в 2003–2010 годах.....	245
Жилин А.Ю., Бондарь А.М., Драганов Д.М.	Алифатические и полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях Баренцева моря на разрезе “Кольский меридиан”.....	264
Плотицына Н.Ф.	Персистентные хлорированные углеводороды в донных отложениях Баренцева моря на стандартном разрезе “Кольский меридиан”.....	271

Russian Academy of Sciences

2/2016 (36)

transactions

of the Kola Science Centre

UDC 551.46
ISSN 2307-5252

ISBN 978-5-91137-316-0

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, Dr. Sc.
(Geology and Mineralogy) – Executive Secretary

OCEANOLOGY

Series 3

Editor-in-Chief of "Oceanology" Series:

Acad. G.G. Matishov (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

	Page
Strelkova (Anisimova) N.A. Benthos research on the transect "Kola Section".....	7
Bryazgin V.F. Complex hydrobiological survey of benthic fauna of the Barents Sea in 1968–1972 years (organization, realization, results).....	29
Lyubin P.A. Comparative analysis of the selectivity of the washing methods of quantitative benthos samples used in the studies on the transect "Kola Section".....	43
Lyubina O.S., Strelkova (Anisimova) N.A., Lubin P.A., Frolova E.A., Dikaeva D.R., Zimina O.L., Akhmetchina O.Yu., Manushin I.E., Nekhaev I.O., Frolov A.A., Zakharov D.V., Garbul E.A., Vyaznikova V.S. Modern quantitative distribution of zoobenthos along on the transect "Kola Section".....	64
Lyubin P.A., Lyubina O.S., Strelkova (Anisimova) N.A., Karsakov A.L., Manushin I.E., Zimina O.L., Frolova E.A. Standardization of quantitative historical benthic data from transect "Kola Section" (Barents Sea) and it's analysis taking into account the selectivity of the material collection and processing techniques.....	91
Lyubin P.A., Strelkova (Anisimova) N.A., Manushin I.E., Zimina O.L., Lyubina O.S., Jørgensen L.L., Zakharov D.V. Megabenthos on the transect "Kola Section".....	103
Dikaeva D.R., Frolova E.A., Vyaznikova V.S. Specific composition, quantitative distribution and dynamics of polychaeta communities on the transect "Kola Section".....	143
Frolov A.A., Manushin I.E. Spatial and temporal structure of bivalves settlements along the transect "Kola Section".....	166

Zimina O.L., Lyubina O.S.	Peracarida (Crustacea, Malacostraca) of the Kola Section.....	196
Garbul E.A., Strelkova (Anisimova) N.A.	The modern state of the sipunculan fauna (Sipuncula) on the transect "Kola Section".....	221
Nekhaev I.O., Lyubin P.A.	Gastropods and scaphopods of the hydrobiological transect "Kola Section".....	232
Dvoretzky V.G.	Zooplankton is an indicator of climatic changes in the transect "Kola Section" in 2003–2010.....	245
Zhilin A.Yu., Bondar A.M., Draganov D.M.	Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments at the transect "Kola Section" in the Barents Sea.....	264
Plotitsyna N.F.	Persistent chlorinated hydrocarbons in bottom sediments of the Barents Sea on the standard transect "Kola Section".....	271

УДК 574.583.09 (268.45)

Н.А. Стрелкова (Анисимова)

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ БЕНТОСА НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Приведены краткие сведения об основных этапах бентосных исследований на стандартном океанологическом разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море.

N.A. Strelkova (Anisimova)

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

BENTHOS RESEARCH ON THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Summary

The brief information of the main stages of the benthic studies on the transect “Kola Section” in the Barents Sea is presented.

Стандартный гидрологический разрез “Кольский меридиан” является уникальным полигоном более чем столетних наблюдений не только за гидрологическими параметрами водных масс, но и за состоянием основных базовых компонентов морской биоты – планктона и бентоса.

История океанологических исследований на разрезе “Кольский меридиан” с различной степенью детальности описана в немалом количестве статей, монографий и интернет-источников (Адров, 2002; Карсаков, 2009 и др.). История же бентосных исследований освещена в литературе значительно более скудно (Несис, 1960; Галкин, 1979). Большая часть документальных источников информации об этих исследованиях хранится в бумажных архивах различных организаций, и при этом многие из них, вероятно, уже безвозвратно утрачены. Мы постарались проследить основные этапы бентосных исследований на разрезе “Кольский меридиан” от момента его основания до настоящего времени. Основой для написания обзора послужили литературные источники и архивы Мурманского морского биологического института (ММБИ) и Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО).

Российский дореволюционный период (1900–1906 гг.). Начало XX века ознаменовалось созданием в 1902 г. Международного Совета по исследованию моря (ИКЕС – International Council for the Exploration of the Sea). Основная задача Совета была определена как изучение

морского промысла и рациональное использование биологических ресурсов Мирового океана. Представителем от России в состав комитета ИКЕС был включен Николай Михайлович Книпович. Созданию Совета предшествовали две международные учредительные конференции – в 1899 г. в Стокгольме и в 1901 г. в Христиании (ныне г. Осло). Одним из важнейших решений, принятых на конференции в Стокгольме, было упорядочить океанографические исследования путем их проведения на стандартных горизонтах и разрезах. В Баренцевом море, среди прочих, в качестве основного был выбран стандартный разрез по меридиану 33°30' в. д. от Кольского залива на север до 75°. Таким образом, годом “рождения” стандартного гидрологического разреза “Кольский меридиан” формально может считаться 1899 г., фактически же научные исследования на разрезе были начаты в 1900 г.

В России организацией, взявшей на себя выполнение решений Стокгольмской конференции и приступившей к проведению океанографических исследований на стандартных разрезах в Баренцевом море, стала “Мурманская научно-промысловая экспедиция” – организация, созданная по инициативе и на средства благотворительного “Комитета для помощи поморам Русского Севера”, действовавшего с 1894 г. при Санкт-Петербургском отделении “Императорского общества для содействия русскому торговому мореходству”.

Задача организации экспедиции для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана была в 1897 г. возложена на 35-летнего магистра зоологии Н.М. Книповича, состоявшего при Зоологическом музее Санкт-Петербургской Императорской академии наук в должности хранителя малакологического отделения (<http://www.rulex.ru/01111337.htm>, 2014). Под его непосредственным руководством в Германии по специальному заказу было построено двухмачтовое парусно-паровое судно, получившее имя “Андрей Первозванный” (рис. 1). Для проведения научно-исследовательских работ судно было оснащено новейшими для того времени приборами и оборудованием (Экспедиция ..., 1902). Из зоологического оборудования, предназначенного для донных исследований, судно было снабжено оттертралом с шириной верхней подборы в 45 м, тралом Петерсена с шириной нижней подборы в 35 футов, тралом Сигсби с шириной рамы 6 футов и драгами различной величины с шириной рамы от 1.0 до 0.45 м (рис. 2).

В мае 1900 г., выйдя из Екатерининской гавани Кольского залива, где в г. Александровске базировалась Мурманская научно-промысловая экспедиция, “Андрей Первозванный”, под руководством Н.М. Книповича, выполнил первую серию океанологических работ на разрезе “Кольский меридиан” от Мурманского берега до 73° с. ш. Продвинуться до 75° не позволили погодные условия и поломка лебедки. В этом же году “Андрей Первозванный” еще 4 раза выходил на разрез – в июне, августе,

сентябре и ноябре. В 1901 году еще четыре серии наблюдений вдоль разреза были проведены также под непосредственным руководством Н.М. Книповича.

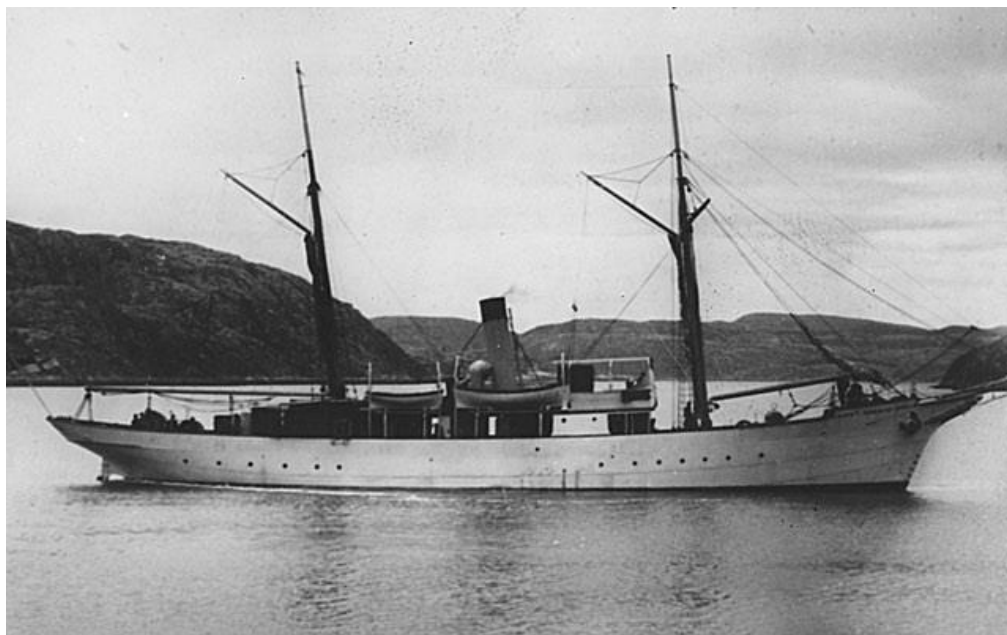


Рис. 1. “Андрей Первозванный” (<http://murmanfish.com/dates/260>)

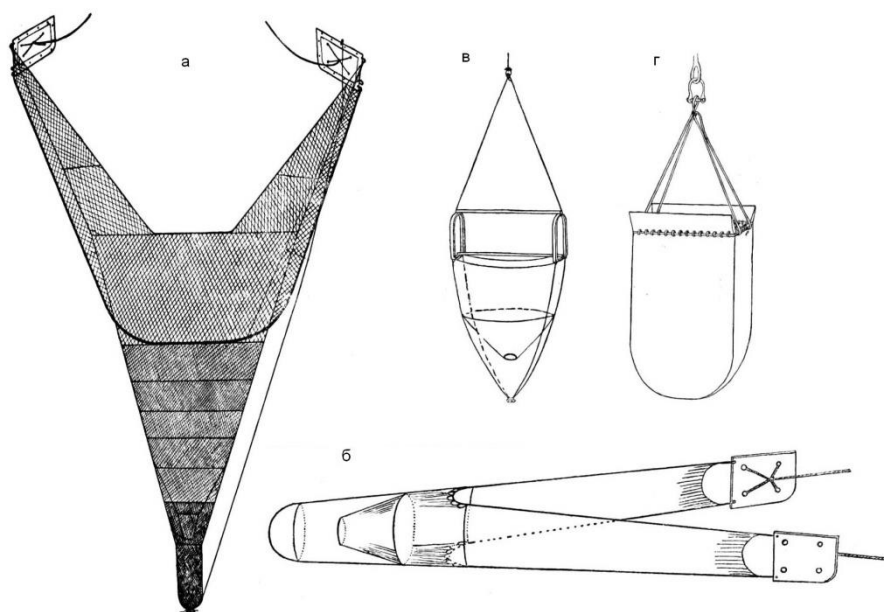


Рис. 2. Орудия отбора бентосных проб (Труды ..., 1915):
а – оттертрал; б – трал Петерсена; в – трал Сигсби, г – драга

Исследования на разрезе носили комплексный характер, однако основным видом работ были серии гидрологических измерений, в соответствии с рекомендациями Стокгольмской конференции, выполнявшиеся на стандартных станциях и горизонтах. Из зоологических исследований на каждой станции основным видом работ были постановки оттертрала¹. Работы с другими донными орудиями лова (тралом Петерсена, тралом Сигсби и драгами) выполнялись sporadически. Таким образом, основная информация о составе и распределении донных беспозвоночных вдоль разреза “Кольский меридиан” поступала из анализа уловов оттертрала. Однако преимущественно гидрологическая направленность работ и промысловая специфика экспедиции в целом были причиной того, что непромысловым элементам фауны уделялось лишь самое общее и поверхностное внимание. Детальной таксономической обработки приловов беспозвоночных не проводилось. В отчетах о работе экспедиции в этот период, в отличие от подробного анализа гидрологических данных, приводится лишь самая поверхностная информация о массовой встречаемости отдельных групп беспозвоночных (моллюски, офиуры, губки и др.) в приловах оттертралов и в желудках промысловых видов рыб (Экспедиция ..., 1902, 1903а).

Тем не менее, богатейшие коллекции донных беспозвоночных, собранные как в различных районах Баренцева моря, так и непосредственно на разрезе “Кольский меридиан”, отправлялись для дальнейшей таксономической обработки и хранения в Зоологический музей Петербургской Императорской академии наук. В дальнейшем, наряду с другими материалами Зоологического музея, эти сборы легли в основу фундаментальных сводок по фауне различных групп беспозвоночных арктических морей. Однако результаты обработки бентосных материалов, полученных непосредственно на разрезе “Кольский меридиан”, так и остались неопубликованными.

К сожалению, конфликт между научными интересами Н.М. Книповича (как руководителя экспедиции) и руководством “Комитета для помощи поморам Русского Севера”, заинтересованном в ее практической направленности, привел к тому, что уже в 1901 г. Николай Михайлович покинул пост начальника экспедиции. На эту должность заступил его помощник и преемник – Леонид Львович Брейтфус.

С 1902 по 1906 годы “Андрей Первозванный” продолжал исследования на разрезе “Кольский меридиан”, но уже под руководством Л.Л. Брейтфуса (Экспедиция ..., 1903б, 1906а,б; Труды ..., 1912, 1915). К сожалению, проведение работ часто тормозилось ухудшающимся техническим состоянием судна и оборудования, а зачастую – погодными

¹ Это был первый опыт проведения научных донных тралений в открытой части Баренцева моря, так как практически весь баренцевоморский рыбный промысел того времени базировался на ярусном лове в прибрежных водах Мурмана.

условиями. Кроме того, все большая часть экспедиционного времени уходила на практические задачи, ставившиеся “Комитетом для помощи поморам...” перед Мурманской научно-промысловой экспедицией. Уже с 1907 г. гидрологические и биологические исследования на разрезе “Кольский меридиан” были прекращены, а в 1908 г. была окончательно ликвидирована и сама Мурманская научно-промысловая экспедиция.

Единственной информацией о донной фауне беспозвоночных на станциях разреза “Кольский меридиан”, опубликованной в отчетах о работе экспедиции с 1902 по 1906 гг., являются видовые списки беспозвоночных из уловов трех оттертралов, отобранных в 1906 г. на широте 71°29’ (12 видов), 72°30’ (6 видов) и 73°28’ (13 видов) (Труды ..., 1915).

Таким образом, первый дореволюционный этап работ на разрезе “Кольский меридиан” в плане познания его бентосной фауны оказался весьма малоинформативным.

Советский довоенный период (1921–1938 гг.). Первая мировая война и Октябрьская революция полностью прервали все российские международные научные связи, выполнение международных научных программ, и в том числе, – проведение исследовательских работ на разрезе “Кольский меридиан”.

После прекращения деятельности Мурманской научно-промысловой экспедиции единственным научным учреждением, осуществлявшим планомерные исследования в Баренцевом море, осталась Мурманская биологическая станция Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей (МБС)², которая с 1899 г. располагалась в г. Александровске (ныне г. Полярный) в Екатерининской гавани Кольского залива.

² С 1882 по 1899 годы станция базировалась на территории мужского Соловецкого монастыря (Соловецкие острова, Белое море). С разрешения Святейшего Синода на территории монастыря в распоряжение станции было предоставлено помещение так называемой Сельдяной избы, где одновременно с биостанцией располагалась рыболовецкая артель. В течение 16 лет Соловецкая станция служила базой для прохождения биологической практики и научных исследований Санкт-петербургских, харьковских, варшавских и казанских молодых ученых и студентов (Адров, 2013). Результатом работы станции явились несколько фундаментальных монографий по фауне Белого моря (Вагнер, 1885; Герценштейн, 1885; Шимкевич, 1889 и др.). Однако, после смены руководства Соловецкого монастыря, новый настоятель подал в Московскую синодальную контору докладную записку “о совершенной недопустимости существования биологической станции на территории монастыря”. Ходатайство архимандрита Ионикия было удовлетворено, и в 1899 г. станция была переведена в Баренцево море на Мурман, в Екатерининскую гавань Кольского залива, где в 2 км от г. Александровска ей было предоставлено 2-этажное здание недостроенной школы. В переезде станции из Соловков в Екатерининскую гавань активное участие принимал 21-летний студент Санкт-Петербургского университета К.М. Дерюгин.

Основным направлением работы станции в это время было проведение научных исследований в Кольском заливе и его ближних окрестностях (имевшаяся в распоряжении станции моторно-парусная яхта “Александр Ковалевский” имела ограниченный район плавания). Тем не менее, понимая важнейшее значение регулярных наблюдений на стандартных разрезах, ученый совет МБС (возглавляемый директором станции Г.А. Ключе) в 1921 г. принял решение продолжить прерванную на полтора десятилетия международную программу мониторинговых наблюдений на разрезе “Кольский меридиан”. Собственного технического и финансового обеспечения станции было недостаточно для проведения столь масштабных исследований, однако реализация проекта стала возможна благодаря поддержке правительства в лице Высшего совета народного хозяйства (ВСНХ), включившего эти работы в программу Северной научно-промысловой экспедиции.

Научно-исследовательская организация под названием “Северная научно-промысловая экспедиция” (СНПЭ) была учреждена ВСНХ в марте 1920 г. для изучения производительных сил советского Севера и координации научно-практических работ по его освоению от Кольского полуострова до Берингова пролива³ (декрет был подписан лично В.И. Лениным). Основным принципом работы СНПЭ было формирование отрядов по тематическому и региональному принципам⁴.

Благодаря обращению ученого совета Мурманской биологической станции к научному руководству Северной научно-промысловой экспедиции, МБС была наделена правами отдельного отряда СНПЭ, что в значительной мере облегчило решение финансовых и практических проблем организации экспедиционных работ на разрезе “Кольский меридиан”. Руководителем отряда был назначен 43-летний профессор кафедры гидробиологии Петроградского университета К.М. Дерюгин. Успешное решение организационных вопросов уже в 1921 г. позволило К.М. Дерюгину с группой сотрудников МБС и студентов Петроградского государственного университета возобновить исследования на разрезе “Кольский меридиан”.

³ В 1925 году СНПЭ была преобразована в Институт по изучению Севера, в 1930 г. – во Всесоюзный арктический институт, который в 1958 г. получил название Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ). Организация СНПЭ способствовала созданию в 1921 г. Плавучего морского научного института (ПлавморНИИ), в 1929 г. преобразованного в Государственный океанографический институт (ГОИН). Реорганизация ГОИН в 1934 г., в свою очередь, привела к созданию ПИНРО и Института океанологии им П.П. Ширшова.

⁴ В рамках СНПЭ были созданы: почвенно-ботанический, экономико-статистический, несколько геологических отрядов, региональные отряды по оленеводству и сельскому хозяйству и др. Работало так же несколько ихтиологических отрядов, исследовавших Баренцево, Белое, Карское моря и озера и реки Кольского полуострова. В частности, ихтиологическими работами в Баренцевом море руководил Н.М. Книпович. Всего на Кольском полуострове в рамках экспедиции с 1920 по 1935 гг. работало 425 различных экспедиций и отрядов. С 1920 по 1924 годы было опубликовано 24 выпуска Трудов СНПЭ по различным отраслям знаний.

В 1921 году комплексные исследования на разрезе производились дважды: 29–31 мая на судне “Соколица” и 11–14 августа на военном тральщике № 21. Оба судна на период проведения работ были предоставлены в распоряжение отряда МБС командованием морских сил Северного моря. Параллельно с промером глубин и гидрологическими исследованиями в обоих рейсах на стандартных станциях проводился сбор донной фауны. На “Соколице” бентос отбирался тралом Сигсби, на тральщике № 21 – тралом Петерсена. В майском рейсе на “Соколице” бентосный материал удалось отобрать только на четырех станциях, в то время как в августе на тральщике материал был собран на всех двенадцати стандартных станциях разреза от 69°30' до 75°00' с. ш.

Таксономическая обработка основной части собранного материала была проведена непосредственно К.М. Дерюгиным, прекрасно знакомым с фауной Кольского залива и его ближайших окрестностей (Дерюгин, 1915). К этой работе были привлечены сотрудники Зоологического института, кафедры гидробиологии Петроградского университета и МБС, специализировавшиеся в систематике отдельных групп морских беспозвоночных: П.Д. Резвый (губки), В.М. Рылов (кишечно-полостные), И.Г. Закс (полихеты), Е.Ф. Гурьянова (амфиподы), Л.К. Лозина-Лозинский (пантоподы), В.В. Редикорцев (асцидии). Подробное описание работ, произведенных на разрезе “Кольский меридиан” в 1921–1922 гг., и детальный анализ полученных результатов были опубликованы К.М. Дерюгиным в 19-м выпуске Трудов Северной научно-промысловой экспедиции (Дерюгин, 1924).

В работе опубликованы постанционные списки донных беспозвоночных, собранных в обоих рейсах (однако, без указания количества экземпляров). Здесь же приводится полный систематический список животных, зарегистрированных на станциях разреза “Кольский меридиан” за весь период его исследований. Помимо материалов 1921 г. список включает виды, собранные Н.А. Ливановым в 1922 г.⁵ и обнаруженные на разрезе “Кольский меридиан” работами Мурманской научно-промысловой экспедиции⁶. Всего К.М. Дерюгиным в пределах разреза “Кольский меридиан” (до 75° с. ш.) указано 330 видов донных беспозвоночных.

⁵ В 1922 году траловые бентосные сборы были проведены Н.А. Ливановым на двух последних станциях разреза – на 74°30' и 75°00' с. ш.

⁶ Относительно материалов Мурманской научно-промысловой экспедиции К.М. Дерюгин (1924) сетовал на плохую организацию их обработки: “Нельзя не пожалеть, что громадный материал, собранный в Баренцовом море Мурманской Научной Промысловой Экспедицией в главной массе своей до сих пор является не обработанным, и в настоящий обзор удалось внести распространение по Кольскому меридиану лишь немногих форм, помеченных в журналах этой экспедиции” (с. 62).

В работе приведена краткая, но достаточно подробная характеристика распределения вдоль разреза представителей всех основных таксономических групп донных беспозвоночных: Coelenterata, Polychaeta, Gephyrea, Bryozoa, Brachiopoda, Echinodermata, Crustacea, Pantopoda, Mollusca и Tunicata. Кроме того, в работе дана развернутая характеристика условий обитания донных организмов вдоль разреза (характер рельефа и описание донных осадков).

Анализ гидрологических материалов позволил К.М. Дерюгину сделать ряд важнейших выводов, среди которых описание струй теплых и холодных течений вдоль разреза, наличие не только сезонных, но и межгодовых колебаний температурного режима, цикличность которых К.М. Дерюгин определил приблизительно в 8–9 лет.

На основе анализа распространения видов различной биогеографической природы К.М. Дерюгиным (1924) была проведена граница распространения, так называемого, субарктического бентоса, которая "... замечательным образом... очень близка к средней границе плавающих в Баренцевом море льдов, выведенной для апреля на основании многолетних данных Датского метеорологического института..." (с. 98).

В последующие годы регулярные рейсы вдоль "Кольского меридиана" продолжали осуществляться силами Мурманской биологической станции сначала на арендованных рыболовных судах⁷, а затем – с 1928 г. – на новом научно-исследовательском судне "Николай Книпович". Так, в статье посвященной 30-летию Мурманской биологической станции, Н.П. Танасийчук (1930) указывает, что за десять лет – с 1921 по 1930 гг. – Мурманской биологической станцией был осуществлен 21 рейс по разрезу "Кольский меридиан".

К сожалению, большая часть собранных в этот период материалов затерялась в архивах и, скорее всего, безвозвратно утеряна. Из всего массива биологических материалов, собранных в этих рейсах, были опубликованы только данные, полученные в 1925 г. под непосредственным руководством Н.П. Танасийчука, который, начиная с этого года, руководил зоологическим отделением Мурманской биологической станции, а позднее исполнял должность заместителя ее заведующего. Материал был собран тралом Сигсби с 17 по 23 августа 1925 г. на 12 станциях (до 75°00' с. ш.). Обработка была проведена Н.Я. Спасским (Hydrozoa), Н.П. Танасийчуком (Polychaeta и Echinodermata), Е.Ф. Гурьяновой (Mollusca и Crustacea), П.Д. Резвым (Spongia) при участии Н.П. Анненковой, А.М. Дьяконова и И.Г. Закса. В связи с ограниченным объемом публикации в работе

⁷ Из воспоминаний В.С. Танасийчук: "Раза 3 или 4 в год арендовалось судно (тральщик рыбной промышленности) и на нем проводились морские съемки. Делался разрез по Кольскому меридиану до встречи с ледяной кромкой" (<http://www.littorina.info/Aleksandrovsk/ochevidci/tanasiichyk.htm>).

приведены постанционные списки только тех видов, которые не были перечислены в предыдущих публикациях (Дерюгин, 1924), а сама статья, представленная в Докладах академии наук, была опубликована на немецком языке (Танасийчук, 1927).

В работе перечислены “новые” для разреза “Кольский меридиан” виды: 7 гидроидов, 17 полихет, 3 представителя иглокожих, 29 моллюсков и 16 ракообразных. Приведен список видов, для которых отмечены значительные изменения в характере распространения и обилии. Эта небольшая по объему публикация, тем не менее, показала значительную пространственную и временную вариабельность донной фауны вдоль разреза “Кольский меридиан”.

Двадцатые годы начала прошлого столетия ознаменовались радикальными изменениями в отечественной практике проведения морских гидробиологических исследований. Дночерпатель, как новое орудие количественного учета донной фауны, начал все более широко применяться для сбора морского бентоса. Первые работы с дночерпателем в Баренцевом море были проведены именно на разрезе “Кольский меридиан” и выполнены П.В. Ушаковым, в то время студентом Санкт-Петербургского университета, в летнее время работавшим лаборантом на МБС. В мае 1924 г., участвуя в рейсе на тральщике № 15, во время очередных работ на разрезе “Кольский меридиан” им было отобрано дночерпателем Петерсена более 20 бентосных проб⁸. Начиная с этого момента, дночерпатель начинает широко использоваться МБС при проведении гидробиологических работ на разрезе “Кольский меридиан” наряду с традиционным тралом Сигсби.

Всего на месяц позже – в июне 1924 г. – количественные дночерпательные сборы были начаты в Баренцевом море на НИС “Персей” – научном флагмане ПлавморНИИ (рис. 3). В отличие от МБС, целенаправленно проводившей регулярные океанологические исследования на разрезе “Кольский меридиан” как часть международной программы ИКЕС, основной задачей, выполняемой рейсами “Персей”, был максимально широкий охват акватории Баренцева моря количественными дночерпательными бентосными исследованиями. В рамках проведения этих работ “Персеем” дважды были выполнены полноценные бентосные сборы на всех станциях разреза – в 1931 и 1938 гг. Кроме этого, во многих рейсах “Персей” работы выполнялись на южных станциях разреза “Кольский меридиан”, расположенных на выходе из Кольского залива. Так с 1927 по 1935 гг. бентосный материал пять раз отбирался на первой станции разреза “Кольский меридиан” (69°30' с. ш.) и трижды – на третьей станции (70°30' с. ш.).

⁸ К сожалению, результаты обработки этих сборов не удалось обнаружить ни в архивах ММБИ, ни в архивах ПИНРО.

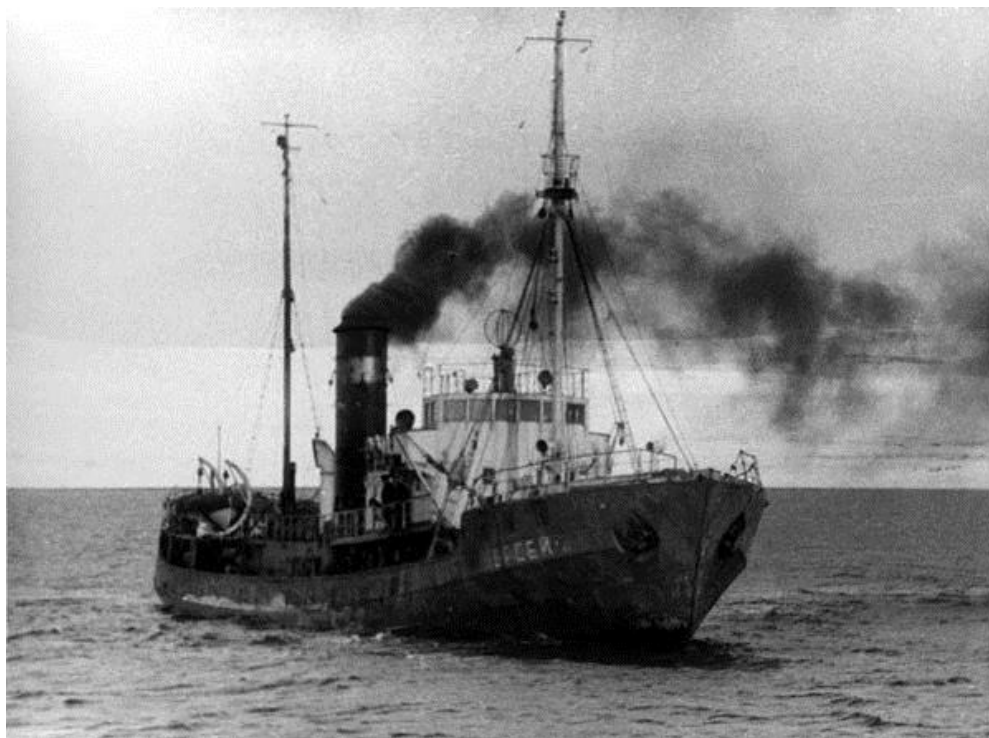


Рис. 3. Легендарный “Персей” (http://www.ecarctic.ru/forum/all/topic_269)

Результаты обработки довоенных бентосных сборов ПлавморНИИ, ГОИН и ПИНРО, хоть и со значительными потерями, но сохранились в архивах ПИНРО и довольно детально проанализированы в последующих публикациях (Несис, 1960; Денисенко, 2007).

В морских бентосных работах ПлавморНИИ на “Персее” для количественного отбора проб использовались ковшовые дночерпатели конструкции Петерсена (рис. 4). Первоначально пробы отбирали дночерпателем с площадью пробоотбора 0.1 м^2 , но в 1929 г. перешли на более крупную модификацию с площадью захвата 0.25 м^2 , работа которого в океанических условиях была оценена как более эффективная (Броцкая, Зенкевич, 1939)⁹.

Для промывки проб использовали промывочный станок с набором металлических (железо, оцинкованное железо, медь) сит с ячеей 6, 3 и 1 мм (рис. 5). Отмытые от грунта животные выбирались с каждого из сит вручную непосредственно на палубе и фиксировались

⁹ В дальнейшем, в послевоенное время, было налажено производство дночерпателей Петерсена с площадью захвата 0.25 м^2 в стандартном заводском исполнении. Эта модель выпускалась под названием дночерпатель “Океан-50”, поскольку площадь его пробоотбора имела квадратное сечение со стороной 50 см. Эта модель дночерпателя широко использовалась в биологических и геологических морских исследованиях всей второй половины XX века.

75°-м спиртом. Таксономическая обработка и взвешивание животных осуществлялись на берегу в лабораторных условиях. Для перевода полученных спиртовых весов в “сырую” биомассу для основных групп животных были определены потери веса при спиртовой фиксации. Таксономическая обработка материалов проводилась Л.А. Зенкевичем (Polychaeta и Gyphorea), А.А. Шорыгиным (Echinodermata), В.В. Алпатовым (Crustacea), В.В. Редикорцевым (Ascidia), И.И. Месяцевым (Mollusca) и др. (Зенкевич, 1927; Бродская, Зенкевич, 1939, Инструкция ..., 1939).

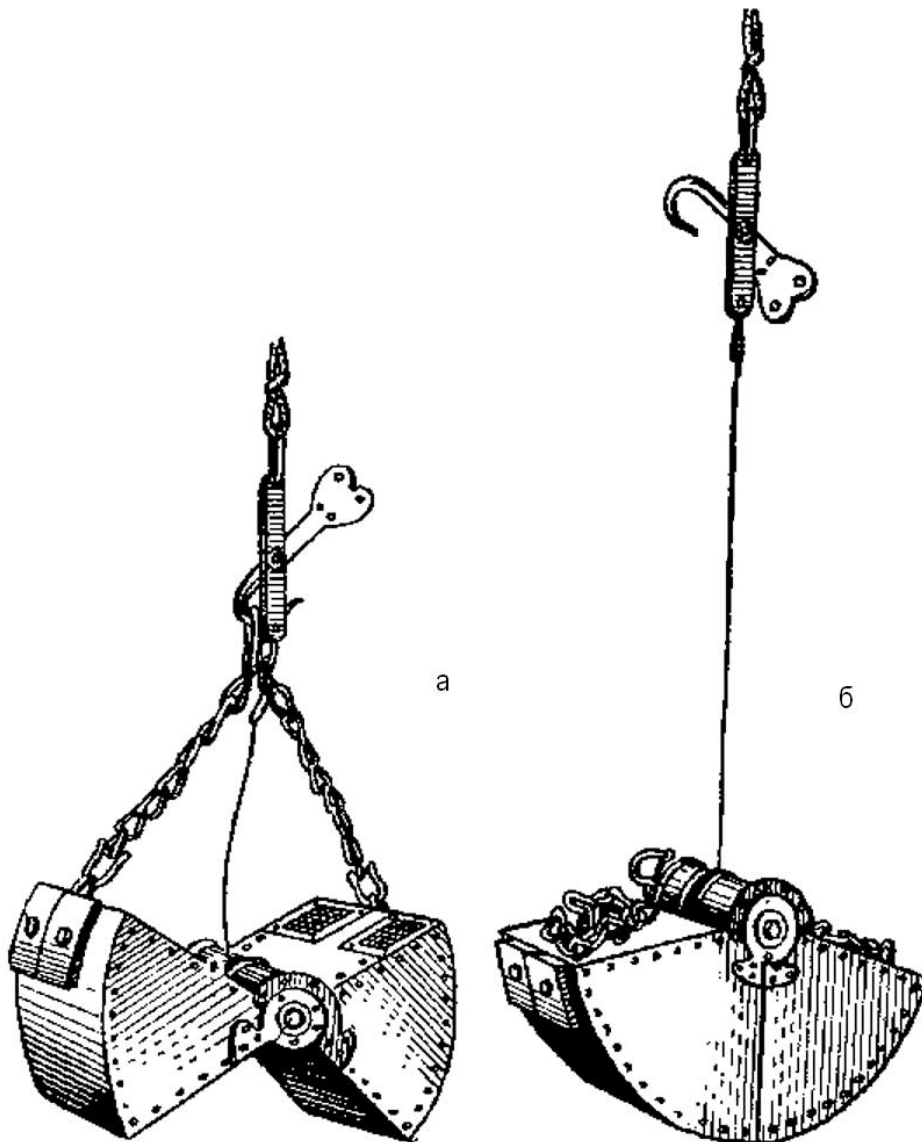


Рис. 4. Ковшовый дночерпатель Петерсена (по: Жадин, Герд, 1961):
а – открытый; б – закрытый

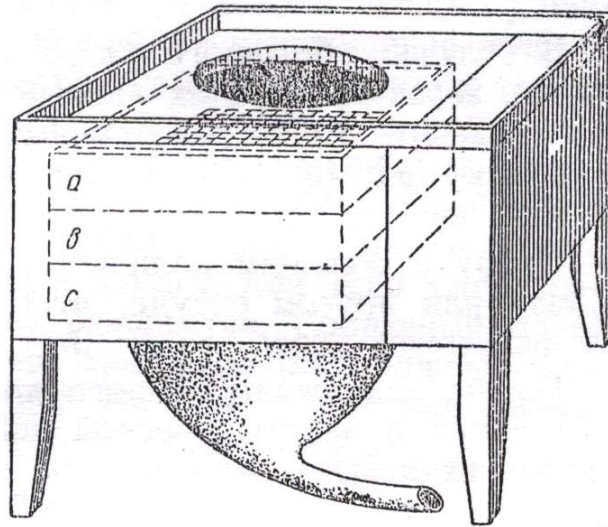


Рис. 5. Станок, использовавшийся в работах ПлавморНИИ для промывки бентосных проб в судовых условиях (Инструкция ..., 1939)

Стандартная бентосная станция включала в себя 2 дночерпательные пробы и 5–10-минутное траление тралом Сигсби. Животные, собранные двумя дночерпателями, объединялись в одну пробу, количественные показатели которой затем пересчитывались на 1 м². Обработка траловых уловов проводилась на борту судна и состояла из промывки, сортировки всего улова по видам и подсчета количества экземпляров основных массовых форм.

Послевоенный советский период (1945–1969 гг.). Все политические и экономические катастрофы недавнего прошлого российской действительности отражаются в истории отечественных научных исследований, в том числе и на разрезе “Кольский меридиан” (рис. 6). Периоды Октябрьской революции и Великой Отечественной войны зияют невосполнимыми провалами в истории этих мониторинговых наблюдений.

Однако еще до окончания войны, в феврале 1945 г., ПИНРО возобновляет научные исследования, в том числе бентосные работы в Баренцевом море. Уже в 1945 г. на траулере “Кашалот”, а затем в 1947 и 1948 гг. на судне “Саратов” институт проводит первые послевоенные полноценные бентосные сборы на станциях разреза “Кольский меридиан”. В дальнейшем бентос отбирался ПИНРО на разрезе “Кольский меридиан” в 1950 г. (“Персей 2”)¹⁰, 1952, 1954, 1957 и 1958 гг. (СРТ-440 “Алексей Откупщиков”) и 1958 г. (СРТ-18 “Топседа”).

¹⁰ Минный тральщик, переоборудованный после войны в научно-исследовательское судно и переданный ПИНРО для проведения научных исследований, был назван “Персей 2” в честь знаменитого “Персея”, погибшего в военные годы в водах Мотовского залива.

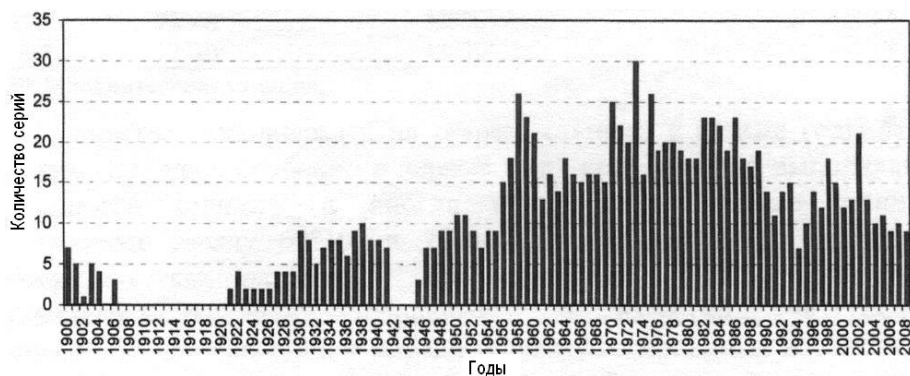


Рис. 6. Количество серий наблюдений на разрезе “Кольский меридиан” с 1900 по 2008 гг. (Карсаков, 2009)

Из перечисленных сборов наиболее полными и качественно обработанными являются материалы 1947–1948 гг. (16-, 17-, 30- и 31-й рейсы НИС “Саратов”), собранные и обработанные И.Н. Солдатовой под руководством В.И. Зацепина, и материалы 1957–1958 гг., обработанные К.Н. Несисом.

Все материалы по бентосу разреза “Кольский меридиан”, накопленные в ПИНРО с 1935 г. по 1959 г. и сохранившиеся в архиве лаборатории океанологии были тщательно собраны и детально проанализированы К.Н. Несисом (1960). Этому способствовало и то, что методика выполнения бентосных работ полностью соответствовала довоенной и сохранялась неизменной в течение всего этого периода. В работе детально проанализирована динамика соотношения бореального и арктического компонентов донной фауны в зависимости от изменения придонной температуры. Отмечено запаздывание реакции бентоса на изменение температурного режима моря. При этом было высказано предположение о том, что причиной такого запаздывания является разная реакция на климатические изменения взрослых и ювенильных форм бентосных организмов. Сделано предположение о том, что запаздывание реакции бентоса на климатические изменения определяется сроками жизни взрослых особей при отсутствии полноценного пополнения молодью. Отмечено, что распространение арктических видов при похолодании, скорее всего, происходит путем прямой миграции взрослых особей, в то время как бореальные формы при потеплении, вероятнее всего, расширяют границы ареала за счет разноса пелагических личинок и увеличения вероятности выживания молоди в новых районах (Несис, 1960).

В 1958 году научные суда ПИНРО были переданы промышленному флоту, что значительно снизило интенсивность проведения научных работ. С этого момента и вплоть до 1968 г. ПИНРО прекратил проведение бентосных исследований.

После 10-летнего перерыва, в 1968 г., по инициативе В.Ф. Брызгина, в ПИНРО возобновляются бентосные работы. Поводом для этого послужила идея повторения полномасштабной бентосной съемки Баренцева моря, проведенной ПлавморНИИ в довоенный период. Съемка была проведена в исключительно сжатые сроки – с 1968 по 1970 гг. На экспедиционных судах РТ-61 “Водник” и “Н. Маслов”, совершивших за три года 5 рейсов, В.Ф. Брызгиным и Т.В. Антиповой были проведены траловые и дночерпательные сборы на 525 станциях, в том числе на 26 станциях, расположенных вдоль разреза “Кольский меридиан”.

В ходе выполнения съемки полноценные комплексные сборы были выполнены на всех стандартных станциях разреза “Кольский меридиан” от Кольского залива до 78° с. ш. Сборы выполнялись по стандартной методике ПлавморНИИ и включали в себя траление тралом Сигсби в течение 5–10 мин и отбор 1–2 дночерпателей на станции. Все количественные сборы в ходе съемки были выполнены дночерпателем “Океан-50”. Данный метод пробоотбора выдерживался в работах ПИНРО со времен довоенных сборов ПлавморНИИ. В связи с этим данные, собранные на разрезе “Кольский меридиан” в 1968–1969 гг., были полностью сопоставимы с количественными материалами того периода.

После проведения бентосной съемки в открытой части Баренцева моря ПИНРО под руководством Т.В. Антиповой проводит бентосные исследования в губах и заливах Кольского полуострова (1971 г.), а затем съемку бентоса Карского моря (1975 г.). В последующем приоритетным направлением в работе лаборатории гидробиологии становится изучение промысловых беспозвоночных. В результате бентосный ряд наблюдений ПИНРО на разрезе “Кольский меридиан” прерывается более чем на 30 лет и возобновляется только в 2003 г.

В отличие от ПИНРО, научные интересы которого в послевоенные годы были сосредоточены преимущественно на промысловых районах открытого моря, Мурманская биологическая станция, преобразованная в 1958 г. в Мурманский морской биологический институт, в основном была ориентирована на экспериментальные и прибрежные исследования. Проводились, однако, и морские экспедиционные работы. В распоряжении МБС (ММБИ) в разные годы находились деревянный бот “К. Дерюгин” (с 1948 г.), шхуна “Диана” (с 1952 г.), логгер “Профессор Дерюгин” (с 1956 г.), а также списанные рыболовецкие суда “Скала” (с 1963 г.), “Торос” (с 1967 г.), “Кихну” и “Майна” (1970-е гг.).

В послевоенные годы морские судовые исследования МБС (ММБИ) были сосредоточены в прибрежных водах Восточного Мурмана на стандартных разрезах, располагавшихся от о. Кильдин до мыса Святой Нос (Зацепин, 1962). Таким образом, область исследований лежала восточнее разреза “Кольский меридиан”, и в архивах ММБИ материалы по разрезу за послевоенный период отсутствуют, вплоть до 1980-х гг.

Ситуация радикально изменилась после получения институтом в 1978 г. научно-исследовательского судна “Дальние Зеленцы” и в 1981 г. научно-транспортного судна ледового класса “Помор” (рис. 7). Начиная с этого момента район морских экспедиционных исследований ММБИ значительно расширяется.



Рис. 7. Научно-исследовательские суда ММБИ “Дальние Зеленцы” и “Помор” у причала в пос. Дальние Зеленцы (фото Г.А. Тарасова)

Первые бентосные съемки на этих судах были проведены под руководством В.Ф. Брызгина (руководившего в тот период лабораторией бентоса ММБИ) с использованием стандартных методов морских бентосных исследований ПлавморНИИ, ГОИН и ПИНРО.

В 1982 году бентос на разрезе “Кольский меридиан” был собран в 16-м рейсе НИС “Дальние Зеленцы” В.Ф. Брызгиным, Н.А. Анисимовой и А.В. Сапожниковым. В 1985 году в рамках выполнения программы VAREX сборы на разрезе “Кольский меридиан” были проведены Н.А. Анисимовой и С.Ф. Марасаевым. К сожалению, таксономическая обработка материалов обоих рейсов по организационным причинам не была проведена в полном объеме и обработанными остались только отдельные таксономические группы.

1980-е годы оказались примечательны значительными изменениями в методике проведения морских судовых бентосных работ в ММБИ. В этот период в лаборатории бентоса формируется группа молодых исследователей, специализирующихся в области фаунистических и систематических исследований отдельных таксономических групп бентосных беспозвоночных. Изучением фауны и систематики полихет Баренцева моря занимался выпускник кафедры зоологии беспозвоночных

МГУ Андрей Владимирович Сикорский. Не будучи удовлетворенным качеством материала, получаемого при промывке бентосных проб на металлических ситах (нежные полихеты являются группой, наиболее страдающей при этом способе обработки материала), он начинает экспериментировать с различными вариантами известных к тому времени способов и приспособлений для промывки бентосных проб. За основу была выбрана система промывки Федикова, которая при адаптации к реалиям палубной полевой работы постепенно преобразовалась в ручную промывку через мягкое коническое сито, установленное на металлической треноге (рис. 8). Полученный в результате методических поисков А.В. Сикорского способ промывки проб обеспечивал высокую степень сохранности материала. Позднее он был взят на вооружение в ПИНРО и вплоть до настоящего времени используется для сбора морского бентоса обоими организациями.



Рис. 8. Промывочный станок конструкции Н.В. Федикова (бочка Федикова) (слева), ее упрощенная модификация конструкции А.В. Сикорского (в центре) и промывка бентосной пробы с ее использованием (справа)

Смена способа промывки привела к радикальному изменению процедуры последующей обработки проб и повышению качества получаемого в результате материала. Практиковавшаяся до этого промывка бентосной пробы через систему металлических сит с последовательно уменьшающимся размером ячеей предполагала отбор животных из грунта на палубе непосредственно в процессе промывки пробы. Этого требовала и процедура первичной фиксации достаточно дефицитным этиловым спиртом. Способ экономил объем фиксатора и сокращал трудоемкость последующей камеральной обработки, но грешил значительной потерей материала. В экстремальных условиях морских судовых работ из проб отбирались преимущественно крупные животные при значительной потере мелких особей и целых таксонов.

При промывке через мягкое коническое сито весь оставшийся после промывки грунт вместе с животными оставлялся в пробе для дальнейшей

сортировки в условиях береговой камеральной обработки. Для улучшения качества фиксации мягких тканей полихет и других “мягкотелых” животных первичную фиксацию пробы стали проводить 4 %-м формалином, а перевод животных в 75°-й спирт осуществлять в процессе дальнейшей камеральной обработки после выборки животных из частиц грунта с использованием бинокулярных стереоскопических микроскопов и другой увеличительной техники. При таком способе промывки вся молодь и другие мелкие организмы оставались в пробе и учитывались при последующей сортировке и таксономической обработке. Кроме того, более бережная промывка и фиксация формалином значительно улучшили качество и сохранность получаемого материала.

В течение нескольких лет новая методика завоевала популярность среди сотрудников ММБИ благодаря удобству ее применения в полевых условиях и значительно более высокому качеству получаемого материала. Уже к началу 1990-х гг. все бентосные пробы в ММБИ обрабатывались по новой методике. В дальнейшем эта же методика была взята на вооружение при возобновлении бентосных исследований в ПИНРО.

В истории бентосных исследований в Северо-Западном бассейне начало 1990-х годов ознаменовалось еще одним методическим изменением. В результате “перестройки” политической ситуации в стране определенное потепление произошло не только в международных политических отношениях, но и в области научного сотрудничества. Целый ряд совместных научных проектов и экспедиций позволил российским ученым детально ознакомиться с полевыми методиками, принятыми в ведущих европейских научно-исследовательских организациях. Для приведения отечественных методов исследований к европейским стандартам, рекомендованным ИКЕС (Rumohr, 2009), ММБИ перешел от использования дночерпателя “Океан-50” и 2-кратного отбора проб на станции к 5-кратному отбору проб дночерпателем конструкции ван-Вина с площадью пробоотбора 0.1 м² (рис. 9).

1995 год явился началом нового этапа в истории многолетнего мониторинга состояния донных сообществ на стандартном разрезе “Кольский меридиан”. В этом году ММБИ на судне “Ясногорск” проводит первые после 25-летнего перерыва полноценные количественные сборы на разрезе “Кольский меридиан”. Сбор материала был осуществлен Н.Н. Пантелеевой и А.В. Сикорским. Будучи собранными и обработанными по новой методике, эти сборы, по сути дела, начинают новый ряд наблюдений качественно иного порядка. Далее ММБИ проводит бентосные сборы на разрезе “Кольский меридиан” на НТС “Помор” в 1997 и 1999 гг. и на НИС “Дальние Зеленцы” с 2000 по 2007 гг. Полученные в ходе этой серии наблюдений материалы легли в основу целого ряда публикаций (Влияние ..., 2007; Дикаева, 2009; Любина и др., 2012; Lyubina et al., 2012; Предварительные ..., 2013).



Рис. 9. Дночерпатель конструкции ван-Вина с площадью пробоотбора 0.1 м²

В 2003 году (после почти 15-летнего перерыва) в ПИНРО также возобновляются бентосные судовые исследования. В рамках проведения очередной бентосной съемки Баренцева моря в 2003 г., арендованное ПИНРО гидрографическое судно Северного флота “Ромуальд Муклевич”, проводит полноценные бентосные сборы вдоль разреза “Кольский меридиан” на север до 73° с. ш., а в 2005 и 2006 гг. НИС “Ф. Нансен” (ПИНРО) продолжает их до 78° с. ш. Сбор материала был осуществлен по методике, применяемой в ММБИ, и включал традиционное 5–10-минутное траление тралом Сигсби и отбор 5 проб дночерпателем ван-Вина 0.1 м² на каждой станции.

В 2010 году ПИНРО и ММБИ заключили договор об объединении усилий по ежегодному мониторингу состояния бентосных сообществ на разрезе “Кольский меридиан”. С этого момента ежегодный отбор бентосных дночерпательных проб на разрезе “Кольский меридиан”, согласно решениям Совместной российско-норвежской комиссии по рыболовству (СРНК), осуществляется в рамках проведения совместной российско-норвежской экосистемной съемки Баренцева моря. Начиная с 2010 г. и по настоящее время ПИНРО ежегодно осуществляет отбор дночерпательных проб на разрезе, а первичная и таксономическая обработка полученных материалов производится совместно специалистами бентологами обеих организаций.

Заключение. Изучение литературных источников и доступных архивных материалов показало, что весь имеющийся к настоящему времени ряд наблюдений за бентосом на разрезе “Кольский меридиан” может быть разбит на 8 этапов (таблица), реализованных в основном силами ММБИ, ПИНРО и их предшественников. При этом количественные бентосные исследования на разрезе, одновременно начатые экспедициями МБС и ПлавморНИИ в начале прошлого века, через 100 лет вернулись к совместному проведению мониторинга. Кроме того, начатые как международный проект ИКЕС после длительного периода отечественного развития, эти исследования на последнем этапе опять вышли на международный уровень и в настоящий момент являются составной частью программы совместной российско-норвежской экосистемной съемки Баренцева моря и совместного проекта “The Joint Norwegian-Russian Environmental Status Report for the Barents Sea” (www.barentsportal.com).

**Основные этапы бентосных исследований
на стандартном разрезе “Кольский меридиан”**

Период, годы	Организация (судно)	Участники (сбор и обработка материала)	Основные публикации
1900–1906	Северная научно-промысловая экспедиция (“Андрей Первозванный”)	Н.М. Книпович, Л.Л. Брейтфус и др.	–
1921–1935	МБС (“Соколица”, тральщик № 21, арендованные рыболовные суда, “Николай Книпович”)	К.М. Дерюгин, Н.П. Танасийчук, П.В. Ушаков, Н.А. Ливанов и др.	Дерюгин, 1924 Танасийчук, 1927
1921–1939	ПлавморНИН, ГОИН, ПИНРО (“Персей”)	Л.А. Зенкевич, А.А. Шорыгин, В.В. Алпатов, В.В. Редикорцев, И.И. Месяцев и др.	–
1947–1957	ПИНРО (“Саратов”, “Персей 2”, СРТ-440 “А. Откупщиков”, СРТ-18 “Топседа”)	К.Н. Несис, И.Н. Солдатова, Н.С. Новикова, В.П. Пономаренко, М.А. Долголенко, В.Н. Калашникова и др.	Несис, 1960
1968–1969	ПИНРО (“Н. Маслов”, РТ-61 “Водник”)	Т.В. Антипова, В.Ф. Брызгин, А.М. Сенников	Денисенко, 2005
1995–2003	ММБИ (“Ясногорск”, “Помор”, “Дальние Зеленцы”)	Н.Н. Пантелеева, А.В. Сикорский, С.Г. Денисенко, Н.В. Денисенко, Е.А. Фролова, А.А. Фролов, Е.И. Жуков, Е.А. Гарбуль, П.А. Любин, О.С. Любина, Н.А. Анисимова	Многолетние ..., 2000; Денисенко, 2005, 2007; Влияние ..., 2007; Дикаева, 2009; Любина и др., 2012; Lyubina et al., 2012; Предварительные ..., 2013
2003–2006	ПИНРО (“Ромуальд Муклевич”, “Ф. Нансен”, “Смоленск”)	Н.А. Анисимова, П.А. Любин, И.Е. Манушин, Н.Е. Журавлева	–
2010–2014	ПИНРО, ММБИ (“Дальние Зеленцы”, “Вильнюс”)	П.А. Любин, О.С. Любина, Н.Н. Пантелеева, Е.А. Фролова, А.А. Фролов, Д.Р. Дикаева, Д.В. Захаров, Е.А. Гарбуль, В.Н. Паюсова, В.С. Вязникова, И.Е. Манушин, О.Л. Зимина	–

Литература

Адров Н.М. Исследования Баренцева моря за 1000 лет. Часть 1. От начала тысячелетия до первой половины XX века. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2002. 520 с.

Адров Н.М. Дерюгинские рубежи морской биологии (к 135-летию со дня рождения К.М. Дерюгина). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2013. 164 с.

Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 3–127.

Вагнер Н.П. Беспозвоночные Белого моря. Т. 1. СПб.: Типогр. М.М. Стасюлевича, 1885. 314 с.

Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря на примере массовых видов / Е.А. Фролова, Д.Р. Дикаева, О.Ю. Ахметчина и др. // Докл. РАН. 2007. Т. 416, № 1. С. 139–142.

Галкин Ю.И. История исследования донной фауны Баренцева моря // Экология донного населения шельфовой зоны. М.: Изд. Ин-та океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР, 1979. С. 112–127.

Герцеништейн С.М. Материалы к фауне Мурманского берега и Белого моря // Тр. Санкт-Петербург. общ-ва естествоиспытателей. 1885. Т. 16, вып. 2. С. 635–814.

Денисенко С.Г. Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе “Кольский меридиан”. Мурманск: Изд. ПИИРО, 2005. С. 65–76.

Денисенко С.Г. Зообентос Баренцева моря в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 418–511.

Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива // Зап. Имп. Акад. наук. Сер. VIII. 1915. Т. 34. 929 с.

Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.) // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.

Дикаева Д.Р. Современное распределение полихет вдоль разреза “Кольский меридиан” (Баренцево море) // Докл. РАН. 2009. Т. 426, № 6. С. 838–840.

Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. М.: Гос. учебн.-пед. изд-во Министерства просвещения РСФСР, 1961. 600 с.

Зацепин В.И. Сообщества фауны донных беспозвоночных Мурманского побережья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики // Тр. Всесоюз. гидробиол. общ-ва. 1962. Т. 12. С. 245–344.

Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Печорского района Баренцева моря и Белого моря // Тр. Плав. мор. науч. ин-та. 1927. Т. 2, вып. 4. С. 3–64.

Инструкция для сбора и первичной обработки бентоса / Сост. М.М. Брискина (ВНИРО). М.; Л.: Пищепромиздат, 1939. 28 с.

Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 139 с.

Книпович Николай Михайлович / Русский биографический словарь. Сетевая версия. 2014. Режим доступа: <http://www.rulex.ru/01111337.htm>.

Любина О.С., Зимина О.Л., Анисимова Н.А. Распределение и изменчивость фауны амфипод (Crustacea, Amphipoda) на Кольском разрезе (Баренцево море) // Докл. РАН. 2012. Т. 442, № 3. С. 426–429.

Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” / С.Г. Денисенко, А. Рахор, Н.В. Денисенко и др. // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2000. С. 57–58.

Несис К.М. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима (на разрезе по “Кольскому меридиану”) // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–137.

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

Танасийчук Н.П. Зоологические результаты рейса до 75° с. ш. по Кольскому меридиану в августе 1925 г. // Докл. АН СССР. 1927. № 21. С. 359–363.

Танасийчук Н.П. К 30-летию Мурманской биологической станции // Научное слово. 1930. С. 86–91.

Труды Мурманской научно-промысловой экспедиции 1905 г. Отчет начальника экспедиции Л.Л. Брейтфуса / Л.Л. Брейтфус. Главное управление землеустройства и земледелия. Департамент земледелия. СПб.: Типогр. В.Ф. Киришбаума, 1912. 208 с.

Труды Мурманской научно-промысловой экспедиции 1906 г. Отчет начальника экспедиции Л.Л. Брейтфуса / Л.Л. Брейтфус. Главное управление землеустройства и земледелия. Департамент земледелия. СПб.: Типогр. В.Ф. Киришбаума, 1915. 208 с.

Шимкевич В.М. Наблюдения над фауной Белого моря. Часть 1. СПб.: Типогр. В.Ф. Демакова, 1889. 137 с.

Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурманска / Сост. Н.М. Книпович, при содействии К.П. Ягодовского и Н.С. Жихарева. СПб.: Тов-во худ. печати, 1902. Т. 1. 605 с.

Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурманска / Сост. Н.М. Книпович, при содействии К.П. Ягодовского. СПб.: Комитет для помощи поморам русского Севера, 1903. Т. 2. 112 с.

Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурманска. Отчет по ее деятельности за 1902 г. начальника экспедиции Л.Л. Брейтфуса / Л.Л. Брейтфус. Комитет для помощи поморам русского Севера. СПб.: Типогр. Исидора Гольдберга, 1903. 510 с.

Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурманска. Отчет по ее деятельности за 1903 г. начальника экспедиции Л.Л. Брейтфуса / Л.Л. Брейтфус. Комитет для помощи поморам русского Севера. СПб.: Русская скоропечатня, 1906а. 421 с.

Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурманна. Отчет о работах в 1904 г. / Л.Л. Брейтфус. Комитет для помощи поморам русского Севера. СПб.: Русская скоропечатня, 1906б. 573 с.

Lyubina O.S., Frolova E.A., Dikaeva D.R. Current zoobenthos monitoring at the Kola Transect in the Barents Sea // *Berichte zur Polarforschung*. 2012. № 640. P. 177–189.

Rumohr H. Soft-bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. 2009. 24 p.

УДК 574.587 (268.45)

В.Ф. Брызгин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

**КОМПЛЕКСНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ДОННОЙ ФАУНЫ
БАРЕНЦЕВА МОРЯ 1968–1972 ГОДОВ
(ОРГАНИЗАЦИЯ, ВЫПОЛНЕНИЕ, РЕЗУЛЬТАТЫ)**

Аннотация

В статье изложена история подготовки, организации, проведения и краткие результаты комплексной бентосной съемки Баренцева моря 1968–1972 гг.

V.F. Bryazgin

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

**COMPLEX HYDROBIOLOGICAL SURVEY OF BENTHIC FAUNA
OF THE BARENTS SEA IN 1968–1972 YEARS
(ORGANIZATION, REALIZATION, RESULTS)**

Abstract

Paper tells about history of preparation, organization, implementation and brief results of complex benthic survey of the Barents Sea in 1968–1972 years.

Введение. Исключительная роль в исследовании Баренцева моря с позиций его научного и рыбохозяйственного освоения в первой половине XX века принадлежит российским ученым. В значительной степени этому способствовало появление на рубеже XIX–XX веков на берегах арктических морей ряда отечественных научных организаций, в том числе Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) и Мурманской биологической станции (МБС, преобразованной затем в ММБИ), активно повлиявших на развитие науки как в области комплексных, так и частных океанологических исследований. Одной из таких насущных задач в 1960-е годы стала

необходимость возобновления многолетнего мониторинга донной фауны Баренцева моря. Еще в начале прошлого века были отмечены периодические изменения в пространственном распределении многих его обитателей и соответствующие изменения продукционных свойств баренцевоморской жизни в условиях меняющегося климата моря. Поиск закономерностей в периодичности и продолжительности этих процессов пока желаемого результата не дает, однако поиск биологических индикаторов соответствующих физических процессов активно продолжается и в настоящее время. Выявление таких биологических или физических параметров усложняется необходимостью индивидуального подхода (в том числе и методического) к мелководным и глубоководным сообществам, экосистемам литорали и сублиторали, пелагическим и придонным, инфаным и онфаным, западным отепляемым и северо-восточным акваториям и др. Наиболее установленным к настоящему времени косвенным показателем теплосодержания моря является изменение биогеографического состава его сообществ, в первую очередь не пелагических, а донных, являющееся следствием не годовых, а многолетних перемен в их составе (Несис, 1960). Проявляются эти изменения и в смещении биогеографических границ распространения сообществ. Смещения этих границ отмечались неоднократно как при анализе фаун конкретных районов (Дерюгин, 1924; Несис, 1960), так и моря в целом (Танасийчук, 1929; Зенкевич, 1947) или отдельных групп гидробионтов (Гурьянова, 1928; Брызгин, 1973). Необходимость в 1960-х годах продолжить исследования состояния баренцевоморских сублиторальных экосистем для изучения их изменчивости под воздействием абиотических факторов за прошедшие десятилетия была очевидной. В первую очередь оно было вызвано значительными переменами в составе промысловой ихтиофауны моря и неоднократно отмечавшейся сменой в уловах лидирующих видов рыб, как пелагических, так и донных. Значительно сократилась в уловах доля бореальных видов – пелагической атлантической сельди и нектобентической сайды (полностью прекратившей кормовые миграции в юго-восточные районы моря), увеличилась значимость арктической сайки и высокобореальной мойвы, сократились уловы и изменились кормовые миграции и места промысловых концентраций арктическо-бореальных трески и пикши. Возникла необходимость срочного изучения причин данных изменений, способствующих расцвету одних видов и депрессии других (Бараненкова и др., 1973). Отмеченные исследовательские задачи в 1967 г. были определены как одни из основных при разработке научно-исследовательской программы гидробиологических исследований сублиторали. На их основе должны были проявиться не только лидирующие факторы отмеченных изменений, но и основные направления для разработки последующей долгопериодной стратегии рационального океанического промысла в акватории Баренцева моря, как одном из наиболее продуктивных районов мирового рыболовства.

Организация. Достаточно объемная по своим масштабам программа научно-исследовательских бентосных работ была, как уже отмечено, разработана и реализована по инициативе и силами ПИНРО. Возможность ее выполнения в установленные сроки во многом зависела от поддержки и помощи многих авторитетных исследователей того времени. В первую очередь следует отметить директора института к.г.н. А.П. Алексеева. Он не только поддержал предложенную идею планируемых исследований, но и оказал всевозможное содействие в ее выполнении. При разработке общей концепции и в процессе реализации программы благодаря этой поддержке удалось успешно решить множество организационных проблем: “вклинить” гидробиологические экспедиции в уже утвержденные многолетние планы института и министерства, найти возможности для организации дополнительных рейсов экспедиционных судов, финансирование для изготовления многочисленного специального оборудования и постоянно решать множество текущих вопросов, от которых иногда зависела судьба всей съемки.

Почти вековые по общей продолжительности непрерывные международные и отечественные исследования баренцевоморской биоты, особенно интенсивные в первой половине прошлого века (Алексеев, Галкин, 1981), к 1960-м годам сохранили, в основном, эпизодический и локальный характер. Перерыв в проведении комплексных планомерных бентосных экспедиций после классических работ Л.А. Зенкевича, В.А. Броцкой, З.А. Филатовой, В.И. Зацепина и многих других российских и иностранных исследователей на тот период явно затянулся и составлял уже почти 30 лет. Учитывая данную исторически сложившуюся ситуацию основными задачами предстоящих исследований планируемой съемки были определены: 1) современное биоразнообразие донной фауны моря и примыкающих к нему некоторых участков сопредельных акваторий; 2) особенности распределения основных биокомплексов донной фауны; 3) их количественная оценка; 4) зоогеографический состав и его многолетние изменения в циклах климатических флуктуаций. Исходя из перечисленного, разработка исследовательского комплексного проекта основывалась на множестве разнообразных задач, которые требовалось объединить единой программной стратегией. Основой для последнего являлись принципы поэтапного его осуществления, определение необходимых объемов планируемых работ, их темпов и типов, реальных возможностей последующей квалифицированной таксономической обработки собранных коллекций, их дальнейшего сохранения в фондах музеев, а также камеральной обработки объемных гидрологических, гидрохимических и геологических материалов. При составлении схемы маршрутов необходимо было выдержать основное методическое условие – расположение станций и разрезов обязательно должно было максимально соответствовать

тем географическим координатам, в которых выполнялись исследования в предыдущие периоды. Выполнению последнего требования во многом способствовало то, что наиболее полная картотека архивных сведений бентосных исследований 1920–1930-х годов хранилась в ПИНРО. Она была доступна и находилась “под рукой”. Архивная документация включала рейсовые журналы и отчеты, карточки качественной и количественной обработки проб, постанционные списки видов с количественными характеристиками и биологическими сведениями, краткими гидрологическими и навигационными данными. Наличие картотеки, отличные фонды научной литературы в библиотеке ПИНРО, квалифицированные консультации коллег по институту и из других научных организаций (ВНИРО, ИО, ЗИН, ММБИ, ЛГУ, МГУ, ПетрГУ и др.), позволили выполнить эту сложную работу в максимально сжатые сроки и в значительной степени активизировали составление общей схемы будущих маршрутов экспедиций. Хотелось бы еще раз выразить свою благодарность за эту поддержку и участие в реализации всего проекта моим многочисленным коллегам из ПИНРО, ММБИ и других научных организаций – без их помощи мы физически не смогли бы справиться с запланированными сроками и объемами работ.

О назревшей необходимости комплексных гидробиологических исследований донной фауны Баренцева моря мне, еще студенту Петрозаводского госуниверситета, впервые пришлось узнать от академика Л.А. Зенкевича летом 1963 г. в период его краткого визита на Беломорскую биологическую станцию (ББС) Карельского филиала АН СССР. Мне посчастливилось тогда сопровождать Льва Александровича в экскурсии на литораль губы Медвежья (Кандалакшский залив). На весельном ялике мы подошли от судна к берегу и, едва приступив к работе, попали в стремительно развивающийся с ураганным ветром и сильным дождем шквал со стороны моря. Оттащив лодку подальше от воды и перевернув ее вверх дном, нам удалось почти с комфортом переждать под ней непогоду. Минут через 20 все внезапно закончилось, как и началось. За это время я успел в общих чертах рассказать Льву Александровичу о проводимых в тот период сотрудниками биостанции исследованиях бентоса Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря, как непосредственный их участник. Лев Александрович не только выразил одобрение проводимых научным коллективом ББС исследований в Белом море, но и отметил уже назревшую необходимость проведения аналогичных исследований сублиторали Баренцева моря. Гидробиологические работы 1930–1940-х годов под его руководством с участием ученых Мурманска, Москвы, Ленинграда и других научных центров, вывели тогда Баренцево море в ряд наиболее изученных и грамотно эксплуатируемых морских водоемов мира. Но к 1960–1970-м годам (после почти 30-летнего перерыва) назрела безотлагательная потребность их возобновления.

Встреча на Белом море с Л.А. Зенкевичем и высказанное им пожелание на баренцевоморскую бентосную тему реализовалось позднее. В январе 1967 г. на очередном заседании лаборатории биологии моря ПИНРО (я уже был ее сотрудником) впервые обсуждался вопрос о возможности возобновления комплексных исследований баренцевоморской донной фауны. Основная научная тематика лаборатории того периода была связана с изучением кормовой базы пелагических и донных рыб Северо-Восточной и Северо-Западной Атлантики, особенностей питания и кормовых миграций промысловых рыб, а также поиска в этих водах скоплений массовых нектобентических беспозвоночных как возможных промысловых объектов. В целом предложенная к разработке программа комплексных исследований сублиторального бентоса Баренцева моря была одобрена и поддержана. Подготовка программы была возложена на автора идеи, но без освобождения его от прямых должностных обязанностей по тематическому плану научно-исследовательских работ лаборатории, т. е. текущих исследований в области промысловой гидробиологии. В этом объединении казалось бы разнотипных работ были и совместимые интересы – бентосные исследования во многом способствовали по своим задачам научному поиску промысловых беспозвоночных. Первым и основным объектом по заказу Министерства рыбного хозяйства СССР на последующие 5–6 лет была определена северная глубоководная креветка *Pandalus borealis*, широко распространенная в морях Северной Атлантики. Наличие возможных промысловых скоплений этого вида в открытых шельфовых водах, в том числе и в открытой части Баренцева моря, предполагалось и косвенно подтверждалось их частой встречаемостью в питании донных рыб. Норвежский промысел пандалюса к тому периоду существовал уже более 100 лет, но проводился только в пределах глубоководных фьордов и некоторых прибрежных участков норвежских вод. В задачу креветочных экспедиций прежде всего входили поиск районов возможной концентрации *P. borealis*, определение закономерностей их сезонного распределения, путей и причин возможных сезонных и суточных миграций, особенностей индивидуального и группового поведения, закономерностей распределения по глубинам, грунтам и температурным градиентам, изучение размножения, роста, питания, популяционной структуры, роли в экосистемах и ряда других вопросов, включая даже такие, как усовершенствование орудий лова, технологические процессы обработки сырья, выпуск готовой продукции и др. (Брызгин, 1981). Решение этих разнообразных задач во многом зависело от объема наших знаний в области экологии донных сообществ. Именно поэтому планируемые бентосные исследования во многом способствовали результативности научно-поисковых работ по изучению особенностей распределения возможных объектов промысла и оценки

их потенциальных ресурсов. Кроме креветок это касалось и других массовых нектобентических беспозвоночных – морского гребешка, иглокожих и др. Результаты проведенных бентосных исследований и полученные в них сведения по географическому и количественному распределению отдельных видов в дальнейшем учитывались при определении других возможных перспективных объектов промысла

При разработке бентосной программы и при ее осуществлении мы естественно консультировались со многими ведущими отечественными специалистами, из которых в первую очередь необходимо отметить бывшего сотрудника лаборатории биологии моря ПИНРО, к.б.н. Кира Назимовича Несиса (позднее доктора биологических наук, профессора). Он уже тогда был широко известным ученым, авторитетным среди океанологов, в том числе и специалистов по экологии донных сообществ. Неоднократные обсуждения с ним тех или иных теоретических или практических проблем, как правило, способствовали их положительному разрешению. Цикл начатых К.Н. Несисом в ПИНРО научно-исследовательских работ по промысловым беспозвоночным позволил в дальнейшем довольно быстро и успешно их продолжить, найти несколько крупных промысловых скоплений креветки в открытых районах Северо-Восточной Атлантики и разработать ряд мер по организации их рационального промысла. Уже в 1974 г. были разработаны и впервые переданы промышленности рекомендации по организации ее отечественного промысла с общим промысловым запасом около 5 тыс. т. Это была работа, которую К.Н. Несис начинал, а мы продолжили уже в его отсутствие, но при его непосредственной и постоянной поддержке.

С большим интересом Кир Назимович откликнулся и на наши бентосные планы. Из его письма (май, 1968 г): “Спасибо за информацию. Хорошо, что ты занялся бентосом... В бентосных сборах из Баренцева моря очень заинтересована Ася Федоровна (профессор Е.Ф. Гурьянова, Зоологический институт АН СССР – прим. автора). Она неоднократно, как и в последний раз в апреле этого года, говорила мне, что очень нужно сделать новую бентосную съемку Баренцева моря... Контакт с Зоологическим институтом с последующей передачей материала (после обработки) даст очень много – тему, руководство, контроль точности определений и литературу... По-моему, стоит тебе сразу после рейса написать ей и договориться обо всем этом”. В последующем д.б.н. Е.Ф. Гурьянова неоднократно оказывала нам помощь “и словом, и делом”.

Как уже отмечено, одновременное выполнение двух взаимосвязанных тем (научно-промысловая гидробиологическая и биоценотическая) было во многом совместимым и дополняющим друг друга. Креветочные поисковые рейсы, как и вся работа по промысловым беспозвоночным, естественно, в чем-то усложняла работу по проведению бентосных

экспедиций. Но был в этом и еще один, кроме уже указанного, плюс – почти в каждом креветочном рейсе (особенно в акватории Баренцева моря) нам удавалось проводить дополнительные, небольшие, локальные бентосные исследования, обычно в несколько десятков станций, “привязанные” к наиболее интересующим нас конкретным районам моря. Прежде всего, это места предполагаемых сезонных концентраций креветки, дополнительные сборы экологических, этологических и биологических материалов, в том числе при проведении подводных наблюдений из глубоководных гидростатов и методов фотограмметрии.

При составлении программы не обошлось без дискуссий. Первая из них географическая – определение площади исследуемой акватории. По рыбопромысловому атласу Баренцево море относится к морям Северо-Восточной Атлантики, по морскому навигационному официальному статусу Баренцево море является акваторией не Атлантического, а Северного Ледовитого океана и относится к Арктическому бассейну как субарктический водоем. По политическому атласу западная граница Баренцева моря проходит по линии мыс Нордкап–о. Медвежий–мыс Южный о. Западный Шпицберген. В рамках последних границ общая площадь моря оценивается в 1400 тыс. км². Однако указанное деление неоднозначно оценивается исследователями и в первую очередь теми, кто работает с фаунами морей на экосистемном уровне. Гидробиологические исследования З.А. Филатовой в 1935–1937 гг. в значительной части были выполнены к западу от линии мыс Нордкап–о. Медвежий. На их основе она констатировала, что “этот район резкого свала материковой ступени было бы более естественным считать западной границей Баренцева моря, чем условно принимаемую границу его по линии мыс Нордкап–о. Медвежий” (Филатова, 1938). Проведенные З.А. Филатовой исследования во многом являются непосредственным продолжением серии работ Л.А. Зенкевича, В.А. Броцкой, М.С. Идельсона, В.А. Зацепина и некоторых других исследователей донной фауны Баренцева моря, согласных с данным замечанием. Сходное мнение о юго-западной границе Баренцева моря высказывается и в современных публикациях (The Barents ..., 2011). Авторы отмечают целесообразность рассмотрения Лофотенской зоны, а также западной окраины о. Медвежий и западного мелководья о. Западный Шпицберген в экосистемной структуре Баренцевоморского шельфа. Мы поддерживаем это мнение с позиций экологической целостности всей акватории. Район к северу от Лофотенских островов рассматривался и рассматривается нами как своеобразный “южный коридор” Баренцева моря, через который в периоды температурных трендов вместе с мощным током воды в разном составе, количестве и с разной скоростью проходят восточные миграции бореальных гидробионтов. В то же время в районе Шпицбергенского желоба и Медвежинско-Шпицбергенского мелководья существует

и “северный коридор”, через который, в основном, под напором арктических охлажденных и распресненных вод могут осуществляться миграции представителей высокоарктической и арктической фауны и флоры в районы склона Гренландского моря. В указанных по экосистемному принципу границах (66.7° – 82.5° с. ш. 8.0° – 68.5° в. д.) (Climate ..., 2006; The Barents, 2011) общая площадь исследуемой акватории составляет около 1600 тыс. км². Данные разночтения географических параметров моря широко обсуждались нами при составлении программы бентосных исследований, поскольку в случае исключения из нее юго-западных районов в дальнейшем могли возникнуть определенные осложнения при определении зоогеографических границ, их многолетней динамики и взаимосвязанными с этим возможными ошибками общей оценки продукционных характеристик акватории. Результаты дискуссии были признаны в пользу ремарки З.А. Филатовой – схема бентосной съемки 1968–1972 гг. включила в себя все вышеописанные районы с последующей оценкой особенностей состава и распределения фауны этого района как деривата бореальной жизни Баренцева моря. В этих районах позднее неоднократно были проведены дополнительные исследования зообентоса (например, в апреле–мае 1972 г. – НИС “Атлантида”, ПИНРО, 45 станций; в сентябре 1982 г. – НИС “Дальние Зеленцы”, ММБИ, 15 станций).

Не менее важной проблемой после географической была методическая – орудия лова, методы сбора материалов, их палубная обработка должны были соответствовать тем, которые применялись в аналогичных исследованиях прошлых лет. Обязательным условием было координатное соответствие мест сбора проб, расстояния между станциями, методика сбора качественных и количественных проб, способы их промывки и отбора, последующая фиксация и перефиксация, ведение сопутствующей документации, а также гидрологические и гидрохимические и прочие необходимые наблюдения. На каждой станции описывали состав грунта, измеряли придонную и поверхностную температуры, проводили сбор проб воды в поверхностных и придонных слоях на определение солености и содержание кислорода. Для изучения дочетвертичной (коренной) геологии морского дна по заданию лаборатории геологии моря ПИНРО и НИИ геологии Арктики проведен сбор каменного материала из траловых проб и мелких фракций промытого грунта с нижнего сита (1 мм). Дополнительно собраны коллекции и разнообразных учебных материалов по зообентосу для практических работ студентов и музейных экспозиций. Для сбора качественных проб использовался трал Сигсби (большая модель, от 5 до 10 мин траления), для сбора количественных проб – дночерпатель “Океан-50” (0.25 м²). На скалистых грунтах применялось драгирование малой драгой. Промывка проб проводилась

на промывочном станке через металлические сита с различной ячейей – 10 мм верхнее, 6 мм среднее и 1 мм нижнее. По данным трала Сигсби заполняли палубный журнал, в котором визуально отмечали количественное соотношение (масса, много, единично) наиболее массовых видов беспозвоночных. Фиксатор для качественных проб – 4 %-й формалин с перефиксацией через 10 сут., для количественных – 70°-й спирт с перефиксацией через 10 сут. Палубные рейсовые журналы и вся сопутствующая документации, включая карточки обработки проб, материалы палубного биологического анализа и другие данные после рейсов сданы в архив лаборатории биологии моря ПИНРО. Поскольку исследования проводились по разработанной сетке станций, в журналах и этикетках отмечали координаты станции (без счислений), ее порядковый номер по сквозной нумерации (в числителе – порядковые номера по утвержденной программе, в знаменателе – сквозные порядковые номера по экспедиционному судну).

В последующем в лаборатории собранные коллекции были разобраны по систематическим группам. Частично таксономическая обработка коллекций проведена сотрудниками ПИНРО, частично (по предварительной договоренности) были распределены среди специалистов разных научно-исследовательских институтов и университетов (ИО, ЗИН, МГУ, ЛГУ, ММБИ и др.) с условием последующей передачи карточек обработки и постанционных списков видов в архивы ПИНРО, а материалов, после их обработки, в фонды научных музеев соответствующих организаций (в основном, в фонды Зоологического института АН СССР, г. Санкт-Петербург и в фонды ПИНРО, г. Мурманск).

Следующей, и, пожалуй, самой сложной проблемой могла оказаться последующая таксономическая обработка собранных проб. Реализовать это мероприятие, было самым сложным организационным этапом из всех предшествующих, предыдущих и последующих запланированных этапов. Это была архисложная задача: своих специалистов по многочисленным таксономическим группам в ПИНРО не было, а специалисты ЗИН, ИО, ММБИ, МГУ, ЛГУ и некоторых других участвующих университетов и неакадемических институтов были заняты в первую очередь своими многочисленными “плановыми” коллекциями и найти время для “сверхурочных” баренцевоморских материалов многим из них было очень трудно, а иногда и невозможно. Основополагающую роль в “пристройке” проб сыграл авторитет К.Н. Несиса (из письма 13.02.1968 г.): “Мне кажется с группами тебе надо будет поступить так: кое-что отдать незиновцам, в частности полихет – В. Стрельцову в Д. Зеленцы (Мурманский морской биологический институт, пос. Дальние Зеленцы Мурманской области – прим. автора), мшанок – Гостиловской (там же) – это им

по теме. Иголокожих, а также такие мелочи, как усонogie и плеченогие, сам определишь, в случае чего Баранова тебя проконсультирует... Гидроидов – попробуй поговорить с Софьей Степаньянц... Сложно будет с актиниями и с асцидиями. Это тебе вряд ли удастся сделать. Кусакин летом будет в ЗИНе и ты можешь с ним поговорить об изоподах. Все прочее мелочь, не стоящая особого внимания. Но вот с мейобентосом ты не справишься. Там будут тучи и кучи немертин, остракод, гарпактицид и т. д. и т. п. и тут никто тебе не поможет”. В итоге не все, но многие “адресаты” согласились принять материалы на определение и в договорных сроках в дальнейшем несли соответствующую ответственность больше перед Киром, нежели передо мной. При этом темпы обработки были такими, что уже в 1973 г. позволили нам по их первичным результатам организовать в г. Мурманске представительную научную конференцию по теме “Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря” (Состав ..., 1973), в работе которой приняли участие более 65 специалистов из 11 научных организаций и на которой было представлено 28 докладов.

В марте 1968 г. в результате работы с литературными и архивами сведениями (в основном по материалам российских экспедиций 1925–1958 гг.) разработка программы комплексных бентосных сублиторальных исследований и составление генеральной схемы маршрутов и расположения гидробиологических разрезов и станций в целом были завершены. Объем планируемой съемки по первоначальному проекту составлял 625 станций по 23 меридиональным разрезам. В этом объеме программа была одобрена и утверждена ученым советом ПИНРО. В процессе ее последующего выполнения форс-мажорные корректировки внесли ряд изменений в сроки и продолжительность экспедиционных рейсов, в расположение отдельных разрезов и станций (в основном по техническим причинам или погодным условиям), но, тем не менее, вся запланированная акватория была исследована, покрыта (в некоторых случаях с разрежением) сеткой гидробиологических станций. Работа выполнялась практически в полном соответствии классическим требованиям океанологических работ с дополнительным сбором сопутствующих гидрологических, гидрохимических и геологических проб. Одним из обязательных условий проводимых исследований было неоднократное повторение сборов по разрезу “Кольский меридиан” в разные сезоны года.

Выполнение. Экспедиционные исследования стартовали 31 мая 1968 г. Первые два коротких рейса были сделаны на НИС РТ 61 “Водник”. В рейсе № 25 (31.05–12.06, юго-западный сектор моря) из 44 станций первые 16 выполнены по разрезу “Кольский меридиан” (от 69°20’ до 74°00’ с. ш.), а станции 17–44 в акватории к западу от “Кольского меридиана” до Нордкинского разреза и от российского

и норвежского побережья до 74° с. ш. Всего за рейс собрано 44 качественных и 44 количественных бентосных проб на 44 станциях. Маршрут 25 рейса НИС “Водник” во многом совпадал по своему расположению с маршрутом э/с “Персей” в 1935 г. Рейс № 26 (19.06–16.07, юго-восточный сектор моря), включал работы на 94 станциях (станции 45–138, восточнее разреза “Кольский меридиан” в акватории от Мурманского побережья и линии Святой Нос–Канин Нос, от о. Колгуев и затем от параллели $70^{\circ}30'$ в. д. до $73^{\circ}00'$ – $73^{\circ}30'$ с. ш.). Дополнительно к программе проведен сбор материала на ст. 48-б в районе Канино-Колгуевского мелководья. Остальные исследования, включая повторно собранные пробы бентоса на 11 станциях по разрезу “Кольский меридиан” (станции 15–1, от $73^{\circ}30'$ до $69^{\circ}20'$ с. ш.), выполнены согласно плану работ. Всего за рейс на 94 станциях собрано 96 качественных и 94 количественных проб бентоса и 50 проб каменного материала для геологических исследований.

Следующие две экспедиции были проведены на НИС “Николай Маслов”. Рейс № 1 (26.10–01.12.1968 г., восточные районы моря, станции 93/139–1/189). Всего за рейс на 51 станции собрано 51 качественная и 45 количественных проб бентоса. Рейс № 5 (12.08–12.10.1969 г., западные и северо-восточные районы моря). С 15 по 19 августа начало работ на разрезе “Кольский меридиан” (на станциях 169/190–183/204 в координатах $69^{\circ}20'$ – $75^{\circ}30'$ с. ш.). По плану рейса вся исследуемая в пятом рейсе акватория была условно разделена на 2 района: с 19 по 28 августа – юго-западный от Лофотенских островов до о. Медвежий (54 станции), с 29 августа по 19 сентября – северо-западный от о. Медвежий до Западного Шпицбергена (92 станции). В северо-западном районе введены дополнительные разрезы от $74^{\circ}00'$ до $76^{\circ}30'$ с. ш. на север (7 станций, 27–28 августа) и по параллели $75^{\circ}10'$ на запад от Шпицбергенского мелководья до свала глубин в Гренландское море (6 станций). На этом исследования в западной половине моря были завершены и продолжены в северо-восточном секторе моря. На 9 станциях разреза “Кольский меридиан” 9–10 октября собраны качественные и количественные пробы бентоса от $78^{\circ}00'$ до $73^{\circ}30'$ с. ш.

С 21 сентября до 9 октября бентосные исследования были продолжены в северо-восточных районах моря. Ледовая обстановка на востоке моря была в целом благоприятной и позволила собрать материалы вплоть до $78^{\circ}30'$ с. ш. (на разрезе между мысом Желания и Землей Франца-Иосифа). К сожалению, намеченную программу в этом районе полностью выполнить не удалось в связи с необходимостью участия НИС “Н. Маслов” в исследованиях по учету запасов пелагических рыб в акватории Северо-Восточной Атлантики. Схема разрезов была изменена и сокращено количество запланированных станций в этом секторе. Благоприятные погодные условия в этом районе

в октябре 1969 г. позволили выполнить довольно большой объем работ даже в сокращенном виде, но, к сожалению, не все, что было запланировано программой. В завершение рейса были повторно проведены сборы бентоса на 9 станциях по разрезу “Кольский меридиан” (станции 393/413–405/425, от 78°00' до 73°30' с. ш.). Таким образом, за 62-суточный период пятого рейса НИС “Н. Маслов” на 236 комплексных гидробиологических станциях собрано 232 количественных и 236 качественных проб бентоса и 50 проб каменного материала.

В целом комплексные бентосные исследования сублиторали Баренцева моря продолжались 5 лет (с мая 1968 г. до декабря 1972 г.). В общем объеме собранные коллекции составили 546 количественных и 585 качественных бентосных проб. Можно считать, что практически вся запланированная в 1967 г. программа исследований была выполнена полностью за частичным исключением крайних северо-восточных районов выше 76° с. ш. и восточнее 46°00' в. д.

Все рейсы с 1968 по 1972 годы по исследованию бентоса Баренцева моря выполнены под руководством научного сотрудника лаборатории биологии моря ПИНРО В.Ф. Брызгина с участием сотрудников лабораторий биологии моря, донных рыб Баренцева моря, гидрологии, гидрохимии и геологии ПИНРО. Участники рейсов из ПИНРО: В.М. Рыжов, Т.В. Антипова, З.В. Благодельская, С. Щекочихина, а также И.И. Жубикас от ЛГУ, студенты Петрозаводского (Н. Буторова, Г. Чечина, Г. Шкляревич, С. Луотонен, А. Сенников) и Днепропетровского госуниверситетов (А. Королькова), а также сотрудник Мурманского краеведческого музея Н.А. Прохорова.

В 1970–1972 годах бентосные работы продолжались эпизодически и в основном в креветочных научно-поисковых рейсах НИС “Атлантида” (ПИНРО, рейсы № 9, 10 и 11) под руководством В.Ф. Брызгина и с участием сотрудников лаборатории биологии моря ПИНРО Н.К. Буторовой, В.М. Рыжова, Б.И. Беренбойма и инженера гидролога А.И. Лысоты.

По разрезу “Кольский меридиан” выполнены следующие исследования:

- 1) 02–05.06.1968 г. – НИС “Водник”, 25-й рейс (16 станций (1–16) от 69°20' до 75°30' с. ш.);
- 2) 13–16.07.1968 г. – НИС “Водник” 26-й рейс (11 станций (15–1) от 73°30' до 69°20' с. ш.);
- 3) 27–30.11.1968 г. – НИС “Николай Маслов”, 1-й рейс (15 станций (175/15–189/1) от 73°30' до 69°20' с. ш.);
- 4) 15–19.08.1969 г. – НИС “Николай Маслов”, 5-й рейс (14 станций (169/190–183/204) от 69°20' до 75°30' с. ш.);
- 5) октябрь 1969 г. – НИС “Николай Маслов” 5-й рейс (10 станций (393/413–405/425) от 78°00' до 72°30' с. ш.).

Краткие результаты. Как отмечено выше, некоторые материалы бентосных исследований сублиторали Баренцева моря были обработаны достаточно быстро и уже в 1973 г. некоторые результаты этих исследований были представлены в виде тезисов и докладов на областной научной конференции “Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря” (Состав ..., 1973). К этому периоду уже были полностью обработаны материалы по ракообразным, частично по иглокожим и моллюскам, и также получены некоторые сведения по количественным пробам бентоса. Как и предполагалось, в составе донных комплексов за прошедший после 1930-х годов период (почти за 35–40 лет) произошли весьма существенные изменения в видовом и зоогеографическом составе биоценозов, в их количественных показателях и в пространственном распределении. По результатам зоогеографического анализа отдельных групп бентоса, обнаруженных в пробах 1968–1972 гг., выявлено, что за прошедшие десятилетия в составе сообществ сублиторального бентоса произошли значительные перемены в сторону замещения практически во всех районах моря относительно теплолюбивых видов на представителей арктического комплекса, т. е. подтвердилась гипотеза об очередном цикле похолодания акватории моря. Косвенные подтверждения начала очередного похолодания в акватории Баренцева моря отмечались и прежде при анализе зоогеографического состава бентоса его западных районов в 1956–1959 гг. (Несис, 1960). Материалы 1968–1972 гг. подтвердили это предположение и показали уже достаточно глубокие изменения в составе бентоса моря под воздействием снижения его теплосодержания. Отмечены значительные по масштабам изменения в распределении холодноводной (на юг и запад моря) и тепловодной (в западном направлении) фауны на многие сотни километров от тех позиций, которые были отмечены предыдущими исследованиями в “теплый” климатический период. Судя по литературным сведениям и результатам выполненной съемки, процесс похолодания акватории Баренцева моря продолжался с середины 1950-х до начала 1970-х гг. Он был относительно устойчивым и значительным по своему воздействию. Изменения в зоогеографическом составе амфипод были настолько разительными, что при анализе полученных результатов позволили нам констатировать практически полный переход акватории Баренцева моря в разряд сугубо арктических водоемов и высказать предположение (Брызгин, 1972, 1973), что в результате климатических сукцессий эти изменения могут происходить в короткие сроки, быть быстрыми и достаточно масштабными и способны не только вызвать структурную перестройку в составе баренцевоморских сообществ, но и повлиять на общую продуктивность моря. Отмечено также, что пополнение фауны моря в периоды похолодания происходит за счет мелководных, арктических видов восточного сектора Арктики, а в периоды потепления – за счет бореальной фауны Норвежского и Гренландского морей. В сублиторали моря появились новые арктические виды морских звезд и офиур, не обнаружены некоторые ранее присутствующие здесь их бореальные виды. Общая тенденция к наступлению холодноводной

арктической фауны с севера и северо-востока моря и отступление к западу некоторых тепловодных форм подтверждается также уменьшением числа бореальных видов и среди других групп гидробионтов.

Объемные и комплексные материалы экспедиций 1968–1972 гг. по изучению состава и распределения сублиторального бентоса Баренцева моря послужили и продолжают служить основой для многих научных, в том числе и фундаментальных положений о функционировании арктических экосистем, их изменчивости во времени и пространстве. Они позволили дать объяснения и внести соответствующие коррективы в перспективное прогнозирование последующего развития промысловой стратегии в регионе Северо-Восточной Атлантики. Многие результаты этой комплексной съемки еще будут положены в основу представлений о жизни в Арктике и ее многофункциональной зависимости от изменчивости абиотической структуры океана. За прошедшие к настоящему времени после гидробиологических работ 1968–1972 гг. 40 лет ПИНРО и ММБИ неоднократно повторяли здесь бентосные работы, используя разработанную схему исследований как основу при планировании их экспедиционных маршрутов. Сетка станций программы тех лет продолжает использоваться как эталонный вариант при изучении процессов долгопериодной изменчивости в составе и распределении животных и растительных сообществ Баренцева моря, подвергающихся воздействию естественных и антропогенных факторов, и для получения максимально достоверных и сравнимых сведений по динамике его экосистем.

Литература

Алексеев Ф.П., Галкин Ю.И. Отечественные исследования бентоса в морях Северного Ледовитого океана // Очерки по истории гидробиологических исследований СССР. М.: Наука, 1981. С. 41–60.

Бараненкова Н.С., Пономаренко В.П., Селиверстов А.С. Изменение соотношения численности видов рыб и их ареалов в зависимости от климатических условий и промысла в Баренцевом море // Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1973. С. 9–10.

Брызгин В.Ф. Lysianassidae (Amphipoda, Gammaridea) Баренцева моря // Доклады конференции молодых ученых ПИНРО по результатам исследований 1971 г. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1972. С. 16–17.

Брызгин В.Ф. Эколого-биологический анализ фауны амфипод сублиторали Баренцева моря // Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1973. С. 11–12.

Брызгин В.Ф. Глубоководная креветка Баренцева моря (биология, распределение и промысел). Мурманск: Кн. изд-во, 1981. 72 с.

Гурьянова Е.Ф. К фауне Amphipoda Баренцева моря // Тр. Ин-та по изучению Севера. 1928. Вып. 37. С. 43–54.

Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану // Тр. Северной науч.-пром. экспедици. 1924. Вып. 19. 102 с.

Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. М.: Советская наука, 1947. 588 с.

Несис К.Н. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима (на разрезе по “Кольскому меридиану”) // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–137.

Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря / Отв. ред. В.Ф. Брызгин. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1973. 77 с.

Танасийчук Н.П. Материалы к познанию фауны Баренцева моря. К вопросу о влиянии Нордкапского течения на фауну Кольского залива // Тр. Мурман. биол. ст. 1929. Т. 3. С. 1–31.

Филатова З.А. Количественный учет донной фауны юго-западной части Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1938. Вып. 2. С. 3–51.

Climate variability and physical forcing of the food webs and the carbon budget on panarctic shelves / E. Carmack, D. Barber, J. Christensen et al. // *Progress in Oceanography*. 2006. Vol. 71(2–4). P. 145–181.

The Barents Sea (Introduction to the Barents Sea / V.K. Ozhigin, R.B. Ingvaldsen, H. Loeng et al. // *The Barents Sea (ecosystem, resources, management)*. Trondheim: Tapir Academic Press, 2011. P. 39–76.

УДК 574.587

П.А. Любин

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕЛЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПРОМЫВКИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРОБ БЕНТОСА, ПРИМЕНЯВШИХСЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Многолетние исследования сообществ макрозообентоса на разрезе “Кольский меридиан” – один из старейших мониторингов фауны Арктики в России. Однако изменения в методиках, применявшихся на протяжении всего периода наблюдений, делает сравнение полученных данных в разные годы весьма затруднительным. Проведенный анализ методов первичной обработки проб макрозообентоса, использовавшихся для исследования, выявил пять методологических этапов. Использование оригинальной методики позволило установить параметры уравнений селективности для основных размеров сит, применявшихся для промывки проб макрозообентоса. Показано, что размер сита влияет на регистрируемые качественные и количественные характеристики бентоса: видовой состав, плотность поселения организмов и общую биомассу. Потери макробентосных организмов в случае использования сита с размером ячеек от 3 до 5 мм, составляют около 30 % от общей биомассы и более 97 % от общей численности организмов в пробе. Использование для промывки сита с размером ячеек 0.5 мм увеличивает уловистость организмов мейобентоса до 1 % от общей биомассы и 2 % от общей численности. Для сравнения материалов, полученных в разное время и с использованием разных методов, рекомендуется стандартизировать сравниваемый материал согласно полученным параметрам уравнений селективности.

P.A. Lyubin

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SELECTIVITY OF THE WASHING METHODS OF QUANTITATIVE BENTHOS SAMPLES USED IN THE STUDIES ON THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

Long-term investigation of the macrobenthic communities on the transect “Kola Section” is the oldest monitoring for the arctic fauna in Russia. But the change in the methodology throughout years makes very difficult or impossible comparing of received data. Fives methodological periods of primary processing of macrozoobenthos samples were distinguished after analysis. The original technique were used to establish the parameters of the equations of selectivity for sieves materials used for the benthic samples washing. Was founded that the sieve size affect to the observed qualitative and quantitative characteristics of the benthic community such as species composition, population density of organisms and the value of the total biomass. Losses of the macrobenthos organisms in the case of using the sieve size greater 3 to 5 mm, is about 30 % of the total biomass, and more than 97 % of the total number in a sample. Using a sieve with a hole size lesser 0.5 mm increases catchability organisms of meiobenthos up to the 1 % from the total biomass and up to the 2 % from the total number. For comparison of historical materials, obtained at different times and by different methods, is recommended to standardize the compared material with using the obtained parameters equations of selectivity.

Введение. За более чем столетнюю историю бентосных исследований на разрезе “Кольский меридиан” Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) и Мурманский морской биологический институт (ММБИ) накопили огромный по +объему материал, значительная часть которого опубликована в отечественной печати (Дерюгин, 1924; Танасийчук, 1927; Гурьянова, 1927; Гурьянова, 1927; Несис, 1960; Антипова, 1975; Многолетние ..., 2000; Влияние ..., 2007; Предварительные ..., 2013 и др.). Многолетние сборы всегда представляют для естествоиспытателей огромный интерес. Как правило, исторические данные используются для сравнения с современными. Однако из-за различия методик сбора и обработки материала авторам часто приходится критически подходить к сравниваемым материалам. Например, в статье С.Г. Денисенко (2005), посвященной зообентосу Баренцева моря в условиях изменяющегося климата, анализируется видовое богатство и биоразнообразие бентоса Баренцева моря по данным съемок разных лет. Приведенные автором графики зависимости количества видов от количества выполненных станций указывают на сильное отличие видового обилия съемки 2003 г. от съемок предыдущих лет – в 3–4 раза. Причиной этого автор считает развитие таксономии и квалификации систематиков, но также не отрицает влияния методов сбора и качества обработки материала.

Первое сравнение количественных показателей бентоса в районе разреза “Кольский меридиан” было проведено Т.В. Антиповой (1975). Автор установил снижение на 20 % средней биомассы бентоса в 1960-х годах по сравнению с предыдущей съемкой, выполненной в 1920-е годы (Броцкая, Зенкевич, 1939). На разницу в величине биомассы могло повлиять использование разных методик промывки бентосных проб. Например, Р.Г. Лейбсон в своей работе 1939 г., посвященной количественному учету донной фауны Мотовского залива в 1931–1932 гг., отмечает, что “промывка материала производилась обычным способом при помощи металлических сит с ячейей в 6, 3 и 1.5 мм”. Однако в “Инструкции для сбора и первичной обработки бентоса” (ВНИРО), составленной М.М. Брискиной (1939), для сбора и первичной обработки бентоса рекомендуется следующий набор сит: 10–15, 5–6, 1 мм. Кроме того, из-за высокой мозаичности в распределении бентосных сообществ определение общей биомассы по одной или двум отобраным пробам может дать погрешность, которая повлияет на конечный результат и выводы работы. С.Г. Денисенко (2005) считает, что методическими различиями в отборе проб можно объяснить около 4–5 % отмеченной разницы в биомассе. Однако, случайное попадание крупных особей в пробу, по нашему мнению, может более сильно изменить значение общей биомассы на станции, в особенности, если отбор проб ведется без повторов.

Таким образом, проблема сопоставления данных разных лет, полученных с использованием различных методик, существенна. На конечные результаты могут влиять практически все особенности пробоотбора и обработки материала. Различие в методиках может сказаться на видовых списках, значениях численности и биомассы, определении доминантов и как следствие – выделении сообществ. В настоящее время из-за отсутствия общепринятых объективных методов сравнительной оценки исторических данных трудно определить как именно тот или иной этап обработки материалов повлиял на конечный результат.

В качестве возможного аппарата для такого рода анализа может быть предложена методика, использованная нами ранее для сравнения траловых уловов и количественных дночерпательных проб (Любин, 2010), которая основана на соотношении между средним размером (средней массой) животных и плотностью их поселения в сообществе (Damuth, 1981, 1987). Ее применение позволило определить коэффициент уловистости и селективности донного трала и промывочных сит, применяемых для промывки дночерпательных проб, по отношению к организмам зообентоса.

Использование данной методики дает возможность проанализировать имеющиеся у нас в архиве количественные материалы по макробентосу, собранные в разные годы в районе разреза “Кольский меридиан”, определить селективность различных промывочных сит, методов промывки

и сортировки материала, рассчитать поправочные коэффициенты для сравнения данных разных лет.

Материал и методы. Материалом для данной работы послужили архивные материалы количественных сборов макрозообентоса в районе разреза “Кольский меридиан”, обработанные сотрудниками МБС, ПлавморНИН, ГОИН, ПИНРО и ММБИ с 1927 по 2012 гг. Всего за исследуемый период было выполнено 192 станции, обработано 533 проб, просмотрено около 116 тыс. экз. бентосных организмов (табл. 1). Сбор материала в разные годы производился по различным методикам. Можно выделить пять методических этапов проведения количественного учета макробентоса на разрезе “Кольский меридиан”.

Т а б л и ц а 1

**Объем количественных данных, собранных
на разрезе “Кольский меридиан” с 1927 по 2012 гг.**

Год	Организация (судно)	Дночерпатель (площадь, м ²)	Размер ячей сита, мм	Объем проб	Количество просмотренных особей
1927	ПлавморНИН (НИС “Персей”)	Петерсена (0.1)	6, 3, 1	1	166
1929	ПлавморНИН (НИС “Персей”)	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	1	254
1930	ГОИН (НИС “Персей”)	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	7	750
1931	ГОИН (НИС “Персей”)	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	1	201
		Петерсена (0.25)*	6, 3, 1	1	116
1933	ГОИН (НИС “Персей”)	Петерсена (0.1)	6, 3, 1	6	251
1934	ПИНРО (НИС “Персей”)	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	2	104
1935	ПИНРО (НИС “Персей”)	Петерсена (0.25)*	6, 3, 1	7	1045
1947	ПИНРО (НИС “Саратов”)	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	8	1650
1948	ПИНРО (НИС “Саратов”)	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	16	1040
		Петерсена (0.25)*	6, 3, 1	1	103
		Петерсена (0.25)**	6, 3, 1	1	36
		Петерсена (0.25)***	6, 3, 1	1	43

Окончание табл. 1

Год	Организация (судно)	Дночерпатель (площадь, м ²)	Размер ячей сита, мм	Объем проб	Количество просмотренных особей
1950	ПИНРО (НИС "Персей 2")	Петерсена (0.25)	6, 3, 1	8	247
1968	ПИНРО (НИС "Н. Маслов")	Океан-50 (0.25)	10, 5, 1	5	44
		Океан-50 (0.25)*	10, 5, 1	2	64
	ПИНРО (НИС "Водник")	Океан-50 (0.25)	10, 5, 1	20	502
		Океан-50 (0.25)*	10, 5, 1	2	23
1969	ПИНРО (НИС "Н. Маслов")	Океан-50 (0.25)*	10, 5, 1	9	155
1995	ММБИ (НИС "Ясногорск")	Океан-50 (0.25)	0.5	20	8659
1997	ММБИ (НТС "Помор")	ван-Вина (0.1)	0.5	50	5747
1999	ММБИ (НТС "Помор")	ван-Вина (0.1)	0.5	15	2955
2000	ММБИ (НИС "Дальние Зеленцы")	ван-Вина (0.1)	0.5	60	15235
2001	ММБИ (НИС "Дальние Зеленцы")	ван-Вина (0.1)	0.5	50	12028
2003	ММБИ (НИС "Дальние Зеленцы")	ван-Вина (0.1)	0.5	9	2190
	ПИНРО (ГС "Ромуальд Муклевич")	ван-Вина (0.1)	0.5	39	11271
2007	ММБИ (НИС "Дальние Зеленцы")	ван-Вина (0.1)	0.5	40	11898
2010	ММБИ (НИС "Дальние Зеленцы")	ван-Вина (0.1)	0.5	5	1031
	ПИНРО НИС "Ф. Нансен"	ван-Вина (0.1)	1	45	13507
2011	ММБИ (НИС "Дальние Зеленцы")	ван-Вина (0.1)	0.5	5	1978
	ПИНРО (НИС "Вильнюс")	ван-Вина (0.1)	1	47	11404
2012	ПИНРО (НИС "Вильнюс")	ван-Вина (0.1)	1	49	11174

* Обработано или зафиксировано 2 пробы как одна.

** Обработано или зафиксировано 1.5 пробы как одна.

*** Обработано или зафиксировано 0.5 пробы.

Первый этап (начальные годы исследований) – с 1927 по 1950 гг., сбор количественного материала на разрезе “Кольский меридиан” проводился дночерпателем Петерсена двух модификаций: тяжелым дночерпателем большого размера с площадью отбора 0.25 м^2 и облегченной модификацией с площадью пробоотбора 0.1 м^2 (Зенкевич, 1927; Филатова, 1938; Броцкая, Зенкевич, 1939; Лейбсон, 1939; Зацепин, 1962). Как правило, пробы отбирались тяжелым дночерпателем 0.25 м^2 и в исключительных случаях, по-видимому, при утере последнего, сбор велся облегченным дночерпателем. Как правило, на станции отбирались один или два дночерпателя, редко три, которые при промывке объединялись в одну пробу. В работах данного периода времени мало внимания уделялось описанию методики промывки материала. В одной из своих первых работ, посвященных количественному учету бентоса, Л.А. Зенкевич (1927) дает следующее описание методики отбора проб: “полученный дночерпателем материал пускался в промывочный станок с набором сит (ячей в 6, 3 и 1 мм)”. Методические особенности, связанные с выборкой животных с сит, авторами не описываются. Предположительно она выполнялась на палубе пинцетами с промывочных сит. После выборки животных, материал фиксировался 70°-м спиртом. Дальнейшая обработка проводилась в лабораторных условиях путем подсчета количества экземпляров определенных таксонов и их взвешивания. При взвешивании масса трубок полихет не учитывалась, исключение – трубки *Spiochaetopterus typicus*. При анализе данных, отобранные на НИС “Персей” в 1927 и 1933 гг. дночерпателем Петерсена (0.1 м^2), пробы не учитывались.

Второй этап. В 1968–1969 годах в рамках выполнения тотальной бентосной съемки Баренцева моря был отобран материал на разрезе “Кольский меридиан”. Сбор велся только тяжелым дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.25 м^2 и его модификацией, серийно производимой в СССР – “Океан-50”. На каждой станции выполнялось по два пробоотбора, которые соединялись и обрабатывались как одна проба (Антипова, 1975). Как мы указывали выше, руководящим документом для проведения бентосных работ в то время была инструкция, составленная М.М. Брискиной (1939). В данной методике для сбора и первичной обработки бентоса был рекомендован набор сит с ячейей 10–15, 5–6 и 1 мм. По личному сообщению В.Ф. Брызгина, инициатора бентосной съемки Баренцева моря 1968–1970 гг. и непосредственного участника, промывку проводили на промывочных столах с набором сит 10, 5 и 1 мм. Сбор организмов с сит проводился при помощи пинцета непосредственно на палубе. Как правило, животные на верхних ситах выбирались полностью, а с нижнего фиксировалась определенная часть промытого осадка. Фиксация проводилась 75°-м спиртом или 10 %-м формалином. Определение материала, взвешивание и подсчет особей осуществлялось на берегу в лабораторных условиях.

Третий этап. В 1980-е годы сотрудником ММБИ А.В. Сикорским был предложен оригинальный способ промывки количественных проб зообентоса в мягком капроновом сите, установленном на железной треноге. Для изготовления капроновых сит был использован мельничный газ из капрона № 14, который имеет квадратные отверстия со сторонами входного отверстия 0.4 мм и диагональю 0.7 мм, номинальный размер отверстий по ГОСТ 4403-91 (1991 г.) (средняя величина трех величин: ширины отверстия, высоты и длины отверстия по диагонали) составляет 0.5 мм. Остающаяся после промывки часть грунта вместе с животными фиксировалась целиком для последующей сортировки пробы под бинокуляром в лабораторных условиях. Новая методика значительно упростила палубные работы по сбору материала и уменьшила степень травмирования при промывке нежных форм бентоса (особенно полихет). Вследствие внедрения данной методики значительно увеличились постанционные видовые списки. Последний отбор проб тяжелым дночерпателем “Океан-50” был выполнен на разрезе “Кольский меридиан” в 1995 г. на НИС “Ясногорск” сотрудником ММБИ Н.Н. Пантелеевой. На каждой станции отбиралось по два дночерпателя, улов которых фиксировался как отдельные пробы.

Четвертый этап. С 1997 года все работы на разрезе “Кольский меридиан” проводились только дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м². Переход на данное орудие лова был связан с приведением отечественных методик к международным стандартам, принятым для мониторинговых исследований на морских нефтегазовых месторождениях (HELCOM ..., 1988; OSPAR ..., 2004). Для статистической обработки данных, получаемых на каждой станции, как правило, отбиралось по пять проб, что по площади пробоотбора соответствует двум пробам выполненных дночерпателем “Океан-50”. Пробы промывались через капроновое сито № 14 по методике А.В. Сикорского. Промытый материал фиксировался в герметичных пластиковых ведрах 4 %-м формалином. В каждую пробу добавлялись 1–2 столовых ложки буры для предотвращения растворения кальциевых структур организмов. Первичная разборка проводилась на берегу в лабораторных условиях с использованием бинокулярных микроскопов МБС-1, МБС-9, МБС-10. Для каждого вида определялись количество особей в пробе и их сырая масса. Взвешивание проводилось с точностью до 1 мг.

Пятый этап. В 2010–2012 годах промывку проб на судах ПИНРО проводили через капроновые сита, изготовленные из мельничного газа № 8, который имеет квадратные отверстия со сторонами входного отверстия 0.9 мм и диагональю 1.2 мм, таким образом, номинальный размер отверстий в соответствии с ГОСТ 4403-91 составляет 1 мм. В остальном методика обработки проб с 1995 г. была стандартной как на судах ММБИ, так и на судах ПИНРО.

Для сравнения уловистости применявшихся методов были проведены следующие расчеты: численность и биомасса таксона в пробе пересчитывались на 1 м²; рассчитывалась средняя масса каждого таксона в пробе; для которого вычислялся десятичный логарифм, округленный до 0.1 логарифмической единицы (Численко, 1981). Полученные данные использовали для построения диаграмм зависимости средней массы особи таксонов от плотности их поселения. На диаграммах определялась точка перегиба и параметры степенного уравнения для правой части кривой распределения. Используя полученные уравнения, восстанавливалась теоретическая численность мелкоразмерных классов из левой части кривой. При сравнении теоретической численности мелкоразмерных классов с фактическими данными вычислялся процент оставшихся после промывки через сито организмов. На основании полученных данных определялась селективность промывочных сит, описываемая логистическим уравнением. Параметры логистического уравнения определялись методом “Поиск решений” из стандартного пакета анализа программа Microsoft Excel -2010.

Результаты и обсуждение. В материале, собранном с 1927 по 1950 гг., наименьшая средняя масса особей составила 0.0004 г (в 1950 г. на ст. 3 разреза “Кольский меридиан” были выловлены 8 экз. двустворчатых моллюсков *Yoldiella lucida*), а максимальная – 101.918 г (в двух дночерпателях Петерсена с площадью захвата 0.25 м² на ст. 2 в 1935 г. было выловлено 5 экз. *Porifera* g. sp. общей массой 509.59 г). Максимальная численность – 73.7 экз/м², соответствовала размерной группе, средняя масса которой составляла 0.004 г за счет преобладания в этой размерной группе полихет *Galathowenia oculata*. В результате анализа полученного распределения была определена точка перегиба, соответствующая значению массы организмов 0.004 г (рис. 1). Данная точка характеризует момент смены действия двух факторов, левая сторона распределения (светлые квадраты) определяется селективностью метода промывки, правая (темные квадраты) зависит от закономерного убывания численности живых организмов с увеличением их среднего размера (массы). Правая часть распределения описывается степенным уравнением $N = 0.9957W^{-0.716}$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.88$.

Левая часть распределения характеризует селективность сетных материалов, использованных для промывки проб на этом этапе исследования. Селективность сетных материалов по отношению к организмам зообентоса хорошо описывается логистической функцией (рис. 2). Расчеты, в соответствии с приведенным уравнением показывают, что уловистость организмов массой 0.008 г составляет 54 %, 0.001 г – 0.9 %, 0.01 г – 67 %, 0.1 г – 99 %.

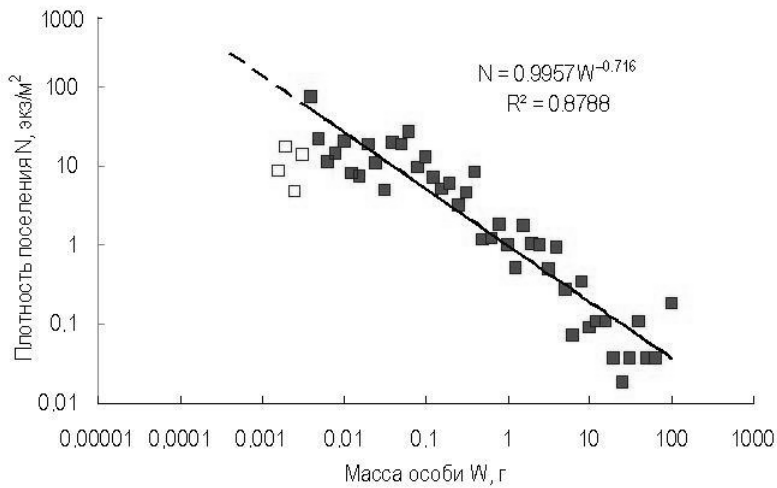


Рис. 1. Размерная структура уловов макрозообентоса по данным 1927–1950 гг.

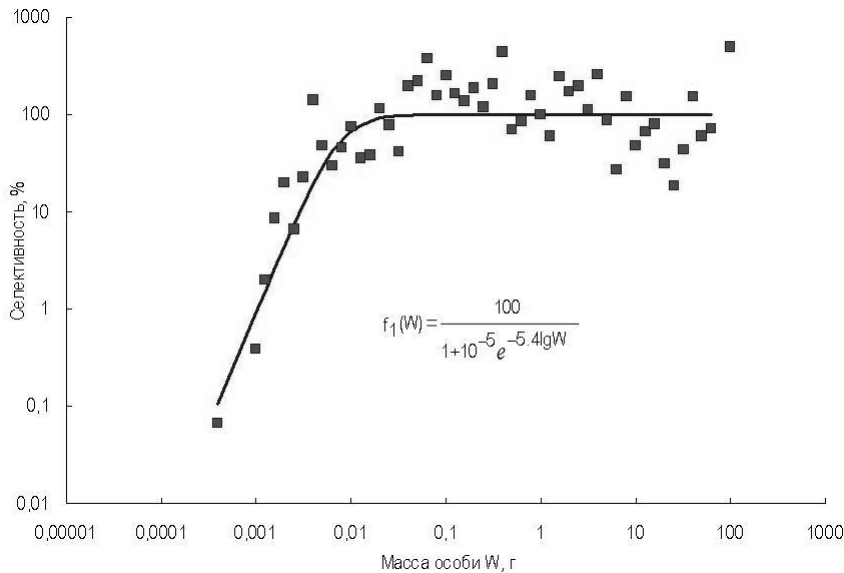


Рис. 2. Селективность метода промывки и разборки уловов макрозообентоса по данным 1927–1950 гг.

В материалах 1968–1969 гг. минимальная средняя масса организмов составила 0.0001 г (поймка 8 экз. двустворчатого моллюска *Mendicula ferruginosa*), максимальная – 25.11 г (*Porifera g. sp.*). Максимальной средней плотности поселения организмов на станции (6 экз/м²) соответствовала размерная группа, средняя масса особей которой была близка к значению 0.05 г (доминирующим видом по численности в этой размерной группе была седентарная полихета *Spiochaetopterus typicus*). Данная точка в распределении была выбрана

нами в качестве точки перегиба. Правая часть распределения описывается степенным уравнением $N = 0.6232W^{-0.707}$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.73$ (рис. 3).

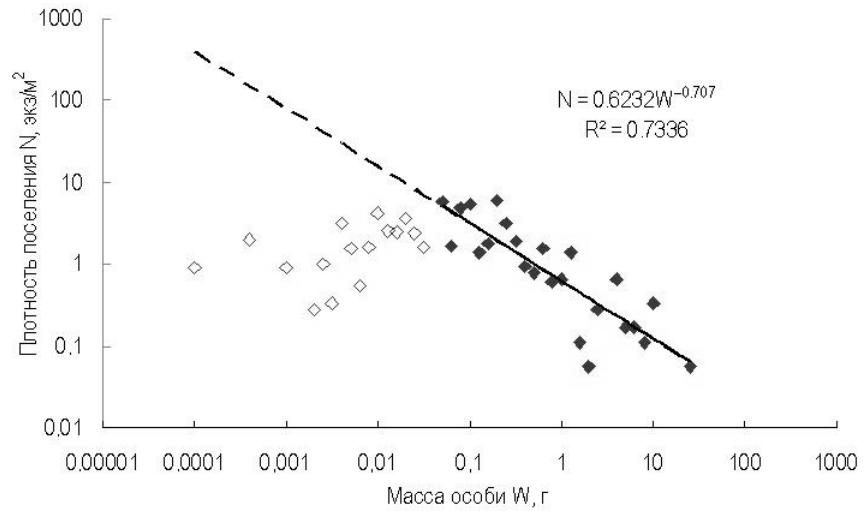


Рис. 3. Размерная структура уловов макрозообентоса по данным 1968–1969 гг.

Селективность методов промывки и отбора макрозообентоса, применявшихся в 1968–1969 гг. описывалась функцией

$$f(W) = \frac{100}{1 + 4 \cdot 10^{-3} e^{-3.6 \lg W}} \quad (\text{рис. 4}).$$

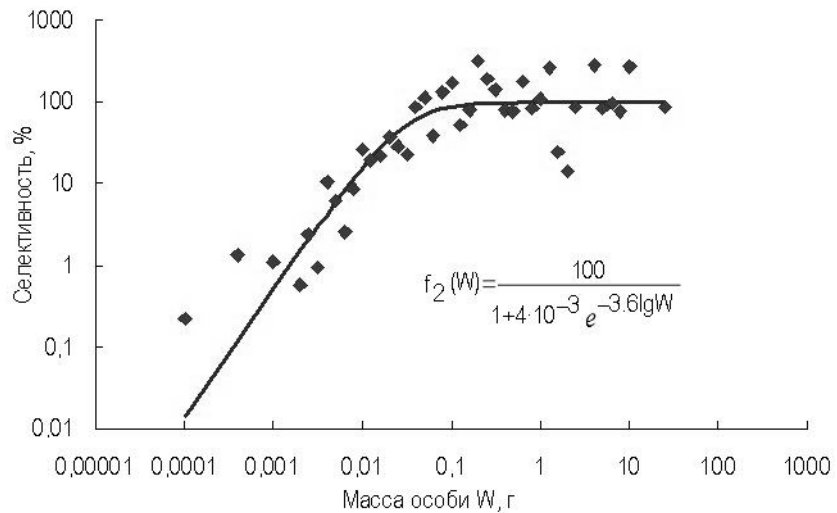


Рис. 4. Селективность метода промывки и разборки уловов макрозообентоса по данным 1968–1969 гг.

Доля улавливания организмов со средней массой тела 0.001 г в соответствии с этим уравнением составляла всего 0.5 %, организмов массой 0.01 г – 16 %, 0.03 г – 50 %, 0.1 г – 87 %. Почти полностью (99.6 %) улавливались организмы массой 1 г.

Из графика (рис. 4) хорошо видно, что улавливаемость двух самых мелких размерных классов (0.0001 и 0.0005 г), представленных двустворчатыми моллюсками *Mendicula ferruginosa* и *Thyasira* sp., выше общей тенденции. Эти единичные случаи поимки столь малых организмов не характерны для данного и предыдущего этапов исследований. Так *Mendicula ferruginosa* была встречена всего на двух станциях из 28 в 1968 г. и единожды в 1927 г. По всей видимости, их попадание в пробу зависело от эпизодического изменения методики обработки материала, когда нижнее сито было просмотрено с большей тщательностью. В последующие годы исследований, начиная с 1995 г., двустворчатый моллюск *M. ferruginosa* встречается в пробах регулярно.

После перехода на промывку бентосных проб в мягких капроновых ситах значительно снизилась нижняя граница размерного ряда попадающих в пробу животных. Так по данным 1995 г., минимальная средняя масса организмов составила 0.00005 г при средней плотности поселения 2 экз/м². При этом, как и в сборах 1968–1969 гг., данный размерный класс был представлен двустворчатым моллюском *M. ferruginosa*. Максимальная масса организмов составила 15.8 г (*Brisaster fragilis*) при средней плотности поселения 0.2 экз/м². Максимальная плотность поселения 305.6 экз/м² была отмечена для организмов со средней массой 0.025 г за счет высокой численности полихеты *Spiochaetopterus typicus*, доля которой в этом размерном классе составила 97 % от общей численности. Причина данного выброса объясняется одним методическим моментом: из-за отсутствия у специалиста весов для взвешивания достаточно большого по объему материала с необходимой точностью (*S. typicus* с трубками при большом количестве имеют довольно большой объем) был использован коэффициент 0.03 г, равный средней массе одной особи *S. typicus* вместе с трубкой. Поэтому при расчете численности размерных групп суммирование всех особей *S. typicus* в одном размерном классе дало столь сильное отклонение от общего тренда.

Второй по численности (около 300 экз/м²) была размерная группа организмов со средней массой тела 0.001 г. Доминирующим видом в данной размерной группе была также полихета *Galathowenia oculata* – 62 % от общей численности особей в группе. Данная размерная группа была определена как точка перегиба на графике. Правая часть распределения может быть описана уравнением $N = 0.9209W^{-0.705}$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.83$ (рис. 5).

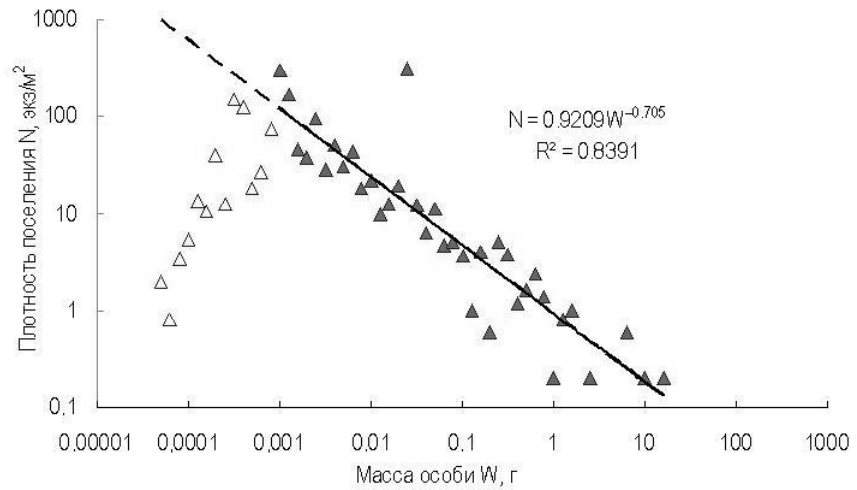


Рис. 5. Размерная структура уловов макрозообентоса по данным 1995 г.

Переход на промывку бентоса через мягкое капроновое сито № 14 значительно увеличил селективность метода. Для ее описания подходит функция

$$f(W) = \frac{100}{1 + 10^{-6} e^{-4.6 \lg W}} \quad (\text{рис. 6}).$$

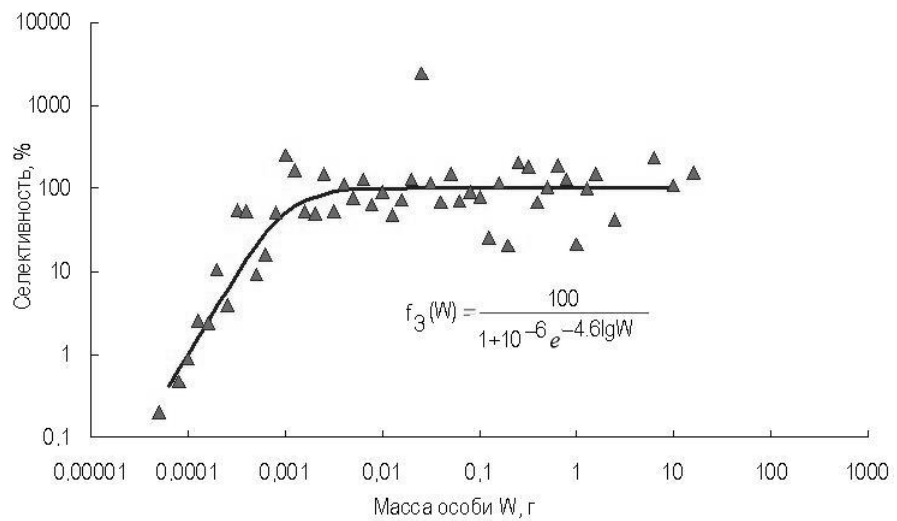


Рис. 6. Селективность метода промывки и разборки уловов макрозообентоса по данным 1995 г.

В соответствии с ней при промывке улавливается организмов массой 0.0001 г 1 % от их возможного количества, 0.001 г – 50 %, а 0.1 г – 99 %.

В материалах, собранных с 1997 по 2007 гг., минимальная средняя масса организмов составила 0.00002 г (мелкие рачки *Leptognathia* sp., средняя плотность поселения которых в районе исследования равна примерно 0.15 экз/м²), максимальная – 199 г у губок *Porifera* g. sp., средняя плотность поселения которых в районе исследования – 0.003 экз/м². Максимальная численность пришлась на организмы со средней массой 0.001 г – 243 экз/м², из которых 36 % численности – это полихеты (*Chone turmanica*, *Notoproctus oculatus*, *Paramphinome jeffresii*, *Galathowenia oculata*). Как и по данным 1995 г., точка перегиба на графике пришлась на размерную группу 0.001 г, таким образом правая часть распределения описывается уравнением вида $N = 0.9195W^{-0.849}$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.96$ (рис. 7).

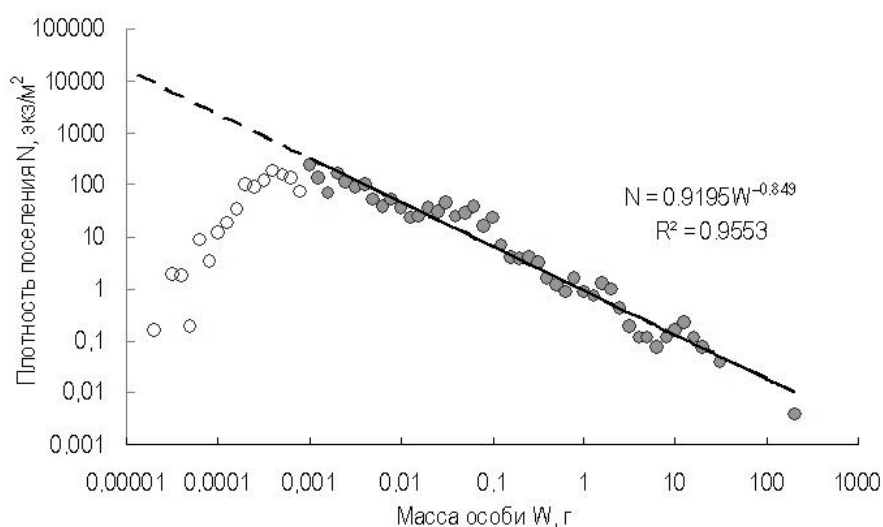


Рис. 7. Размерная структура уловов макрозообентоса по данным 1997 по 2007 гг.

Селективность метода промывки и обработки проб на данном этапе исследования описывается функцией

$$f(W) = \frac{100}{1 + 10^{-7} e^{-5.5 \lg W}} \quad (\text{рис. 8}).$$

Несмотря на то, что промывка материала выполнялась тем же методом, что и в 1995 г., улавливаемость организмов массой 0.001 г снизилась на 10 %. Процент улавливаемости остальных размерных групп практически не изменился.

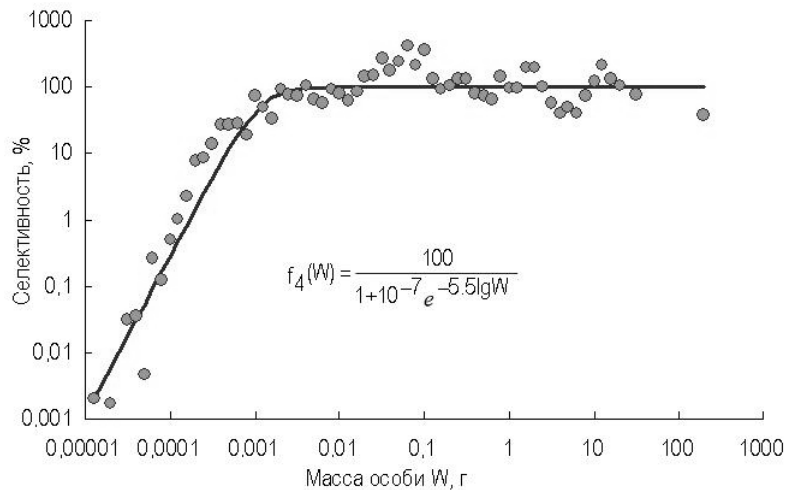


Рис. 8. Селективность метода промывки и разборки уловов макрозообентоса по данным 1997 по 2007 гг.

В 2010–2012 годах промывка бентосных проб на судах ПИНРО велась через мельничный газ № 8. Минимальная средняя масса организмов в пробах этих сборов была 0.00005 г представлена тремя видами ракообразных (*Torquella grandis*, *Macrostylis spinifera*, *Leptognathia* sp.) и одним видом полихет (*Owenia fusiformis*). Средняя плотность поселения организмов данного размерного класса составила 0.5 экз/м². Максимальная средняя масса – 77 г (актиния *Bolocera tuediae*), средняя плотность поселения равна 0.07 экз/м². Максимальная численность, как и в двух предыдущих случаях, соответствовала размерной группе животных со средней массой 0.001 г. Плотность их поселения на разрезе “Кольский меридиан” составила 497 экз/м², 67 % которых приходилось на долю полихет *Filograna implexa*. Как и в предыдущих случаях точка перегиба пришлась на размерную группу 0.001 г. Плотность поселения организмов данной размерной группы равна 351 экз/м², 59 % из которых приходится на долю *Galathowenia oculata*. Таким образом, правая часть распределения описывается уравнением $N = 1.211W^{-0.857}$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.92$ (рис. 9). Полученные параметры уравнения очень близки к таковым для данных 1997-2007 гг.

Селективность промывки через газ № 8 описывается функцией

$$f(W) = \frac{100}{1 + 10^{-8} e^{-6.64gW}} \quad (\text{рис. 10}).$$

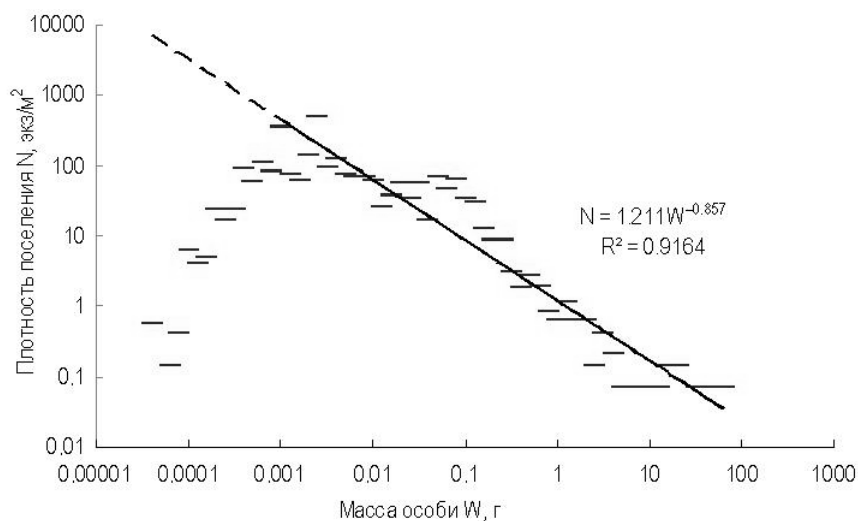


Рис. 9. Размерная структура уловов макрозообентоса по данным ПИНРО 2010–2012 гг.

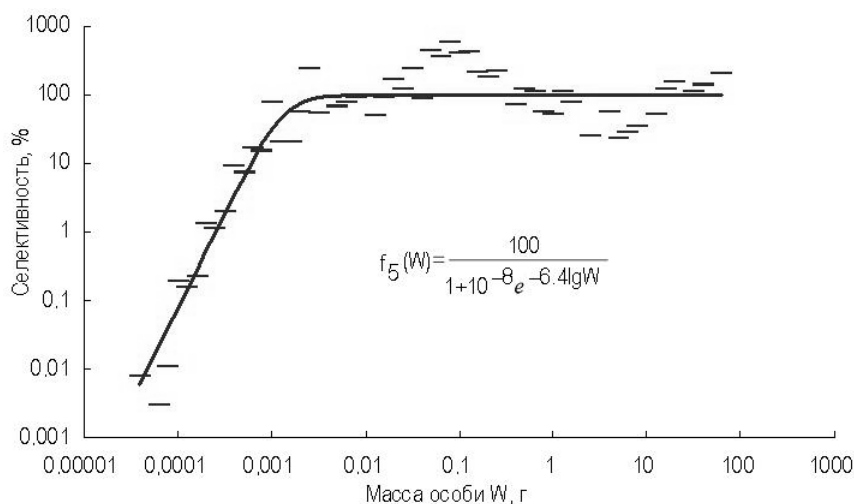


Рис. 10. Селективность метода промывки и разборки уловов макрозообентоса по данным ПИНРО 2010–2012 гг.

В соответствии с полученным уравнением доля бентосных организмов, улавливаемых ситом № 8, ниже, чем ситом № 14. Так животные со средней массой тела около 0.0001 г составляли 0.08 % от теоретически возможного. Особи массой тела 0.001 г улавливались с долей около 30 %. Близко к данной размерной группе лежит 50 %-й барьер улавливаемости, его имеют организмы, средняя масса которых колеблется от 0.0012 до 0.0015 г. Практически полное улавливание (99 %) соответствует организмам с массой тела 0.01 г.

Сравнение параметров селективности промывки на различных этапах показало, что ее самый высокий уровень наблюдался в съемке 1995 г., когда промывку проб проводили через мягкое капроновое сито с номинальным размером ячеей 0.5 мм (рис. 11).

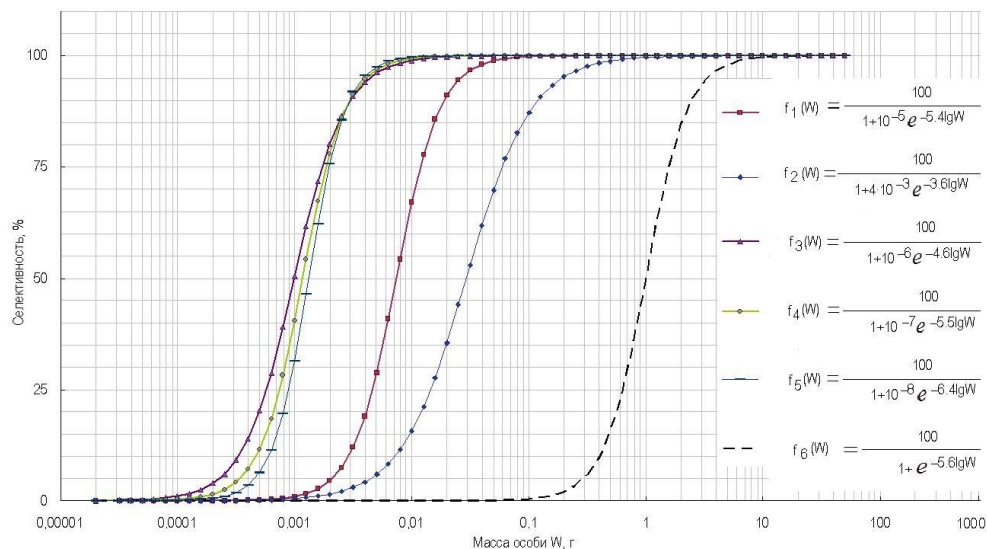


Рис. 11. Сравнение селективности сетных материалов по отношению к организмам бентоса:

f_1 – промывочное сито 3 мм (по данным 1927–1950 гг.); f_2 – промывочное сито 5 мм (по данным 1968–1969 гг.); f_3 – промывочное сито 0.5 мм (по данным 1995 г.); f_4 – промывочное сито 0.5 мм (по данным 1997–2010 гг.); f_5 – промывочное сито 1 мм (по данным 2010–2012 гг.); f_6 – донный трал Samrelen-1800 с размером ячеей рубашки кута 9 мм (фабричный размер – 18 мм) (по данным 2006 г.)

Близкие параметры селективности наблюдались также и в съемках 1997–2007 гг., проводимых также с применением сита 0.5 мм. Незначительные различия могут быть связаны с частными факторами, такими как качество промывки проб на борту судна или сортировка материала при первичной разборке проб. Переход сотрудниками ПИНРО на промывку проб зообентоса с разреза “Кольский меридиан” через сито 1 мм, снизило улавливаемость организмов, чья средняя масса меньше 0.001 г. Однако, по нашему мнению, в данную размерную группу входят главным образом представители мейобентоса и молодь первого года жизни. Разница в улавливаемости остальных размерных групп незначительна и может не учитываться при анализе данных. Значительно меньшая улавливаемость оказалась у методов с применением системы сит 6, 3 и 1 мм. Несмотря на то, что нижнее сито имело ячею

1 мм, улавливаемость организмов не приблизилась к уровню улавливаемости в сборах ПИНРО 2010–2012 гг. В палубных журналах первых лет исследований, хранящихся в ПИНРО, имеются записи о том, что определенная часть улова с нижнего сита фиксировалась отдельно как микробентос. По-видимому, во время палубных работ после промывки материала полная выборка бентосных организмов производилась с двух верхних сит, а третье сито просматривалось на предмет крупных форм полихет, после чего определенная часть улова с нижнего сита фиксировалась как микробентос и в дальнейшем при оценке макрозообентоса по-видимому не учитывались. Таким образом, количественные данные по макрозообентосу тех лет являются по сути результатом промывки улова через сито в 3 мм. Подобная ситуация наблюдается также и с данными 1968–1969 гг. Но с переходом на промывку с применением системы сит 10, 5 и 1 мм, по методике М.М. Брискиной (1939), улавливаемость организмов бентоса снизилась еще больше, так как по сути организмы бентоса выбирались с 5 мм сита.

Анализируя вновь полученные параметры уравнений селективности и сравнивая их с ранее полученными данными, нами была обнаружена досадная ошибка в ранее опубликованных расчетах (Любин, 2010). Неверно были рассчитаны параметры уравнений селективности для дночерпательных и траловых сборов 2003 и 2006 гг. Пересчет показал, что параметры уравнения селективности по данным дночерпательных проб 2003 г. полностью совпадают с полученными нами в данной работе параметрами селективности для четвертого периода исследований, а уравнение селективности рубашки кута донного трала Sampelen-1800 с шагом ячеи 9 мм (внутренний размер ячеи – 18 мм) следующее:

$$S_6 = \frac{100}{1 + e^{-5.6 \lg W}} \text{ (рис. 11).}$$

Благодаря полученным уравнениям селективности разных методик промывки оказалось возможным восстановить численность размерных классов, утерянных при промывке. Проведенные расчеты показали, что теоретически (табл. 2) во время промывки проб через сито в 3 мм должно теряться до 97 % особей в размерном диапазоне от 0.001 до 10 г, при этом биомасса снизится примерно на 20 %. Промывка проб через сито 5 мм увеличит потерю численности организмов этой весовой категории бентоса до 99 %, а занижение биомассы составит 30 %. Использование сита 1 мм снизит потери численности до 88 %, а биомассы до 11 %. При промывке через сито 0.5 мм теряется всего 14 % численности и 9 % биомассы.

**Потери в количественных показателях бентоса
на разрезе “Кольский меридиан” при обработке разными методиками, %**

Этап	Размер ячеек, мм	Численность				Биомасса			
		мин.	макс.	сред.	теор.	мин.	макс.	сред.	теор.
1	3	15	99	84	97	1	43	6	20
2	5	61	99	77	99	16	94	62	30
3	0.5	65	99	90	83	2	37	12	9
4	0.5	4	98	70	86	1	89	27	10
5	1	2	98	58	88	2	78	16	11

Расчеты на реальных данных для каждой станции показали значительное отклонение доли потерянных особей от их теоретических значений. Как видно из табл. 2, значительные потери биомассы при промывке бентосных проб как через крупные, так и через мелкие сита могут достигать довольно больших значений – 89 и 94 %. По всей видимости, на конечный результат в значительной мере влияет размерная структура донного поселения на отдельных станциях. Преобладание в сообществе мелких форм (например, сбор данных во время оседания молодежи или развития при неблагоприятных условиях мелких короткоживущих видов) значительно увеличивает процент потерь, а доминирование в пробе крупных форм, характеризующих стабильные условия, как правило, уменьшает.

Таким образом, биомасса хоть и является довольно стабильным показателем, тем не менее также зависит от метода промывки проб. Так, например, различия в результатах обработки проб по методике 1920–1930-х и 1960-х годов может составить 10 % и более, что как минимум в 2 раза выше 4–5 %, предполагаемых ранее С.Г. Денисенко (2005). Таким образом, сравнение данных собранных по одной методике, с применением одних и тех же сит, может быть правомочным, а вот сравнение данных, собранных по различным методикам, без учета поправочных коэффициентов может вызвать затруднение или привести к неверным выводам. Эту проблему можно решить путем стандартизации данных. Поскольку восстановление численности полностью утерянных при промывке размерных групп невозможно, то альтернативным вариантом может быть математическое моделирование промывки бентоса через наиболее крупное сито, применявшееся в исследованиях (в нашем случае это должно быть сито 5 мм).

Количество обнаруженных видов или таксонов на станции или в районе исследований может зависеть от площади пробоотбора и качества определения материала. За все время бентосных исследований в районе разреза “Кольский меридиан” было отмечено 812 видов беспозвоночных. На рисунке 12 приведена многолетняя динамика пополнения видового списка макрозообентоса. Выделяются два периода: медленный рост видового списка до 1995 г. и резкое увеличение скорости

роста, начиная с 1995 г. по настоящее время. Как уже было отмечено, в 1995 г. на разрезе “Кольский меридиан” впервые при промывке бентоса были применены мягкие капроновые сита с размером ячеек 0.5 мм, что, по всей вероятности, и стало одной из причин стремительного роста количества видов. Переход на новую методику промывки позволил специалистам-систематикам значительно увеличить видовой состав фауны, обитающей в районе исследований и, как видно из графика, вплоть до настоящего времени этот потенциал не исчерпан.

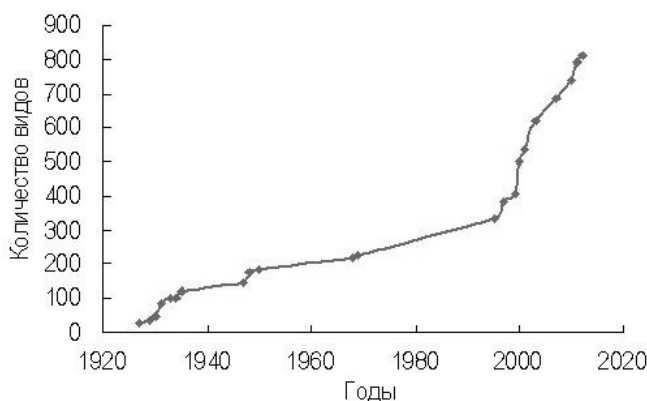


Рис. 12. Количество видов донных беспозвоночных, зарегистрированных в районе разреза “Кольский меридиан” по данным дночерпательных сборов 1927–2012 гг.

Таким образом, показатели видового обилия зависят от размера сит, через которые промываются пробы. В проанализированном материале видовое обилие размерных классов, как и их численность, закономерно увеличивается с уменьшением размеров организмов и достигнув определенного предела (который, по нашему мнению, зависит от величины сита) – начинает снижаться. Это хорошо иллюстрирует таблица распределения видового обилия по размерным классам бентоса, составленная по данным пяти станций (2, 3, 4, 6, 7) разреза “Кольский меридиан” в разные годы исследований (табл. 3).

Как видно из табл. 3, количество видов в станционных списках и их распределение по размерным классам (при прочих равных условиях, таких как количество станций и площадь пробоотбора) различается в разные годы исследований. Частично это может быть связано с межгодовой флуктуацией численности организмов, но также очевидно, что видовое обилие зависит от величины промывочного сита. При этом для большей части данных увеличение видового обилия в размерных классах животных с уменьшением их величины описывается функцией $S = 3W^{-5}$, где S – количество видов, W – средняя масса особи. Сравнение полученных значений теоретического видового обилия с реальными данными показывает, что представленность организмов более 1 мг (микро- и мейобентос) в наших материалах крайне мала и в лучшем

случае составляет 10 % от возможного их количества. Изученность видового состава макрозообентоса (организмы крупнее 1 мг) увеличивалась с совершенствованием как методик промывки проб, так и таксономической обработки материала с 30 до 100 %.

Т а б л и ц а 3

Распределение видового обилия по размерным классам животных макрозообентоса на станциях 2, 3, 4, 6, 7 разреза “Кольский меридиан” и сравнение их с теоретическим значением $S = 3W^{-5}$

Размерный класс, г	Годы											S
	1935	1968	1995	1997	2000	2001	2003	2007	2010	2011	2012	
Микро- и мейобентос												
$10^{-4.5}$	–	–	–	–	–	–	2	3	1	–	1	548
10^{-4}	–	–	8	2	17	15	27	35	28	29	21	300
$10^{-3.5}$	–	2	42	17	74	58	83	46	39	45	40	173
Сумма видов ($10^{-4.5}$ – $10^{-3.5}$)	–	2	50	19	91	73	112	84	68	74	62	1021
Доля от S, %	–	0.2	5	2	9	7	11	8	7	7	6	100
Макробентос												
10^{-3}	–	6	51	58	76	88	119	84	96	89	85	95
$10^{-2.5}$	10	12	37	35	39	40	69	50	51	64	52	55
10^{-2}	21	13	31	34	30	18	28	32	46	32	36	30
$10^{-1.5}$	12	17	16	14	9	16	17	17	21	23	16	17
10^{-1}	9	9	7	11	12	6	10	12	9	7	11	9
$10^{-0.5}$	9	4	8	7	2	2	1	2	6	2	6	5
10^0	3	1	3	2	3	1	–	–	3	2	3	3
$10^{0.5}$	1	1	–	–	–	–	–	1	–	3	1	2
10^1	–	–	1	2	1	–	1	–	1	1	–	1
$10^{1.5}$	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	1
Сумма видов (10^{-3} – $10^{1.5}$)	66	63	154	163	172	171	245	198	233	223	212	218
Доля от S, %	30	29	71	75	79	78	112	91	106	102	97	100

Таким образом, проведенные исследования показали, что описанное Дж. Домутом (Damuth, 1981, 1987) соотношение между размером организмов и плотностью их поселения для млекопитающих африканских саван и отмеченное ранее нами для макробентоса в 2003 г. и мейобентоса в 2006 г. (Любин, 2010) наблюдается и в более ранних материалах по бентосу Баренцева моря. Можно заключить, что выявленная нами по дночерпательным сборам размерная структура сообществ в значительной мере зависит от методики промывки и обработки материала. Различия в величине отверстий промывочного сита могут сказываться как на численности и средней массе организмов, так и на показателях величины общей биомассы, видового состава и видового обилия в пробе. Применение сит с величиной отверстий более 1 мм (3, 5 мм), может привести к значительным потерям организмов макрозообентоса – до 30 % по биомассе и более 97 % по численности. Использование сит с величиной отверстия менее 1 мм (0.5 мм) увеличит улавливаемость организмов мейобентоса

и значение общей биомассы на 1 %, и общей численности на 2 %. Применяемые в наших исследованиях промылочные сита с размером ячеи 1 мм и менее позволяют улавливать и учитывать практически весь видовой состав макрозообентоса и около 5–10 % видового состава мейобентоса. Для проведения корректных сравнений исторических данных, полученным по разным методикам, рекомендуется стандартизировать данные разных лет, математически моделируя их “промывку” через наиболее крупное сито, применявшееся для промывки проб за рассматриваемый период времени.

Литература

- Антипова Т.В.* Распределение биомассы бентоса Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1975. Вып. 35. С. 121–124.
- Брискина М.М.* Инструкция для сбора и первичной обработки бентоса. М.; Л.: Пищепромиздат, 1939. 27 с.
- Броцкая В.А., Зенкевич Л.А.* Количественный учет донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 3–127.
- Влияние* климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов) / Е.А. Фролова, О.С. Любина, Д.Р. Дикаева и др. // Докл. РАН. 2007. Т. 416. № 1. С. 1–3.
- ГОСТ 4403-91.* Ткани для сит из шелковых и синтетических нитей. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1991. 17 с.
- Гурьянова Е.Ф.* К фауне Кольского залива, Баренцева, Карского и Белого морей и Новой Земли // Тр. Ленингр. общ-ва естествоиспыт. 1927. Т. 57. Вып. I. С. 2–338.
- Денисенко С.Г.* Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе “Кольский меридиан”. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2005. С. 65–76.
- Дерюгин К.М.* Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.) // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.
- Зацепин В.И.* Сообщества фауны донных беспозвоночных Мурманского побережья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики // Тр. Всесоюз. гидробиол. общ-ва. 1962. Т. 12. С. 245–344.
- Зенкевич Л.А.* Количественный учет донной фауны Печорского района Баренцева моря и Белого моря // Тр. Плав. мор. науч. ин-та. 1927. Т. 2. Вып. 4. С. 1–64.
- Лейбсон Р.Г.* Количественный учет донной фауны Мотовского залива // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 127–192.
- Любин П.А.* Уловистость и селективность дночерпательных и траловых орудий лова по отношению к организмам зообентоса // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл. Междунар. науч. конф. (Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. С. 135–136 с.
- Многолетние* изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” / С.Г. Денисенко, А. Рахор, Н.В. Денисенко и др. // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2000. С. 57–58.

Несис К.Н. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–138.

Предварительные результаты современного мониторинга зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” (Баренцево море) / О.С. Любина, Е.А. Фролова, Д.Р. Дикаева и др. // Тр. КНЦ РАН. 2013. Вып. 1(14). С. 208–223.

Танасийчук Н.П. Зоологические результаты рейса до 75° с. ш. по Кольскому меридиану в августе 1925 г. // Докл. АН СССР. 1927. № 21. С. 359–363.

Филатова З.А. Количественный учет донной фауны юго-западной части Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1938. Вып. 2. С. 3–58.

Численко Л.Л. Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 208 с.

Damuth J. Population density and body size in mammals // Nature. 1981. Vol. 290. P. 699–700.

Damuth J. Interspecific allometry of population density in mammals and other animals: The independence of body mass and population energy-use // Biol. J. Linn. Soc. 1987. Vol. 31. P. 193–246.

HELCOM, Guidelines for the Baltic monitoring programme for the third stage // Biological determinants. Part D. 1988. P. 23–87.

OSPAR. Guidelines for monitoring the environmental impact of offshore oil and gas activities reference number. 2004. № 11. 19 p.

УДК 574.52

О.С. Любина¹, Н.А. Стрелкова (Анисимова)², П.А. Любин², Е.А. Фролова¹, Д.Р. Дикаева¹, О.Л. Зимина¹, О.Ю. Ахметчина¹, И.Е. Манушин², И.О. Нехаев¹, А.А. Фролов¹, Д.В. Захаров², Е.А. Гарбуль¹, В.С. Вязникова²

¹ Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

² Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

СОВРЕМЕННОЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООБЕНТОСА НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Отклик макрозообентоса на изменения температурного режима, проявляющийся в изменении количественных показателей донных беспозвоночных демонстрировался различными авторами. Мониторинговые исследования на разрезе “Кольский меридиан”, станции которого расположены по меридиану 33°30' в. д. от 69°30' с. ш. на север, включают в себя учет донной фауны. Обобщены и проанализированы данные, полученные в ходе современного этапа исследований (1995–2012 г.). Показано, что распределение видовых комплексов на разрезе статично и определяется преимущественно течениями. Зарегистрированные межгодовые изменения биомассы и плотности поселения макрозообентоса вероятно связаны с температурными аномалиями.

O.S. Lyubina¹, N.A. Strelkova (Anisimova)², P.A. Lubin², E.A. Frolova¹,
D.R. Dikaeva¹, O.L. Zimina¹, O.Yu. Akhmetchina¹, I.E. Manushin², I.O. Nekhaev¹,
A.A. Frolov¹, D.V. Zakharov², E.A. Garbul¹, V.S. Vyaznikova²

¹ Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

² Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

MODERN QUANTITATIVE DISTRIBUTION OF ZOOBENTHOS ALONG ON THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

Response of macrobenthos to changing of temperature was demonstrated by several authors. Monitoring investigations along the transect “Kola Section”, standard transect located along the meridian of 33°30' E with starting point at 69°30' N and extending northward, include study of bottom fauna. The aim of the present paper is to summarize and analyze data, obtained during the modern investigations (1995–2012). Allocation of species complexes has been found to be constant and determined mainly by currents. Observed interannual variability in biomass and density of macrobenthic species probably caused by temperature anomalies.

Введение. Зообентос традиционно считается удобным объектом мониторинга из-за относительной малоподвижности большинства доминирующих видов, которые имеют достаточно продолжительный жизненный цикл (Денисенко, 2005, 2007). Основоположником мониторинговых исследований зообентоса в Баренцевом море можно считать К.М. Дерюгина (1915), собравшего и проанализировавшего большое количество материалов по Кольскому заливу и предположившего, что проникновение в залив некоторых нехарактерных видов связано с климатическими изменениями. Эта идея получила развитие в работах других исследователей, подтвердивших ее на разных таксономических группах донных организмов (Черемисина, 1948; Гурьянова, 1970). Р. Блэкер (Blacker, 1957a,b) предположил, что зообентос реагирует на изменение климата с некоторой задержкой. К.Н. Несис (1960) разработал метод оценки влияния климата (потепления или похолодания) на состав донных сообществ по соотношению количества бореальных и арктических видов. Его работы подтвердили наличие периода запаздывания реакции фауны на климатические флуктуации. На примере моллюсков Ю.И. Галкин (1984; Galkin, 1998) проиллюстрировал как изменяется распределение организмов по акватории Баренцева моря в зависимости от климатических условий.

Аспектом изучения климатически обусловленных изменений сообществ зообентоса является оценка их биомассы, что необходимо для прогноза состояния биологических ресурсов и промысловой базы при различных условиях среды (Денисенко, 2007). Анализ материалов конца 1960–начала 1970-х гг., выполненных в период “похолодания”, показал значительное снижение общей биомассы бентоса в Баренцевом море

(Бочков, Кудло, 1973; Антипова, 1975). Изменение биомассы зообентоса под влиянием климатических флуктуаций было описано в ряде публикаций (Денисенко, 2006; Влияние ..., 2007). Есть мнение, что этот эффект был обусловлен высокой траловой нагрузкой в указанный период (Воздействие ..., 2013). Однако до настоящего времени достаточно обоснованных заключений о векторе климатически обусловленных изменениях биомассы бентоса нет. Предполагается, этот вектор зависит от зоогеографического состава доминирующей группы организмов и от положения района исследований (Денисенко, 2006).

Одной из проблем, рассматриваемых в рамках климатически обусловленных фаунистических изменений, является перестройка биоразнообразия экосистем моря, проникновение большого количества бореальных видов в Арктику и изменение функционирования трофических цепей. Такой сценарий особенно опасен для биологических систем арктических архипелагов (Weslawski et al., 2008; Climate ..., 2011).

Южная часть разреза “Кольский меридиан” расположена в бореальной части Баренцева моря, и местная фауна тесно связана с биотой прилегающих частей Норвежского шельфа и Северной Атлантики (Дерюгин, 1924; Зацепин, 1962). За последнее время накоплено значительное количество данных о находках новых видов в этом районе (Nekhaev, 2013, 2014, 2015; Nekhaev, Kantor, 2012; Deart et al., 2013; Предварительные ..., 2013; Любина и др., 2014). Однако большинство новых видов, зарегистрированных на разрезе “Кольский меридиан”, имеют незначительные размеры и их появление, как правило, не приводит к выраженным изменениям в структуре доминирования по биомассе.

Изменение структуры доминирования зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” было показано при сравнении исторических и современных данных (Денисенко, 2005). Так, в южной части разреза при “теплой” климатической фазе в сообществах зообентоса по биомассе доминирует типичный широко распространенный бореально-арктический вид – полихета *Spiochaetopterus typicus*, а при похолоданиях ее биомасса снижается и преобладает другой бореально-арктический вид – *Maldane sarsi* (Денисенко, 2005).

В обширном обзоре публикаций о влиянии климата на экосистемы Арктики П. Вассмана с соавторами (Wassmann et al., 2011) в качестве одной из важнейших проблем отмечают полное отсутствие или скудость информации о временных рядах наблюдений за фауной российского сектора Арктики. На этом фоне мониторинг на разрезе “Кольский меридиан” является уникальным по своей полноте и продолжительности. Все трудности в проведении исследований на разрезе и методические особенности освещены в предыдущих статьях данного издания. Одним из важных положительных аспектов является применение на разрезе “Кольский меридиан”, начиная

с 1997 г., общепринятых в мировой практике и рекомендованных ИКЕС (Rumohr, 2009) методик сбора и обработки материалов, что позволяет сравнивать полученные данные с результатами мониторинга из других районов Арктики. Мониторинг зообентоса на разрезе подкреплен продолжительной серией наблюдений термогалинного состояния, выполняемой ПИНРО (Карсаков, 2009).

Массив данных по зообентосу разреза “Кольский меридиан” включает в себя карточки протоколов анализа дночерпательных проб с 1927 по 1969 гг. из архивов ПИНРО и с 1995 по 2013 гг. из архивов ММБИ и ПИНРО. Сравнение исторических и современных данных сопряжено с определенными сложностями из-за разницы в методиках сбора и обработки проб. Однако, мы надеемся, что публикация первичных материалов и анализ всех доступных данных позволит раскрыть некоторые вопросы, связанные с проблемой динамики донных сообществ.

К настоящему времени часть материалов количественного мониторинга проанализирована в ряде публикаций (Многолетние ..., 2000; Денисенко, 2005; Влияние ..., 2007; Дикаева, 2009; Любина и др., 2012; Lyubina et al., 2012; Предварительные ..., 2013). Цель данной работы – объединение в один массив доступных количественных данных по разрезу “Кольский меридиан”, имеющих в фондах ММБИ и ПИНРО, и их анализ.

Материал и методы. Станции разреза “Кольский меридиан” расположены по меридиану 33°30' в. д., начиная с 69°30' с. ш. на север (рис. 1). В разные годы на этом участке выполнялось различное количество станций, иногда разрез продлевался в северном направлении до 78° с. ш. В отдельные годы менялась частота выполнения станций, однако всегда станции располагались через полградуса. В общей сложности массив данных за период бентосных мониторинговых наблюдений (начиная с 1927 г.) насчитывает 202 станции.

Современный этап мониторинга был начат ММБИ в 1995 г. и продолжается в настоящее время.

Все сборы были выполнены дночерпателем. В 1995 году использовали дночерпатель “Океан-50” с площадью захвата 0.25 м², которым отбирали две пробы на станции. Во все остальные годы для сбора проб применяли дночерпатель ван-Вина с площадью захвата 0.1 м², с отбором 5 проб на станции. При нештатных ситуациях (поломки оборудования, штормовая погода и пр.) отбирали меньшее количество проб. Каждую пробу фиксировали и обрабатывали отдельно. Промывку проб осуществляли через капроновое сито с ячейей 0.75 мм, а начиная с 2010 г. – через сито с ячейей 1 мм. Оставшиеся на сите после промывки частицы грунта и животных фиксировали 4 %-м формалином, нейтрализованным тетраборатом натрия. По 2009 год ПИНРО и ММБИ проводили исследования на разрезе “Кольский меридиан” раздельно,

а с 2010 г. сбор, обработка и анализ материалов осуществляется совместно. В общей сложности с 1995 по 2013 гг. было выполнено 116 бентосных станций (610 проб).

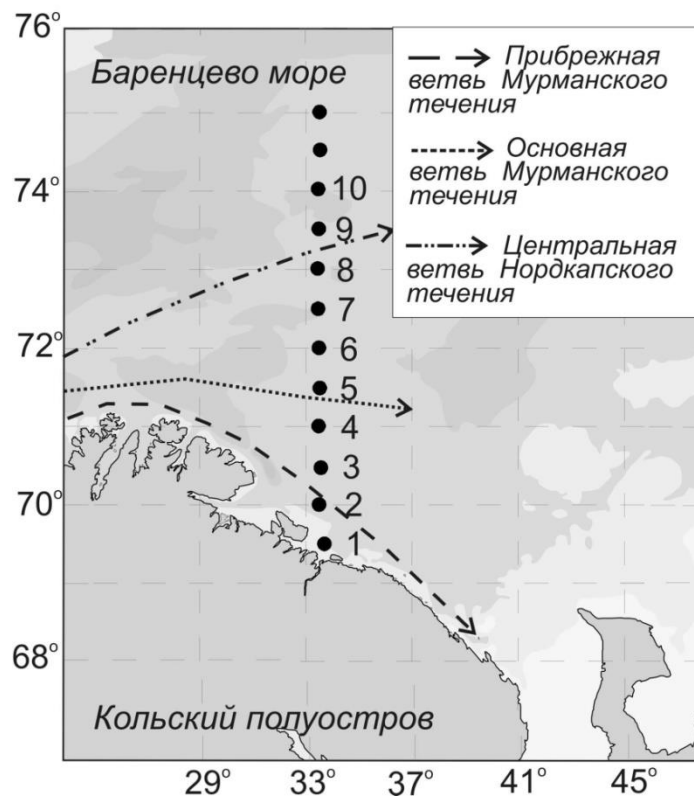


Рис. 1. Карта-схема расположения стандартных станций в южной части разреза “Кольский меридиан”

Обработка собранного материала проводилась в лабораторных условиях. Первичная сортировка проб осуществлялась с использованием бинокулярных микроскопов МБС. Начиная с 2000 г. первичная сортировка всех количественных проб выполнена одним и тем же специалистом ММБИ – В.Н. Паюсовой, что особенно важно для корректности сравнения материалов разных лет. Идентификацию проб проводили специалисты по разным таксономическим группам: по полихетам – Е.А. Фролова, к.б.н. А.В. Сикорский, к.б.н. С.Ю. Гагаев, к.б.н. Д.Р. Дикаева, В.С. Вязникова; по двусторчатым моллюскам – к.б.н. А.А. Фролов, И.Е. Манушин; по остальным моллюскам – к.б.н. П.А. Любин, И.О. Нехаев, к.б.н. Д.В. Захаров; по мшанкам – к.б.н. Н.В. Денисенко, О.Ю. Ахметчина, по иглокожим – к.б.н. Н.А. Анисимова, О.Ю. Ахметчина; по амфиподам – к.б.н. О.С. Любина; по остальным ракообразным – О.Л. Зимица, к.б.н. Анисимова; по гидроидным

полипам – Н.Н. Пантелеева, по губкам – Е.А. Гарбуль, А.А. Мошнин, А.Ю. Степанов; по остальным таксономическим группам – Е.А. Гарбуль, к.б.н Н.В. Денисенко. В пробе определяли видовой состав, количество и массу особей каждого вида. Взвешивание производили с точностью до 0.1–1 мг. При взвешивании полихет массу трубок, построенных из частичек ила и песка, не учитывали. Массу полихет *Spiochaetopterus tyricus* и представителей сем. Serpulidae, строящих трубки из органического вещества, вырабатываемого ими самими, определяли с учетом массы “живых” трубок. Мелких и хрупких полихет *Galatowenia oculata*, живущих в песчаных длинных трубках, взвешивали вместе с ними. Массу без трубок получали пересчетом с учетом коэффициента отношения чистой массы к массе с трубкой, равным 1/7 (Лейбсон, 1939). Количественные данные усредняли для каждой станции. При обработке материалов, собранных на НИС “Ромуальд Муклевич” в 2003 г., полихет идентифицировали только из первых трех проб, соответственно усреднение данных этой группы проводили по трем повторностям. Остальные же таксономические группы этого рейса обрабатывали стандартно.

Для каждого вида определяли биогеографический статус, согласно традиционному зонально-географическому принципу классификации ареалов (Голиков, 1982; Иллюстрированные ..., 2009).

Для анализа распределения и изменчивости донных сообществ отобрали материалы тех рейсов, в которых выполнена непрерывная серия из не менее 8 “стандартных” станций с пятью повторностями пробоотбора. Таким образом, исследованный массив данных состоит из 9 рядов наблюдений (87 станций, 410 проб), охватывающих временной интервал в 17 лет (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Объем проб, включенных в массив современных данных для анализа количественной изменчивости зообентоса на разрезе “Кольский меридиан”

Год	Судно	Станции разреза											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1995	РТ “Ясногорск”	–	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	–
1997	НТС “Помор”	–	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	–
2000	НИС “Дальние Зеленцы”	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2001	НИС “Дальние Зеленцы”	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–
2003	НИС “Ромуальд Муклевич”	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–	–	–
2007	НИС “Дальние Зеленцы”	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–	–	–
2010	НИС “Ф. Нансен”, НИС “Дальние Зеленцы”	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–
2011	НИС “Вильнюс”, НИС “Дальние Зеленцы”	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–
2012	НИС “Вильнюс”	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–

Результаты современного мониторинга (1995–2015 гг.). За все время наблюдений на разрезе “Кольский меридиан” идентифицировано 819 видов беспозвоночных и 289 таксонов, определенных до уровня рода и выше, относящихся к представителям 18 типов, 35 классов, 97 отрядов, 279 семейств.

По материалам съемок 1995–2012 гг. фауна зообентоса насчитывает 18 типов, 34 класса, 89 отрядов, 241 семейство, 722 вида и 142 таксона не определенных до вида. Максимальным видовым разнообразием обладали членистоногие (29 % от общего состава фауны), многощетинковые черви (27 %), моллюски (16 %) и мшанки (13 %). Количество видов остальных таксономических групп зообентоса не превышало 4 % от общего состава. На разрезе “Кольский меридиан” наиболее распространены полихеты – *Paramphinome jeffresii* (частота встречаемости 97 %), *Maldane sarsi* (94 %), *Galathowenia oculata* (93 %), *Heteromastus filiformis* (88 %), *Cirrophorus branchiatus* (87 %), *Terebellides stroemi* (87 %), *Levinsenia gracilis* (84 %), *Spiochaetopterus typicus* (82 %); двустворчатые моллюски – *Mendicula ferruginosa* (98 %), *Yoldiella nana* (98 %), *Astarte crenata* (84 %), *Dacrydium vitreum* (81 %); офиура *Ophiura sarsi* (84 %) и немертины, неидентифицированные до видового ранга.

Суммарное количество таксонов всех уровней (таксономическое разнообразие) на разных станциях разреза за все время исследований значительно варьировало (табл. 2). Больше всего видов было отмечено на ст. 2 (70°00' с. ш.) на глубине 140–150 м, расположенной в зоне влияния прибрежной ветви Мурманского течения. Второе место по обилию таксонов всех уровней занимала ст. 8 (73°00' с. ш.), расположенная на глубине 210–220 м в районе центральной ветви Нордкапского течения (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Изменение разнообразия таксонов и количественных данных зообентоса на 10 стандартных станциях разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг.

Показатель	Станции разреза				
	1	2	3	4	5
Количество видов	198	546	316	331	285
Количество семейств	84	186	119	114	121
Количество отрядов	47	72	59	59	59
Количество классов	18	30	24	26	24
Количество типов	11	16	14	16	14
Средняя видовая плотность, видов/0.5 м ²	68±5	153±14	97±6	98±6	89±3
Средняя биомасса, г/м ²	35.4±7	34.8±8.4	35.2±6.4	52.5±24.1	40.2±8.9
Средняя плотность поселения, экз/м ²	2100±400	4000±700	2400±314	3400±1100	2100±150

Показатель	Станции разреза				
	6	7	8	9	10
Количество видов	306	287	374	228	255
Количество семейств	110	108	136	97	104
Количество отрядов	57	54	62	47	49
Количество классов	22	22	24	20	18
Количество типов	12	13	14	12	11
Средняя видовая плотность, видов/0.5 м ²	89±7	85±7	116±8	75±6	83±10
Средняя биомасса, г/м ²	47.5±17.7	52.3±5.0	82.3±13.5	51.4±8.3	77.3±21.5
Средняя плотность поселения, экз/м ²	1800±350	1800±500	3200±440	1400±220	2200±353

Средняя для разреза “Кольский меридиан” видовая плотность поселения в анализируемый период составляла 98±8 видов/0.5м². Отмечены значительные колебания этого показателя в разных участках разреза. Наибольшие показатели обнаружены на ст. 2 (70° с. ш.) (153±14 видов/ 0.5м²) и ст. 8 (73°00' с. ш.) (116±8 видов/0.5м²). Минимум видовой плотности поселения (67±5 видов/0.5м²) был обнаружен на ст. 1 (69°30' с. ш.), расположенной на выходе из Кольского залива (табл. 2).

Средняя биомасса зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” на десяти стандартных станциях на современном этапе составила 53±5 г/м² при варьировании от 34 до 82 г/м² (табл. 2). Максимальный уровень биомассы отмечен на ст. 8, а минимальный – на станциях 1–3. Плотность поселения донных организмов по станциям на разрезе распределена крайне неравномерно. Ее среднее значение составило 2500±270 экз/м². Максимальная плотность поселения была отмечена на ст. 2, а минимальная – на ст. 9 (табл. 2).

Основу биомассы на разрезе “Кольский меридиан” составляли многощетинковые черви (среднедолголетная доля 48 %), иглокожие (26 %) и моллюски (12 %). По плотности поселения здесь доминировали полихеты (64 %) и иглокожие (21 %), а по видовому разнообразию – полихеты (39 %), членистоногие (22 %) и моллюски (17 %).

Соотношение биогеографических групп зообентоса вдоль разреза значительно варьировало (табл. 3). Количество бореально-арктических видов изменялось от 43 до 58 %. Максимальное количество видов указанной группы было отмечено на ст. 1 (58 %) и на ст. 10 (56 %). Арктические виды в фауне составляли от 9 до 12 %, максимум отмечен на ст. 8. Доля бореальных видов вдоль разреза колебалась от 9 до 20 %. Максимальное их количество было зарегистрировано на ст. 2, а минимальное – на станциях 7 и 10 в северной части разреза.

**Биогеографический состав зообентоса на 10 стандартных станциях
разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг., %**

Биогеографический статус видов	Станции разреза									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Арктический	9	9	11	11	11	11	10	12	11	9
Бореально-арктический	54	43	52	48	53	51	52	53	54	56
Бореальный	12	21	14	15	11	12	9	10	10	9
Космополит	3	1	2	2	1	2	2	2	3	2
Неопределенный	20	28	21	25	24	24	27	23	23	24

Дендрограмма сходства видового состава макрозообентоса на станциях разреза “Кольский меридиан”, полученная методом кластерного анализа с использованием коэффициента сходства Брея-Кёртиса (Bray, Curtis, 1957), продемонстрировала четкое разделение исследованного массива на три временных периода и четыре пространственные группировки станций (рис. 2).

Выделенные временные периоды (I–III) соответствуют станциям, выполненным в: 1995, 1997 гг. – I, 2000, 2001 гг. – II, 2003–2012 гг. – III. Вероятно, увеличение видовой общности в разные периоды связано с тепловым состоянием водной толщи. Так период I соответствует отрицательным аномалиям среднегодовых температур от -0.5 до 0.1 °C (Карсаков, 2009), период II – положительными аномалиями в 0.5 – 0.4 °C, период III является самым теплым и характеризуется положительными аномалиями в диапазоне 0.5 – 1.5 °C. В соответствии с динамикой температурных показателей периоду I предшествовал ряд относительно теплых лет; период II следовал за рядом относительно холодных лет периода I; период III отражает продолжительно стабильную теплую ситуацию, наблюдавшуюся более 5 лет.

Кроме ст. 2, население которой в течение всего анализируемого периода отличалось исключительной специфичностью, внутри каждого из трех выделенных временных периодов станции образуют 3 отчетливые пространственные группировки: южную (ст. 1), промежуточную (станции 3–5) и северную (станции 7–11). Станция 6 в периоды I и II характеризовалась промежуточным положением между двумя последними районами, а в период III входила в состав северной группировки.

В рамках данной статьи мы не будем останавливаться на описании всех выделенных видовых комплексов зообентоса, так как это было сделано ранее (Предварительные ..., 2013), но охарактеризуем каждый из четырех районов и донное население в них по среднемноголетним значениям (табл. 4).

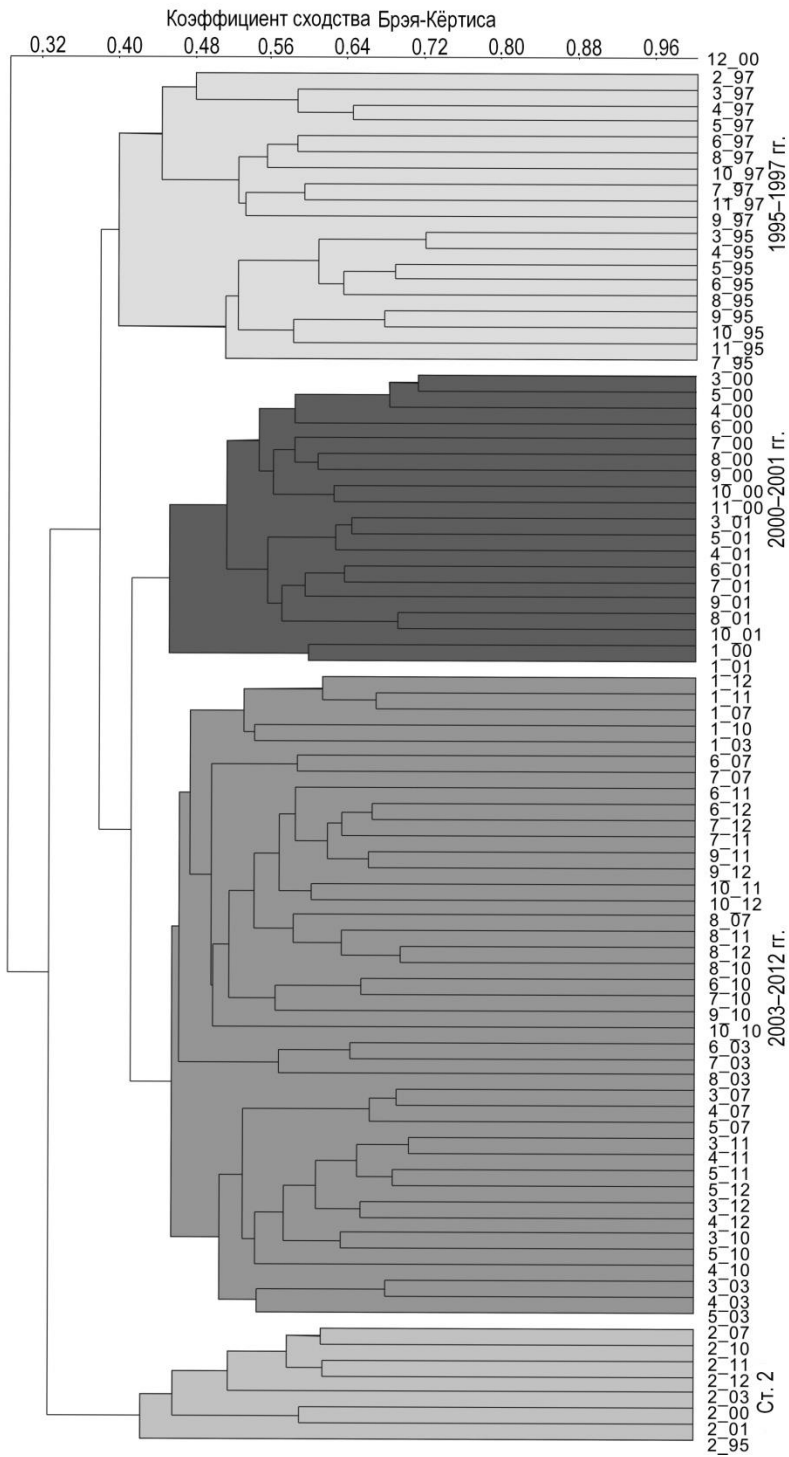


Рис. 2. Дендрограмма сходства постанционных видовых списков зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” (1995–2012 г.), построенная методом попарного присоединения

**Характеристика зообентоса в однородных районах
разреза “Кольский меридиан”
по среднемноголетним значениям (1995–2012 гг.)**

Характеристика	Ст. 1	Ст. 2
Глубина, м	250–270 (260)	138–155 (146.5)
Преобладающий грунт	Илистый песок	Илистый песок с галькой и более крупными камнями, спикулы губок
Придонная температура, °С	–	2.5–5.5
Количество таксонов	198	546
Видовая плотность, видов/станции	47–91 (68±5)	72–209 (153±14)
Биомасса, г/м ²	5–68 (35.4±7)	8–80 (34.8±8.4)
Плотность поселения, экз/м ²	400–2100 (2100±400)	600–7500 (4000±700)
Доминанты по биомассе	<i>Spiochaetopterus typicus</i> (36%), <i>Maldane sarsi</i> (12 %)	<i>Brisaster fragilis</i> (20 %), <i>Molpadia borealis</i> (12 %), <i>Bathyporeia pectunculoides</i> (12%), <i>Modiolula phaseolina</i> (4 %)
Биогеографический статус, %:		
бореальные	12	21
арктические	9	9
бореально-арктические	54	47
Глубина, м	211–280 (245.5)	210–340 (275)
Преобладающий грунт	Песчанистый ил, глина	Ил, глина
Придонная температура, °С	2.5–4	1–3
Количество таксонов	488	569
Видовая плотность, видов/станции	70–133 (94±3)	43–145 (90±4)
Биомасса, г/м ²	6.9–230 (42.2±8.6)	16–187 (61.9±6.5)
Плотность поселения, экз/м ²	1400–12000 (2600±400)	490–5100 (2100±200)
Доминанты по биомассе	<i>Brisaster fragilis</i> (44 %), <i>Astarte crenata</i> (6 %)	<i>Spiochaetopterus typicus</i> (48 %)
Биогеографический статус, %:		
бореальные	16	12
арктические	11	13
бореально-арктические	47	48

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры в скобках – среднее.

Южный район разреза (ст. 1) расположен на выходе из Кольского залива. Здесь наблюдается депрессия дна, заполненная илистым песком. Этот участок обеднен по количеству видов и другим количественным характеристикам зообентоса (табл. 4). Чаще всего доминантами по биомассе здесь выступают полихеты *Spiochaetopterus typicus* либо *Maldane sarsi*. Основная таксономическая группа зообентоса – многощетинковые черви, которые преобладают по биомассе, плотности поселения и видовому разнообразию (72, 53 и 54 % соответственно). Зоогеографический состав фауны характеризуется сильным преобладанием бореально-арктических видов (табл. 4).

Район ст. 2 уникален по совокупности условий среды, что и определяет значительные различия в составе донного населения от других выделенных районов разреза (табл. 4). Этот участок расположен на возвышении дна (глубина 138–155 м) с песчано-илистыми грунтами, в которых присутствует большое количество спикул губок, образующих своеобразную “подушку”. К этому субстрату добавляется галька и более крупные камни. В фауне района преобладающие таксономические группы – многощетинковые черви (34 %), членистоногие (32 %) и моллюски (17 %). Структура доминирования здесь неустойчива и варьирует в различные периоды времени. Так доминантами здесь были морской еж *Brisaster fragilis*, губки, голотурия *Molpadia borealis*, а также двустворчатые моллюски *Bathyarca pectunculoides* и *Modiolula phaseolina*. Зоогеографический состав характеризуется самой большой для разреза “Кольский меридиан” долей в фауне бореальных видов (табл. 4). Так же отмечено много новых для фауны Баренцева моря видов, распространение которых ограничено этим участком разреза (Любина и др., 2012).

Следующий район (промежуточный) объединяет станции 3, 4 и 5, выполненные в зоне основной ветви Мурманского течения на глубинах от 211 до 280 м на илистых с глиной грунтах (табл. 4). Среди таксономических групп зообентоса по биомассе здесь выделяются иглокожие (55 %), многощетинковые черви (24 %) и моллюски (14 %). Основными доминантами по биомассе являются морской еж *Brisaster fragilis* (44 %) и двустворчатый моллюск *Astarte crenata* (6 %). В фауне этого участка разреза количество бореальных видов зообентоса превышает долю арктических (табл. 4).

Самый обширный северный район объединил станции 7–10 и частично ст. 6, выполненных на глубине от 210 до 340 м на илистых с глиной грунтах. Этот район по составу видов и структуре доминирования более однородный, чем предыдущие. Здесь по биомассе за указанный период наблюдений преобладали многощетинковые черви *Spiochaetopterus typicus*. Доминирующие по биомассе таксономические группы – это многощетинковые черви (65 %) и иглокожие (11 %). Зоогеографический состав зообентоса характеризуется высокой долей бореально-арктических видов и слабым преобладанием арктической фауны над бореальной (табл. 4).

Динамика донных сообществ. Межгодовая вариабельность состояния биологических систем, т. е. их динамика связана со многими факторами, важнейшими из которых, безусловно, является изменение абиотических условий (Антипова, 1975). Изменяющиеся условия среды, например, температура, могут определять направление развития сообществ, их структуру и обилие организмов (Тимофеев, 2001; Гидробиологические ..., 2011). На отдельных таксонах беспозвоночных было показано, что успешное завершение биологических

циклов донных организмов, обитающих на границе ареалов, зависит от достижения критических температур и их продолжительности в сезон размножения (Пантелеева, 2004). Однако, во многих публикациях в качестве основных рассматриваются биотические факторы, включающие в себя внутри- и межвидовые связи, конкуренцию, хищничество и многое другое (Тимофеев, 2001). Помимо этого непосредственно на выживаемость организмов влияет антропогенный пресс (Денисенко, 2007; Воздействие ..., 2013).

В качестве основного показателя теплосодержания воды для разреза “Кольский меридиан” принято использовать аномалии среднегодовых температур в слое 0–200 м для станций 3–7, расположенных в основной ветви Мурманского течения (Карсаков, 2009). Однако, зачастую, этих данных недостаточно, чтобы объяснить изменения в многокомпонентных живых системах (Тимофеев, 2001), поэтому необходимо оценить, как изменяется температура придонного слоя в течение года.

В соответствии с классификацией В.В. Терещенко с соавторами (1985), с 1982 по 2012 гг. не наблюдалось аномально холодных лет. Период с 1996 по 1998 гг. характеризуется как холодный. Тепловое состояние придонного слоя воды с 1999 г. оценивается как нормальное, теплое и аномально теплое. С 2004 года аномалии температур значительно выросли, их максимумы были зафиксированы в 2006 и 2012 гг.

Обычно в придонном слое в течение года наблюдается два периода различных по теплосодержанию вод (Карсаков, 2009). Самый холодный период длится обычно с марта по май, а самый теплый проявляется в октябре–декабре. С наступлений холодных и аномально холодных лет период наименьших температур увеличивается и занимает большую часть года, а период наибольших температур соответственно сокращается. С наступлением теплых лет длительность этих периодов изменяется в противоположном направлении. Однако не на всем разрезе межсезонные колебания температуры придонного слоя одинаковы. Самый экстремальный по амплитуде внутригодовой изменчивости температур район расположен в зоне прибрежной ветви Мурманского течения (станции 2–3). Здесь даже в самые холодные годы единично могут отмечаться высокие температуры (более 5 °С). По общему температурному фону этот район самый теплый. В зоне основной ветви Мурманского течения (станции 3–7) внутригодовые колебания небольшие. Очень низкие температуры (менее 2 °С) здесь отмечались только в аномально холодные годы. В остальные климатические периоды температуры колеблются от 2 до 5.5 °С. В экстремально теплом 2012 г. температура здесь не опускалась ниже 4 °С, но и не превышала 5.5 °С. Самый холодный участок разреза расположен в зоне центральной ветви Нордкапского течения. Температура придонной воды здесь варьировала от 0.6 до 4.5 °С. На этом участке разреза в экстремально

теплый 2012 г. не было отмечено температур ниже 3 °С, а температуры более 4 °С держались около 8 мес.

Динамику количественных показателей зообентоса изучали по их средним значениям. Расчет средних значений по разрезу проводили по данным тех станций, на которых исследования были выполнены во все указанные года (станции 2–8) (табл. 1). Для избежания ошибки при анализе изменения таксономического разнообразия не учитывались группы зообентоса, которые не были идентифицированы в ряде съемок, к ним относятся мшанки (Bryozoa) и гидроиды (Hydrozoa), определение которых в съемках 2000 и 2001 гг. не было завершено.

Вариабельность фаунистического состава была оценена по изменению степени сходства между видовыми списками разных лет. Этот анализ был проведен методом кластеризации на основе коэффициента сходства Брея-Кёртиса объединенных видовых списков со станций 2–8 в разные годы наблюдений. В результате анализа установлено, что фауна на разрезе в конце 1990-х гг. (I период современного этапа наблюдений) наиболее сильно отличается от последующих периодов (рис. 3). Видовой состав других лет объединен в один кластер, но распадается на группы 2000–2003 и 2007–2012 гг. Полученные временные периоды почти полностью аналогичны результатам кластеризации постанционных количественных данных (рис. 2). Теплосодержание придонной воды в эти временные этапы менялось. Так, в конце 1990-х гг. произошло быстрое изменение теплового состояния придонных вод от аномально теплого до холодного. Это в определенной степени могло повлиять на видовой состав зообентоса. В период 2000–2003 гг. тепловое состояние придонных вод можно было охарактеризовать как нормальное или теплое, но наступившее после холодного периода. При этом значительных скачков аномалий среднегодовых температур в это время не наблюдалось. Это возможно повлияло на сближение фаун между съемками данных лет. В последний этап наблюдений, который можно охарактеризовать как стабильно аномально теплый, сходство фаун стало еще выше. То есть удлинение периодов с одинаковыми температурными условиями приводит к стабилизации фауны.

Не только состав фауны, но и количественная структура сообществ меняются на разрезе со временем. Основные структурные показатели – это биомасса, численность и биологическое разнообразие. Разнообразие мы оценивали и как суммарное количество всех видов, встреченных на станциях разреза за данный этап (суммарное разнообразие) и точечное, и как среднее количество видов на этих же станциях разреза за данный этап наблюдений (видовая плотность). Усреднение данных проводили по схеме, описанной выше. Изменения этих показателей отражают лишь общие тенденции развития сообществ, но удобны для сравнения.

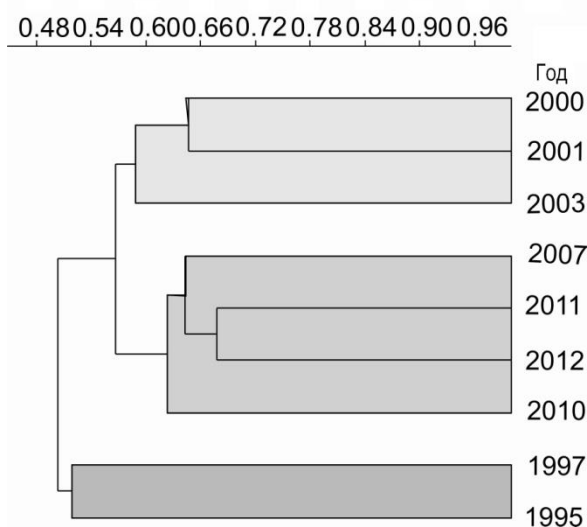


Рис. 3. Дендрограмма сходства фауны на станциях 2–8 разреза “Кольский меридиан”, построенная на основе коэффициента Брея-Кёртиса

Результаты мониторинга показали, что количественные характеристики зообентоса (средних видового богатства, биомассы, численности и общего числа встреченных таксонов) на разрезе постоянно варьируют. Суммарное разнообразие видов и видовое богатство были максимальными в 2003 г. (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Изменение обилия таксонов и количественных данных зообентоса на станциях 2-8 разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг.

Год	Суммарное количество видов	Средняя видовая плотность, видов/станции	Средняя биомасса, г/м ²	Средняя плотность поселения, экз/м ²
1995	211	83±8	34.6±8.9	1800±200
1997	195	73±6	33.8±9.6	1200±180
2000	291	110±8	43.2±9.2	2800±370
2001	276	107±10	25.6±6.6	2600±480
2003	343	128±10	41.7±8.4	4500±730
2007	273	111±18	61.9±13.5	3000±650
2010	302	110±16	77.4±28.1	3500±1600
2011	281	117±11	56.9±16.3	2500±500
2012	263	107±13	72.5±22.4	2500±500

Минимум суммарного количества видов был отмечен в 1997 г., а видовой плотности – в 1995, 1997 гг. (табл. 5). Начиная с 2000 г. произошло статистически значимое увеличение видовой плотности.

С 2000 года видовая плотность варьировала в среднем от 107 до 128 видов на станцию и значимо не отличались друг от друга, но имела достоверные различия с таковой 1995–1997 гг. Даже отмеченный максимум этого параметра в 2003 г. не имел достоверных отличий от видовой плотности 2000–2012 гг.

Амплитуда колебаний усредненной биомассы бентоса на разрезе в 1995–2012 гг. составила около 50 г/м^2 , что в сравнении со средним уровнем этого показателя может быть оценено как весьма значительная. При этом и ошибка средней была высокой (табл. 5). Минимальная биомасса зообентоса была отмечена в 2001 г. Значительный рост биомассы произошел в 2010 г. и оставался на достаточно высоком уровне в последующие годы (табл. 4). С 1995 по 2012 годы колебания биомассы не превышали порога достоверности (по критерию Стьюдента) и укладывались в пределы ошибки среднего.

Численность организмов зообентоса с 1995 по 2012 гг. варьировала в широких пределах. Пик численности был зафиксирован в 2003 г. одновременно с максимумом видового богатства и таксономического разнообразия, а затем происходило постепенное снижение обилия организмов до уровня, зафиксированного в 2000 г. (табл. 4). Оцененные по критерию Стьюдента достоверные различия численности были выявлены в съемках 1995 и 1997, 2000 и 1997, 2003 и 2001 гг., граничащих с годами минимальных значений численности. Во все остальные года численность организмов зообентоса на разрезе практически не изменялась.

Варьирование усредненных количественных показателей донных сообществ по разрезу в целом складывается из изменчивости каждого из параметров по станциям разреза.

Зоогеографическая структура бентоса по количеству видов на всем разрезе за время мониторинга оставалась относительно стабильной (рис. 4). Соотношение видов различных зоогеографических групп изменялось на разрезе пропорционально друг другу (табл. 6). Несмотря на то, что максимальное количество видов на ст. 2 было достигнуто большим количеством бореальных форм, заметную роль здесь играли и арктические виды. Наименьшее число арктических видов за все время наблюдений было встречено на станциях 4–6. В 2003 году на станциях 3–7 наблюдаемый пик разнообразия был обусловлен увеличением количества как бореальных, так и арктических видов.

Биомасса бентоса в среднем по разрезу значительно увеличилась после наступления устойчивого периода аномально теплых лет в 2007–2012 гг. в основном за счет бореальных видов (рис. 5). Все значимые различия биомассы на станциях 2–6 произошли в основном за счет увеличения биомассы бореальных видов, реже арктических. На северных станциях разреза динамика биомассы носила более сглаженный характер, ее увеличение происходило постепенно,

в основном за счет бореально-арктических видов. Практически на всех рассматриваемых станциях разреза снижение биомассы было зафиксировано в 2001 г. Отмечено, что всплески биомассы арктических видов происходили как на северных, так и на южных станциях разреза. Так, в 1997 г. увеличение биомассы было обнаружено на ст. 2, в 2003 и 2011 гг. – на ст. 3, а в 2012 г. – на ст. 8. На центральных станциях разреза (станции 4–6) биомасса арктических видов за время исследований была ничтожной, лишь небольшой ее рост произошел на ст. 4 в 2011–2012 гг.

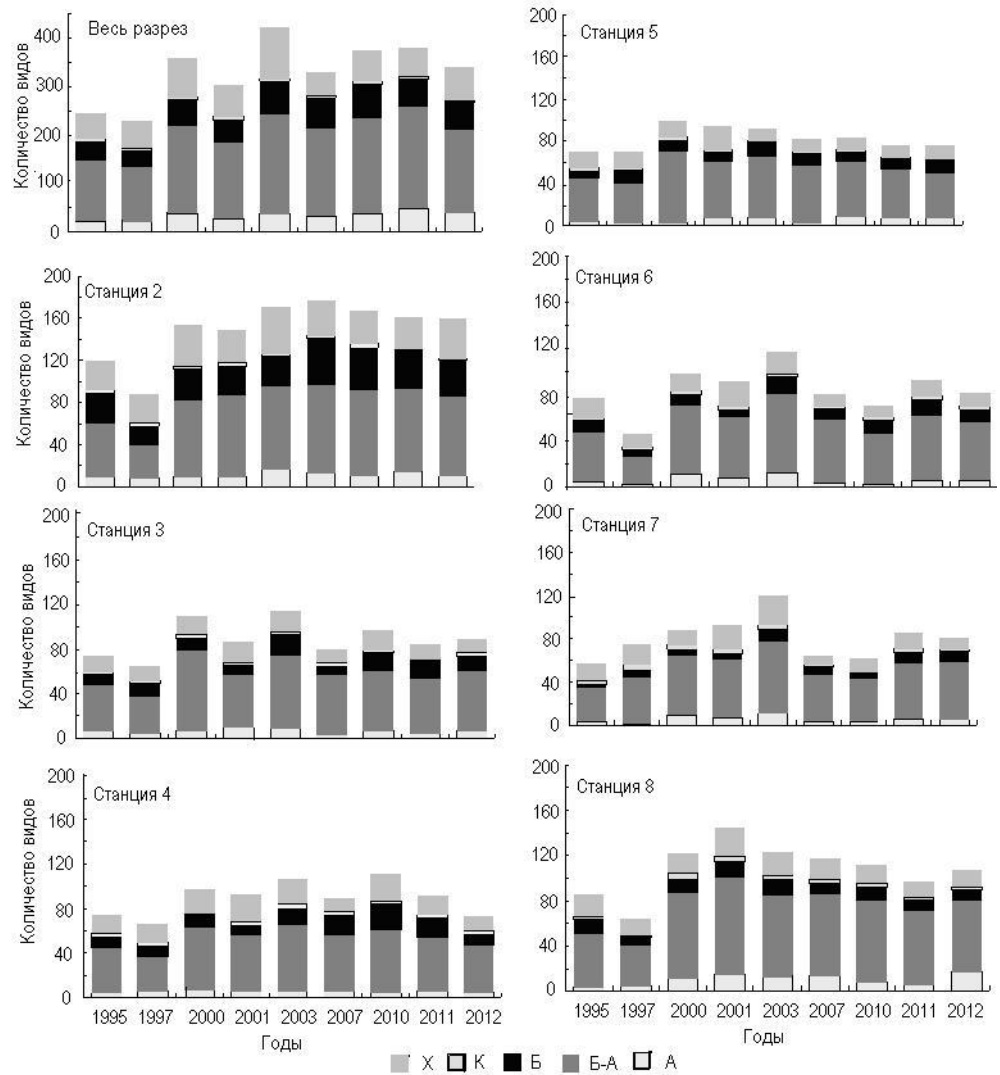


Рис. 4. Количества видов различных зоогеографических групп на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг.:

А – арктический, Б-А – бореально-арктический, Б – бореальный, К – космополит, X – зоогеографический статус не определен

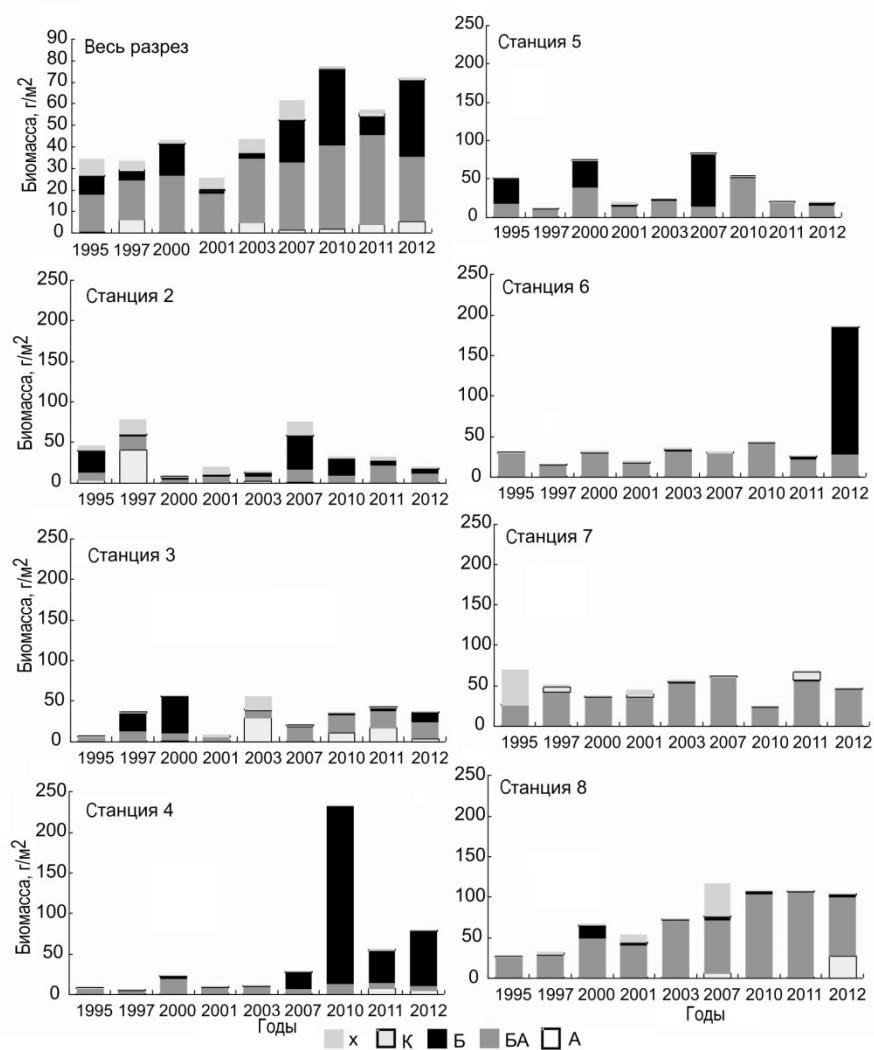


Рис. 5. Биомасса организмов зообентоса различных зоогеографических групп на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг. Обозначения см. рис. 4

Таблица 6

**Биогеографический состав зообентоса на станциях 2–8
разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг., %**

Биогеографический статус видов	Годы									
	1995	1997	2000	2001	2003	2007	2010	2011	2012	
Арктический	9	10	9	9	9	10	11	12	12	
Бореально-арктический	50	48	52	51	48	54	52	55	50	
Бореальный	17	16	16	16	15	20	19	16	17	
Космополит	2	3	2	3	2	1	2	1	1	
Неопределенный	22	24	21	21	25	15	17	15	20	

На всех станциях разреза “Кольский меридиан” отмечено значительное доминирование по численности бореально-арктических видов (рис. 6). Только на ст. 2 бореальные и арктические виды вносят заметный вклад в общую численность. Максимальная численность бореальных видов отмечена здесь в 2007 г., а арктических – в 2003 г. На других участках разреза один максимум обилия бореальных видов был выявлен в 2010 г. – на ст. 4. По усредненным данным минимальная численность организмов на разрезе “Кольский меридиан” наблюдалась в 1997 г. Максимум численности был зафиксирован в 2003 г., когда значительно возросло число особей на многих станциях разреза (рис. 6).

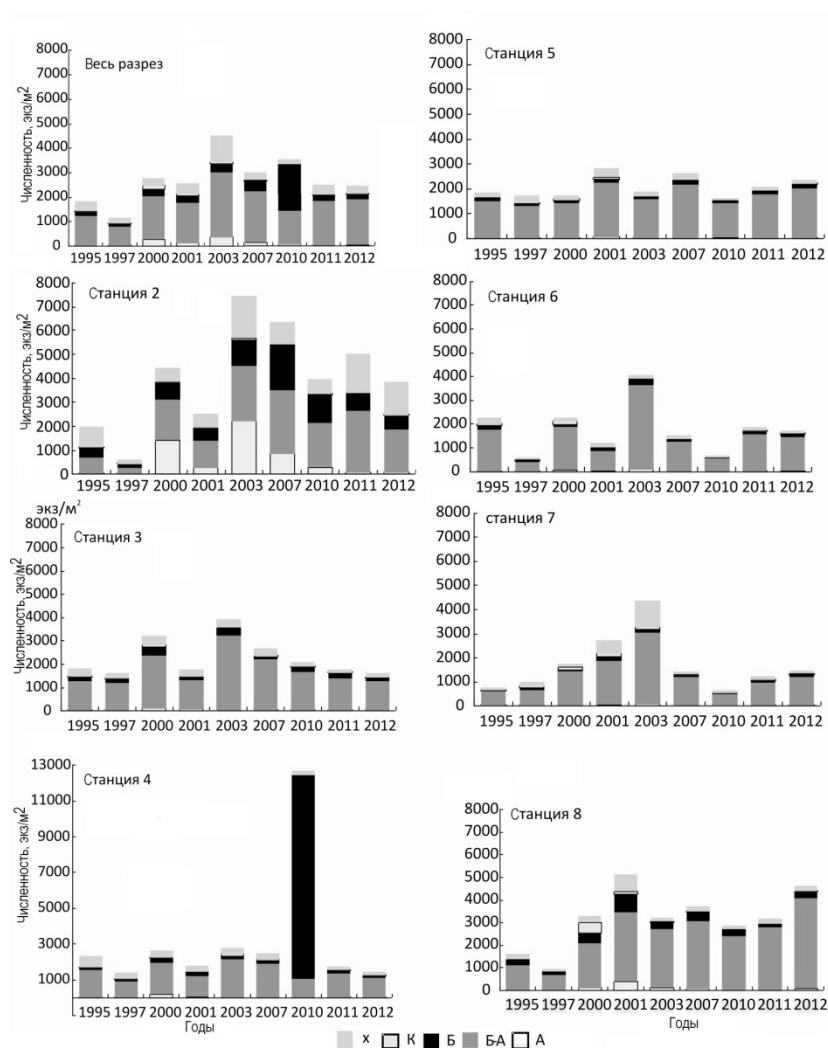


Рис. 6. Численность организмов различных зоогеографических групп на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг. Обозначения см. рис. 4

Таким образом, изменения в структуре фауны и количественной представленности бентоса имеют разнонаправленные тенденции. Так, на южных станциях (2, частично 3) все значительные всплески биомассы и численности произошли за счет бореальных и арктических видов. Максимальное количество бореальных видов было сосредоточено на ст. 2. На станциях 4 и 5 все изменения в биомассе и видовом богатстве произошли за счет бореальных видов. На этом участке сосредоточено минимальное для всего разреза количество арктических видов. На северных станциях разреза (6, 7, 8) колебания видового богатства, биомассы и численности происходили за счет бореально-арктических видов. Представители арктической и бореальной групп здесь часто присутствовали в равных количествах.

Степень варьирования количественных показателей зообентоса зависит от структуры сообществ на станциях разреза.

Так, зообентос ст. 2 представляет сообщество с очень высоким видовым разнообразием и плотностью поселения, но низкой биомассой и низкой степенью преобладания доминирующих видов. На фоне невысокого среднего уровня биомассы за время мониторинга наблюдались ее значительные колебания. Самые заметные пики биомассы были зафиксированы в 1995, 1997 и 2007 гг. В аномально теплые годы (1995, 2007, 2010) доминантом здесь был представитель бореальной группы морских ежей *Brisaster fragilis* (30–50 % всей биомассы). В “нормальном” по теплосодержанию вод 2001 г. по биомассе преобладали губки (42 %), а в холодный 1997 г. доминировал арктический вид голотурий *Molpadia borealis* (51 %). По численности обычно преобладали полихеты-сестонофаги рода *Chone*, двустворчатые моллюски *Bathyarca pectunculoides*, *Modiolula phaseolina*, *Mendicula ferruginosa*. За время мониторинга в районе ст. 2 наблюдалось чередование доминантных и субдоминантных видов. Так, в аномально теплый период 2007–2012 гг. биомасса и численность тепловодного моллюска *Madeolula phaseolina* неуклонно росли, и с 2010 по 2012 гг. этот вид перешел в ранг субдоминантов по биомассе. В эти годы его биомасса достигла 12–16 % от общей биомассы, а численность – 5–7 % от общего показателя. Основными доминантами в это время были либо морские ежи *Brisaster fragilis*, либо двустворчатые моллюски *Bathyarca pectunculoides*. Таким образом, очевидно, что продолжительный период аномально теплых лет привел к смене доминирующей по биомассе группы видов. При этом преобладавшие по численности организмы остались на прежних позициях. Методы регрессионного анализа показали, что на этом участке разреза существует слабая положительная связь видового обилия с температурой придонных вод прибрежной ветви Мурманского течения в самые теплые месяцы (коэффициент детерминации $r^2 = 0.64$). С другими количественными характеристиками такой связи не обнаружено.

На станциях 3–5 разреза “Кольский меридиан”, объединенных в отдельный видовой комплекс, изменения количественных характеристик происходили скачкообразно. Основной доминант по биомассе *Brisaster fragilis* – от 32 до 65 % от общей биомассы зообентоса. В 2003 году этот вид не был встречен в данной части разреза, а в 2001 г. присутствовал в пробах в незначительном количестве. Субдоминантами в разные годы выступали полихеты *Maldane sarsi*, *Spiochaetopterus typicus*, двустворчатый моллюск *Astarte crenata*, голотурии *Ankyroderma jeffreysii*. По численности лидировал двустворчатый моллюск *Mendicula ferruginosa*, так в 1995 г. она составляла 11 %, в 2003, 2007 гг. – 27–28 %, но в 2010 г. резко снизилась до 1 % и осталась на этом уровне в последующие годы. Субдоминантом по численности, а иногда и по биомассе, здесь также была полихета *Maldane sarsi*. Зависимость количественных характеристик зообентоса от теплосодержания придонных вод в этом районе разреза не обнаружена.

В донных сообществах северной части разреза (станции 6, 7, 8) безраздельно доминирует *Spiochaetopterus typicus*. Вклад этой полихеты составляет от 17 до 65 % общей биомассы и от 6 до 30 % общей численности. Средний уровень биомассы в этой части разреза выше, чем на южных станциях. В целом, за время исследований значительных колебаний биомассы (за исключением ст. 6 в 2012 г.) не наблюдалось. Отмеченные же колебания в основном происходили за счет изменения биомассы доминирующего вида. В 2000 году степень доминирования *Spiochaetopterus typicus* резко снизилась, но начиная с 2001 г. постепенно возрастает, достигнув максимума в 2010 г. Провести анализ сопряженности величин биомассы бентоса и теплосодержания придонного слоя в этом районе не удалось из-за отсутствия непрерывного ряда температурных наблюдений. Регрессионный анализ показал наличие слабой положительной связи биомассы с аномалиями среднегодовых температур в слое 0–200 м основной ветви Мурманского течения ($r^2 = 0.6$). Таким образом, для этой части разреза также отмечено, что биомасса бентоса возрастает с увеличением теплосодержания вод.

За исследованный период было установлено два этапа наиболее заметных колебаний количественных показателей зообентоса. В 2003 году произошло резкое увеличение общего уровня биологического разнообразия. В этот период значительно возросли показатели видовой плотности, средней численности, суммарного количества видов, семейств, классов и типов. В данном году максимальное количество видов было зафиксировано на станциях 3, 4, 6 и 7. При этом наблюдалось одновременное увеличение количества как бореальных, так и арктических видов, которые в этот период достигали наивысшего разнообразия. В 2010 году выявлено значительное увеличение суммарной биомассы бентоса, в основном за счет бореальных видов на ст. 4, и бореально-арктических видов на станциях 5, 6 и 8.

Обсуждение. Анализ материалов по макрозообентосу разреза “Кольский меридиан” показал, что изменения фауны и обилия организмов заметны не только в исторических масштабах – порядка 100 лет, но и в течение более короткого периода времени. Так, за 17 лет мониторинга на разрезе произошло увеличение биомассы бентоса, которое может быть обусловлено наступившим длительным периодом потепления. Это утверждение косвенно подтверждается тем, что увеличение биомассы в южной части разреза (станции 2–5) произошло за счет бореальных видов. Однако увеличение биомассы в северной части разреза (станции 6–8) наблюдается за счет бореально-арктических видов (рис. 5), которые, как показано ранее (Galkin, 1998; Денисенко, 2007), предпочитают температурные условия, приближающиеся к климатической норме. Хотя это могло быть обусловлено и другими причинами, например, обеспеченностью пищей. Это предположение требует дополнительных исследований.

Видовая плотность с 2000 г. была стабильной, и при наличии здесь большого числа идентифицированных таксонов (более 800) и высоком показателе видовой плотности (от 83 до 128) межгодовые колебания не превышали 15 видов (табл. 4). При этом соотношение биогеографических групп зообентоса в целом по разрезу также оставалось относительно стабильным. Только в 2007 г. на разрезе увеличилось разнообразие бореальных видов в основном на станциях 2 и 4 (рис. 4). Наблюдаемое увеличение произошло сразу после исторического максимума температурных аномалий 2006 г. Однако наибольшее суммарное количество видов и видовая плотность были выявлены в промежуточном по теплосодержанию “нормальном” 2003 г. (Карсаков, 2009), в котором произошел одновременный рост количества как бореальных, так и арктических видов на станциях 4 и 7, расположенных в средней части разреза. В данном случае мы можем рассматривать “нормальный” год как своего рода переход от одного состояния сообществ к другому. При этом моделируется эффект экотона, в котором успешно развиваются представители разных зоогеографических групп бентоса, что и влечет за собой увеличение числа видов на единицу площади. Подобный эффект был выявлен не только во времени, но и в пространстве – в зоне совмещения зоогеографических ареалов амфипод в Баренцевом море (Любина и др., 2014).

Плотность поселения особей из года в год значительно изменяется. В 2003 году отмечен максимум численности зообентоса на разрезе. Наибольшая численность в это время была отмечена в основном на ст. 2 за счет арктических видов. В последующие годы количество арктических видов стало ничтожно малым практически на всех станциях разреза (рис. 6).

Соотношение биогеографических групп зообентоса по биомассе, численности и видовому разнообразию связано с температурными условиями. По результатам исследований можно утверждать, что в районе разреза “Кольский меридиан” биомасса бентоса отзывается

на увеличение теплосодержания воды положительно. Основной прирост биомассы по данным современного мониторинга наблюдается у бореальных и бореально-арктических видов. Ранее была установлена положительная связь биомассы указанных биогеографических групп с температурой (Влияние ..., 2007). Однако имеется предположение, что бореально-арктические виды расширяют свой ареал и увеличивают численность при условиях близких к климатической норме (Galkin, 1998, Денисенко, 2007). Этот вопрос остается дискуссионным. Можно предположить, что если и бореальные и бореально-арктические виды в основном отвечают положительно на увеличение температуры воды, то при устойчивом цикле похолодания можно ожидать снижения общей биомассы и численности, а при длительном воздействии, и видовой разнообразия организмов. Теоретически может возрасти разнообразие, биомасса и численность арктической группы видов, но поскольку эта группа занимает в биоценозах меньшую часть, то полноценного замещения одной фауны другой не произойдет. Исходя из этого, можно предположить, что общее снижение всех количественных показателей на разрезе в 2001 г. произошло с задержкой примерно в 4 года после периода холодных лет конца 1990-х гг. Временной период реакции биомассы в 4 года вероятно не случайность. Именно этот отрезок времени отмечался как наиболее вероятный при восстановлении сообществ после терминального воздействия (Воздействие ..., 2013). По нашим данным, не только снижение, но и сильное увеличение биомассы в 2010 г. произошло после 4-летнего запаздывания от аномально теплого 2006 г.

За короткий период времени (17 лет) были обнаружены не только изменения количественных характеристик зообентоса, но и перестройка структуры сообществ. Так, на ст. 2, фауна которой уникальна по составу видов (Предварительные ..., 2013), в период наступившего устойчивого ряда аномально теплых лет произошло значительное увеличение численности бореально-субтропического двустворчатого моллюска *Modiolula phaseolina*. В последние годы мониторинга он стал субдоминантом по биомассе и численности. Изменения в структуре сообществ произошли и в северной части разреза. В биоценозе *Spiochaetopterus typicus* (станции 6–8) в 2000 г. степень преобладания этого вида по биомассе и численности была минимальной, в последующие годы его роль постепенно возрастала, достигнув максимума в 2010 г. Вместе с ростом биомассы *Spiochaetopterus typicus* увеличилась в целом и биомасса зообентоса. То есть на этом участке разреза мы наблюдаем с 2000 г. естественный процесс сукцессии сообщества в сторону климаксной стадии. Причиной значительного снижения биомассы доминирующего вида могло стать и похолодание конца 1990-х гг. (Карсаков, 2009), но могут быть и другие причины, учесть которые достаточно трудно. От структуры сообществ зависит амплитуда колебаний количественных показателей. Так, в сообществах южной части разреза, где наблюдается частая смена доминантов

и степень преобладания этих видов крайне низкая, биомасса варьирует резко, в то время как в сообществах с устойчивой структурой и стабильными доминантами с высокой степенью их преобладания, как в северной части разреза, колебания биомассы происходят постепенно.

Изменения фауны и количественных показателей зообентоса не может зависеть напрямую только от температурного фактора. Развитие сообществ невозможно рассматривать без учета биотических взаимоотношений. Так, одним из важных факторов применительно к зоопланктону рассматривалось выедание (Тимофеев, 2001). Этот фактор нельзя исключать и для бентоса. И, возможно, его воздействие выражено даже больше, чем влияние температуры. Одними из основных хищников для бентоса являются придонные рыбы, в том числе треска и пикша (Оценка ..., 2013). Д.В. Боханов с соавторами (Оценка ..., 2013) утверждают, что доля бентосных животных в желудках трески не превышает 10 %, и если у рыбы есть возможность, она предпочитает питаться рыбой. Было показано, что в разных температурных условиях треска выбирает различный вектор миграции. Так, в холодное время стада трески держатся в основном у побережья Кольского полуострова и нагуливаются в юго-западной части моря, чем еще более увеличивают давление на донные сообщества, находящиеся в депрессии, вызванной температурными условиями. В “теплые” годы треска уходит в “не тронутые выеданием” северные и восточные районы моря (Гидробиологические ..., 2011), ослабляя нагрузку на зообентос. Можно заключить, что воздействие на бентос со стороны донных рыб имеет тот же вектор, что и температура.

Нельзя игнорировать и воздействие на донные сообщества недавно заселенного в Баренцево море крупного хищника – камчатского краба, в область распространения которого у берегов Западного Мурмана попадают станции 1–2 разреза “Кольский меридиан” (Состояние ..., 2008, 2009; Анон ..., 2008; Павлова, 2008; Результаты ..., 2010, 2011, 2012). Камчатский краб предпочитает в основном крупные экземпляры двустворчатых моллюсков, морских ежей, морских звезд и офиур (Анон ..., 2008; Павлова, 2008). Структура зообентоса ст. 2 косвенно может свидетельствовать о наличии такой нагрузки, поскольку донные организмы здесь в основном имеют сравнительно малые размеры, но обладают большой численностью. Можно предположить, что такая нагрузка на зообентос южных станций разреза существует как минимум с начала 2000-х гг. Исследования воздействия камчатского краба на бентос Мотовского залива показали заметные изменения в структуре донных сообществ на фоне значительно менее выраженного уменьшения показателей обилия и видовой разнообразия (Анон ..., 2008).

Заключение. Проведенные исследования на разрезе “Кольский меридиан” показали, что распределение видовых комплексов в данной части моря статично и определяется постоянной совокупностью действующих факторов, в том числе и течениями. Так уникальный состав видов ст. 2 разреза сложился из-за влияния прибрежной ветви Мурманского течения. Однако преобладание преимущественно мелких особей и отсутствие

сильного доминантна может быть обусловлено выеданием камчатским крабом, а также постоянным разрушением структуры донных осадков.

Анализ биогеографической структуры сообществ зообентоса показал, что изменение таких количественных показателей как биомасса и плотность поселения в определенной степени вызваны температурными условиями. Это наиболее явно подтверждается в последний аномально теплый этап наблюдений – 2007–2012 гг. Изменение количественных характеристик зообентоса по-разному проявляется на южном и северном участках разреза вследствие различной структуры сообществ, а также разного уровня нагрузки со стороны хищников, конкурентов, антропогенного воздействия.

Значительное увеличение количества видов на единицу площади возрастает в умеренном (промежуточном по теплосодержанию) году вследствие подходящих условий для развития представителей разных зоогеографических групп, как арктических, так и бореальных.

После продолжительного ряда лет с одинаковыми тенденциями температурных изменений стабилизируется видовая структура фауны и возрастает сходство между видовым составом организмов этих лет.

Литература

Антипова Т.В. Распределение биомассы бентоса Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1975. Вып. 35. С. 121–124.

Бочков Ю.А., Кудло Б.П. Многолетние изменения температуры воды Баренцева моря и их влияние на общую биомассу бентоса // Состав распределение и экология донной фауны Баренцева моря: Тез. докл. Мурман. обл. науч. конф. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1973. С. 3–7.

Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов) / Е.А. Фролова, О.С. Любина, Д.Р. Дикаева и др. // Докл. РАН. 2007. Т. 416, № 1. С. 1–3.

Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий // Ред. С.Г. Денисенко, К.А. Згуровский. Мурманск: Изд. WWF, 2013. 52 с.

Галкин Ю.И. О путях расширения ареалов бореальных видов в процессе “потепления” Арктики на примере моллюска *Iothia fulva* (Gastropoda: Lepetidae) // Бентос Баренцева моря. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1984. С. 11–32.

Гидробиологические индикаторы циклических изменений климата Западной Арктики в XX–XXI веках / Г.Г. Матишов, Д.В. Моисеев, О.С. Любина и др. // Вестн. Южн. науч. центра РАН. 2011. Т. 7, № 2. С. 54–68.

Голиков А.Н. О принципах районирования и унификации терминов в морской биогеографии // Морская биогеография: предмет, методы, принципы районирования. М.: Наука, 1982. С. 94–99.

Гурьянова Е.Ф. Особенности фауны Северного Ледовитого океана и их значение для понимания истории ее формирования // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Л.: Гидрометеиздат, 1970. С. 126–161.

Денисенко С.Г. Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2005. С. 65–76.

Денисенко С.Г. Многолетние изменения бентоса в Печорском море // Изв. РГО. 2006. Т. 138, вып. 2. С. 37–48.

Денисенко С.Г. Зообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия // Динамика морских экосистем и условия формирования биологического потенциала морей. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 418–511.

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

Дерюгин К. М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.) // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.

Дикаева Д.Р. Современное распределение полихет вдоль разреза “Кольский меридиан” (Баренцево море) // Докл. РАН. 2009. Т. 426, № 6. С. 1–3.

Зацепин В.И. Сообщества фауны донных беспозвоночных Мурманского побережья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики // Тр. Всесоюз. гидробиол. общ-ва. 1962. Т. 12. С. 245–344.

Иллюстрированные определители свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики. Т. 1. Коловратки, морские пауки и ракообразные. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2009. 182 с.

Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 139 с.

Лейбсон Р.Г. Количественный учет донной фауны Мотовского залива // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 127–192.

Любина О.С., Зимина О.Л., Анисимова Н.А. Распределение и изменчивость фауны амфипод (Crustacea, Amphipoda) на Кольском разрезе (Баренцево море) // Докл. РАН. 2012. Т. 442, № 3. С. 426–429.

Любина О.С., Брызгин В.Ф., Разновская С.В. Состав и распределение бентосных амфипод (Crustacea, Amphipoda) в южной части Баренцева моря // Биология моря. 2014. Т. 40, № 4. С. 257–267.

Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” / С.Г. Денисенко, А. Рахор, Н.В. Денисенко и др. // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2000. С. 57–58.

Несис К.Н. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–138.

Оценка угроз морской экосистеме Арктики, связанных с промышленным рыболовством, на примере Баренцева моря / Д.В. Боханов, Д.Л. Лайус, А.Р. Моисеев, К.М. Соколов М.: Изд. WWF, 2013. 108 с.

Павлова Л.В. Влияние молоди камчатского краба на зообентоса Кольского залива (Баренцева моря) // Докл. РАН. 2008. Т. 422, № 1. С. 138–141.

Пантелеева Н.Н. Адаптация жизненных циклов гидроидных к условиям существования на примере отдельных видов; значение фрустуляции // Морская флора и фауна северных широт: механизмы адаптации и регуляции роста организмов: Матер. Второй Всерос. школы по морской биологии (Мурманск, 3–5 ноября 2003 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. С. 127–149.

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

- Результаты* морских ресурсных исследований ПИНРО в 2009 г. / Отв. ред. М.С. Шевелев. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2010. 135 с.
- Результаты* морских ресурсных исследований ПИНРО в 2010 г. / Отв. ред. М.С. Шевелев. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2011. 146 с.
- Результаты* морских ресурсных исследований ПИНРО в 2011 г. / Отв. ред. М.С. Шевелев. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2012. 166 с.
- Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики на 2008 г. / Отв. ред. Ю.М. Лепесевич. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2008. 110 с.
- Состояние* биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2009 г. / Отв. ред. Ю.М. Лепесевич. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 110 с.
- Терещенко В.В., Двинина Е.А., Боровая Л.И.* Справочный материал по температуре воды в Баренцевом море. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1985. 72 с.
- Тимофеев С.Ф.* Влияние климатических факторов на изменчивость биомассы зоопланктона в различных частях Баренцева моря // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. С. 33–49.
- Черемисина В.Т.* К зоогеографии Баренцева моря // Тр. Мурман. биол. ст. 1948. Т. 1. С. 293–298.
- Anon.* Research on the Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) from the Barents Sea in 2005–2007 // Joint report series. Institute of marine research (IMR) and Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO). 2008. 71 p.
- Blacker R.W.* Benthic animals as indicators of hydrographic conditions and climatic changes in Swalbard waters // Fish. Invest. Ser. 1957a. Vol. 20, № 10. P. 5–12.
- Blacker R.W.* Recent changes in the benthos of the west Spitsbergen fishing grounds // Int. Comm. N.W. Atl. Fish. Spec. Publ. 1957b. Vol. 6. P. 791–794.
- Bray J.R., Curtis J.T.* An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin // Ecol. Monogr. 1957. Vol. 27. P. 325–349.
- Climate* change effects on Arctic fjord and coastal macrobenthic diversity – observation and prediction / J.M. Weslawski, M.A. Kendall, M. Wlodarska-Kowalczyk et al. // Marine Biodiv. 2011. Vol. 41, № 1. P. 71–85.
- Deart Yu.V., Frolov A.A., Manushin I.E.* Bivalves *Abra prismatica* (Montagu, 1808) and *Gari fervensis* (Gmelin, 1791) – Species New to the Fauna of the Russian Sector of the Barents Sea // Russian J. Biol. Invasions. 2013. Vol. 4, № 3. P. 139–148.
- Galkin Yu.I.* Long-term changes in the distribution of mollusks in the Barents Sea related to the climate // Berichte zur Polarforschung. 1998. Vol. 287. P. 100–143.
- Lyubina O.S., Frolova E.A., Dikaeva D.R.* Current zoobenthos monitoring at the Kola Transect in the Barents Sea // Berichte zur Polarforschung. 2012. Vol. 640. P. 177–189.
- Nekhaev I.O.* Distributional notes on *Gibbula cineraria* (Linnaeu, 1758), *Pseudosetia turgida* (Jeffreys, 1870) and *Haliella stenostoma* (Jeffreys, 1858) in Russian part of the Barents Sea // Ruthenica, Russian Malacol. J. 2013. Vol. 23. P. 35–39.
- Nekhaev I.O.* Marine shell-bearing Gastropoda of Murman (Barents Sea): an annotated check-list // Ruthenica, Russian Malacol. J. 2014. Vol. 24. P. 75–121.
- Nekhaev I.O.* New records of gadilid molluscs from the southwestern Barents Sea (Scaphopoda: Gadilidae) // Ruthenica, Russian Malacol. J. 2015. Vol. 25. P. 69–71.

Nekhaev I.O., Kantor Yu.I. The first record of *Thesbia nana* (Lovén, 1846) (Gastropoda: Conoidea) in Russian waters // *Ruthenica, Russian Malacol. J.* 2012. Vol. 22. P. 51–54.

Rumohr H. Soft-bottom macrofauna: collection, treatment, and quality assurance of samples // *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences.* 2009. № 43. 20 p.

Wassmann P., Duarte C.M., Agusti S., Sejr M.K. Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem // *Global Change Biology.* 2011. Vol. 17. P. 1235–1249.

Weslawski J.M., Kwaśniewski S., Stempniewicz L. Warming in the Arctic may result in the negative effects of increased biodiversity // *Berichte zur Polarforschung.* 2008. Vol. 78. P. 105–108.

УДК 574.587 (268.45)

**П.А. Любин¹, О.С. Любина², Н.А. Стрелкова (Анисимова)¹,
А.Л. Карсаков¹, И.Е. Манушин¹, О.Л. Зимина², Е.А. Фролова²**

¹Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

СТАНДАРТИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ БЕНТОСНЫХ ДАННЫХ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН” (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) И ИХ АНАЛИЗ С УЧЕТОМ СЕЛЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СБОРА И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛА

Аннотация

Анализ фондовых материалов ПИНРО и ММБИ по макрозообентосу, собранных на станциях разреза “Кольский меридиан”, показал существенные различия количественных данных, полученных в 1930–1968 и 1995–2013 гг. Общее количество таксонов на современном этапе мониторинга больше в 2 раза, средняя видовая плотность – более чем в 5 раз, средняя численность – в 4 раза. Уровень средней биомассы зообентоса в последние 17 лет оказался ниже в 1.2 раза, чем на этапе исследований в 1930–1968 гг. Одной из важных причин различий в данных является промывка проб в разные периоды исследований через сита различного размера. Стандартизация количественных материалов методом математической обработки данных, учитывающей селективность сетных материалов по отношению к организмам зообентоса, позволила впервые провести адекватное сравнение состояния бентоса на разрезе “Кольский меридиан” за весь период его исследований как по общей биомассе, так и по видовому обилию и плотности поселения. Полученные расчеты свидетельствуют об отсутствии на современном этапе мониторинга значительных изменений в состоянии зообентоса по таким параметрам как видовое обилие и плотность поселения организмов. Стандартизация данных по биомассе позволила критически оценить наблюдаемое Т.В. Антиповой (1975) в 1960-е годы снижение общей биомассы бентоса по сравнению с данными 1920-х годов. Расчетные данные показали, что понижение биомассы в 1960-е годы было статистически незначимо и зависело в большей степени от изменения методики промывки бентоса.

**P.A. Lyubin¹, O.S. Lyubina², N.A. Strelkova (Anisimova)¹, A.L. Karsakov¹,
I.E. Manushin¹, O.L. Zimina², E.A. Frolova²**

¹Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

²Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

**STANDARDIZATION OF QUANTITATIVE HISTORICAL BENTHIC DATA
FROM TRANSECT “KOLA SECTION” (BARENTS SEA)
AND IT’S ANALYSIS TAKING INTO ACCOUNT THE SELECTIVITY
OF THE MATERIAL COLLECTION AND PROCESSING TECHNIQUES**

Abstract

Analysis of zoobenthos materials collected by PINRO and MMBI on the transect “Kola Section” in the periods of 1930–1968 and 1995–2013 years showed considerable difference of quantitative data. In the modern period total number of taxons is twice greater, species richness more than 5 times greater and abundance 4 times greater than in 1930–1968. On the contrary, biomass ratio is 1.2 as little than in 1930–1968 years. One of the important reasons of this data dissimilarity is difference in material processing techniques in different periods, i.e. washing of benthic samples from sieve with unequal mesh size. Standartization of quantitative data by means mathematical data processing methods (taking into account selectivity of sieving materials to the benthic organisms) make it possible to undertake appropriate comparison of the condition of zoobenthos communities on the transect “Kola Section” in different historical periods. Calculated data indicated absence of the significant changes in species richness and abundance between time periods. Data standartization allowed to critique decrease of benthos total biomass between 20th and 60th years of 20th century, observed by T.V. Antipova (1975). Calculated data showed that decrease of biomass in 60th years was not statistical significant and depended mainly from the changing of sample washing method.

Введение. Сравнение разных методов промывки количественных дночерпательных бентосных проб, применявшихся в районе разреза “Кольский меридиан”, показало, что размер ячеек промывочных сит сильно влияет на получаемые показатели видового состава, общей плотности поселения и биомассы бентоса на станциях. Было установлено пять временных периодов отечественных исследований, в которых методы промывки и первичная обработка материала различались. Как правило, различия в методике промывки и сортировки материала недостаточно учитываются исследователями при сравнении данных разных лет. Материалом для нашей работы послужили архивные материалы Полярного института рыбного хозяйства и океанографии и Мурманского морского биологического института, полученные в районе разреза “Кольский меридиан” в 1927–2013 гг. Методики отбора и промывки проб в разные годы детально описаны ранее (П.А. Любин, настоящее издание), где приведены и параметры уравнений селективности для разных сетных материалов по отношению к бентосным организмам.

Подробный анализ состояния и динамика макрозообентоса разреза на современном этапе мониторинга описан в статье

“Современное количественное распределение зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” (О.С. Любина и др., настоящее издание), в предлагаемом исследовании основное внимание будет уделено анализу архивных материалов и их сравнению с современными данными.

Материал и методы. Количество станций, выполняемых на разрезе “Кольский меридиан”, не было постоянным в разные годы исследований и варьировало от 1 до 18 в год. Наибольшее количество наблюдений с 1927 по 1969 гг. было выполнено на первых десяти станциях разреза. Наблюдения за бентосными сообществами севернее 74° с. ш. велись эпизодически. По этой причине сравнение данных прошлых лет с данными современного мониторинга было проведено в пределах первых 10 станций, а годы, когда наблюдения выполнялись менее чем на 3 станциях, были исключены из анализа.

Для сравнения данных разных лет была проведена их стандартизация путем моделирования промывки проб через наиболее крупное сито, применявшееся в рассматриваемый период. В нашем случае это сито с размером ячеек 5 мм, которое было использовано в съемке 1968 г.

В качестве примера на рис. 1 (светлые символы) приведены этапы математической трансформации данных по размерной структуре бентосных сообществ по материалам 2010–2012 гг, промытых через капроновое сито с номинальным размером ячеек 1 мм. Светлыми кружками (1) показано распределение, построенное по фактическим данным. Применение коэффициента селективности, полученного для данных 2010–2012 гг (П.А. Любин, настоящее издание), – позволило восстановить теоретическое размерно-частотное распределение (2 – светлые ромбы). Предположительно, данное распределение должно быть близко к реально существующему в природе. Последующее умножение полученных значений на коэффициент селективности, вычисленный для данных 1968–1969 гг., имитирует промывку проб 2010–2012 гг. через 5-миллиметровое сито (3 – светлые треугольники). На данном этапе отсеиваются те размерные группы, чья численность после пересчета меньше 1 экз. на площадь пробоотбора (в нашем случае 0.5 м²). Для примера темными квадратами (4) показано фактическое размерно-частотное распределение орагнизмов в съемке 1968–1969 гг. Как видно из рис. 1, смоделированное распределение достаточно хорошо укладывается в область значений данных 1968–1969 гг.

Результаты и обсуждение. В архивных материалах 1927–1969 гг., охватывающих разрез “Кольский меридиан” до 78° с. ш., отмечено 15 типов, 29 классов, 74 отряда, 151 семейство, 223 вида и 132 таксона различного надвидового уровня. Наиболее богатыми по видовой представленности группами являются черви (29 % всех зарегистрированных видов), моллюски (25 %) и членистоногие (10 %) (рис. 2). Остальные группы составили менее 10 % видового состава зообентоса.

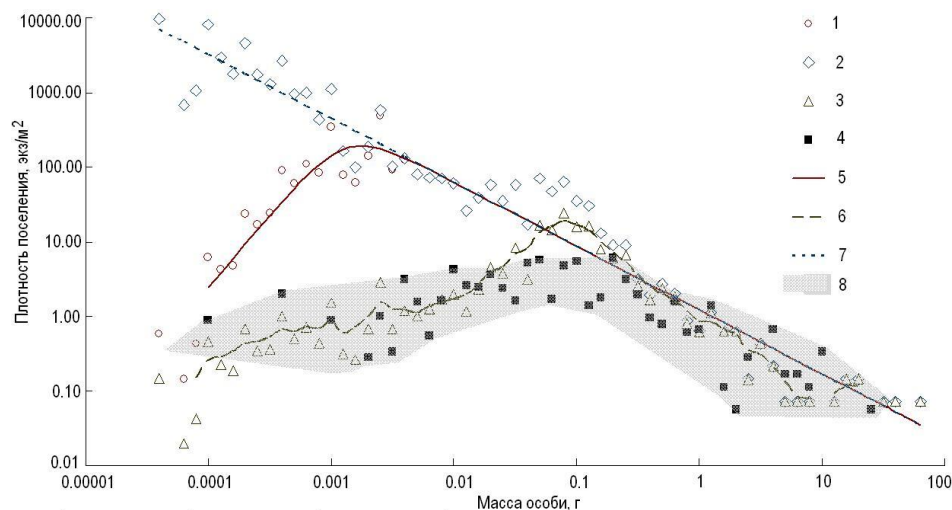


Рис. 1. Пример математической трансформации данных ПИНРО 2010–2012 гг., промытых через сито с ячейей 1 мм, и их сравнение с данными ПИНРО 1968–1969 гг., промытых через сито с ячейей 5 мм:

1 – фактические данные 2010–2012 гг.; 2 – восстановленное теоретическое размерно-частотное распределение организмов, близкое к существующему в природе; 3 – смоделированное размерно-частотное распределение организмов по данным 2010–2012 гг. при условии, что промывка проб проводилась через сито с ячейей 5 мм; 4 – фактическое размерно-частотное распределение организмов при использовании сита с ячейей 5 мм по данным съемки 1968–1969 гг.; 5 – скользящая средняя по фактическим данным 2010–2012 гг.; 6 – предполагаемая зависимость между размером (массой) организма и его плотностью поселения; 7 – скользящая средняя по расчетным данным; 8 – область колебания данных 1968–1969 гг.

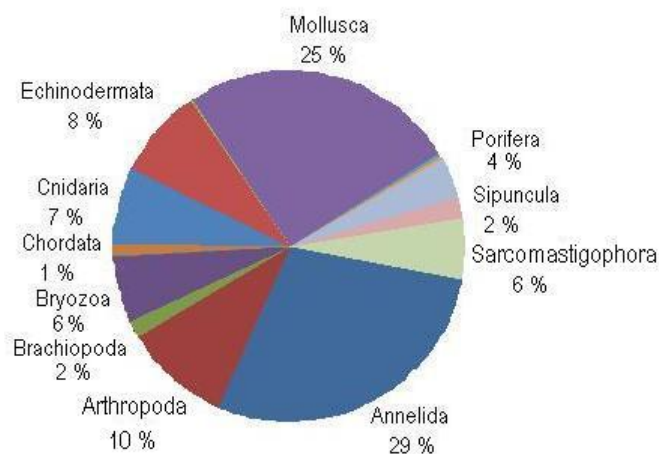


Рис. 2 Таксономическая структура фауны макрозообентоса в районе разреза “Кольский меридиан” по данным 1927–1969 гг.

Во все годы исследований на станциях разреза “Кольский меридиан” встречалась полихета *Spiochaetopterus typicus*. Почти с такой же регулярностью в пробах присутствовали полихеты *Maldane sarsi*, *Scoletoma fragilis*, *Nothria hyperborea*, офиура *Ophiura sarsi*, морская звезда *Ctenodiscus crispatus*, двустворчатые моллюски *Yoldiella intermedia*, *Astarte crenata*, сипункулида *Phascolion strombus strombus* и немертинины (Nemertini g. sp.). Эти таксоны отсутствовали в списках видов в отдельные годы первых лет исследований, но с 1935 г. отмечались в районе разреза “Кольский меридиан” регулярно.

Видовая плотность организмов макрозообентоса до 1995 г. колебалась от 4 (на ст. 7 в 1968 г.) до 44 (на ст. 1 в 1948 г.) видов на станции и в среднем составила 18 ± 1 видов на станции (табл. 1). Строгой закономерности увеличения разнообразия видов вдоль разреза не выявлено, однако отмечено, что в 1968 г. фауна разреза была значительно беднее, чем с 1930 по 1950 гг.

Т а б л и ц а 1

Количество видов макрозообентоса, зарегистрированных на станциях разреза “Кольский меридиан” в разные годы

Год	Станции										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1930	11	–	16	12	–	–	21	17	–	26	17
1935	15	24	26	32	–	14	17	–	–	–	21
1947	26	–	10	20	–	–	–	–	–	–	19
1948	41	44	24	32	20	–	18	21	–	–	29
1950	14	26	17	11	13	–	8	12	7	–	14
1968	8	6	13	16	9	9	4	12	–	8	9
1995	–	89	56	57	48	58	39	66	41	38	54
1997	–	32	32	36	35	18	31	25	16	18	27
1999	34	46	25	–	–	–	–	–	–	–	39
2000	18	75	51	52	32	46	38	58	40	50	46
2001	32	60	40	46	46	38	44	71	39	54	47
2003	29	64	53	39	30	45	46	46	–	–	44
2007	40	109	41	49	42	38	33	62	–	–	52
2010	40	83	45	52	37	25	23	55	32	28	42
2011	45	80	53	46	44	49	42	57	36	36	49
2012	33	86	49	36	42	45	40	58	40	42	47

Биомасса зообентоса на разрезе в течение 1930–1968 гг. колебалась от 4.7 (на ст. 10 в 1968 г.) до 1034.5 г/м² (ст. 2 в 1935 г.) и в среднем составила 68.8 ± 12.3 г/м² (табл. 2). В данный период времени биомасса донных организмов на первых трех станциях была выше, чем на северных за счет попадания в уловы крупных губок и иглокожих. Максимально высокие значения биомассы для большинства станций разреза были зафиксированы в 1948 г. Самые низкие значения биомассы (не более 10 г/м²) отмечены в 1968 г.

Таблица 2

**Биомасса бентоса на станциях
разреза “Кольский меридиан” в разные годы, г/м²**

Год	Станции										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1930	25.3	–	53.9	18.7	–	–	30.3	38.1	–	52.5	36.5
1935	35.2	1034.5	37.1	20.7	–	15.3	43.0	–	–	–	197.6
1947	26.8	–	14.1	225.6	–	–	–	–	–	–	88.8
1948	200.4	150.3	25.5	17.5	43.0	–	75.2	42.8	–	–	79.2
1950	66.6	86.1	16.8	32.7	8.4	–	17.3	46.5	18.4	–	36.6
1968	33.6	21.4	10.2	15.0	36.0	6.0	12.2	25.9	–	4.7	18.3
1995	–	48.6	6.2	8.7	51.3	30.2	70.3	27.0	50.1	44.0	37.4
1997	–	79.5	36.6	6.9	12.1	16.2	50.6	34.5	39.8	39.8	35.1
1999	64.1	11.7	31.8	–	–	–	–	–	–	–	35.9
2000	5.5	8.1	56.7	24.2	74.5	32.7	37.3	69.5	38.7	33.6	38.1
2001	26.0	20.0	8.4	11.0	19.8	20.3	44.8	53.9	35.1	32.3	27.2
2003	27.6	11.1	55.0	8.3	22.3	32.7	47.7	59.8	–	–	32.7
2007	34.9	79.5	22.2	29.9	83.2	32.4	65.4	120.5	–	–	58.5
2010	63.5	34.8	38.1	234.2	53.8	45.7	25.8	109.2	37.2	86.1	72.8
2011	53.5	33.2	44.1	57.2	21.2	26.1	69.2	146.9	95.8	178.6	72.6
2012	25.3	20.7	44.7	80.9	19.6	187.1	48.8	105.6	63.0	127.6	72.3

Плотность поселения донных организмов на разрезе в 1930–1968 гг. колебалась от 42 (ст. 6 в 1935 г.) до 896 экз/м² (в 1930 г. на ст. 10) и в среднем составила 230±31 экз/м². Определенных тенденций в распределении плотности поселения организмов вдоль разреза не обнаружено. Отмечено снижение средней плотности поселения организмов зообентоса на станциях разреза с 1930 по 1968 гг. (табл. 3).

Таблица 3

**Плотность поселения бентоса на станциях
разреза “Кольский меридиан” по фактическим данным, экз/м²**

Год	Станции										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1930	224	–	244	560	–	–	380	572	–	896	426
1935	366	140	716	348	–	42	214	–	–	–	220
1947	280	–	92	476	–	–	–	–	–	–	231
1948	276	206	284	115	220	–	196	232	–	–	211
1950	132	308	244	68	76	–	48	60	52	–	97
1968	75	43	99	148	56	112	112	168	–	72	90
1995	–	2026	1834	2346	1846	2274	768	1684	1414	1256	1636
1997	–	606	1654	1456	1756	574	1010	944	492	870	945
1999	2212	1950	1748	–	–	–	–	–	–	–	1961
2000	652	4392	3232	2660	1642	2254	1772	3296	2004	2888	2233
2001	1802	2476	1784	1824	2838	1228	2726	4728	1554	3096	2237
2003	1745	4319	3630	2243	1530	3456	3208	2672	–	–	2695
2007	2635	6396	2702	2512	2640	1530	1466	3762	–	–	2666
2010	2062	4026	2136	12744	1638	650	624	2878	830	1488	1874
2011	3175	4996	1884	1750	2148	1920	1274	3254	2048	3013	2367
2012	1135	3794	1680	1464	2414	1762	1486	4630	1754	2456	2054

По результатам съемок 1927–1969 гг. была проанализирована структура сообществ зообентоса на станциях 1–10 разреза. Для сравнения все станции были сгруппированы в четыре участка, аналогично районам, выделенным по современным данным (О.С. Любина и др., настоящее издание): на выходе из Кольского залива (ст. 1), прибрежный (ст. 2), южный (станции 3–5) и северный (станции 6–8).

На выходе из Кольского залива (ст. 1) значения биомассы зообентоса колебались в широких пределах: от 8 (в 1933 г.) до 300 г/м² (в 1931 г.), в среднем – 37 г/м². По биомассе здесь доминировали полихеты *Maldane sarsi*, *Spiochaetopterus typicus*, *Nephtys paradoxa*, усоногие раки *Balanus balanus* и губки. В целом здесь зарегистрированы донные организмы, принадлежащие к 128 таксонам видового и надвидового рангов.

На станции 2, расположенной в районе прибрежной ветви Мурманского течения, отмечены высокие значения биомассы в 1935 г. (более 1034.5 г/м²) и в 1948 г. (140 г/м²). Низкие значения биомассы наблюдались в 1950 г. (68 г/м²) и 1968 г. (64 г/м²). В течение этого периода по биомассе здесь доминировали губки разных видов. Фауна этого участка разреза насчитывала 77 видов.

В южной части разреза, на станциях 3–5, расположенных в районе основной ветви Мурманского течения, биомасса донных организмов варьировала от 20 (1950 г.) до 225.6 г/м² (1947 г.). Руководящими по биомассе видами были голотурии *Molpadia borealis*, полихета *Spiochaetopterus typicus*, моллюски *Astarte crenata*, *Bathyarca glacialis* и морская звезда *Ctenodiscus crispatus*. В целом на станциях идентифицировано 140 видов.

На северном участке разреза (станции 6–8) биомасса бентоса была наименьшей и изменялась от 6 (1968 г.) до 75.2 г/м² (1948 г.). Постоянным доминантом по биомассе была полихета *Spiochaetopterus typicus*. Всего отмечено 77 таксонов разного ранга.

Как видно из проведенного анализа, количественные данные по зообентосу, полученные на разрезе “Кольский меридиан” с 1930 по 1968 гг., существенно отличаются от данных, полученных в современный период – с 1995 по 2013 гг. Так общее количество таксонов на современном этапе мониторинга оказалось более чем в 2 раза выше, средняя видовая плотность – более чем в 5 раз выше, средняя численность – в 4 раза выше, чем на предыдущем этапе исследований. В то же время уровень средней биомассы зообентоса в последние 17 лет оказался в 1.2 раза ниже, чем в 1927–1968 гг. Как было отмечено, одной из главных причин таких различий могут быть разные методы промывки и первичной обработки материала. На современном этапе исследований применение дночерпателя конструкции ван-Вина для сбора материала и сит с размером ячеек 0.5 и 1 мм для его промывки, привели к более полному учету мелких донных организмов, являющихся наиболее массовыми и представленными большим числом видов.

Использование уравнений селективности позволило рассчитать численность размерных классов организмов бентоса при условии, что за все время наблюдений промывка проб велась через сито с размером ячеей 5 мм. Этот математический прием сократил численность мелкоразмерных групп в соответствии со стандартом обработки проб 1968 г., что позволило впервые провести адекватное сравнение состояния бентоса на разрезе “Кольский меридиан” за весь период его исследований, причем, не только по общей биомассе, но и по видовому обилию и плотности поселения (таблицы 4, 5, 6).

Т а б л и ц а 4

**Индекс количества видов бентоса на станциях разреза
“Кольский меридиан” после математического моделирования
промывки проб через сито с ячейей 5 мм**

Год	Станции										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1930	10	–	9	6	–	–	14	9	–	15	11
1935	9	11	15	17	–	7	14	–	–	–	12
1947	20	–	7	20	–	–	–	–	–	–	16
1948	35	27	23	14	19	–	15	18	–	–	22
1950	10	23	13	7	7	–	5	9	6	–	10
1968	8	6	13	16	9	9	4	12	–	8	9
1995	–	18	8	13	14	14	12	15	13	11	13
1997	–	10	10	10	9	6	10	11	7	10	9
1999	12	12	16	–	–	–	–	–	–	–	13
2000	11	15	16	9	10	15	13	15	16	25	14
2001	13	14	11	11	14	11	13	20	15	15	14
2003	10	18	14	11	10	12	14	13	–	–	13
2007	25	13	14	15	11	7	20	–	–	–	15
2010	11	27	15	16	12	9	6	19	10	10	14
2011	14	26	19	16	14	16	11	22	13	15	17
2012	11	27	17	12	14	17	13	21	13	13	16

Для сравнительного анализа динамики основных количественных показателей бентоса на разрезе “Кольский меридиан” по фактическим и расчетным данным определяли индекс этих показателей для каждого года исследований как среднегеометрическое значение количественных данных на всех станциях разреза (рисунки 3, 4, 5).

Разница в оценке уровня биоразнообразия при различных способах обработки очевидна (рис. 3). В случае промывки проб через сито с ячейей 5 мм во все годы исследований видовая плотность в последние годы мониторинга была бы в 4–5 раз меньше, чем мы наблюдаем по фактическим данным. Максимальное видовое обилие наблюдалось бы в послевоенные годы (сборы 1947, 1948 гг.). В последующие годы видовая плотность макробентоса находилась бы на уровне 10–13 видов на станцию, а показатели оценки 1968 г. не выделялись бы на общем фоне отмеченной ранее бедностью. В последние годы наблюдается незначительное увеличение разнообразия крупных форм макрозообентоса, по-видимому, не связанное с изменением способа обработки материала.

Таблица 5

**Индекс плотности поселения бентоса на станциях разреза
“Кольский меридиан” после математического моделирования
промывки проб через сито с ячейей 5 мм**

Год	Станции										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1930	85	–	61	108	–	–	118	167	–	155	109
1935	63	32	106	52	–	8	40	–	–	–	39
1947	90	–	29	102	–	–	–	–	–	–	64
1948	118	118	72	26	83	–	102	89	–	–	79
1950	55	83	44	13	14	–	23	22	18	–	28
1968	76	43	96	149	56	105	113	166	–	70	89
1995	–	59	17	23	62	111	63	94	147	124	63
1997	–	42	32	22	39	60	138	99	90	175	63
1999	63	41	79	–	–	–	–	–	–	–	59
2000	42	34	45	35	130	82	77	139	118	283	78
2001	64	44	30	26	49	76	158	159	110	131	70
2003	62	41	42	31	57	73	192	204	–	–	69
2007	122	55	36	62	123	237	274	–	–	–	102
2010	98	85	48	137	59	107	79	389	110	255	111
2011	84	134	67	40	57	104	193	343	370	693	141
2012	90	90	77	33	63	106	129	315	254	544	122

Таблица 6

**Индекс биомассы бентоса на станциях разреза “Кольский меридиан” после
математического моделирования промывки проб через сито с ячейей 5 мм**

Год	Станции										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1930	16.8	–	47.5	7.7	–	–	19.8	19.1	–	31.6	23.8
1935	28.7	1032.2	22.4	13.2	–	14.1	40.5	–	–	–	191.9
1947	17.6	–	11.6	215.6	–	–	–	–	–	–	81.7
1948	190.8	140.9	17.5	15.3	36.3	–	68.4	34.2	–	–	71.9
1950	60.9	77.8	12.0	31.6	7.1	–	15.5	44.5	17.6	–	33.4
1968	33.6	21.4	10.1	15.3	36.1	5.9	12.3	25.9	–	4.5	18.3
1995	–	39.5	1.0	3.4	39.8	10.6	62.5	9.7	30.3	23.5	24.5
1997	–	74.4	29.7	1.4	2.2	5.2	31.3	18.9	27.5	16.1	23.0
1999	55.4	4.9	19.2	–	–	–	–	–	–	–	26.5
2000	2.5	1.6	60.8	38.3	38.1	16.2	29.6	35.9	15.4	50.1	28.8
2001	16.2	12.7	2.2	5.7	9.0	7.8	22.2	23.4	12.8	14.4	12.7
2003	15.9	2.0	46.8	1.2	13.4	19.4	23.7	27.0	–	–	18.7
2007	37.8	12.1	21.9	70.1	14.2	36.5	74.0	–	–	–	38.1
2010	49.0	16.4	27.6	190.6	43.8	34.2	15.4	63.5	24.2	59.6	52.4
2011	36.0	5.5	32.1	49.3	6.3	8.8	44.3	92.8	46.2	96.8	41.8
2012	9.9	3.0	32.9	73.7	4.2	170.6	30.8	46.7	26.4	65.8	46.4

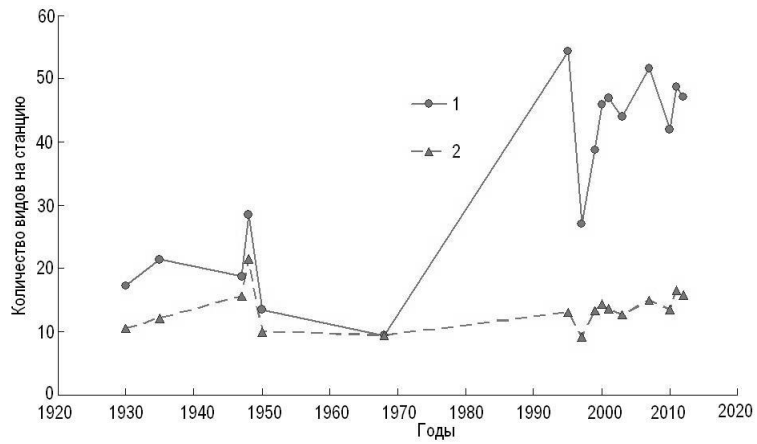


Рис. 3. Динамика индексов видового разнообразия бентоса на станциях разреза “Кольский меридиан” по фактическим (1) и расчетным (2) данным

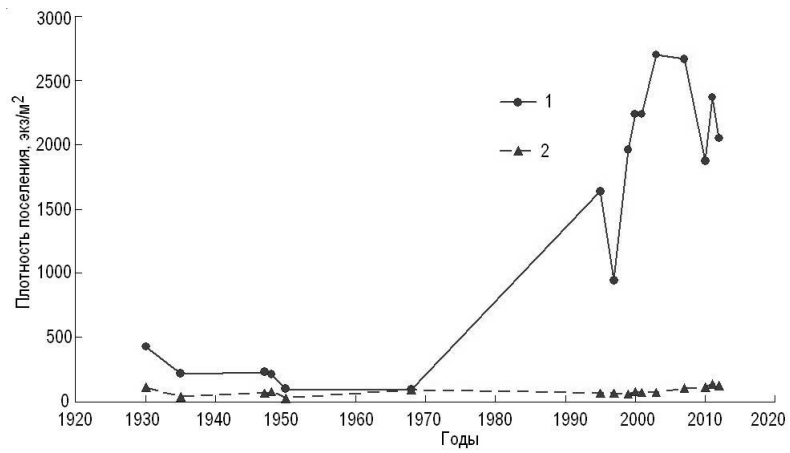


Рис. 4. Динамика индексов плотности поселения бентоса на станциях разреза “Кольский меридиан” по фактическим (1) и расчетным (2) данным

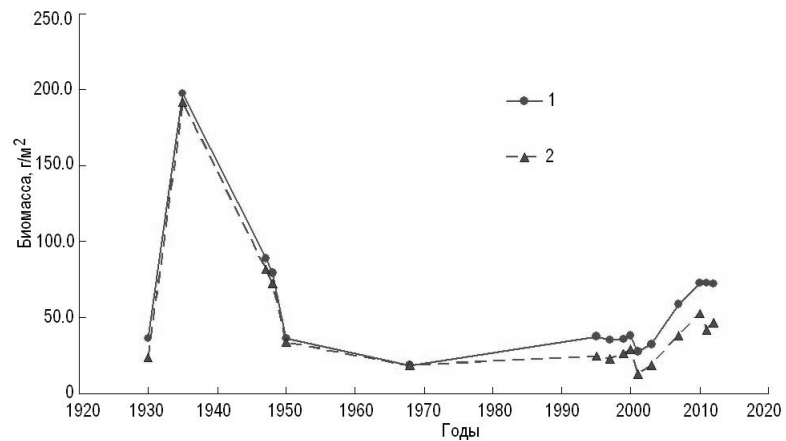


Рис. 5. Динамика индексов биомассы бентоса на станциях разреза “Кольский меридиан” по фактическим (1) и расчетным (2) данным

Аналогичная картина отмечается для динамики индексов плотности поселения (рис. 4). Максимальная средняя плотность поселения организмов в районе разреза “Кольский меридиан” по фактическим данным наблюдалась в 2007 г., а минимальная (как и для видовой плотности) – в 1968 г. После моделирования процесса промывки проб через сито с ячейей 5 мм, максимальная плотность поселения характерна для 2011 г. Значения плотности поселения для данных 1968 г. не изменились и соответствовали среднемноголетнему уровню. Минимальное значение численности при промывке через 5-миллиметровое сито наблюдалось бы в 1950 г. В последние годы, как и для видового разнообразия, отмечается слабо выраженный рост плотности макроформ зообентоса.

По-другому выглядит сравнительная картина динамики фактических и модельных показателей биомассы (рис. 5). На графике выделяются два хорошо выраженных максимума, один из которых приходится на 1935 г., а второй – менее значительный – на 2010 г. Высокие значения общей биомассы, как по фактическим, так и по расчетным данным, отмечены для послевоенного периода исследований. Минимальное значение биомассы по фактическим данным наблюдалось в 1968 г. Моделирование процесса промывки проб через 5-миллиметровое сито мало изменило общую картину динамики биомассы. По фактическим данным минимальное значение средней биомассы на разрезе “Кольский меридиан” наблюдалось в 1968 г., однако, принимая во внимание пересчитанные данные, максимальное снижение биомассы крупных форм наблюдалось в 2001 г. По данным последних лет мониторинга динамика биомассы крупных форм бентоса также имеет тенденцию к увеличению, причем более выраженную, чем биоразнообразие и плотность поселения.

Полученные результаты позволяют критически оценить некоторые ранее проведенные исследования динамики состояния макрозообентоса на разрезе “Кольский меридиан”. Так, например, Т.В. Антипова (1979), сравнивая биомассу бентоса в Баренцевом море по данным 1920-х (основная часть этих данных относилась к сборам 1930 г.) и 1960-х годов, констатировала снижение общей биомассы бентоса на разрезе в 2 раза. Расчеты по фактическим данным показали снижение биомассы с 36.5 ± 5.9 до 18.3 ± 3.8 г/м². Т.В. Антипова предполагала, что снижение биомассы бентоса на разрезе “Кольский меридиан” произошло из-за похолодания вод Баренцева моря в период исследований – 1968–1970 гг. Однако анализ изменений среднегодовых температур на разрезе “Кольский меридиан” (Карсаков, 2009; www.pingo.ru) показал, что среднемноголетняя температура придонных вод в районе разреза в 1965–1970 гг. составила 3.64 ± 0.18 °С и была ниже на 0.2 °С по сравнению с 1925–1930 гг., когда температура придонных вод Баренцева моря составляла 3.85 ± 0.13 °С.

Как видно из графика динамики придонной температуры (рис. 6), обе съемки были выполнены в холодные годы и разность температур практически не отличается от величины ошибки средней. Именно такой картине динамики температур больше соответствуют пересчитанные данные биомассы 1920- и 1960-х годов. Если бы бентосные пробы в 1920-е годы промывались через 5-миллиметровое сито, то среднее значение биомассы составило бы 23.8 ± 5.7 г/м². В этом случае разница между средними биомассами 1920- и 1960-х годов оценивается как статистически недостоверная. Статистически значимо не различаются полученные расчетные данные этих двух периодов и по другим количественным показателям – плотности поселения макрозообентоса и его видовому разнообразию, тогда как по фактическим данным плотность поселения бентоса в 1920-е годы была выше примерно в 5 раз, а по видовому разнообразию – в 2 раза. Таким образом, проведенные расчеты свидетельствуют об отсутствии значимых различий в количественных показателях состояния макрозообентоса в 1960-е годы по сравнению с данными съемок 1920-х годов.

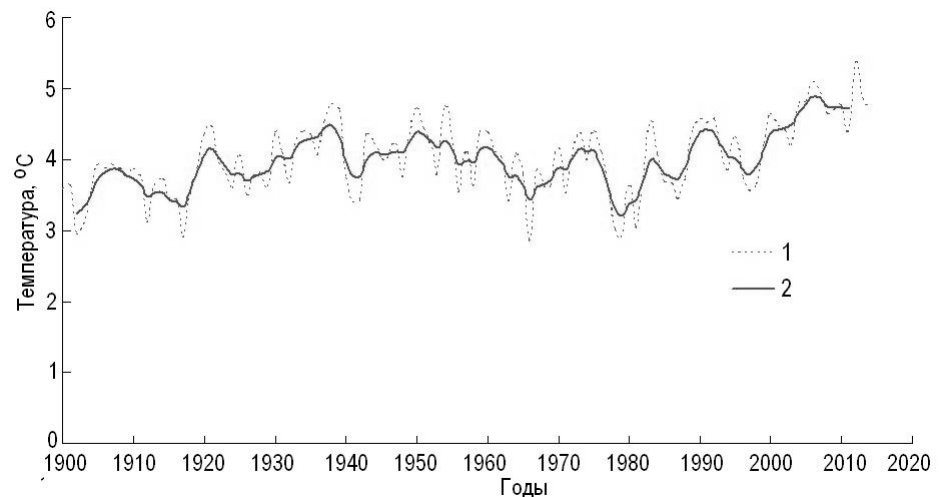


Рис. 6. Динамика среднегодовой придонной температуры воды на станциях разреза “Кольский меридиан” в 1900–2014 гг. (1) (по: Карсаков, 2009; www.pingo.ru) и скользящая средняя (2)

Литература

- Антипова Т.В.* Распределение биомассы бентоса Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1975. Вып. 35. С. 121–124.
- Карсаков А.Л.* Океанографические исследования на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 139 с.

УДК 574.587 (268.45)

**П.А. Любин¹, Н.А. Стрелкова (Анисимова)¹, И.Е. Манушин¹, О.Л. Зимина²,
О.С. Любина², Л.Л. Йоргенсен³, Д.В. Захаров¹**

¹Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

³Институт морских исследований, Тромсё, Норвегия

МЕГАБЕНТОС НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

На основе материалов траловых съемок 2005–2013 гг. проведен общий анализ распределения мегабентоса в районе разреза “Кольский меридиан”. Изучен видовой состав, количественные показатели, выделены основные фаунистические комплексы зообентоса и проведена оценка изменения биогеографического облика донного населения в широтном направлении.

**P.A. Lyubin¹, N.A. Strelkova (Anisimova)¹, I.E. Manushin¹, O.L. Zimina²,
O.S. Lyubina², L.L. Jørgensen³, D.V. Zakharov¹**

¹Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

²Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

³Institute of Marine Research, Tromsø, Norway

MEGABENTHOS ON THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

Distribution of megabenthos on the transect “Kola Section” have been analysed based on the data of trawl surveys of 2005–2013 years. Species composition, quantitative characters, faunistic complexes and peculiarities of biogeographical composition were studied.

Введение. Первые данные о составе донной фауны в районе разреза “Кольский меридиан” были получены Н.М. Книповичем из уловов донных тралов в 1898 г. (Экспедиция ..., 1902). Подробное описание фауны бентоса по разрезу до 75°00' с. ш. дано К.М. Дерюгиным (1924) по результатам донных тралений, выполненных его экспедицией и сборам профессора Казанского университета Н.А. Ливанова. Немногочисленные дальнейшие исследования носили эпизодический характер и учитывали главным образом таксономический состав уловов, без оценки количественных показателей. В 1960 году К.Н. Несис провел анализ изменений фауны бентоса под влиянием колебаний гидрологического режима Баренцева моря, используя в первую очередь данные траловых сборов в районе “Кольского меридиана” (Несис, 1960). С развитием количественных методов в гидробиологии интерес к уловам беспозвоночных в донных тралениях угас. В настоящее время сбор количественных данных по бентосу редко сопровождается тралениями, а качественные видовые списки, получаемые при анализе донных тралений, практически не учитываются при анализе макрозообентоса из дночерпательных проб. Однако информация о фауне, получаемая этими двумя типами орудий лова (дночерпателями и тралами), довольно сильно различается (Месяцев, 1931; Броцкая, Зенкевич, 1939;

Любин, 2010; Megabenthos ..., 2012). Дночерпателем в основном улавливаются организмы, масса которых не превышает нескольких граммов. В траловых уловах наоборот преобладают крупные организмы, а мелкие практически не задерживаются, что связано с довольно большим размером ячеек мешка. В зарубежной и российской печати для обозначения крупных организмов бентоса, вылавливаемых тралами и драгами, а также видимых невооруженным глазом подводными наблюдателями, часто употребляется термин “мегабентос” (megabenthos) в противовес термину “макробентос” (macrobenthos), как правило используемому при описании уловов дночерпателей (Farlow, 1981; Lampitt et al., 1986; Sarda et al., 1994; Lauerman et al., 1996; Farina et al., 1997; Starmans et al., 1999; Bergman, Santbrink, 2000; Денисенко, 2000; Long-term ..., 2001; Temporal ..., 2001; Megabenthos ..., 2003; Gutt, Starmans, 2003; Echeverria et al., 2005; Будаева, 2005; Carranza, Horta, 2008; Зуев, Павлова, 2009; Силина, 2009; Scales ..., 2009; Megabenthic ..., 2010; Любин, 2013). Отсутствие крупных организмов в дночерпательных пробах объясняется их довольно низкой плотностью поселения, что, как считается, практически не сказывается на величине общей биомассы и тем более численности. Тем не менее, наши исследования показали, что доля мегабентоса может составлять более 25 % от общей биомассы донных организмов (Любин, 2011).

С 2005 года ПИНРО совместно с Институтом морских исследований (ИМИ – IMR, Норвегия) и при участии специалистов из ММБИ, ЗИН, КФУ приступили к систематическому ежегодному количественному учету приловов донных беспозвоночных Баренцева моря в ихтиологических донных тралениях (Anon ..., 2005–2011; Survey ..., 2012, 2013). В настоящее время собран огромный материал по количественному распределению мегабентоса в Баренцевом море и сопредельных водах. Выделены основные биоценозы, проведено их картирование (Мегабентос ..., 2010; Megabenthos ..., 2012). Из-за недостатка данных по крупным формам, обитающим в районе разреза “Кольский меридиан”, по данным дночерпательных проб, имеющийся материал по приловам мегабентоса может быть успешно использован для более полной характеристики бентосных сообществ этого района. Специальных исследований на разрезе “Кольский меридиан” не проводилось, поэтому из огромного по объему материала нами были отобраны точки тралений, наиболее близко расположенные к стандартным станциям разреза.

Материал и методы. Материалом для данной работы послужили сборы мегабентоса из уловов донных ихтиологических тралений. Сбор материала проводился в ходе выполнения ежегодных российско-норвежских экосистемных съемок Баренцева моря в августе–сентябре 2005–2013 гг. на научно-исследовательских судах ПИНРО (Россия) “Ф. Нансен” (FN), “Смоленск” (SM), “Вильнюс” (VL) и ИМИ (IMR, Норвегия): “G.O. Sars” (GS), “Jan Mayen” (JM) – с 2011 г. переименован в “Helmer Hansen” (HH), “Johan Hjort” (JH), “Christina E” (CE) (указанные сокращения названий судов далее используются в названиях рейсов и станций).

Траления проводились донным учетным тралом “Campelen-1800” (Walsh, McCallum, 1997), представляющим собой активное сетное орудие лова, выполненное из капроновой дели с шагом ячеи 125 мм, снабженное в кутовой части мелкоячеистой вставкой с размером ячеи 22 мм. Стандартное время траления составляло 15 мин, средняя скорость траления – 3.2 узла, вертикальное раскрытие трала – 4 м, горизонтальное раскрытие – 15 м. Таким образом, средняя учетная площадь одного траления во время съемки составила 22 тыс. м².

Вся обработка улова проводилась на борту судна. Небольшие уловы до 10 кг, как правило, обрабатывались в полном объеме. Уловы более 10 кг просматривались на наличие немногочисленных редких и крупных форм, которые учитывались во всем улове, после этого отбиралась определенная часть улова для дальнейшего разбора. Идентификация беспозвоночных организмов проводилась по возможности до видового уровня. Подсчитывалось количество экземпляров каждого таксона. Взвешивание таксонов осуществлялось на борту судна с точностью до 0.1 г на электронных портативных судовых весах “Pols S-182”.

Определения на борту судна в разные годы выполняли сотрудники ПИНРО: Н.А. Анисимова (FN, 2005–2006 гг.), И.Е. Манушин (FN, 2005–2006 гг.; VL, 2007 г.), Т.А. Прохорова (SM, 2005–2007 гг.; VL, 2008 г.; GS, 2009 г.; JH, 2010–2013 гг.), П.А. Любин (FN, 2005–2006 гг.; VL, 2007 г.; GS, 2008 г.; FN, 2010 г.), Д.В. Захаров (VL, 2009–2012 гг.), В.С. Вязникова (FN, 2010 г.; VL, 2013 г.), А.Н. Бензик (VL, 2008–2013 гг.); ИМИ: L.L. Jørgensen (GS, 2006–2008 гг.), I.M. Beck (SE, 2011 г.; GS, 2012–2013 гг.), K.B. Eriksen (JH, 2012 г.), А.Ю. Воронков (JH, 2012–2013 гг.); ММБИ: О.Л. Зимина (GS, 2010 г.; SE, 2011 г.; NH, 2011 г.; JH, 2013 г.), О.С. Любина (JH, 2011–2012 гг.); ЗИН: Н.Е. Епифанова (FN, 2005–2006 гг.; JM, 2010 г.; JH, 2010 г.); КФУ: А.А. Голиков (GS, 2010 г.; NH, 2012–2013 гг.), А.Р. Мороз (JM, 2010 г.).

При количественном анализе приловов донных беспозвоночных уловы северной креветки *Pandalus borealis* не учитывались, так как данный вид является бентопелагическим, а применяемое орудие лова является специализированным для его промысла. В этих условиях сопоставление уловов *P. borealis* с уловами других видов мегабентоса представляется некорректным.

Для анализа распределения мегабентоса, обитающего в районе разреза, была использована информация о 152 донных тралениях (табл. 1). Выбранные точки располагаются вдоль разреза “Кольский меридиан” от устья Кольского залива до материкового склона в Северном Ледовитом океане (рис. 1). Глубина в точках траления колебалась от 104 до 841 м. Общая площадь составила 3.344 км², просмотрено около 358 тыс. экз. донных беспозвоночных.

Построение карт распределения видового обилия, плотности поселения и биомассы выполнялись в программе MapViewer (version 7.1). Для построения изолиний был использован метод “Inverse Distance to a Power” (Franke, 1982), позволяющий определить

значение в точке регулярной решетки данных как средневзвешенное по ближайшим к точке тралениям.

Т а б л и ц а 1

Объем материала по приловам мегабентоса, проанализированного за 2005–2013 гг. в районе разреза “Кольский меридиан”

Судно	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
CE	–	–	–	–	–	–	6 (9814)	–	–
FN	17 (28338)	17 (87078)	–	–	–	3 (2020)	–	–	–
GS	–	–	–	–	–	4 (17825)	–	5 (12227)	5 (17470)
HH	–	–	–	–	–	–	2 (4180)	3 (939)	1 (777)
JH	–	–	–	–	13 (59797)	4 (7112)	7 (9801)	10 (11692)	10 (18567)
JM	–	–	–	–	–	2 (631)	–	–	–
SM	3 (1204)	–	17 (46005)	–	–	–	–	–	–
VL	–	–	1 (103)	4 (2705)	4 (2107)	–	3 (321)	6 (9744)	5 (7529)
Всего	20 (29542)	17 (87078)	18 (46108)	4 (2705)	17 (61904)	13 (27588)	18 (24116)	24 (34602)	21 (44343)

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры без скобок – количество станций, цифры в скобках – количество просмотренных экземпляров; названия судов см. в тексте.

Выделение фаунистических комплексов проводилось по результатам кластерного анализа с использованием качественной версии индекса Чекановского-Серенсена (Czeckanovski, 1909; Sørensen, 1948).

Результаты. В районе разреза “Кольский меридиан” с 2005 по 2013 гг. при анализе уловов донным тралом “Campelen-1800” было определено 385 таксонов донных беспозвоночных (табл. 2). Из них до видового ранга были определены 252 таксона, до родового – 73, до ранга семейства и выше – 60 таксонов. Определенные таксоны относились к 14 типам беспозвоночных, 28 классам, 69 отрядам, 150 семействам, 207 родам.

В сборах мегабентоса по числу таксонов преобладают представители типа Arthropoda (рис. 2). На их долю приходится 21 % всех идентифицированных таксонов. На втором месте моллюски (Mollusca) – 20 %, третье место занимают иглокожие (Echinodermata), на долю которых приходится 15 % видового списка. Представители стрекающих (Cnidaria) составляют 12 %. Десятая часть видового списка мегабентоса – это представители типа Annelida. Сходным с кольчатыми червями по количеству видов является тип Porifera, однако их доля должна быть значительно выше, но возникли трудности с определением из-за отсутствия специалистов по этой группе. На долю остальных типов приходится около 12 % видового состава.



Рис. 1. Расположение точек донных тралений на разрезе "Кольский меридиан", выполненных в 2005–2013 гг.

**Список видов мегабентоса из приловов донных тралений
в районе разреза “Кольский меридиан”**

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Тип Porifera																										
Porifera g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Класс Calcarea																										
Отряд Calcarea																										
<i>Sycon</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Класс Demospongia																										
Отряд Astrophorida																										
<i>Geodia barretti</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hentschel, 1929																										
<i>Geodia macandrewii</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Bowerbank, 1858																										
<i>Geodia</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Thenea muricata</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
(Bowerbank, 1858)																										
<i>Tetilla cranium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
(O.F. Mueller, 1776)																										
<i>Tetilla polyura</i> Schmidt,	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
1870																										
Отряд Axinellida																										
<i>Phakellia bowerbanki</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vosmaer, 1885																										
<i>Phakellia</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Отряд Hadromerida																										
<i>Polymastia boletiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
(Lamarck, 1815)																										
<i>Polymastia mammil-</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>laris</i> (Mueller, 1806)																										
<i>Polymastia</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Polymastia thielei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Koltun, 1964																										
<i>Polymastia uberrima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
(Schmidt, 1870)																										
Polymastiidae g. sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Radiella grimaldi</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-
(Topsent, 1913)																										
<i>Radiella hemisphae-</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>ricum</i> (Sars, 1872)																										
<i>Sphaerotylus borealis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Swarchevsky, 1906)																										
<i>Tentorium semisu-</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>berites</i> (Schmidt, 1870)																										

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Stylocordyla borealis</i> (Loven, 1866)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Homaxinella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Suberites ficus</i> (Johnston, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Suberites</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tethya aurantium</i> (Pallas, 1766)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Tethya norvegica</i> Bowerbank, 1872	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Отряд Harposclerida																									
<i>Haliclona</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Haliclona ventilabrum</i> (Fristedt, 1887)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Poecilosclerida																									
<i>Asbestopluma pennantula</i> (Schmidt, 1875)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladoriza</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Histodermella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mycale lingua</i> (Bowerbank, 1866)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mycale</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Muxilla incrustans</i> (Johnston, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Muxilla</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tedania suctorica</i> Schmidt, 1870	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Тип Cnidaria																									
Cnidaria g. sp.	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Класс Hydrozoa																									
Hydrozoa g. sp.	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Отряд Athecata																									
<i>Eudendrium capillare</i> Alder, 1856	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Eudendrium</i> sp.	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudendrium vaginatum</i> Norman, 1864	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tubularia indivisa</i> L., 1758	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Thecaphora																									
<i>Cladocarpus integer</i> (G.O. Sars, 1874)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Halécium muricatum</i> (Ellis & Solander, 1786)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Halécium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Grammaria abietina</i> (M. Sars, 1850)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-

Таксон	Станции																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Grammaria immersa</i> Nutting, 1901	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Lafoea fruticosa</i> (M. Sars, 1850)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-
<i>Lafoea grandis</i> Hincks, 1874	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lafoea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Ptychogena lactea</i> A. Agassiz, 1865	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Abietinaria abietina</i> (L., 1758)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Sertularia plumosa</i> (Clark, 1876)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symplectoscyphus tri-</i> <i>cuspidatus</i> (Alder, 1856)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Thuiaria breitfussi</i> (Kudelin, 1914)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Thuiaria carica</i> Levinsen, 1893	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Thuiaria obsoleta</i> (Lepechin, 1781)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Thuiaria thuja</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Modeeria plicatilis</i> (M. Sars, 1863)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Zygophylax pinnata</i> (G. O. Sars, 1874)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Anthozoa																									
Anthozoa g. sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Actiniaria																									
Actiniaria g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Bolocera tuediae</i> (Johnston, 1832)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Urticina felina</i> (L., 1767)	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Urticina</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinostola</i> sp.	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Anthosactis janmayeni</i> Danielssen, 1890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Glandulactis spetsber-</i> <i>gensis</i> (Carlgren, 1913)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Hormathia digitata</i> (O.F. Mueller, 1776)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-
<i>Hormathia digitata</i> m. <i>pa-</i> <i>rasitica</i> Danielssen, 1890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
<i>Hormathia</i> sp.	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Liponema multicornis</i> (Verrill, 1879)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metridium senile</i> (L., 1767)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Отряд Alcyonacea																										
<i>Alcyonacea</i> g. sp.	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
<i>Drifa glomerata</i> (Verrill, 1869)	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	
<i>Duva florida</i> (Rathke, 1806)	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	
<i>Gersemia fruticosa</i> (M. Sars, 1860)	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	
<i>Gersemia rubiformis</i> (Ehrenberg, 1834)	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	
<i>Gersemia</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
Отряд Pennatulacea																										
<i>Umbellula encrinus</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Отряд Zoanthacea																										
<i>Epizoanthidae</i> g. sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	
<i>Epizoanthus incrustatus</i> (Dueben & Koren, 1847)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	
<i>Epizoanthus</i> sp.	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
Тип Plathelminthes																										
Класс Turbellaria																										
Отряд Polyclada																										
<i>Polyclada</i> g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
Тип Nemertini																										
Класс Nemertini																										
<i>Nemertini</i> g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	
Тип Cephalorhyncha																										
Класс Priapulida																										
Отряд Priapulomorpha																										
<i>Priapulidae</i> g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Priapulus caudatus</i> Lamarck, 1816	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	
Тип Annelida																										
Класс Polychaeta																										
<i>Errantia</i> g. sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Polychaeta</i> g. sp.	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
Отряд Amphinomida																										
<i>Euphrosine</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Отряд Capitellida																										
<i>Capitella</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Maldanidae</i> g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
Отряд Chaetopterida																										
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M. Sars, 1856	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Отряд Eunicida																										
<i>Lumbrineris</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nothria hyperborea</i> (Hansen, 1878)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
<i>Nothria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Отряд Flabelligerida																										
<i>Brada granulata</i> Malmgren, 1867	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Brada granulosa</i> Hansen, 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brada inhabilis</i> (Rathke, 1843)	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Brada</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-
<i>Brada villosa</i> (Rathke, 1843)	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Diplocirrus hirsutus</i> (Hansen, 1879)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Flabelligera affinis</i> M. Sars, 1829	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Flabelligera</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Flabelligeridae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Отряд Orpheliida																										
Orpheliidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Travisia forbesii</i> Johnston, 1840	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyphysia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Phyllodocida																										
Aphroditidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Laetmonice filicornis</i> Kinberg, 1855	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Radicipes</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nereimyra punctata</i> (O.F. Mueller, 1788)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nephtyidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Nephtys</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Harmothoe</i> sp.	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-
Polynoidae g. sp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
Отряд Sabellida																										
<i>Branchiometta arcticum</i> (Ditlevsen, 1937)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euchone analis</i> (Kroeyer, 1856)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sabellidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-
Spirorbidae g. sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Отряд Terebellida																										
Ampharetidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pectinaria hyperborea</i> (Malmgren, 1865)	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pectinaria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pista maculata</i> (Dalyell, 1853)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Pista</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Terebellidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Terebellinae g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Hirudinea																										
Hirudinea g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Тип Echiura																										
Класс Echiurida																										
Отряд Echiuroinea																										
<i>Hamingia arctica</i> Da-nielssen & Koren, 1881	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Echiurus e. echiurus</i> (Pallas, 1767)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тип Sipuncula																										
Класс Sipunculidea																										
Sipunculidea g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Отряд Golfingiiformes																										
<i>Nephasoma d. diaphanes</i> (Gerould, 1913)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma eremita</i> (M. Sars, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Phascolion</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phascolion s. strombus</i> (Montagu, 1804)	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
Тип Arthropoda																										
Crustacea g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Русногониды																										
Отряд Пантороды																										
Русногониды g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
<i>Pseudopallene brevicolis</i> G.O. Sars, 1891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Pseudopallene circularis</i> (Goodsir, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pseudopallene malleolata</i> (G.O. Sars, 1879)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pseudopallene spinipes</i> (Goodsir, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Colossendeis angusta</i> G.O. Sars, 1877	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Colossendeis proboscidea</i> (Sabine, 1824)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Colossendeis</i> sp.	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Boreonymphon abyssorum</i> (Norman, 1873)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+
<i>Boreonymphon ossiansarsi</i> Knaben, 1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Boreonymphon robustum</i> (Bell, 1855)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>Nymphon elegans</i> Hansen, 1887	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-
<i>Nymphon gracilipes</i> Heller, 1875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Nymphon grossipes</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphon hirtipes</i> Bell, 1853	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Nymphon longitarse</i> Kroeyer, 1845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Nymphon microrhynchum</i> G.O. Sars, 1888	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Nymphon mixtum</i> Kroeyer, 1844–45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphon serratum</i> G.O. Sars, 1879	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphon sluiteri</i> Hoek, 1881	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphon</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nymphon spinosum</i> (Goodsir, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphon stroemi</i> Kroeyer, 1845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Класс Cirripedia																									
Отряд Thoracica																									
<i>Balanus balanus</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguiere, 1789	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Класс Malacostraca																									
Отряд Amphipoda																									
Amphipoda g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Acanthonotozoma cristatum</i> (Ross, 1835)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Amathillopsis spinigera</i> Heller, 1875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Ampelisca eschrichti</i> Kroeyer, 1842	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Atylidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Epimeria loricata</i> G.O. Sars, 1879	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-
<i>Paramphithoe hystrix</i> (Ross, 1835)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-
<i>Eusirus holmi</i> Hansen, 1887	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Rhachotropis aculeata</i> (Lepechin, 1780)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Gammaridae g. sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Gammarus wilkitzkii</i> Birula, 1897	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Anonyx nugax</i> (Phipps, 1774)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
<i>Anonyx</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Socarnes bidenticulatus</i> (Bate, 1858)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Tmetonyx cicada</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthostepheia behringi-</i> <i>ensis</i> (Lockington, 1877)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthostepheia malm-</i> <i>greni</i> (Goes, 1866)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>Acanthostepheia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arrhis phyllonyx</i> (M. Sars, 1858)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Leucothoe spinicarpa</i> (Abilgaard, 1789)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
Stegocephalidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Stegocephalopsis am-</i> <i>pulla</i> (Phipps, 1774)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Stegocephalus inflatus</i> Kroeyer, 1842	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
<i>Stegocephalus</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Cumacea																										
<i>Diastylis goodsiri</i> Bell, 1855	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Decapoda																										
<i>Pontophilus norvegicus</i> M. Sars, 1861	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sabinea sarsi</i> Smith, 1879	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Sabinea septemcarinata</i> (Sabine, 1821)	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sabinea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Sclerocrangon boreas</i> (Phipps, 1774)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Sclerocrangon ferox</i> (G.O. Sars, 1821)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Eualus gaimardi</i> (Milne-Edwards, 1837)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Lebbeus polaris</i> (Sabine, 1821)	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spirontocaris</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spirontocaris spinus</i> (Sowerby, 1802)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>Lithodes maja</i> (L., 1758)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralithodes camtscha-</i> <i>ticus</i> (Tilesius, 1815)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chionoecetes opilio</i> (Fabricius, 1788)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyas araneus</i> (L., 1758)	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Hyas coarctatus</i> Leash, 1815	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pagurus bernhardus</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pagurus pubescens</i> (Kroeyer, 1838)	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Pagurus</i> sp.	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Atlantopandalus propin-</i> <i>quus</i> (G.O. Sars, 1870)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Pandalus borealis</i> Kroeyer, 1837	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pandalus</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Isopoda																										
<i>Isopoda</i> g. sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Aega</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Saduria sabini</i> (Kroeyer, 1849)	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Saduria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Pyarachna hirticeps</i> G.O. Sars, 1870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pyarachna</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Munnopsis typica</i> M. Sars, 1861	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Отряд Mysidacea																										
<i>Mysidacea</i> g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Тип Mollusca																										
<i>Mollusca</i> g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Класс Polyplacophora																										
<i>Polyplacophora</i> g. sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Solenogastres																										
Отряд Cavibelonia																										

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Proneomenia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Gastropoda																									
Gastropoda g. sp.	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-
Отряд Bucciniformes																									
<i>Beringius ossiani</i> (Friele, 1879)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Beringius turtoni</i> (Bean, 1834)	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buccinidae g. sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Buccinum elatior</i> (Middendorff, 1849)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buccinum finmarchianum</i> Verkruezen, 1875	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buccinum fragile</i> Verkruezen in G.O. Sars, 1878	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Buccinum hydrophanum</i> Hancock, 1846	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Buccinum maltzani</i> Pfeiffer, 1886	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buccinum micropoma</i> Jensen in Thorson, 1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buccinum nivale</i> Friele, 1882	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buccinum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Colus altus</i> (S. Wood, 1848)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Colus holboelli</i> (Moeller, 1842)	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Colus islandicus</i> (Mohr, 1786)	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Colus kroyeri</i> (Moeller, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Colus pubescens</i> (Verrill, 1882)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Colus sabini</i> (Gray, 1824)	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Colus turgidulus</i> (Jeffreys, 1877)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Neptunea denselirata</i> Brogger, 1901	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Neptunea despecta</i> (L., 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neptunea</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Turrisipho lachesis</i> (Moersch, 1869)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+
<i>Turrisipho moebii</i> (Dunker & Matzger, 1874)	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Turrisipho voeringi</i> Bouchet et Waren, 1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Volutopsis norvegicus</i> (Gmelin, 1790)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Отряд Cephalaspidea																									
Opistobranchia g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Philine finmarchica</i> G.O. Sars, 1878	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+
Philinidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Scaphander punctostriatus</i> (Mighels & Adams, 1842)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scaphander</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Cerithiiformes																									
<i>Bulbus smithi</i> Brown, 1839	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptonatica affinis</i> (Gmelin, 1791)	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Lunatia pallida</i> (Broderip & Sowerby, 1829)	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Tachyrhynchus reticulatus</i> (Mighels & Adams, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tachyrhynchus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Limmeria undata</i> (Brown, 1838)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Onchidiopsis glacialis</i> (M. Sars, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Velutina</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Velutina velutina</i> (Mueller, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velutiniidae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Coniiformes																									
<i>Admete viridula</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Nudibranchia																									
Nudibranchia g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-
<i>Dendronotus robustus</i> Verrill, 1870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Onchidoridae g. sp.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Patelliformes																									
<i>Lepeta coeca</i> (O.F. Mueller, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Capulaetmaea radiata</i> (M. Sars, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Отряд Trochiformes																									
<i>Margarites g. groenlandicus</i> (Gmelin, 1790)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Класс Bivalvia																									
<i>Bivalvia g. sp.</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
Отряд Cardiiformes																									
<i>Clinocardium ciliatum</i> (Fabricius, 1780)	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Cuspidariiformes																									
<i>Cuspidaria arctica</i> (M. Sars, 1859)	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-
Отряд Luciniformes																									
<i>Astarte arctica</i> (Gray, 1824)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Astarte crenata</i> (Gray, 1842)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Astarte sp.</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Hiatella arctica</i> (L., 1767)	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-
Отряд Mytiliformes																									
<i>Bathyarca glacialis</i> (Gray, 1842)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>Bathyarca sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Modiolus modiolus</i> (L., 1758)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Musculus laevigatus</i> (Gray, 1824)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Отряд Nuculiformes																									
<i>Yoldiella intermedia</i> (M. Sars, 1865)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Pectiniformes																									
<i>Chlamys islandica</i> (O.F. Mueller, 1776)	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Chlamys sulcata</i> (O.F. Mueller, 1776)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Delectopecten vitreus</i> (Gmelin, 1791)	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudamussium septem- radiatum</i> (Mueller, 1776)	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arctinula greenlandica</i> (Sowerby, 1842)	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Класс Scaphopoda																									
<i>Scaphopoda g. sp.</i>	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Класс Cephalopoda																									
Отряд Ostopoda																									
<i>Ostopoda g. sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bathypolyrodinae g. sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Bathypolyurus arcticus</i> (Prosch, 1849)	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>Benthocopus sp.</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Отряд Sepiida																										
<i>Rossia moelleri</i> Steenstrup, 1856	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rossia palpebroso</i> Owen, 1834	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
<i>Rossia</i> sp.	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Тип Brachiopoda																										
Brachiopoda g. sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Класс Rhynchonellata																										
Отряд Rhynchonellida																										
<i>Hemithyris psittacea</i> (Gmelin, 1790)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Отряд Terebratulida																										
<i>Terebratulina retusa</i> (L., 1758)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тип Bryozoa																										
Класс Gymnolaemata																										
Bryozoa g. sp.	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
Отряд Cheilostomida																										
<i>Cellepora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Flustra foliacea</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Flustra</i> sp.	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Securiflustra securifrons</i> (Pallas, 1766)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Leieschara</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Myriapora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Retepora beaniana</i> (King, 1846)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Retepora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Sertella septentrionalis</i> Jullien, 1933	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Eucratea loricata</i> (L., 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Parasmittina jeffreysii</i> (Norman, 1903)	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porella</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Отряд Stenostomata																										
<i>Alcyonidium disciforme</i> Smitt, 1872	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Alcyonidium gelatinosum</i> (L., 1767)	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Alcyonidium</i> sp.	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-
Отряд Cyclostomata																										
<i>Defrancia lucernaria</i> (M. Sars, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Diplosolen intricarius</i> (Smitt, 1872)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Hornera</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Stegohornera lichenoides</i> (L., 1758) Тип Echinodermata	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	
Echinodermata g. sp. Класс Holothuroidea	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holothuroidea g. sp. Отряд Apodida	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myriotrochus rinkii</i> Steenstrup, 1851 Отряд Dendrochirotida	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cuscutaria frondosa</i> (Gunnerus, 1867)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Thyonidium drummondi</i> (Thompson, 1840)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phyllophoridae g. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psolus phantapus</i> Strussenfelt, 1765	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psolus squamatus</i> (O.F. Muller, 1776) Отряд Molpadiida	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Molpadia arctica</i> von Marenzeller, 1878	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
<i>Molpadia borealis</i> (M. Sars, 1859)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Molpadiidae g. sp. Класс Echinoidea Отряд Echinoidea	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echinus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> O.F. Mueller, 1776	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Strongylocentrotus pallidus</i> (G.O. Sars, 1871)	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>Strongylocentrotus</i> sp. Отряд Spatangoida	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Brisaster fragilis</i> (Dueben & Koren, 1846) Класс Asteroidea	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asteroidea g. sp. Отряд Forcipulatidae	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asterias rubens</i> L., 1758	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Icastérias panopla</i> (Stuxberg, 1879)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Leptasterias</i> sp.	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Urasterias linckii</i> (Muel-ler & Troschel, 1842)	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	
Отряд Notomyotida																										
<i>Pontaster tenuispinus</i> (Dueben & Koren, 1846)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	
Отряд Paхillosida																										
<i>Bathybiaster vexillifer</i> (W. Thomson, 1873)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Leptychaster arcticus</i> (M. Sars, 1851)	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Psilaster andromeda</i> (Mueller & Troschel, 1842)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ctenodiscus crispatus</i> (Retzius, 1805)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Отряд Spinulosida																										
<i>Henricia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	
Отряд Valvatida																										
<i>Ceramaster g. granu-laris</i> (Retzius, 1783)	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hippasteria ph. phry-giana</i> (Parelius, 1768)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	
<i>Poraniomorpha hispida</i> (Sars, 1872)	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Poraniomorpha</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Poraniomorpha tumida</i> (Stuxberg, 1878)	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Отряд Velatida																										
<i>Korethraster hispidus</i> W. Thomson, 1873	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hymenaster pellucidus</i> W. Thomson, 1873	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
<i>Pteraster militaris</i> (O.F. Mueller, 1776)	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Pteraster obscurus</i> (Perrier, 1891)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pteraster pulvillus</i> M. Sars, 1861	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-
<i>Pteraster</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Crossaster papposus</i> (L., 1768)	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>Lophaster furcifer</i> (Dueben & Koren, 1846)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Solaster endeca</i> (L., 1771)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Solaster</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Solaster syrtensis</i> Verrill, 1894 Класс Ophiuroidea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ophiuroidea g. sp. Отряд Euryalida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gorgonocephalus arcticus</i> (Leach, 1819)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gorgonocephalus eucnemis</i> (Mueller & Troschel, 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gorgonocephalus</i> sp. Отряд Ophiurida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiacantha bidentata</i> (Retzius, 1805)	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ophiopholis aculeata</i> (L., 1767)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ophioscolex glacialis</i> Mueller & Troschel, 1842	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ophiocten sericeum</i> (Forbes, 1852)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiopleura borealis</i> Danielssen & Koren, 1877	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiura robusta</i> (Ayers, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophiura sarsi</i> Luetken, 1855 Класс Crinoidea Отряд Comatulida	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heliopecten glacialis</i> (Owen, 1833 ex Leach MS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Poliometra proluxa</i> (Sladen, 1881) Тип Chordata Клас Ascidiacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ascidiacea g. sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tunicata g. sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Aplousobranchia																										
<i>Didemnum albidum</i> (Verrill, 1871)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudistoma vitreum</i> (Sars, 1851) Отряд Phlebobranchia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ascidia prunum</i> (Mueller, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ascidia</i> sp.	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciona intestinalis</i> (L., 1767)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таксон	Станции																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Отряд Stolidobranchia																										
<i>Boltenia echinata</i> (L., 1767)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Halosynthia pyriformis</i> (Rathke, 1806)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyura</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

ПРИМЕЧАНИЕ. Станции: 1 – 69°30', 2 – 70°00', 3 – 70°30', 4 – 71°00', 5 – 71°30', 6 – 72°00', 7 – 72°30', 8 – 73°00', 9 – 73°30', 10 – 74°00', 11 – 74°30', 12 – 75°00', 13 – 75°30', 14 – 76°00', 15 – 76°30', 16 – 77°00', 17 – 77°30', 18 – 78°00', 19 – 78°30', 20 – 79°00', 21 – 79°30', 22 – 80°00', 23 – 80°30', 24 – 81°00', 25 – 81°30' с. ш.

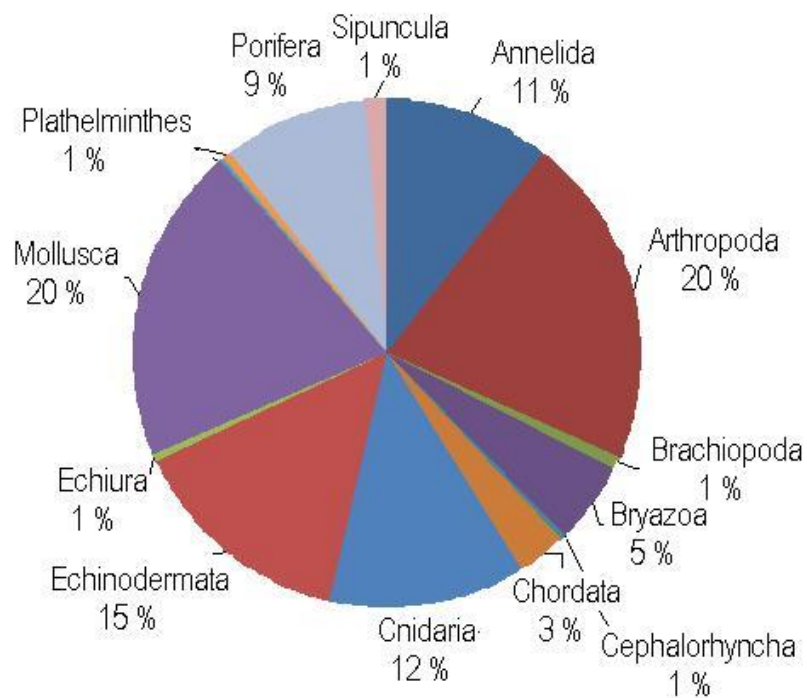


Рис. 2. Таксономическая структура фауны мегабентоса на разрезе “Кольский меридиан” в приловах ихтиологических донных тралениях

Количество таксонов мегабентоса в улове колебалось от 1 до 53 (рис. 3). Среднее значение обилия составило 25 ± 1 таксон на траление. Минимальные значения таксономического обилия отмечены в южных точках района исследования. Из представителей бентоса в уловах в 2010 г. был встречен *Paralithodes camtschaticus*. В целом в прибрежных

районах в уловах донных тралений до 70° с. ш. характерно низкое таксономическое обилие мегабентоса. Видовой состав уловов редко насчитывает более 25 таксонов. В среднем в тралении встречается около 8 ± 2 видов донных беспозвоночных. Таксономическое обилие мегабентоса в уловах донных тралений постепенно увеличивается к северу. В центральных районах его значение может колебаться от 8 до 53 таксонов на траление, а в среднем составлять около 25 ± 1 таксонов на улов, что соответствует среднему значению видового обилия для всего района исследования. Довольно высокие значения видового богатства (до 53 видов за улов) наблюдаются у северной оконечности Финмаркенской банки, в районах Центральной возвышенности и Возвышенности Персея¹¹. Область высокого таксономического разнообразия лежит к северу от о. Белый за 80° с. ш. В самой северной части района исследования, в районе материкового склона на глубине 841 м в улове было обнаружено 28 видов беспозвоночных.

В районе разреза “Кольский меридиан” наблюдается довольно большой разброс численного обилия мегабентоса (от 3 до 14352 экз. на траление). Наибольшее количество малочисленных уловов (до 100 экз. на улов) зарегистрировано в южной части района исследований (до 71° с. ш.). Сравнительно высокие уловы – от 1 тыс. до 10 тыс. экз. на траление – отмечены у северной оконечности Финмаркенской банки, Центральной возвышенности и Западного желоба, в северной части Возвышенности Персея. В северных районах и в районе материкового склона численность мегабентоса в улове падает и в крайней северной точке не превышает 50 экз. на траление. В целом по району средняя численность мегабентоса составила 896 ± 146 экз. на 15 минут траления (рис. 4).

Как правило, в уловах донных тралений преобладают иглокожие. На их долю приходится чуть менее половины всех зарегистрированных особей – 43.8 % (рис. 5). Второе место по численности в районе разреза “Кольский меридиан” принадлежит кольчатым червям (Polychaeta) – 22.8 %, третье – хордовым (Chordata), представленным классом Ascidiacea, – до 10 %. Чуть меньше по численности представителей членистоногих, однако, если бы мы в анализе учитывали уловы северной креветки *Pandalus borealis*, то ее доля в общей численности была бы более 50 %. Доля моллюсков составляет всего 7 %, остальные группы – менее 8 % от общей численности организмов.

¹¹ Здесь и далее по тексту название рыбопромысловых районов (Схема ..., 1957).

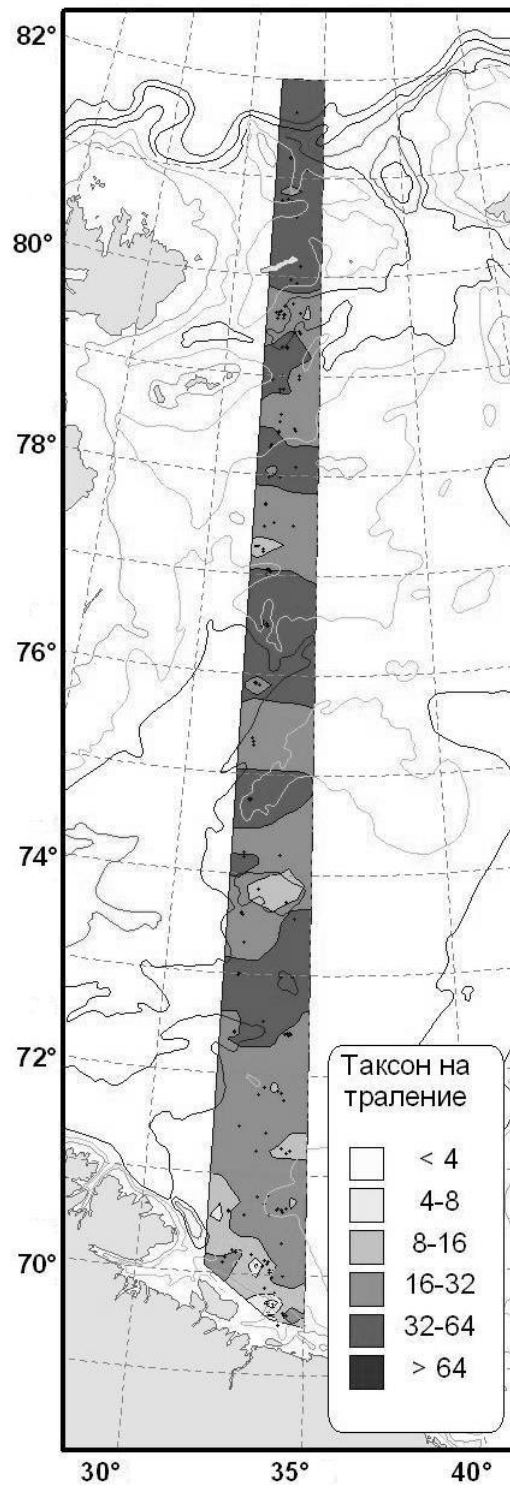


Рис. 3. Распределение таксономического обилия мегабентоса в уловах донных тралений на разрезе “Кольский меридиан”

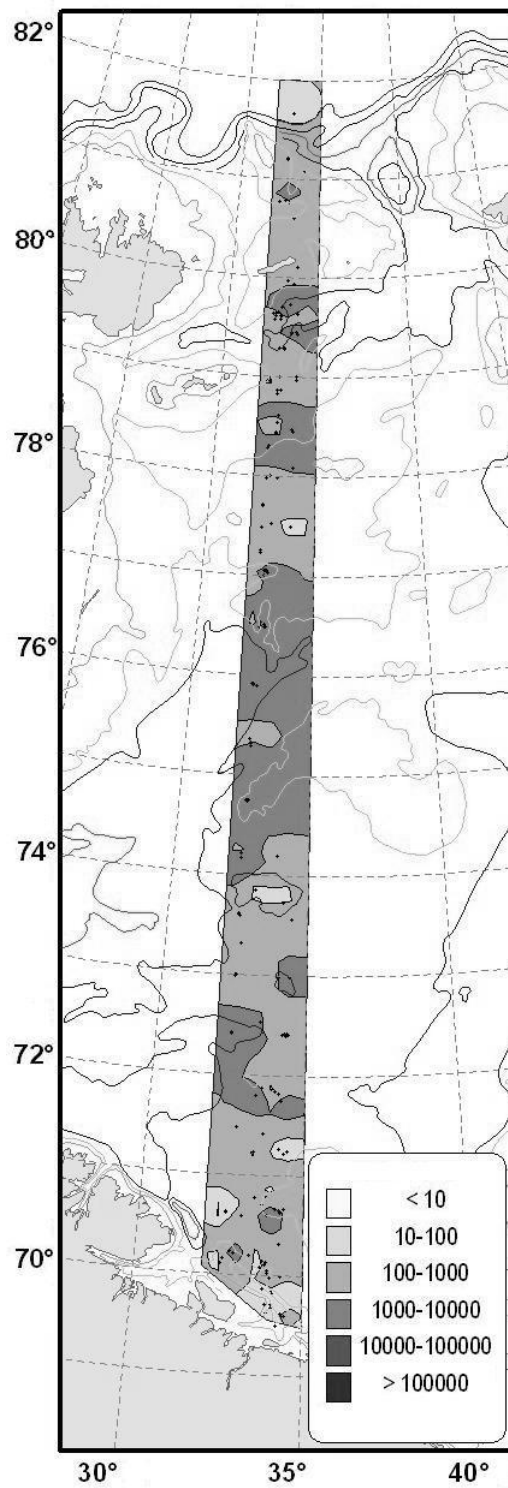


Рис. 4. Распределение численного обилия мегабентоса в уловах донных тралений на разрезе “Кольский меридиан”

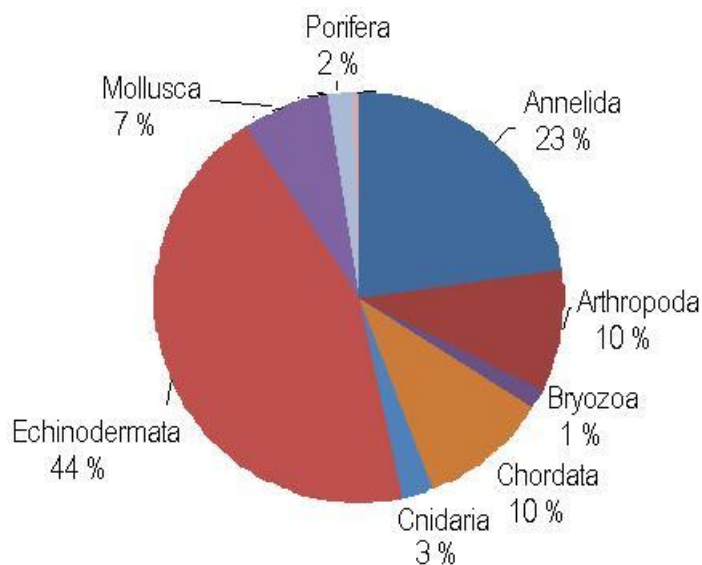


Рис. 5. Таксономическая структура фауны мегабентоса по численности на разрезе “Кольский меридиан”

По биомассе в приловах мегабентоса также преобладали иглокожие (рис. 6). На их долю приходится до 52 % от общей биомассы. При этом более половины всей биомассы иглокожих составляют офиуры (Ophiuroidea). Уловы представителей рода *Gorgonocephalus* могут достигать 20 кг за траление. Значительны также уловы морских звезд Asteroidea – до 1/3 всей биомассы иглокожих в уловах донных тралений. При этом максимальные уловы по биомассе приходятся на небольшую морскую звезду *Ctenodiscus crispatus*. Ее уловы могут достигать более 9 кг за траление. На втором месте по биомассе мегабентоса стоят губки. Уловы таких видов как *Geodia barretti* и *Geodia macandrewii* в районе ст. 1 на разрезе могут достигать 48 кг за траление. На третьем месте по суммарной биомассе мегабентоса стоят членистоногие. Важную роль среди этой таксономической группы играют десятиногие раки (Decapoda). Максимальный улов (56 кг за траление) в районе ст. 1 приходится на крупный промысловый вид, искусственно вселенный в экосистему Баренцева моря, *Paralithodes camtschaticus*. Довольно значимыми могут быть уловы представителей типа Cnidaria. Так, рекордный улов актиний в южной части района исследования достигал 8 кг.

Как видно из приведенных выше немногочисленных примеров, максимальные биомассы мегабентоса наблюдаются в южной части разреза “Кольский меридиан” в районе станций 1 и 2 (рис. 7). Однако и разброс крайних значений уловов очень велик – от 64 г до 56 кг. Средний улов в южной части составил 9.2 ± 3.7 кг на 15-минутное траление. Далее на север за 70° и до 77° с. ш. величина улова мегабентоса также колеблется довольно в широком диапазоне, но максимальный улов

редко превышает 10 кг за 15-минутное траление. Средний улов в этом районе составляет 2.7 ± 0.4 кг на 15-минутное траление. За 77° с. ш., особенно в районе о. Белый, величина максимального улова возрастает до 30 кг за траление. Средний улов в северной части района исследований составляет 7 ± 0.9 кг за траление. Исключением является район материкового склона, где биомасса мегабентоса падает. Так, при тралении на глубине 841 м в улове было обнаружено всего 203 г донных беспозвоночных.

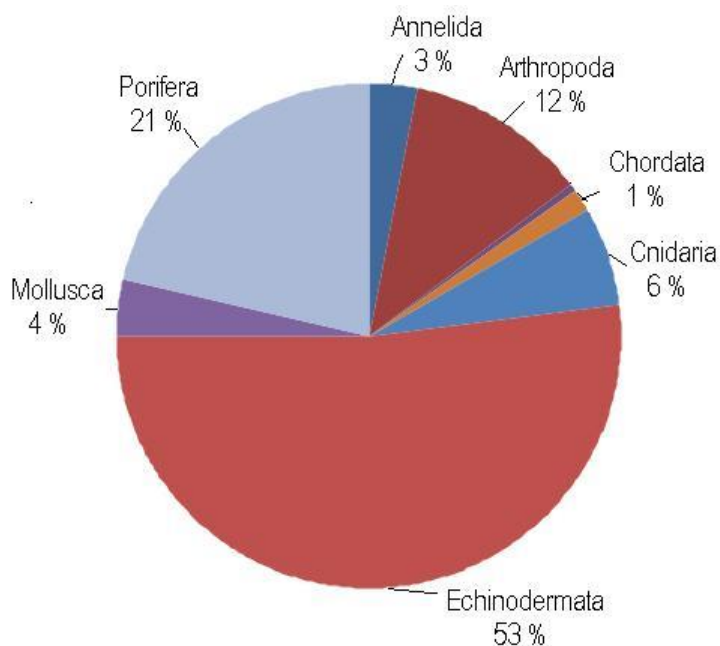


Рис. 6. Таксономическая структура фауны мегабентоса по биомассе на разрезе “Кольский меридиан”

Из 245 видов, идентифицированных в районе разреза “Кольский меридиан”, только 3 были общими для всех фаунистических комплексов. Это бореально-арктические широко распространенные циркумполярные креветки *Lebbeus polaris*, *Sabinea septemcarinata* и офиура *Ophiacantha bidentata*.

Фаунистические комплексы. Для проведения фаунистического анализа донные траления были объединены в группы по станциям разреза с интервалом $30'$ с. ш. Кластерный анализ списков видов, обитающих на разной широте, показал наличие в районе разреза шесть фаунистических комплексов (рис. 8), распределение которых вдоль разреза показано на рис. 9, а характеристики приведены в табл. 3.

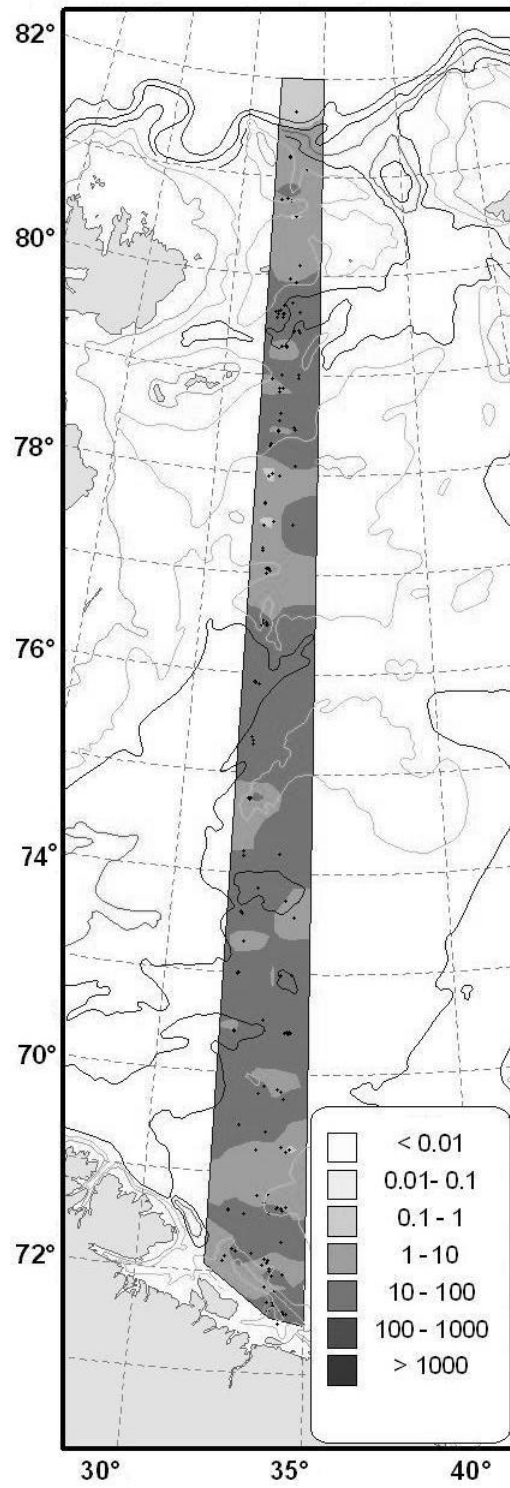


Рис. 7. Распределение весового обилия мегабентоса в уловах донных тралений на разрезе “Кольский меридиан”

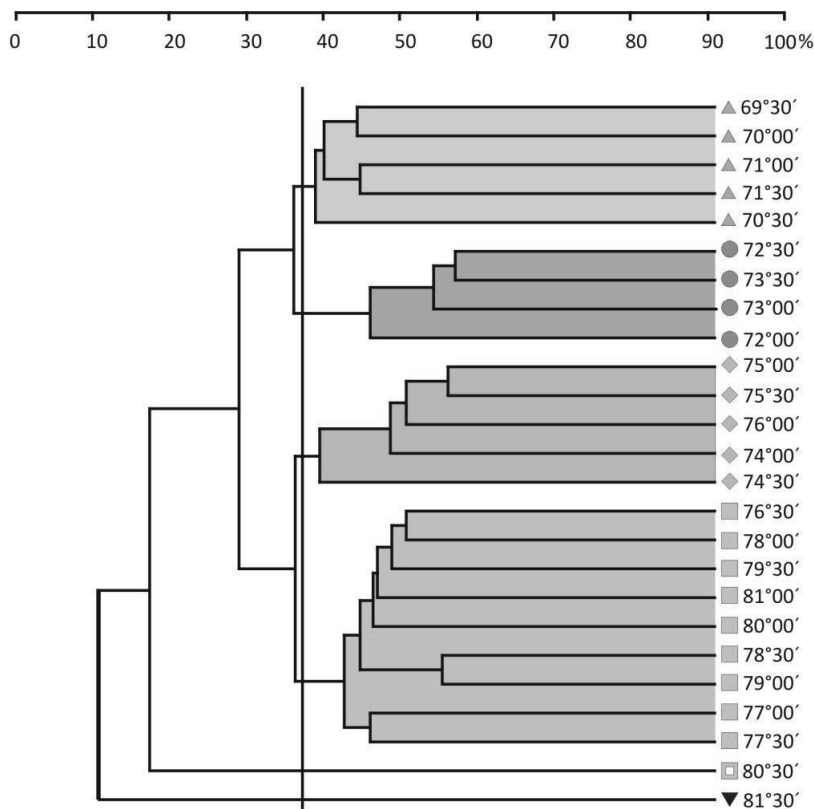


Рис. 8. Дендрограмма фаунистического сходства зональных видовых списков мегабентоса на разрезе “Кольский меридиан”

Южный фаунистический комплекс занимает южную часть разреза “Кольский меридиан”, станции 1–5 (от Кольского залива на север до 72°00' с. ш.). Глубина в пределах распространения комплекса колеблется от 146 до 282 м. Придонная температура воды в точках тралений в августе–сентябре варьировала в положительном диапазоне от 1.8 до 5.4 °С, а соленость – от 34.5 до 35.0 ‰.

Согласно схеме придонных течений (Танцюра, 1959), южный фаунистический комплекс формируется в области распространения теплых вод южной ветви Нордкапского течения.

В уловах трала “Самрелен” в пределах распространения комплекса отмечено 107 таксонов. Значение видовой плотности минимально среди всех выделенных комплексов и составляет 15 таксонов на траление, что почти в 2 раза меньше, чем в комплексах, расположенных севернее. Наибольшим количеством видов представлен бореально-арктический компонент фауны. Характерным для комплекса является высокое разнообразие бореальных видов (27 % видового списка), количество которых почти в 2.5 раза превышает содержание арктических (10 %) (рис. 10). В границах комплекса зарегистрировано 29 бореальных видов.

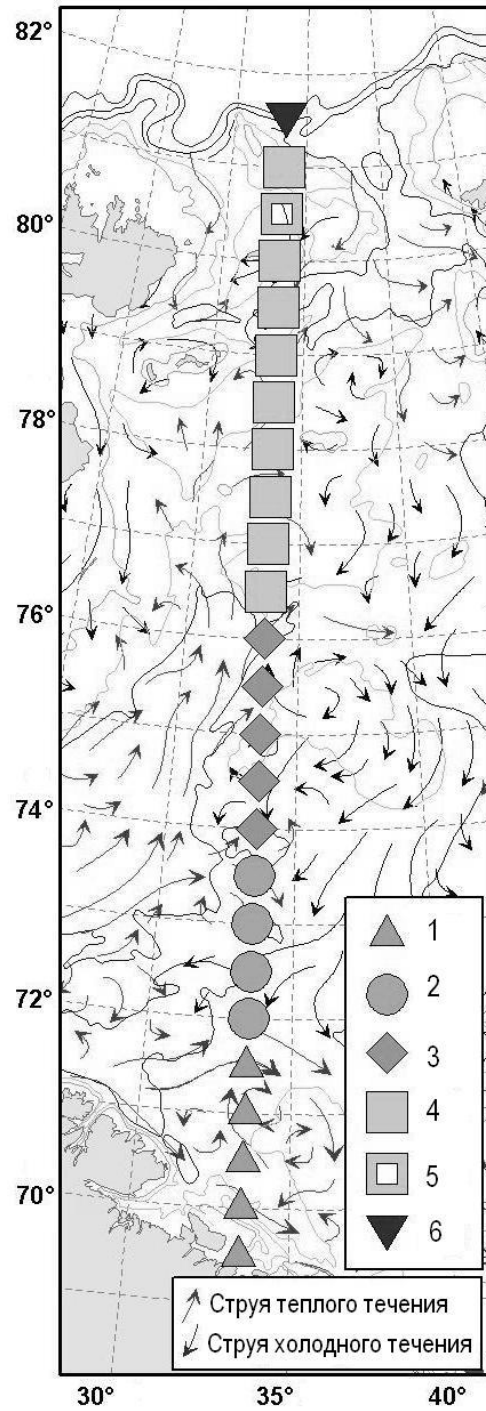


Рис. 9. Распределение основных фаунистических комплексов мегабентоса на разрезе “Кольский меридиан”:

1 – южный; 2 – южный промежуточный; 3 – центральный; 4 – северный; 5 – северный мелководный; 6 – северный батинальный

Т а б л и ц а 3

**Характеристики фаунистических комплексов
мегабентоса, выделенных на разрезе “Кольский меридиан”**

Характеристика	Фаунистические комплексы		
	южный	южный промежуточный	центральный
Количество тралений	41	24	16
Координаты, с. ш.	69°30'–71°45'	71°45'–73°45'	73°45'–76°15'
Глубина, м	146–282 (214.5±5.8)	200–320 (266.5±6.2)	165–322 (252.3±15.1)
Придонная температура, °С	1.8–5.4 (3.81±0.12)	0.63–3.54 (2.30±0.16)	0.16–2.49 (0.91±0.24)
Соленость, ‰	34.5–35.0 (34.73±0.02)	35.01–35.09 (35.04±0.005)	34.91–35.07 (35.02±0.01)
Количество таксонов	107	100	94
Видовая плотность, таксон/траление	1–42 (15.4±1.6)	9–43 (27.4±2.3)	12–52 (28.9±2.7)
Обычные (массовые) виды*	<i>C. crispatus</i> , <i>S. punctostriatus</i> , <i>M. borealis</i>	<i>C. crispatus</i> , <i>P. tenuispinus</i> , <i>O. sarsi</i> , <i>S. septemcarinata</i> , <i>B. inhabilis</i> , <i>B. glacialis</i> , <i>R. grimaldi</i> , <i>A. crenata</i> , <i>S. sabini</i> , <i>U. linckii</i>	<i>C. crispatus</i> , <i>S. septemcarinata</i> , <i>P. tenuispinus</i> , <i>O. sarsi</i> , <i>O. aculeate</i> , <i>I. panopla</i> , <i>C. islandica</i> , <i>O. bidentate</i> , <i>B. inhabilis</i> , <i>C. ciliatum</i> , <i>S. pallidus</i>
Характерные виды**	<i>L. maja</i> , <i>C. granularis</i> , <i>T. retusa</i> , <i>E. echiurus</i> , <i>M. senile</i> , <i>E. analis</i> , <i>G. immerse</i> , <i>C. intestinalis</i>	<i>B. ossiani</i> , <i>D. intricarius</i> , <i>A. nugax</i> , <i>A. arctica</i> , <i>B. arcticum</i> , <i>N. serratum</i>	<i>A. malmgreni</i> , <i>C. kroyeri</i> , <i>N. punctate</i> , <i>S. borealis</i> , <i>V. velutina</i>

*Под обычными подразумеваются виды, частота встречаемости которых в пределах комплекса равна 50 % и более.

**Характерными являются виды, встреченные только в пределах данного комплекса.

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры в скобках – средняя величина со стандартной ошибкой.

Характеристика	Фаунистические комплексы		
	северный	северный мелководный	северный батиальный
Количество тралений	66	1	1
Координаты, с. ш.	76°15'–80°15' 80°45'–81°15'	80°15'–80°45'	81°15'–81°45'
Глубина, м	104–362 (235.7±8.4)	114	841
Придонная температура, °С	0.30–1.95 (1.34±0.07)	0.32	–
Соленость, ‰	33.42–35.05 (34.88±0.03)	33.96	–
Количество таксонов	191	25	18
Видовая плотность, таксон/траление	1–49 (29.1±1.6)	25	18
Обычные (массовые) виды *	<i>C. crispatus</i> , <i>O. bidentate</i> , <i>S. septemcarinata</i> , <i>P. tenuispinus</i> , <i>O. glacialis</i> , <i>S. ferox</i> , <i>G. arcticus</i> , <i>M. borealis</i> , <i>I. panopla</i> , <i>O. aculeata</i> , <i>O. borealis</i> , <i>U. linckii</i>		
Характерные виды **	<i>A. disciforme</i> , <i>G. spetsbergensis</i> , <i>borealis</i> , <i>M. groenlandicus</i> , <i>C. angusta</i> , <i>F. affinis</i> , <i>M. laevigatus</i> , <i>P. thielei</i> , <i>U. encrinus</i> , <i>A. behringiensis</i> , <i>P. circularis</i> , <i>P. brevicolis</i> , <i>B. maltzani</i> , <i>D. hirsutus</i> , <i>S. securifrons</i> и еще 26 видов	<i>A. cristatum</i> , <i>O.F. foliacea</i>	<i>A. spinigera</i> , <i>E. holmi</i> , <i>A. propinquus</i>

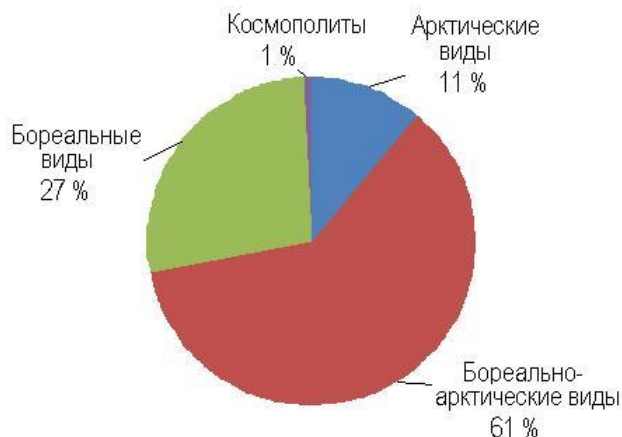


Рис. 10. Биogeографический состав южного фаунистического комплекса

Наиболее часто встречающимся в уловах видом в пределах комплекса является широко распространенная в Баренцевом море бореально-арктическая морская звезда *Ctenodiscus crispatus*. Кроме нее более чем в половине тралений встретились арктический моллюск *Scaphander punctostriatus* и представитель арктической фауны голотурия *Molpadia borealis*. Характерным для данного комплекса является наличие таких атлантических бореальных видов как крупный краб *Lithodes maja*, морская звезда *Ceramaster granularis*, брахиопода *Terebratulina retusa*, а также амфибореальный биполярный вид *Metridium senile*. Только в пределах этого комплекса встречены такие виды как бореально-арктические эхиурида *Echiurus echiurus* и полихета *Euchone analis*, асцидия *Ciona intestinalis*, характерная для атлантического сектора Арктики и гидроид *Grammaria immersa*, имеющий циркумполярное распределение в Арктике и бореальное распространение в тихоокеанском регионе.

Южный промежуточный фаунистический комплекс занимает часть разреза между 71°45' и 73°45' с. ш. Глубины тралений, выполненных в границах комплекса, варьируют от 200 до 320 м. В целом это наиболее глубоководный участок разреза "Кольский меридиан".

Комплекс формируется в области смешения вод центральной и северной ветвей Нордкапского течения и холодных баренцевоморских вод западного склона Центрального Арктического бассейна. Все зарегистрированные на станциях температуры находятся в области положительных значений, однако средняя по станциям температура в 1.5 раза ниже, чем для предыдущего комплекса.

В соответствии с температурными характеристиками меняется соотношение бореального и арктического компонентов фауны. Бореальные и арктические виды представлены в пределах южного промежуточного комплекса почти лишь с небольшим преобладанием бореального компонента (рис. 11; табл. 3).

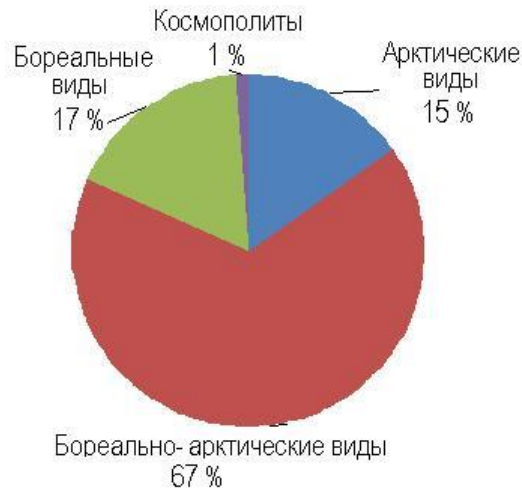


Рис. 11. Биогеографический состав южного промежуточного фаунистического комплекса

Несмотря на то, что общее количество зарегистрированных здесь таксонов почти такое же, как в предыдущем комплексе, видовая плотность почти в 2 раза превышает показатели южной части разреза (табл. 3).

Комплекс характерных видов включает набор самых обычных и широко распространенных в Баренцевом море, преимущественно бореально-арктических видов. Набор характерных видов не велик, но в отличие от южного комплекса абсолютно лишен бореального компонента и включает два арктических вида (брюхоногого моллюска *Beringius ossiani* и мшанку *Diplosolen intricarius*).

Центральный фаунистический комплекс расположен у подножия западных склонов Центральной возвышенности и находится под прямым влиянием холодных вод. Это самый холодноводный комплекс из всех выделенных в пределах разреза “Кольский меридиан” (табл. 3). Нижняя граница зарегистрированных здесь температур находится в отрицательной области, а их среднее значение не превышает 1 °С, что в 2.5 раза ниже чем в южном промежуточном комплексе и более чем в 4 раза на станциях южной части разреза в пределах южного комплекса.

Из всех выделенных комплексов именно центральный носит наиболее “арктический” оттенок, для которого характерны исключительно высокий процент бореально-арктических таксонов и значительное преобладание арктических видов над бореальными (в 2 раза) (рис. 12). В пределах именно центрального комплекса зарегистрирован минимальный по разрезу процент бореальных видов.

Количество таксонов в пределах центрального комплекса несколько меньше, чем в южной части разреза, что однако не показательно, так как видовое обилие, выраженное в среднем количестве таксонов на траление, выше, чем в южном и южном промежуточном комплексах (табл. 3).

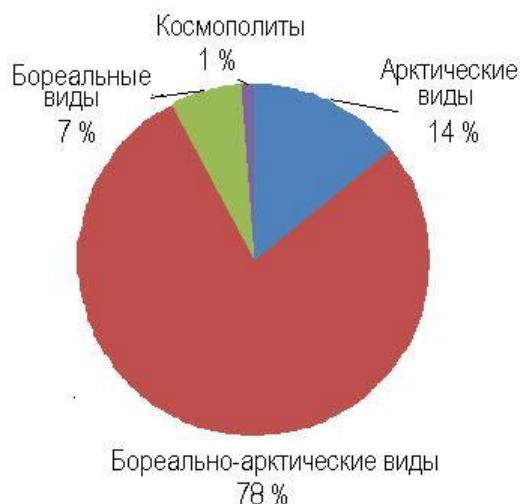


Рис. 12. Биогеографический состав центрального фаунистического комплекса

Набор обычных здесь видов, как и в предыдущем комплексе, в основном составляют массовые баренцевоморские бореально-арктические представители, однако по видовому составу он значительно отличается от южной части разреза. Видов, общих с предыдущим комплексом, здесь менее половины. Массовыми становятся *Ophiopholis aculeata*, *Icasterias panopla*, *Chlamys islandica*, *Ophiacantha bidentata*, *Clinocardium ciliatum*, *Strongylocentrotus pallidus*.

Северный фаунистический комплекс самый протяженный в пределах разреза “Кольский меридиан”. Он отмечен в районе от 76°30’ до 81° с. ш.

Несмотря на то, что комплекс занимает самую северную часть разреза, температурный режим в пределах его распространения несколько мягче, чем на станциях южнее расположенного центрального комплекса за счет атлантических вод, проникающих в северную часть Баренцева моря с запада по Медвежинскому и Зюйдкапскому желобам и с севера между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. На всех станциях комплекса была зафиксирована положительная придонная температура, а ее средний показатель в 1.5 раза выше, чем для центрального комплекса.

Доля арктических видов в пределах северного комплекса максимальна для разреза и соответствует его положению в арктической части Баренцева моря, однако влияние атлантических водных масс приводит к незначительному увеличению доли бореального компонента в биогеографическом составе фауны (рис. 13, табл. 3).

Фауна крупных форм бентоса в пределах распространения северного комплекса богата и разнообразна. Об этом свидетельствует не только значительное количество видов в приловах северной части разреза (191 таксон), но и максимальное среди комплексов разреза среднее значение видовой плотности, составившее 29 видов на траление (табл. 3).

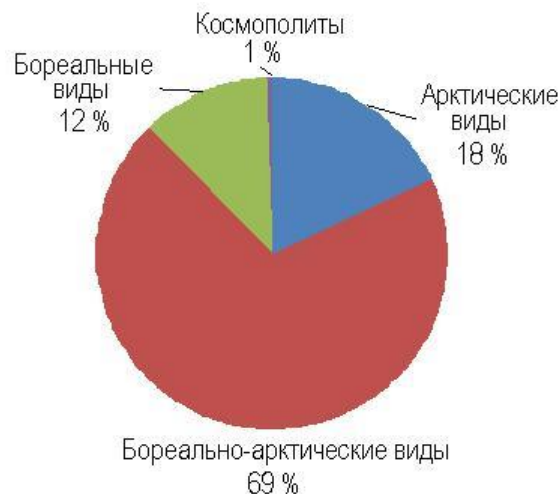


Рис. 13. Биогеографический состав северного фаунистического комплекса

Список обычных (массовых) для северного комплекса видов насчитывает 12 таксонов, из которых 42 % (5 видов) являются условно “эндемичными” для этой части разреза “Кольский меридиан”. Своеобразие фауне северной части разреза придают массовые поселения таких видов как офиуры *Ophioscolex glacialis*, *Ophiopleura borealis* и *Gorgonocephalus arcticus*, голотурия *Molpadia borealis* и панцирная креветка *Sclerocrangon ferox*.

Уловы 147 из 149 проанализированных тралений (99 %) соответствовали одному из четырех перечисленных выше фаунистических комплексов. Однако донное население на двух станциях северной части разреза (одного из наиболее мелководных и самого глубоководного тралений) показало исключительное фаунистическое своеобразие (рис. 8). Высокий уровень этого своеобразия и специфика условий обитания дают основание выделить эти две станции в отдельные фаунистические комплексы.

Северный мелководный фаунистический комплекс зарегистрирован в самой северной части разреза “Кольский меридиан” на глубине 114 м в районе северо-восточного склона мелководья о. Белый (80°15’–80°45’ с. ш.).

Видовое разнообразие в этом районе находится на среднем уровне арктической части разреза и составляет 29 видов на стандартное траление (табл. 3). В улове было зарегистрировано два бореальных (амфипода *Leucothoe spinicarpa* и декапода *Sabinea sarsi*) и один арктический вид (губка *Polymastia thielei*). Остальные 26 видов относятся к бореально-арктической группе (рис. 14).

В качестве характерных для этого комплекса отмечено 4 вида, доля которых в улове составила 86 % общей численности и 60 % его биомассы – это креветки *Spirontocaris spinus*, *Lebbeus polaris*, *Sabinea septemcarinata* и морской еж *Strongylocentrotus pallidus*.



Рис. 14. Биogeографический состав северного мелководного фаунистического комплекса

Северный баттальный фаунистический комплекс так же выделен по результатам единственного траления, которое было проведено в пределах континентального склона на глубине 841 м в самой северной точке разреза в границах $81^{\circ}15' - 81^{\circ}45'$ с. ш.

Характерной чертой комплекса является его фаунистическая и количественная бедность. В тралении, на основе которого выделен комплекс, было зарегистрировано всего 52 экз. беспозвоночных 18 видов, общая масса которых составила 220 г.

Биogeографическая структура фауны комплекса имеет черты характерные для арктических районов Баренцева моря, находящиеся под влиянием атлантических вод (рис. 15).

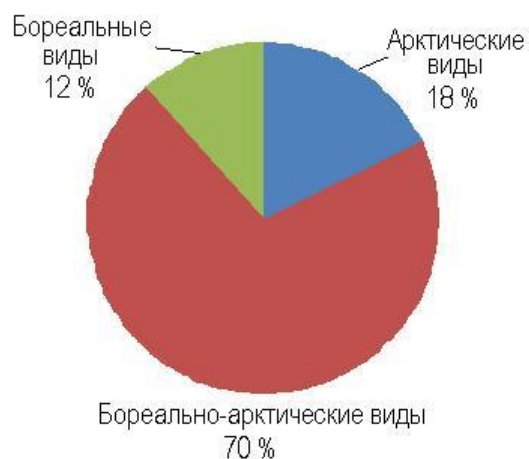


Рис. 15. Биogeографический состав северного баттального фаунистического комплекса

Специфическими для этого комплекса явились арктические амфиподы *Amathillopsis spinigera* и *Eusirus holmi* и бореальная креветка *Atlantopandalus propinquus*, однако основную долю биомассы прилова (80 %) составили обычные для северной части шельфа Баренцева моря панцирная креветка *Sclerocrangon ferox*, морская звезда *Pontaster tenuispinus* и морские перья *Umbellula encrinus*.

Заключение. Анализ результатов исследований мегабентоса из приловов донных тралений показал вполне четкие закономерности распределения донных сообществ по разрезу. Изменение зоогеографического состава сообществ мегабентоса в определенной степени отражает изменение совокупности гидрологических условий у дна. Несмотря на то, что метод анализа приловов бентоса из тралов можно отнести к полуколичественным, он позволяет получить представление не только о видовом разнообразии и биогеографической структуре сообществ, но и о количественных характеристиках донных организмов.

Литература

- Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 5–126.
- Будаева Н.Е. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) Охотского моря // Зоология беспозвоночных. 2005. № 2(2). С. 181–202.
- Денисенко С.Г. Зообентос // Биологический атлас морей Арктики 2000: планктон Баренцева и Карского морей. Мурманск: Silver Spring, 2000. С. 28–34.
- Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.) // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.
- Зув Ю.А., Павлова Л.В. Антропогенные изменения фауны мегабентоса Кольского залива Баренцева моря // Материалы V международной научной конференции “Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон”, 7–9 июля 2009 г. СПб.: Кристмас+, 2009. С. 115–116.
- Любин П.А. Уловистость и селективность дночерпательных и траловых орудий лова по отношению к организмам зообентоса // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл. Междунар. науч. конф. (Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. С. 134–135.
- Любин П.А. Применение правила энергетической эквивалентности при анализе бентосных сообществ // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России: Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию Татарского отд. ФГБНУ “ГосНИОРХ”. СПб., 2011. С. 221–223.
- Любин П.А. Мегабентос // Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий. Мурманск: Изд. WWF, 2013. С. 13–15.
- Мегабентос Баренцева моря / П.А. Любин, Н.А. Анисимова, Л.Л. Йоргенсен и др. // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: Матер. Междунар. науч. конф. (Мурманск, 27–30 октября 2010 г.). Вып. 10. М.: ГЕОС, 2010. С. 192–199.
- Месяцев И.И. Моллюски Баренцева моря // Тр. ГОИН. 1931. Т. 1(1). 168 с.

Несис К.Н. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–138.

Силина А.В. Мегабентос сублиторали приустьевой зоны реки Раздольной // Изв. ТИНРО. 2009. № 157. С. 95–106.

Схема промысловых районов Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1957. Вып. 10. С. 281.

Танцюра А.И. О течениях Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1959. Вып. 11. С. 35–53.

Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана / Сост. Н.М. Книпович, при содействии К.П. Ягодовского и Н.С. Жихарева. СПб.: Тов-во худ. печати, 1902. Т. 1. 605 с.

Anon. Extended survey report from the Joint Norwegian/Russian ecosystem Survey in the Barents Sea in August–October 2004 (vol. 2). IMR/PINRO Joint Report Series. 2005. № 1. 83 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem Survey in the Barents Sea August–October 2006 (vol. 1). IMR/PINRO Joint Report Series. 2006. № 2. 97 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem Survey in the Barents Sea August–October 2006 (vol. 2). IMR/PINRO Joint Report Series. 2007. № 1. 56 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem Survey in the Barents Sea August–October 2007 (vol. 2). IMR/PINRO Joint Report Series. 2008. № 2. 56 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea August–October 2008 (vol. 1). IMR/PINRO Joint Report Series. 2009. № 1. 103 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea August–October 2009. IMR/PINRO Joint Report Series. 2010. № 2. 118 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea August–September 2010. IMR/PINRO Joint Report Series. 2010. № 4. 108 p.

Anon. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea August–October 2011. IMR/PINRO Joint Report Series. 2011. № 3. 118 p.

Bergman M.J.N., van Santbrink J.W. Mortality in megafaunal benthic populations caused by trawl fisheries on the Dutch continental shelf in the North Sea in 1994 // ICES J. Mar. Sci. 2000. № 57. P. 1321–1331.

Carranza A., Horta S. Megabenthic gastropods in the outer Uruguayan continental shelf: composition, distribution and some effects of trawling // Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2008. Vol. 43(1). P. 137–142.

Czeckanowski J. Zur differential Diagnose der neandertalgruppe Korespbl // Dtsch. Ges. Antropol. 1909. Bd. 40. S. 44–47.

Echeverria C.A., Paiva P.C., Alves V.C. Composition and biomass of shallow benthic megafauna during an annual cycle in admiralty bay, King George Island, Antarctica // Antarctica Sci. 2005. Vol. 17(3). P. 312–318.

Farina A.C., Freire J., Gonzalez-Gurriaran E. Megabenthic decapod crustacean assemblages on the Galician continental shelf and upper slope (north-west Spain) // *Marine Biology*. 1997. Vol. 127(3). P. 419–434.

Farlow J.O.J. Natural history and ecology of a demersal fish-megabenthic invertebrate community from the upper continental slope of southern New England // *Dissertation Abstracts International*. 1981. Vol. 41(12). P. 43–46.

Franke R. Scattered Data Interpolation // *Test of Some Methods, Mathematics of Computations*. 1982. Vol. 33, № 157. P. 181–200.

Gutt J., Starmans A. Patchiness of the megabenthos at small scales: ecological conclusions by examples from polar shelves // *Polar Biology*. 2003. Vol. 26(4). P. 276–278.

Lampitt R.S., Billett D.S.M., Rice A.L. Biomass of the invertebrate megabenthos from 500 to 4100 m in the northeast Atlantic Ocean // *Marine Biology*. 1986. Vol. 93. P. 69–81

Lauerman L.M.L., Kaufmann R.S., Smith K.L. Distribution and abundance of epibenthic megafauna at a long time-series stations in the abyssal northeast Pacific // *Deep Sea Research. Part 1. Oceanographic Research Papers*. 1996. Vol. 43(7). P. 1075–1103.

Long-term change in the megabenthos of the Porcupine Abyssal Plain (NE Atlantic) / D.S.M. Billett, B.J. Bett, A.L. Rice et al. // *Progress in Oceanography*. 2001. Vol. 50. P. 325–348.

Megabenthic diversity patterns and community structure of the Blanes submarine canyon and adjacent slope in the Northwestern Mediterranean: a human overprint / E. Ramirez-Llodra, J.B. Company, F. Sarda, G. Rotllant // *Marine Ecology*. 2010. Vol. 31. P. 167–182.

Megabenthos. Introduction to work at sea / L. Allcock, S. Lockhart, K. Ellingsen et al. // *Berichte zur Polarforschung*. 2003. № 470. P. 91–94.

Megabenthos of the Barents Sea / P.A. Lyubin, L.L. Jørgensen, N.A. Anisimova et al. // *Norwegian-Russian workshop. HAV 5. Biological-Geological Seabed Mapping and Monitoring in the Barents Sea. IMR/PINRO Joint Report Series*. 2012. P. 10–11.

Sarda F., Cartes J., Company J.B. Spatio-temporal variations in megabenthos abundance in three different habitats on the Catalan deep-sea (Western Mediterranean) // *Marine Biology*. 1994. Vol. 120. P. 211–219.

Scales of habitat heterogeneity and megabenthos biodiversity on an extensive Australian Continental margin (100–1100 m depths) / A. Williams, F. Althaus, P.K. Dunstan et al. // *Marine Ecology*. 2010. Vol. 31. P. 222–236.

Sørensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content // *Kgl. Dan. Vid. Sels. Biol. krifter*. 1948. Bd. 5, № 4. P. 1–34.

Starmans A., Gutt J., Arntz W.E. Mega-epibenthic communities in Arctic and Antarctic shelf areas // *Marine Biology*. 1999. Vol. 135(2). P. 269–280.

Survey report from the joint Norwegian-Russian ecosystem survey in the Barents Sea August–October 2012 / E. Eriksen (Ed.). *IMR/PINRO Joint Report Series*. 2012. № 2. 139 p.

Survey report from the joint Norwegian-Russian ecosystem survey in the Barents Sea and adjacent waters, August–October 2013 / T. Prokhorova (Ed.). *IMR/PINRO Joint Report Series*. 2013. № 4. 131 p.

Temporal variability in phytodetritus and megabenthic activity at the seabed in the deep Northeast Atlantic / B.J. Bett, M.G. Malzone, B.E. Narayanaswamy, B.D. Wigham // Progress in Oceanography. 2001. № 50. P. 349–368.

Walsh S.J., McCallum B.R. Performance of the Campelen-1800 Shrimp Trawl During the 1995 Northwest Atlantic Fisheries // NAFO Sci. Council Studies. 1997. Vol. 29. P. 105–116.

УДК 595.14.142.2 (268.45)

Д.Р. Дикаева¹, Е.А. Фролова¹, В.С. Вязникова²

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

²Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

ВИДОВОЙ СОСТАВ, КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПОЛИХЕТ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

В работе на основе материалов 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 гг., собранных на разрезе “Кольский меридиан”, проанализированы количественное распределение, биогеографический состав, структура фаунистических комплексов полихет и их вариабельность во времени. Отмечена зависимость видового состава и количественных характеристик полихет от характера грунта и океанологических условий (температуры воды).

D.R. Dikaeva¹, E.A. Frolova¹, V.S. Vyaznikova²

¹Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

²Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

SPECIFIC COMPOSITION, QUANTITATIVE DISTRIBUTION AND DYNAMICS OF POLYCHAETA COMMUNITIES ON THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

The present paper analyses quantitative distribution, biogeographical composition, structure and temporal variation of polychaet species associations based on materials collected in 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 along the transect “Kola Section”. Dependence of species composition and quantitative characteristics of polychaets from the bottom sediments and water temperature was revealed.

Введение. Изучение влияния климатических изменений на окружающую среду – одна из наиболее актуальных проблем нынешнего времени. Многолетние изменения температуры морской воды сказываются на структуре сообществ донных беспозвоночных (Несис, 1960; Галкин 1981; Денисенко, 2006; Влияние ..., 2007; Дикаева, 2010а; Вязникова и др., 2015).

Среди морских донных беспозвоночных в Баренцевом море полихеты наиболее многочисленны как по видовому составу, так и по количественным характеристикам (Аверинцев, Сикорский, 1986; Жирков, 2001). Они присутствуют практически во всех биоценозах, являясь во многих из них доминантными или фоновыми видами, составляющими от 50 до 80 % общей биомассы бентоса, что дает возможность использовать их в качестве индикаторов долговременных изменений факторов среды.

В результате исследований на разрезе “Кольский меридиан” была показана взаимосвязь теплосодержания водных масс и видовой структуры зообентоса, в том числе и полихет, выявлены климатически обусловленные флуктуации биомассы донных сообществ в этом районе (Несис, 1960; Денисенко, 2008; Влияние ..., 2007; Дикаева, 2010б; Предварительные ..., 2013). С увеличением ряда наблюдений, интерес вызывает изучение динамики сообществ полихет в период климатических изменений.

Материал и методы. Материалом для работы послужили 410 количественных проб бентоса собранных на станциях 1–12 разреза “Кольский меридиан” (69°30’–75°00’ с. ш., 33°30’ в. д., шаг станции 30’ с. ш.) в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 гг. на глубине 138–330 м (рис. 1, табл. 1).

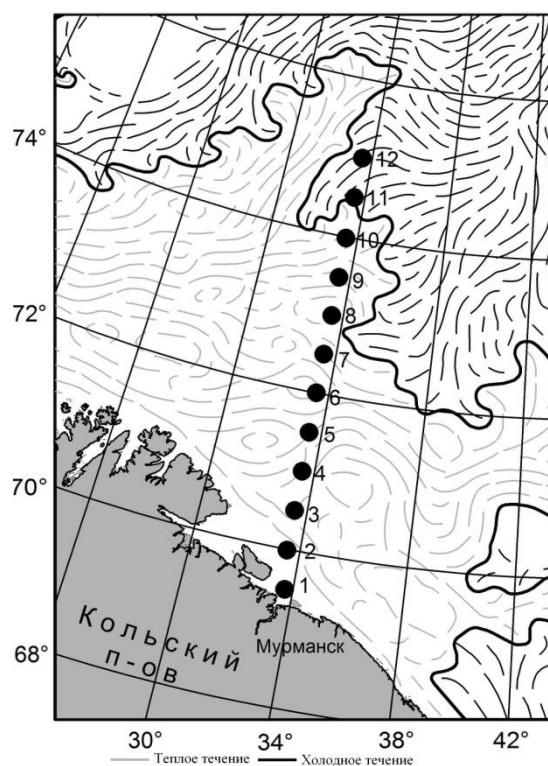


Рис. 1. Карта-схема расположения станций на разрезе “Кольский меридиан”

Т а б л и ц а 1

**Характеристика и количественные данные
по станциям разреза “Кольский меридиан”, выполненным
в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 гг.**

Стан- ция	Дата	Н	Грунт	В	N	n	Доминирующий вид по интенсивности метаболизма
РТ “Ясногорск”, 1995 г.							
2	04.09	155	Илистый песок	5.1	1432	54	<i>Chone</i> sp.
3	04.09	255	Песчаный ил	3.2	1324	37	<i>Maldane sarsi</i>
4	04.09	225	Илистый песок	1.8	1246	40	<i>Maldane sarsi</i>
5	03.09	280	Песчаный ил	15.1	1520	45	<i>Maldane sarsi</i>
6	03.09	265	Песчаный ил	19.2	1644	41	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	03.09	290	Песчаный ил, гравий	8.0	526	31	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	03.09	215	Песчаный ил	20.2	1230	49	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	03.09	295	Песчаный ил	21.4	884	26	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	03.09	325	Песчаный ил	27.0	1044	27	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
11	02.09	260	Илистый песок	23.6	1482	29	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НТС “Помор”, 1997 г.							
2	24.05	150	Илистый песок	2.5	188	32	<i>Harmothoe</i> sp.
3	24.05	251	Песчаный ил	5.6	1204	32	<i>Maldane sarsi</i>
4	24.05	221	Илистый песок	3.0	658	27	<i>Maldane sarsi</i>
5	24.05	283	Песчаный ил	10.2	1312	39	<i>Maldane sarsi</i>
6	23.05	266	Песчаный ил	13.0	480	25	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	23.05	288	Песчаный ил, гравий	27.6	610	33	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	23.05	214	Песчаный ил	16.7	572	32	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	23.05	283	Песчаный ил	19.0	382	22	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	23.05	330	Песчаный ил	30.3	726	22	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
11	22.05	270	Илистый песок	73.5	1692	35	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НИС “Дальние Зеленцы”, 2000 г.							
1	10.09	270	Песок, ил	4.4	376	29	<i>Lumbrineris</i> sp.
2	28.09	141	Илистый песок	4.4	3132	56	<i>Chone murmanica</i>
3	28.09	239	Песчаный ил	8.0	2348	59	<i>Maldane sarsi</i>
4	29.09	216	Илистый песок	11.7	1738	50	<i>Maldane sarsi</i>
5	29.09	272	Песчаный ил	33.1	998	47	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
6	29.09	254	Песчаный ил	18.1	1702	48	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	29.09	276	Песчаный ил, галька	18.3	1268	42	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	30.09	210	Песчаный ил конкреции	44.4	2362	61	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	30.09	280	Песчаный ил	20.6	1318	43	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	30.09	317	Песчаный ил	23.6	2100	50	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
11	30.09	254	Илистый песок	52.0	2522	38	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
12	01.10	149	Песчаный ил	16.7	898	38	<i>Spiochaetopterus typicus</i>

Стан-ция	Дата	Н	Грунт	В	N	n	Доминирующий вид по интенсивности метаболизма
НИС "Дальние Зеленцы", 2001 г.							
1	20.04	251	Песок, ил	14.7	746	33	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
2	20.04	138	Илистый песок	3.3	1064	57	<i>Lumbrineris</i> sp.
3	20.04	241	Песчаный ил	4.6	1036	43	<i>Maldane sarsi</i>
4	20.04	211	Илистый песок	8.4	942	43	<i>Nicomache lumbricalis</i>
5	20.04	271	Песчаный ил	9.6	1800	43	<i>Maldane sarsi</i>
6	19.04	264	Песчаный ил	13.3	798	43	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	19.04	275	Песчаный ил, галька	39.4	1336	50	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	19.04	212	Песчаный ил	38.7	2648	63	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	18.04	277	Песчаный ил	24.1	870	35	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	18.04	301	Песчаный ил	23.2	1996	50	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НИС "Ромуальд Муклевич", 2003 г.							
1	09.08	265	Песок, ил	35.2	610	33	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
2	13.08	144	Илистый песок	7.6	4850	64	<i>Chone murmanica</i>
3	13.08	248	Песчаный ил	6.1	1590	48	<i>Maldane sarsi</i>
4	14.08	222	Илистый песок	4.1	1165	45	<i>Lumbrineris</i> sp.
5	14.08	291	Песчаный ил	11.6	1306	47	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
6	14.08	265	Песчаный ил	18.3	2999	62	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	14.08	282	Песчаный ил, гравий	46.0	2040	50	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	15.08	222	Песчаный ил	53.8	2171	63	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НИС "Дальние Зеленцы", 2007 г.							
1	18.08	259.2	Песок, ил	22.2	1170	33	<i>Maldane sarsi</i>
2	19.08	142	Илистый песок	7.5	3150	53	<i>Filograna implexa</i>
3	19.08	244	Песчаный ил	7.1	1164	33	<i>Maldane sarsi</i>
4	19.08	216	Илистый песок	4.0	802	28	<i>Maldane sarsi</i>
5	20.08	273	Песчаный ил	10.4	1268	24	<i>Maldane sarsi</i>
6	20.08	263	Песчаный ил	22.1	850	35	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	20.08	298	Песчаный ил, гравий	55.0	902	29	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	21.08	211	Песчаный ил	50.7	2420	50	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НИС "Ф. Хансен", 2010 г.							
2	11.08	145	Илистый песок	7.1	2204	60	<i>Filograna implexa</i>
3	11.08	247	Песчаный ил	11.2	1404	46	<i>Maldane sarsi</i>
4	11.08	221	Илистый песок	44.2	11882	46	<i>Filograna implexa</i>
5	12.08	281	Песчаный ил	9.6	1020	41	<i>Maldane sarsi</i>
6	13.08	266	Песчаный ил	27.5	458	36	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	13.08	283	Песчаный ил, галька	20.3	476	35	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	13.08	213	Песчаный ил	100.3	2138	53	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	13.08	278	Песчаный ил	27.2	524	33	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	14.08	319	Песчаный ил	76.3	1134	30	<i>Spiochaetopterus typicus</i>

Окончание табл. 1

Стан-ция	Дата	Н	Грунт	В	N	n	Доминирующий вид по интенсивности метаболизма
НИС “Дальние Зеленцы”, 2010 г.							
1	29.08	269	Песок, ил	54.2	1672	48	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НИС “Вильнюс”, 2011 г.							
2	12.08	149	Илистый песок	4.8	2160	51	<i>Chone</i> sp.
3	12.08	248	Песчаный ил	7.0	892	34	<i>Maldane sarsi</i>
4	12.08	220	Илистый песок	2.5	784	40	<i>Maldane sarsi</i>
5	13.08	275	Песчаный ил	10.7	1178	33	<i>Maldane sarsi</i>
6	13.08	259	Песчаный ил	17.0	1308	43	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	13.08	285	Песчаный ил, галька	54.2	932	44	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	13.08	212	Песчаный ил	64.0	2528	40	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	14.08	284	Песчаный ил	71.0	1722	36	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	14.08	325	Песчаный ил	172.0	2653	37	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
НИС “Дальние Зеленцы”, 2011 г.							
1	23.09	258.8	Песок, ил	38.7	1946	46	<i>Maldane sarsi</i>
НИС “Вильнюс”, 2012 г.							
1	09.08	277	Песок, ил	18.7	678	33	<i>Maldane sarsi</i>
2	09.08	149	Илистый песок	5.0	2162	58	<i>Lumbrineris</i> sp.
3	10.08	245	Песчаный ил	18.4	912	43	<i>Maldane sarsi</i>
4	10.08	218	Илистый песок	6.2	1020	41	<i>Maldane sarsi</i>
5	10.08	274	Песчаный ил	12.8	1690	38	<i>Maldane sarsi</i>
6	11.08	264	Песчаный ил	20.5	1160	43	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
7	11.08	280	Песчаный ил, галька	35.1	1094	45	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
8	11.08	213	Песчаный ил	65.0	3800	47	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
9	11.08	278	Песчаный ил	52.9	1436	44	<i>Spiochaetopterus typicus</i>
10	12.08	320	Песчаный ил	141.6	2060	49	<i>Spiochaetopterus typicus</i>

ПРИМЕЧАНИЕ. Н – глубина, м; В – биомасса, г/м²; N – численность, экз/м²; n – количество видов.

Идентификация многочетинковых червей выполнена к.б.н. Е.А. Фроловой, к.б.н. Д.Р. Дикаевой при участии к.б.н. А.В. Сикорского, к.б.н. С.Ю. Гагаева, В.С. Вязниковой.

Выделение видовых комплексов проводили с помощью кластерного анализа на основе коэффициента сходства Брея-Кёртиса (Bray, Curtis, 1957). Вычисления выполняли в программе Past (Hammer et al., 2001).

В качестве меры обилия для выявления доминантной группы видов использовали показатель относительной интенсивности метаболизма, позволяющий оценить значимость отдельных видов как по биомассе, так и по численности особей:

$$M = KN^{0.25}B^{0.75},$$

где N – численность организмов; В – биомасса; К – таксоноспецифический коэффициент удельной интенсивности метаболизма (Алимов, 1979; Экосистемы ..., 1990; Денисенко и др., 2006).

При оценке биогеографического состава многощетинковых червей мы пользовались классификацией ареалов полихет предложенной И.А. Жирковым (2001). Классификация построена на основании трехмерной геометрии ареала (север–юг, восток–запад, глубина). В название типа ареала входят два определения, первое из которых характеризует географическое распространение вида (панарктический, атлантический, тихоокеанский), второе – распространение по глубине (мелководный, шельфовый, глубоководный).

Трофическая классификация многощетинковых червей приведена по работе А.П. Кузнецова (1980).

Следуя методике, предложенной Е.А. Фроловой (Влияние ..., 2007), при анализе корреляции многолетних изменений биомассы с температурными изменениями для уменьшения статистической погрешности данные по биомассе, были усреднены на участке от 71°30' до 74°00' с. ш., характеризующимся сходством видового состава и количественных характеристик многощетинковых червей. Проводили несколько расчетов коэффициентов корреляции, при которых ряд температурных изменений каждый раз сдвигался на год вперед. Временем запаздывания ответной реакции полихет на климатические колебания считали количество лет, на которое “сдвинули” температурный ряд для получения максимального коэффициента корреляции.

Результаты. В результате таксономического анализа проб идентифицирован 241 таксон многощетинковых червей, принадлежащих к 35 семействам, из которых 176 определены до вида (О.С. Любина и др., настоящее издание).

Наибольшим количеством видов на разрезе “Кольский меридиан” представлены семейства Maldanidae (28), Terebellidae (26) и Ampharetidae (17). Наиболее широко распространены на станциях разреза *Paramphinoe jeffreysii* (97 %), *Maldane sarsi* (94 %), *Galathowenia oculata* (93 %), *Cirratulidae* g. sp. (92 %), *Heteromastus filiformis* (88 %). Достаточно часто регистрировали *Terebellides stroemi*, *Cirrophorus branchiatus*, *Levinsenia gracilis*, *Spiochaetopterus typicus*, *Aglaophamus malmgreni*. К редким (встреченным один раз) относятся 65 видов.

Видовая плотность полихет колеблется от 23 до 65 видов, в среднем составляя 42.4 ± 1 видов (рис. 2). Наибольшая видовая плотность наблюдалась на ст. 2 в 2003 г., наименьшая – на станциях 9, 10 в 1997 г. В районе прибрежной ст. 1 максимальная видовая плотность была зарегистрирована в 2010 г., в районе ст. 2 – в 2003 г., в зоне основной ветви Мурманского течения (станции 3, 4, 5) – в 2000 г., в северной части разреза (начиная со ст. 6) – в 2001–2003 гг. Усредненная за весь период наблюдений видовая плотность была наибольшей в районе ст. 2.

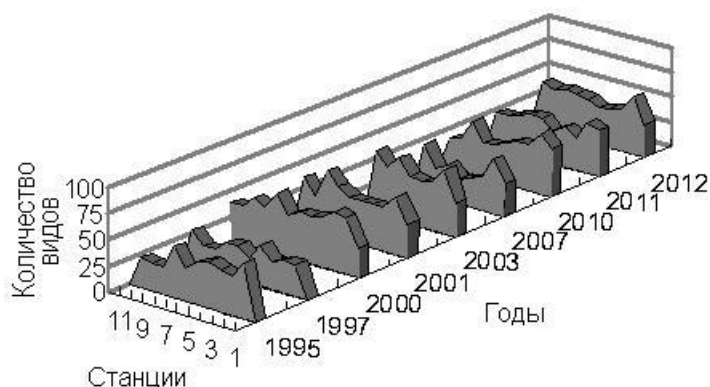


Рис. 2. Распределение количества видов полихет в разные годы исследований на разрезе “Кольский меридиан”

Фауна Баренцева моря складывается из форм умеренных вод (бореальных), холодноводных (арктических) и относительно эвритермных (бореально-арктических) видов. В юго-западной части Баренцева моря проходит граница арктической и бореальной областей, что определенным образом сказывается на соотношении между биогеографическими группами (Дерюгин, 1924; Филатова, 1938; Броцкая, Зенкевич, 1939; Несис, 1960).

На разрезе “Кольский меридиан” преобладают бореально-арктические виды полихет, их доля составляет 58 % (рис. 3). Количество бореальных видов (24 %) преобладает над арктическими (15 %). В частности, отмечено значительное преобладание бореальных видов над арктическими в южной части разреза. На первых пяти станциях бореальные виды составляют от 14 до 18 %. Доля арктических видов колеблется от 7 до 12 %, незначительно возрастая в северной части разреза (рис. 4).

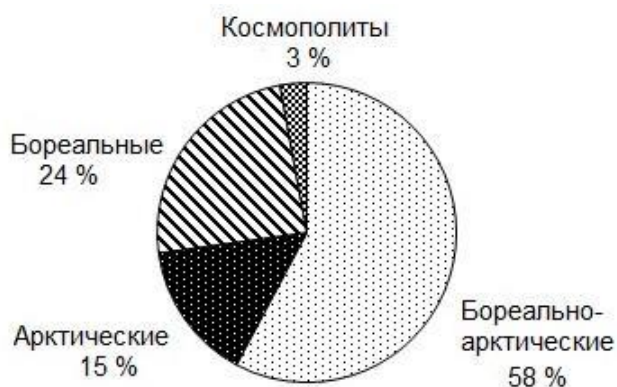


Рис. 3. Соотношение биогеографических групп полихет на разрезе “Кольский меридиан” (без учета видов неясного биогеографического положения)

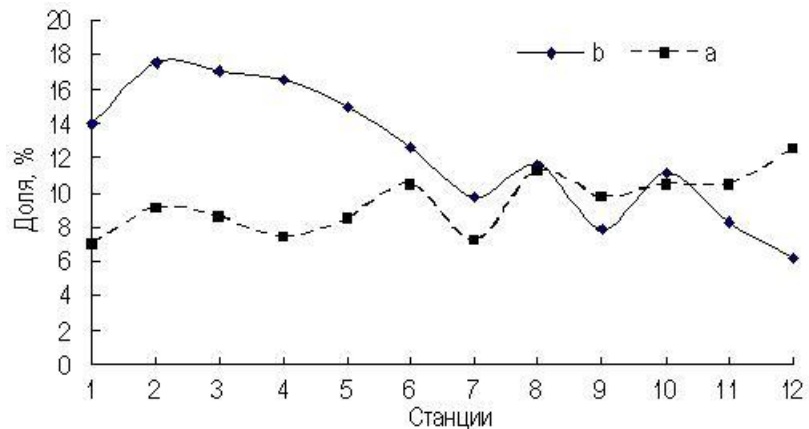


Рис. 4. Распределение бореальных (b) и арктических (a) видов по станциям разреза “Кольский меридиан”

Количество бореальных видов заметно увеличилось с 2003 г.: *Amphitrite gray* было зарегистрировано в 2012 г., *Clymenura borealis* в 2007–2012 гг., *Diplocirrus glaucus* – в 2003 и 2007 гг., *Filograna implexa* – в 2007–2011 гг. С 2007 года отмечено появление *Harmothoe fratherthomsoni*, *Nicolea venustula*, *Pista cristata*. Большая часть видов была зарегистрирована на ст. 2, в районе прохождения прибрежной ветви Мурманского течения.

Результаты исследований в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 гг. на разрезе показали, что биомасса полихет на станциях колебалась от 1.8 до 172 г/м², в среднем составляя 26.5±3 г/м² (рис. 5). Минимальное значение отмечено на ст. 4 в таксоцоне *Maldane sarsi* на глубине 225 м на глинистом иле с гравием в 1995 г., максимальное – на ст. 10 в таксоцоне *Spiochaetopterus typicus* на глубине 325 м в 2011 г.

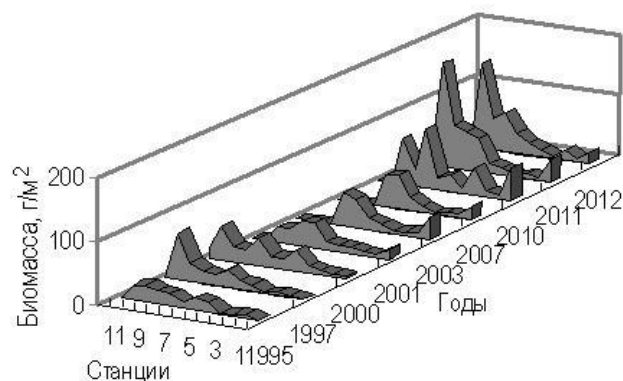


Рис. 5. Распределение биомассы полихет в разные годы исследований на разрезе “Кольский меридиан”

На выходе из Кольского залива (ст. 1) на глубине 250–270 м на илистом песке с течением времени наблюдается смена доминирующего вида. В 2000 году среди полихет по биомассе доминировали Lumbrineridae, а с 2001 по 2010 гг. преобладал *Spiochaetopterus typicus*, которого в 2011 г. сменил *Asychis biceps*, а в 2012 г. – *Maldane sarsi*. Биомасса при этом возрастала и достигла максимума в 2010 г.

В прибрежной части разреза (ст. 2) на глубине 138–155 м на илистом песке с галькой и камнями, с преобладанием губочных спикул отмечена низкая биомасса полихет, в основном не более 8 г/м². В разные годы по биомассе здесь доминировали *Goniada* sp., *Harmothoe* sp., *Terebellides stroemi*, *Laonice cirrata*, *Chone murmanica*, Polynoidae, *Filograna implexa*, *Chone* sp., Lumbrineridae.

Станции разреза 3, 4 и 5 выполнены в зоне основной ветви Мурманского течения на глубине от 211 до 280 м на илистых грунтах

с глиной. Средняя биомасса постепенно увеличивается в северном направлении. Здесь доминируют представители сем. Maldanidae, в основном *Maldane sarsi*, хотя среди доминантов встречаются *Terebellides stroemi*, *Nicomache lumbricalis*, *Praxillella gracilis*, а в 2010–2012 гг. – бореальные виды *Filograna implexa*, *Asychis biceps*, *Amphitrite grayi*. На станции 5, кроме *Maldane sarsi*, доминирует *Spiochaetopterus typicus*, который на более северных станциях уже становится основным доминантом.

Самый обширный северный район, расположенный в зоне влияния центральной ветви Нордкапского течения, включает станции 6–10 разреза, выполненные на глубине от 210 до 340 м на илистых грунтах с глиной. Здесь по биомассе с 1995 по 2012 гг. преобладали многощетинковые черви *Spiochaetopterus typicus*, за счет которых были зафиксированы наибольшие биомассы полихет.

В составе общей биомассы многощетинковых червей ведущая роль принадлежит собирающему детритофагу *Spiochaetopterus typicus*, одному из наиболее массовых видов полихет Северного Ледовитого океана (Жирков, 2001). Доля *S. typicus* в общей биомассе по станциям составляет от 2 до 94 %. Биомасса *S. typicus* увеличивается с юга на север и варьирует от 0.002 до 146 г/м² (рис. 6). Наибольшее развитие *S. typicus* получает в северной части разреза – на границе теплых и холодных течений. Низкие значения биомассы (0.01–5.5 г/м²) и плотности поселения (2–8 экз/м²) *S. typicus* отмечены на станциях 1 и 2.

Кроме доминирующих видов, наиболее значимыми по биомассе среди многощетинковых червей на разрезе “Кольский меридиан” являются *Praxillella gracilis*, *Aglaophamus malmgreni*, *Laonice cirrata*, *Nephtys ciliata*, *Asychis biceps*, *Lumbrineris fragilis*, *Lumbrineris* sp.

Плотность поселения полихет на разрезе “Кольский меридиан” в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 гг. варьировала от 188 до 11882 экз/м², составляя в среднем 1563±146 экз/м² (рис. 7). Высокая плотность поселения многощетинковых червей отмечена

в центральной части разреза на ст. 4 на глубине 221 м на илисто-песчаных грунтах в таксоцене *Filograna implexa* в 2010 г. – 11882 экз/м² (табл. 1), а также в прибрежной части разреза на ст. 2 на илисто-глинистых грунтах со спикулами губок на глубине 144 м в таксоцене *Chone murmanica* в 2003 г. – 4850 экз/м². На станции 2 в 2007 г. была зарегистрирована и самая низкая плотность поселения. На станции 1 на глубине 250–270 м на илистом песке во все годы исследований доминировала по плотности поселения *Maldane sarsi*; с 2007 г. отмечается увеличение этого показателя, и в 2011 г. он достигает максимума – 1946 экз/м².

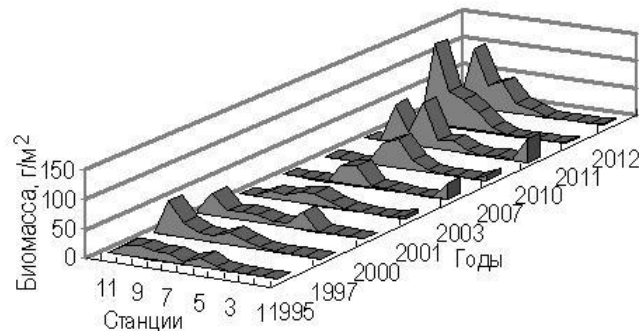


Рис. 6. Распределение биомассы *S. typicus* в разные годы исследований на разрезе “Кольский меридиан”

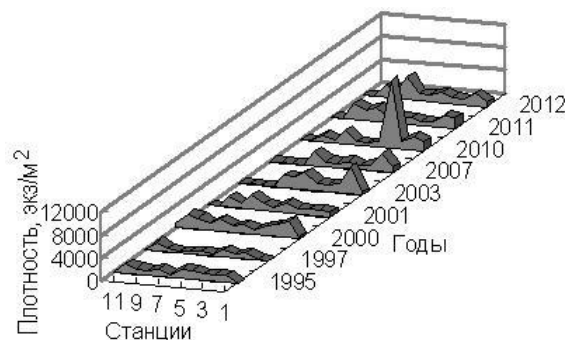


Рис. 7. Распределение плотности поселения полихет в разные годы исследований на разрезе “Кольский меридиан”

На станции 2 на глубине 138–155 м на илистом песке с галькой и камнями, с преобладанием губочных спикул по плотности поселения устойчиво доминируют мелкие сабеллиды рода *Chone*, хотя в 2007 и 2010 гг. преобладал бореальный вид *Filograna implexa*.

В зоне основной ветви Мурманского течения (станции 3, 4, 5) на глубине от 211 до 280 м на илистых с глиной грунтах по плотности поселения доминирует *Maldane sarsi*, изредка уступая овениидам *Galathowenia oculata* и *Myriochele heeri*, а в 2010 г. – бореальному виду *Filograna implexa*.

В северном районе (станции 6–10) в зоне влияния центральной ветви Нордкапского течения на глубине от 210 до 340 м на илистых с глиной грунтах с 1995 по 2012 гг. по плотности поселения преобладали многощетинковые черви *Spiochaetopterus typicus*. Изредка они уступали первенство *Galathowenia oculata* и *Heteromastus filiformis*.

Трофическая структура полихет представлена всеми группами. Большинство видов полихет, обитающих в районе разреза, являются собирающими детритофагами (38 %), плотоядными (31 %) и безвыборочно поглощающими грунт (23 %). Наименьшим количеством видов представлены сестонофаги (8 %).

Важными факторами, влияющими на соотношение трофических групп, являются глубина и тип донного осадка (Кузнецов, 1970).

Доля детритофагов в биомассе полихет увеличивается с глубиной обитания и достигает максимума на 280–330 м (рис. 8). Биомасса собирающих детритофагов увеличивается с глубиной за счет доминирующего вида *Spiochaetopterus typicus*. Доля плотоядных полихет уменьшается с увеличением глубины, а доля сестонофагов в общей биомассе полихет очень низка на всех глубинах, лишь в прибрежной части разреза “Кольский меридиан”, находящейся под воздействием постоянного сильного Мурманского течения (район интенсивной гидродинамики), возрастает до 12 %.

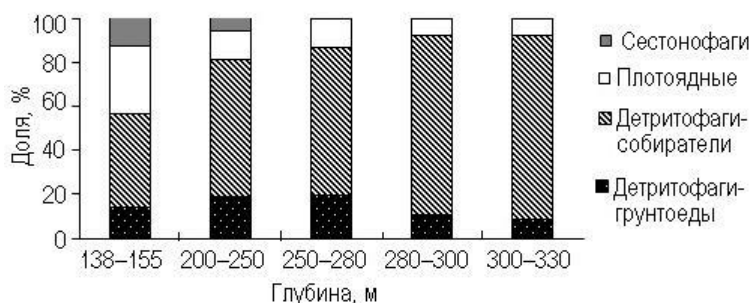


Рис. 8. Распределение биомассы трофических групп полихет по глубинам на разрезе “Кольский меридиан”

Анализ распределения биомассы трофических групп в зависимости от характера грунта показывает, что полихеты встречаются на всех типах грунта (рис. 9). Максимум в общей биомассе характерен детритофагам на илисто-глинистых и илисто-песчаных грунтах. Доля плотоядных полихет в биомассе возрастает на илисто-глинистых грунтах с примесью песка, камней и спикул губок, а для сестонофагов она низка на всех грунтах. Следует отметить, что в прибрежной части разреза с интенсивной гидродинамикой доля сестонофагов увеличивается.



Рис. 9. Распределение биомассы полихет в зависимости от типа донных осадков на разрезе “Кольский меридиан”

Фаунистические комплексы сообществ полихет. Кластерный анализ позволил выделить в исследованном районе три фаунистических комплекса, распределение которых связано с гидрологическими условиями, типом донных осадков и геоморфологическим строением дна (рис. 10).

Своеобразный гидрологический режим, мозаичность грунтов и глубины в прибрежной части разреза обуславливают разнообразие и богатство донного населения. Илистые пески этого участка (ст. 2) сильно перемешаны со спикулами губок, в результате чего образуется “спонгиозо-спикуловый” грунт (Филатова, 1938). Здесь, в районе влияния теплого Мурманского прибрежного течения, на глубине от 138 до 155 м отмечен прибрежный фаунистический комплекс А с доминированием сестонофагов *Chone murmanica* (2000, 2003 гг.), *Chone* sp. (1995, 2011 гг.), *Filograna implexa* (2007, 2010 гг.) и плотоядных полихет *Harmothoe* sp. (1997 г.), *Lumbrineris* sp. (2001, 2012 гг.). Комплекс характеризуется высокой плотностью поселения (2505 ± 420 экз/м²), высоким видовым разнообразием (60 ± 1.5 видов/м²) и минимальной средней биомассой (5.5 ± 0.5 г/м²). В биогеографическом составе доминируют бореально-арктические виды – 70 %, доля бореальных видов максимальна для всего района исследований – 17 %, арктические виды составляют 9 %, космополиты 2 %.

Фаунистический комплекс Б с доминированием *Maldane sarsi* приурочен к илисто-глинистым, илисто-песчаным грунтам (станции 1, 3, 4, 5; 69°30'–71°30' с. ш.) на глубине от 240 до 280 м. Комплекс характеризуется невысокой биомассой (10 ± 1.3 г/м²), средней плотностью поселения (1175 ± 80 экз/м²), умеренным видовым разнообразием (40 ± 1.5 видов/м²). Доминирующий вид *Maldane sarsi* преобладает по доле интенсивности метаболизма, биомассе и плотности поселения (максимальная биомасса – 9 г/м², плотность поселения – 1006 экз/м²). Субдоминантом по биомассе и доле интенсивности метаболизма выступает *Spiochaetopterus typicus*, а по численности – *Lumbrineris* sp., *Myriochele heeri*. В биогеографическом составе преобладают бореально-арктические виды – 69 %, доля бореальных видов составляет 16 %, арктических – 9 %, космополитов – 6 %.

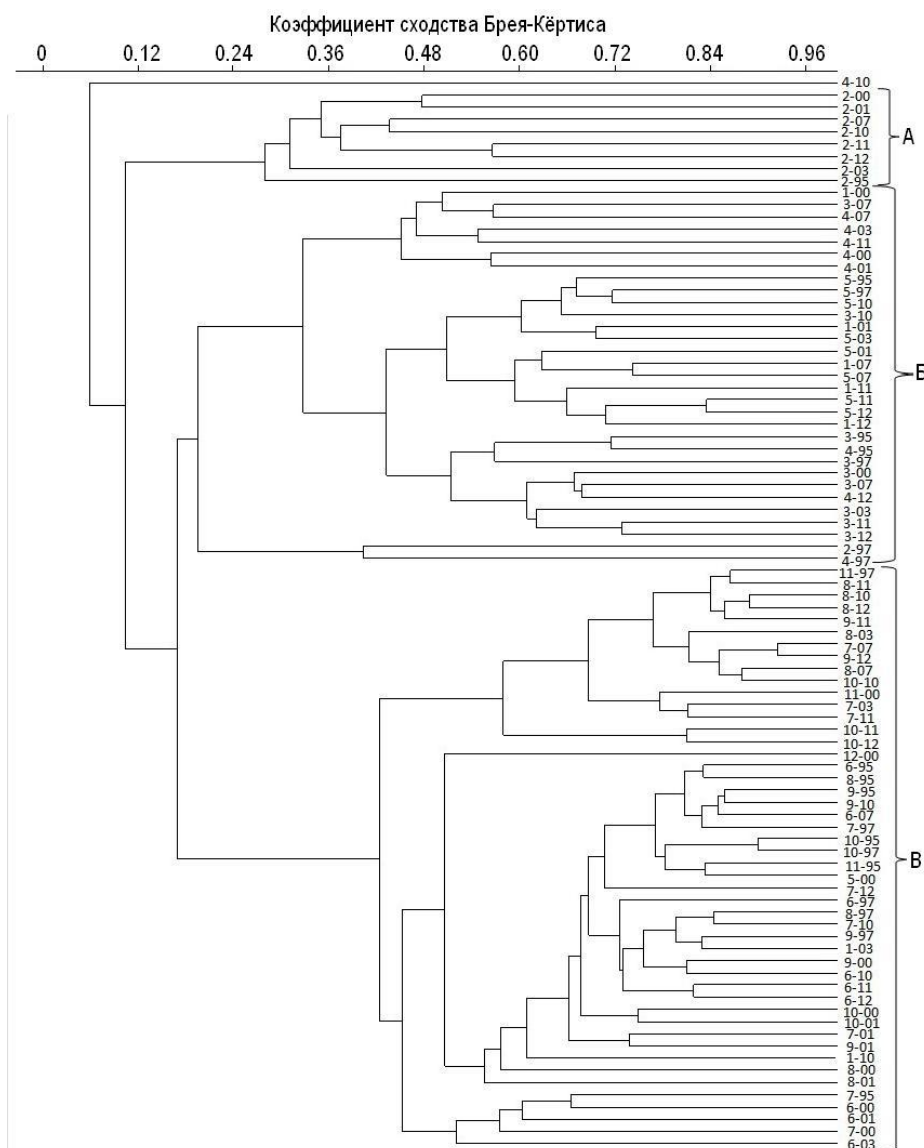


Рис. 10. Дендрограмма сходства видового состава полихет на станциях разреза “Кольский меридиан”:

А – прибрежный фаунистический комплекс, Б – комплекс с доминированием *Maldane sarsi*, В – комплекс с доминированием *Spiochaetopterus typicus*

Фаунистический комплекс В с доминированием *Spiochaetopterus typicus* (станции 6–12; 72°00’–75°00’ с. ш.; исключение – ст. 1 в 2003 и 2010 гг.) обнаружен на илесто-глинистых грунтах с примесью песка, гравия и камней на глубине от 211 до 325 м (исключение – ст. 12 в 2000 г. на глубине 149 м). Доминирующее положение в этом комплексе по всем количественным характеристикам занимает полихета *Spiochaetopterus typicus*. Комплекс отличается умеренным видовым разнообразием (42 ± 1.5 видов/м²), плотностью поселения (1440 ± 180 экз/м²), средние

значения биомассы ($40 \pm 4.5 \text{ г/м}^2$) максимальны для всего района исследований. Высокая биомасса многощетинковых червей в данном комплексе обусловлена за счет поселений *Spiochaetopterus typicus*, на долю которого приходится 73 % общей биомассы. Максимальная биомасса данного вида составляет 146 г/м^2 , плотность поселения – 1872 экз/м^2 . По численности, кроме *Spiochaetopterus typicus*, доминируют *Galathowenia oculata*, *Heteromastus filiformis*. В биогеографической структуре преобладают бореально-арктические виды (73 %), по сравнению с предыдущим комплексом отмечено снижение доли бореальных видов (12 %), доля арктических видов (9 %) и космополитов (6 %) остается на прежнем уровне.

Многолетние изменения в распределении сообществ полихет. «Климатический феномен первой половины XX в., известный как “потепление Арктики”, проявился в повышении температуры на побережьях и островах, сокращении сезонного ледяного покрова в арктических морях. ...На Кольском разрезе были отмечены две волны потепления с аномалиями температуры до $+1.0 \text{ }^\circ\text{C}$ в начале 1920-х гг. и на протяжении большей части следующего десятилетия. ...Новая тенденция к потеплению в арктических морях наметилась в конце 80-х годов прошлого столетия. В начале XXI в. продолжала нарастать адвекция Северо-Атлантического течения...» (Гидробиологические ..., 2011, с. 56–57).

По тепловому содержанию вод в слое 0–200 м с 1995 по 2012 гг. на разрезе “Кольский меридиан” период оценивается как теплый, и характеризуется положительными температурными аномалиями воды. Лишь в 1996–1998 гг. отмечено кратковременное похолодание, с отрицательными температурными аномалиями (рис. 11). В Баренцевом море теплая аномалия в водном слое 0–200 м достигла пика в 2006 и 2012 гг. (Matishov et al., 2009; Карсаков, 2009; Гидробиологические ..., 2011; <http://www.pinro.ru>).

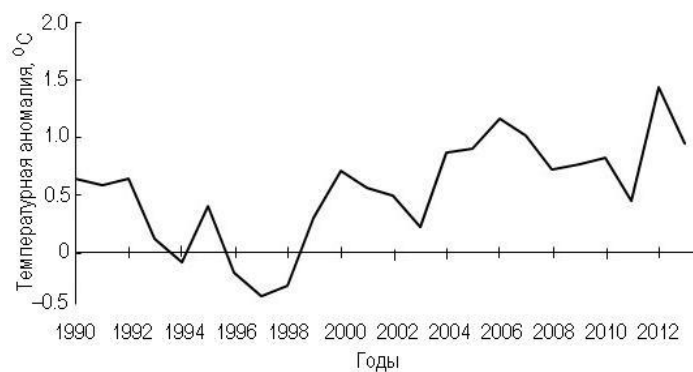


Рис. 11. Средневзвешенные аномалии температуры воды на разрезе “Кольский меридиан” в слое 0–200 м (станции 3–7) (<http://www.pinro.ru>)

Климатические флуктуации влияют на видовой состав и количественные характеристики донной фауны. Так, в прибрежной (ст. 2) и центральной (ст. 4) части “Кольского разреза” в 2007 и 2010 гг. отмечена смена доминирующих видов. На станции 2 в 2007, 2010 гг. и на ст. 4 в 2010 г. вместо бореально-арктических видов доминирует бореальный *Filograna implexa* (табл. 1).

Полученные нами результаты количественных характеристик сообществ полихет были сопоставлены с аномалиями среднегодовых температур воды на разрезе “Кольский меридиан” в слое 0–200 м. Изменения количественных характеристик многощетинковых червей (табл. 2) с некоторым запаздыванием соответствуют графику среднегодовых температур. Минимальные значения биомассы сообществ полихет отмечены в 1995 и 1997 гг. В теплом 2010 г. биомасса полихет достигла максимальных значений. Численность сообществ полихет изменялась в широком диапазоне. Максимальные показатели плотности поселения сообществ полихет отмечены в 2010 гг., значительное снижение обилия организмов выявлено в холодном 1997 г. В теплом 2000 г. происходит увеличение значений всех количественных характеристик, максимальные показатели отмечаются в 2010 г., а для видовой плотности максимальные значения были характерны в 2003 г.

Т а б л и ц а 2

**Количественные показатели сообществ полихет на участке
от 70°00' до 73°00' с. ш. разреза “Кольский меридиан”
в разные годы исследований**

Год	Средняя биомасса, г/м ²	Средняя численность, экз/м ²	Количество видов
1995	10.3±3.0	1275±140	88
1997	11.2±3.4	720±150	75
2000	19.7±5.4	1935±280	112
2001	16.8±6.0	1375±250	103
2003	21.1±7.7	2303±485	122
2007	22.4±8.2	1501±340	81
2010	31.5±12.5	2800±1540	118
2011	22.9±9.6	1400±260	86
2012	23.3±8.0	1691±390	94

Однако структура донных сообществ, отражает состояние климата не на момент отбора проб, а с некоторой задержкой, что значительно усложняет интерпретацию данных.

Ранее нами предпринимались попытки проследить влияние климатических изменений на структуру сообществ и количественные характеристики бентоса (Влияние ..., 2007; Дикаева, 2010б; Предварительные ..., 2013). В частности, были получены положительные корреляции с температурными аномалиями (с определенным запаздыванием)

для биомассы массовых видов многощетинковых червей *Spiochaetopterus typicus*, *Maldane sarsi* и отрицательные корреляции для биомассы *Aglaophamus malmgreni*. Однако с увеличением ряда наблюдений (табл. 3) можно проверить полученные ранее результаты (табл. 4).

Т а б л и ц а 3

Средняя биомасса полихет на участке от 71°30' до 74°00' с. ш. разреза “Кольский меридиан”, г/м²

Виды	1995 г.	1997 г.	2000 г.	2001 г.	2003 г.	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
<i>P. hyperborea</i>	0.19	0.30	0.44	0.45	0.93	0.21	–	0.41	0.14
<i>A. malmgreni</i>	0.79	0.92	1.62	1.42	1.69	0.78	0.74	1.11	0.61
<i>S. typicus</i>	12.12	13.99	13.87	12.12	19.71	28.05	35.33	51.74	39.09
<i>M. sarsi</i>	0.61	0.82	0.71	0.78	1.21	1.29	0.88	1.94	1.71
Арктические	0.12	0.15	0.32	0.29	0.31	0.12	0.09	0.19	0.18
Бореально-арктические	18.01	18.97	23.11	23.81	31.75	33.29	43.04	64.35	53.69

Т а б л и ц а 4

Корреляция средней биомассы полихет на участке от 71°30' до 74°00' с. ш. разреза “Кольский меридиан” с аномалиями среднегодовой температуры воды в слое 0–200 м основной ветви Мурманского течения

Виды	Биогеографическая характеристика	Коэффициент корреляции	Запаздывание, количество лет
<i>P. hyperborea</i>	a	–0.79	6
<i>A. malmgreni</i>	b-a	–0.85	6
<i>S. typicus</i>	b-a	0.77	4
<i>M. sarsi</i>	st-b-a	0.82	7
Арктические		–0.71	6
Бореально-арктические		0.71	4

ПРИМЕЧАНИЕ. a – арктические, b-a – бореально-арктические, st-b-a – субтропическо-бореально-арктические.

Известно, что в центральной части Баренцева моря биомасса и плотность поселения бентоса подвержены влиянию активного тралового промысла (Матишов, Павлова, 1990; Денисенко, 2007). Отделить воздействие на сообщество полихет антропогенных факторов от природных практически невозможно, поэтому более точным способом оценки климатической изменчивости полихет может служить подход К.Н. Несиса (1960). В качестве показателя реакции донных сообществ на изменение теплосодержания вод на разрезе “Кольский меридиан” К.Н. Несис предложил использовать соотношение количества бореальных и арктических видов животных, встреченных на каждой станции. Причиной выбора соотношения количества видов, а не их биомасс было использование качественных орудий лова (трал Сигсби) (Несис, 1960).

Мы применили методику К.Н. Несиса к группе полихет. На станциях 2–8 разреза “Кольский меридиан” для каждого года исследований были подсчитаны средние значения доли бореальных и арктических видов полихет (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Средняя доля бореальных и арктических видов полихет на участке от 70°00' до 73°00' с. ш. разреза “Кольский меридиан”, %

Виды	1995 г.	1997 г.	2000 г.	2001 г.	2003 г.	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Бореальные	21.21	14.55	14.77	13.75	19.79	15.94	18.95	22.54	20.25
Арктические	10.61	12.73	12.50	15.00	12.50	7.25	11.58	9.86	10.13
Соотношение бореальных и арктических	2.00	1.14	1.18	0.92	1.58	2.20	1.64	2.29	2.00

Доля бореальных и арктических видов полихет на разрезе “Кольский меридиан” изменяется по годам. Исследование их корреляции с температурным режимом вод на шельфе показало, что реакция видов разных биогеографических групп имеет противоположный вектор и отличается временем задержки (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Коэффициенты корреляции доли бореальных и арктических видов полихет с аномалиями температуры воды Мурманского течения

Виды	Время задержки реакции, количество лет					
	0	1	2	3	4	5
Бореальные	0.18	0.04	0.45	0.74	0.83	0.49
Арктические	-0.46	-0.40	0.22	-0.70	-0.50	-0.56
Соотношение бореальных и арктических	0.42	0.36	0.68	0.83	0.70	0.59

Итак, доля бореальных видов полихет при потеплении увеличивается через 3–4 года, а доля арктических видов уменьшается через 3 года. Соотношение количества бореальных и арктических видов имеет максимальный положительный коэффициент корреляции с задержкой 3 года.

Распределение сообществ полихет на разрезе “Кольский меридиан” по архивным данным ПИНРО 1927–1969 гг. В результате анализа архивных данных, собранных в экспедициях с 1927 по 1969 гг., был отмечен 101 таксон полихет, принадлежащих к 11 семействам.

Количество видов на станциях колебалось от 1 до 24, в среднем – 6.5 ± 0.4 видов/станции.

Биомасса сообществ полихет с 1927 по 1969 гг. варьировала от 0.034 (ст. 18 – 1969 г.) до 105.2 г/м² (ст. 1 – 1968 г.), в среднем составляя 15.4±1.8 г/м². По биомассе на станциях доминировал *Spiochaetopterus typicus*.

Плотность поселения полихет колебалась от 1 (ст. 1 – 1950 г.) до 3458 экз/м² (ст. 13 – 1947 г.), в среднем составляя 192.3±40 экз/м². Высокие значения плотности поселения отмечены в 1947–1948 гг. (2777–5704 экз/м²).

По архивным данным 1927–1969 гг. была проанализирована структура сообществ полихет на станциях 1–12.

На станции 1 значения биомассы колебались от 0.1 (1968 г.) до 105.2 г/м² (1968 г.), в среднем составляя 23.4±6 г/м². По доле интенсивности метаболизма и биомассе доминировали *Filograna implexa*, *Maldane sarsi*, *Spiochaetopterus typicus*.

На станции 2 биомасса варьировала от 0.05 (1968 г.) до 6.3 г/м² (1948 г.), в среднем – 2.8 г/м². По доле интенсивности метаболизма и биомассе доминировали *Placostegus tridentatus*, *Protula tubularia*, *Glycinde nordmanni*.

В центральной части разреза (станции 3–5) биомасса полихет колеблется от 0.3 (ст. 3 – 1968 г.) до 22.4 г/м² (ст. 3 – 1934 г.), в среднем – 10±1.8 г/м². По доле интенсивности метаболизма и биомассе доминировал *Spiochaetopterus typicus*.

В северной части разреза (станции 6–12) отмечено увеличение биомассы сообществ полихет от 0.24 до 63 г/м², в среднем – 19.0±3.5 г/м². Увеличение биомассы происходит за счет доминирующего вида *Spiochaetopterus typicus*, доля в общей биомассе которого составляет от 2 до 96 %.

Обсуждение. В результате проведенных исследований идентифицирован 241 таксон многощетинковых червей, из которых 176 определены до вида, тогда как в начале прошлого века, по данным К.М. Дерюгина (1924), на разрезе “Кольский меридиан” отмечено всего 53 таксона полихет, а по архивным данным ПИНРО (1927–1969 гг.) – 101 таксон. Значительное увеличение фаунистического состава многощетинковых червей, вероятно, связано с переходом в современных исследованиях на другое орудие лова, а также с изменениями в систематике.

Анализ полученных результатов показал, что особенности распределения многощетинковых червей на разрезе “Кольский меридиан” находятся в прямой зависимости от условий среды.

Вдоль разреза расположены три фаунистических комплекса, различие в видовом составе которых обусловлено типом донных осадков, глубиной и наличием водных масс различного происхождения.

Прибрежный, относительно мелководный район ст. 2 отличается низкими значениями биомассы и отсутствием постоянного доминанта за весь период исследований, в то время как в других районах можно выделить 1–2 вида, которые вносят основной вклад в биомассу. В.Е. Стрельцов (1966) отмечает, что мелководная прибрежная область с плотными грунтами характеризуется меньшей дифференциацией в отношении источников питания полихет, чем более глубоководная область с мягкими грунтами, что не позволяет ни одному виду получить здесь серьезного преобладания в конкурентной борьбе за пищу. Следует отметить влияние на донные сообщества в данном районе камчатского краба (Павлова 2008; Дворецкий, 2012). Ранее в ходе исследований донной фауны Мотовского залива было выявлено влияние активного хищничества камчатского краба на динамику биомассы полихет (Вязникова, 2009).

Нестабильность видового состава сообществ полихет на ст. 2 обусловлена гидрологическим режимом и высокой амплитудой внутригодовой изменчивости температуры воды. Даже в самые холодные годы здесь единично отмечаются высокие температуры (более 5 °С) (Карсаков, 2009). Данный район характеризуется достаточно высоким видовым разнообразием и преобладанием бореальных видов. “Теплые водные массы Прибрежного течения, поступающие с запада, на этом участке разреза проходят у дна, что позволяет многим тепловодным видам ассимилироваться здесь” (Предварительные ..., 2013, с. 221). Бореальные виды находят здесь оптимальные условия, при которых они живут и размножаются. Появление на ст. 2 в качестве доминанта бореального вида *Filograna implexa* в 2007 и 2010 гг., а также на ст. 4 в 2010 г., вероятно, связано с предшествующим теплым периодом с аномально высокими показателями теплосодержания вод в 2006 г.

Комплексы с доминированием детритофагов *Maldane sarsi* и *Spiochaetopterus typicus* приурочены к глубоководным центральным и северным участкам разреза с илисто-песчаными и илисто-глинистыми грунтами. С увеличением глубины и преобладанием илисто-песчаного грунта, где процесс оседания взвеси преобладает над ее переносом, созданы благоприятные условия для развития детритофагов (Кузнецов, 1970; Жирков, 2010), что приводит к увеличению биомассы, которая достигает максимума в северной части разреза, за счет доминирующего вида *Spiochaetopterus typicus*. Необходимо отметить достаточную стабильность данных сообществ во времени, что, вероятно, связано с глубоководностью этого района а, следовательно, постоянством гидрологических условий и минимальными колебаниями температуры воды (Карсаков, 2009).

Распределение видовых комплексов полихет в исследуемом районе аналогично общей схеме смены видовых комплексов зообентоса (Предварительные ..., 2013).

Биогеографический состав полихет отражает особенности гидрологического режима на разрезе “Кольский меридиан”. Здесь преобладают бореально-арктические виды полихет, которые могут существовать в широком диапазоне температур. Отмечено большое количество бореальных видов, что обусловлено биогеографическим положением и свидетельствует о значительном влиянии теплых атлантических вод на исследуемом участке моря.

Изменение количества бореальных и арктических видов, общей биомассы и биомассы доминирующих видов полихет на разрезе “Кольский меридиан” обусловлены климатическими флуктуациями. Установленное время запаздывания реакции биомассы доминирующих видов полихет (от 4 до 7 лет) на изменение температуры воды не противоречит предшествующим результатам (Влияние ..., 2007; Денисенко, 2008; Дикаева, 2010б; Гидробиологические ..., 2011). Факт запаздывания изменения биомассы при наступлении неблагоприятных условий может быть обусловлен различием их влияния на молодь и поколения, обеспечивающие кульминацию биомассы. Только что появившаяся молодь является наиболее уязвимой частью популяции, и гибель ее в неблагоприятный год отразится на биомассе вида лишь через определенное время. Высокий процент выживаемости молоди в наиболее благоприятные годы обеспечивает в дальнейшем прирост биомассы (Денисенко, 2006; Влияние ..., 2007). Отрицательную корреляцию биомассы *A. malmgreni* можно объяснить его принадлежностью к трофической группе плотоядных, для которых в холодные годы улучшаются условия питания за счет массовой гибели молоди бореально-арктических видов. Исследование корреляции бореальных и арктических видов с температурным режимом вод показало, что реакция видов разных биогеографических групп имеет противоположный вектор и отличается задержкой в 3–4 года, что подтверждает выводы предыдущих исследований (Несис, 1960; Влияние ..., 2007; Гидробиологические ..., 2011).

Сравнение архивных и современных данных представляет определенный интерес, но в то же время вызывает сложности из-за разницы в методиках сбора и промывки проб. Оценка селективности сит с разным размером ячеек показала, что применение сит с ячейей более 1 мм (3, 5 мм), может привести к значительным потерям организмов макрозообентоса (П.А. Любин и др., настоящее издание).

Сравнивая современные результаты исследований с архивными данными ПИНРО можно отметить некоторые изменения в распределении сообществ полихет на разрезе “Кольский меридиан”.

Анализ показал увеличение биомассы с юга на север за счет доминирующего вида *Spiochaetopterus typicus*.

В прибрежной части разреза (ст. 2) отмечены низкие значения биомассы сообществ полихет. Вероятнее всего, на структуру и видовое

разнообразии донных сообществ в этом районе в большей степени оказывает влияние характер грунта (преобладание спикул) и особенности гидрологического режима.

В центральной части разреза (станции 3–5) биомасса не изменилась (в среднем – 10 г/м²). Однако, в северной части разреза отмечено увеличение биомассы в современный период (40.2 г/м²) по сравнению с данными 1927–1969 гг. (19.0 г/м²) за счет доминирующего вида *Spiochaetopterus typicus*. Вероятно, увеличение биомассы сообществ полихет связано с разной методикой сбора и обработки материала, а так же является следствием достаточно продолжительного теплого периода.

В структуре сообществ полихет отмечены некоторые изменения. На южных прибрежных станциях доминирующими видами по доле интенсивности метаболизма и биомассе остаются те же виды. На станции 1 в рассматриваемых периодах исследований доминировали *Maldane sarsi*, *Spiochaetopterus typicus*, на ст. 2 – разные виды при отсутствии постоянного доминанта.

Изменения в составе доминирующих видов отмечены в центральной части разреза, где в 1930–1968 гг. по доле интенсивности метаболизма и биомассе преобладал *Spiochaetopterus typicus*, в современный период доминирует полихета *Maldane sarsi*, а *Spiochaetopterus typicus* выступает субдоминантом. Данные изменения в составе доминирующих видов могут быть следствием разной методики сбора и обработки материала. Однако С.Г. Денисенко (2008) было отмечено, что такая смена доминирования между бореально-арктическими видами, а не бореальными и арктическими имеет место, потому, что большая часть разреза “Кольский меридиан” находится в переходной зоне между Атлантической бореальной и Арктической биогеографическими областями, где нет существенного преобладания ни бореальных, ни арктических видов. Взаимодействия этих видов были рассмотрены ранее и определены как трофическая конкуренция между детритофагами-собираателями и грунтоедомы (Вязникова, 2009). Следует отметить, что такое замещение доминантов возможно связано с различными стратегиями существования двух массовых видов полихет в Баренцевом море. Различия определяются характером размножения полихет. *Spiochaetopterus typicus* имеет планктонную личинку и более подвержен влиянию климатических флуктуаций, чем *Maldane sarsi*, которая способна к бесполому размножению в неблагоприятных условиях среды (Вязникова и др., 2015).

Заключение. Распределение сообществ полихет на разрезе “Кольский меридиан” обусловлено стабильными условиями обитания на больших глубинах и изменчивыми условиями в прибрежной части разреза. Крупные долгоживущие виды заменяются мелкими, способными быстро приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. Реакция сообществ полихет на изменение теплосодержания водных масс наиболее

заметно выражена в районе влияния прибрежной ветви Мурманского течения (ст. 2). Полученные результаты подтвердили зависимость изменения доли бореальных и арктических видов, общей биомассы и биомассы фонообразующих видов полихет на разрезе от изменения среднегодовой температуры воды (Влияние ..., 2007; Денисенко, 2008; Дикаева, 2010б; Гидробиологические ..., 2011). Основные доминирующие виды реагируют на гидрологические колебания с задержкой в несколько лет. Сравнение современных и архивных данных 1927–1968 гг. показало некоторые отличия в распределении сообществ полихет, что может быть связано с разной методикой отбора и обработки проб и влиянием природных и антропогенных факторов. Дальнейшие исследования на разрезе “Кольский меридиан” по единой методике сбора материала позволят проследить происходящие изменения в распределении сообществ полихет в результате колебаний факторов среды. Структура поселений полихет отражает тенденции развития донных сообществ в целом. Поэтому изменения, происходящие в данной таксономической группе, могут служить для оценки состояния всего бентоса.

Литература

Аверинцев В.Г., Сикорский А.В. Зообентос. Тип Annelida – кольчатые черви, класс Polychaeta – многощетинковые черви // Жизнь и условия существования в бентали Баренцева моря. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1986. С. 99–102.

Алимов А.Ф. Интенсивность обмена у водных пойкилотермных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 5–20.

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

Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов) / Е.А. Фролова, О.С. Любина, Д.Р. Дикаева и др. // Докл. РАН. 2007. Т. 416. № 1. С. 1–3.

Вязникова В.С. Исследование факторов, влияющих на динамику биомассы полихет *Spiochaetopterus typicus* и *Maldane sarsi* в Мотовском заливе // Материалы XXVII конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (Мурманск, май 2009 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2009. С. 32–36.

Вязникова В.С., Манушин И.Е., Фролова Е.А. Две стратегии существования полихет в Баренцевом море на примере *Spiochaetopterus typicus* и видов семейства Mairanidae // Материалы XVII научного семинара “Чтения памяти К.М. Дерюгина” (СПбГУ, 5.12.2014 г.). СПб., 2015. С. 52–68.

Галкин Ю.И. Колебания климата и количественные изменения бентоса в Баренцевом море // IV съезд ВГБО (г. Киев, 1–4 дек. 1981 г.): Тез. докл. Ч. 1. Киев: Наукова думка, 1981. С. 64–65.

Гидробиологические индикаторы циклических изменений климата Западной Арктики в XX–XXI веках / Г.Г. Матишов, Д.В. Моисеев, О.С. Любина и др. // Вестн. ЮНЦ РАН. 2011. Т. 7. № 2. С. 54–68.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). Выедание бентоса // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. № 1(49). С. 18–34.

Денисенко Н.В., Денисенко С.Г., Фролов А.А. Зообентос Горла Воронки Белого моря: структура и особенности распределения в прибрежье Кольского полуострова // Морские беспозвоночные Арктики, Антарктики и Субантарктики. СПб., 2006. С. 15–34.

Денисенко С.Г. Многолетние изменения зообентоса в Печорском море // Изв. РГО. 2006. Т. 138. Вып. 2. С. 37–48.

Денисенко С.Г. Зообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия // Динамика морских экосистем и проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 418–511.

Денисенко С.Г. Макрозообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия: Автореф. дис. ... докт. биол. наук (03.00.18). СПб., 2008. 46 с.

Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.) // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.

Дикаева Д.Р. Многолетние изменения полихет на разрезе “Кольский меридиан” (Баренцево море) в период климатических колебаний // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл. Междунар. науч. конф. (г. Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010а. С. 63–64.

Дикаева Д.Р. Влияние климатических изменений на распространение полихет вдоль разреза “Кольский меридиан” (Баренцево море) // Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08: Тез. докл. Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Е.К. Федорова (г. Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2010 г.). СПб.: Изд. ААНИИ, 2010б. С. 217–218.

Жирков И.А. Полихеты Северного Ледовитого океана. М.: Янус-К, 2001. 631 с.

Жирков И.А. Жизнь на дне. Био-экология и био-география бентоса. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 452 с.

Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 139 с.

Кузнецов А.П. Закономерности распределения пищевых группировок донных беспозвоночных в Баренцевом море // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1970. Т. 88. С. 5–80.

Кузнецов А.П. Экология донных сообществ Мирового океана. Трофическая структура. М.: Наука, 1980. 245 с.

Матишов Г.Г., Павлова Л.Г. Общая экология и палеогеография полярных океанов. Л.: Наука, 1990. 224 с.

Несис К.Н. Изменение донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима (на разрезе по “Кольскому меридиану”) // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М., 1960. С. 129–136.

Павлова Л.В. Влияние молодежи камчатского краба на прибрежные бентосные сообщества Баренцева моря: Дис. ... канд. биол. наук (25.00.28). Мурманск, 2008. 135 с.

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

Стрельцов В.Е. Количественное распределение многощетинковых червей (Polychaeta) в южной части Баренцева моря // Тр. ММБИ АН СССР. 1966. Т. 11(15). С. 71–72.

Филатова З.А. Количественный учет донной фауны юго-западной части Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1938. Вып. 2. С. 3–58.

Экосистемы Новосибирского мелководья и некоторые закономерности их распределения и функционирования / А.Н. Голиков, О.А. Скарлато, В.Г. Аверинцев и др. // Исследования фауны морей. Т. 37(45). Л.: Наука, 1990. С. 4–79.

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

Galkin Y.I. Long-term changes in the distribution of mollusks in the Barents Sea related to the climate // Berichte zur Polarforschung. 1998. Vol. 287. P. 100–143.

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

Matishov G., Matishov D., Moiseev D. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along Glacial Troughs // Oceanologia. 2009. Vol. 51(3). P. 293–312.

УДК 594.1–152.6 (268.45)

А.А. Фролов¹, И.Е. Манушин²

¹ Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

² Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ПОСЕЛЕНИЙ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Описано состояние поселений двустворчатых моллюсков и дана оценка влияния климатических факторов на качественный и количественный состав *Bivalvia* на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг. На 10 станциях разреза обнаружено 48 видов двустворчатых моллюсков, численность которых варьировала от 230 до 915 экз/м² (в среднем 490±75 экз/м²), а биомасса изменялась от 1.8 до 11.6 г/м² (в среднем 5.4±1 г/м²).

A.A. Frolov¹, I.E. Manushin²

¹Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

²Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

SPATIAL AND TEMPORAL STRUCTURE OF BIVALVES SETTLEMENTS ALONG THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

This article describe the status of the settlements of bivalves and evaluates the influence of climatic factors on the qualitative and quantitative composition Bivalvia in the transect “Kola Section” for the period 1995 to 2013. The species list contains 48 bivalves from 10 stations of the transect “Kola Section”. The number of bivalves ranged from 230 to 915 ind/m² (the average was 490±75 ind/m²) and biomass varied from 1.8 to 11.6 g/m² (the average was 5.4±1 g/m²).

Введение. Двустворчатые моллюски – важнейший компонент донной фауны. Несмотря на то, что по числу видов они уступают, например, полихетам или ракообразным, их биомасса может достигать 40 % и более от общей биомассы бентосных беспозвоночных (Месяцев, 1931; Филатова, 1957; Наумов, 2006; Фролов, 2009).

Первые сведения по донной фауне Баренцева моря, и в частности двустворчатым моллюскам, появились в работах С.М. Герценштейна (1885) и К.М. Дерюгина (1915). Первым исследованием, непосредственно начавшим мониторинг в Баренцевом море, стала работа К.М. Дерюгина (1924), посвященная фауне разреза “Кольский меридиан”.

Исследования баренцевоморских двустворчатых моллюсков проходили в основном при комплексном изучении зообентоса. Специализированными работами по Bivalvia являются монография И.И. Месяцева (1931) и кандидатская диссертация Т.В. Антиповой (1979). Биогеография двустворчатых моллюсков юго-западной и южной частей Баренцева моря представлена, соответственно, в работах В.И. Зацепина, З.А. Филатовой (1945) и В.И. Зацепина (1946). Распределение в евразийских арктических морях видов семейства Thyasiridae показано в статье Н.М. Милославской (1977). Значительный вклад в изучение баренцевоморской фауны моллюсков внес Ю.И. Галкин (Galkin, 1998).

Настоящая работа ставит перед собой цель описать состояние поселений двустворчатых моллюсков и дать оценку влияния климатических факторов на качественный и количественный состав Bivalvia на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг.

Материал и методы. Для анализа пространственно-временного распределения двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” был выбран период с 1995 по 2013 гг., т. е. отрезок времени, когда материал отбирался регулярно на одних и тех же станциях и практически по одной и той же методике. Очень важно то, что первичная сортировка проб зообентоса за этот период проводилась одним человеком,

а видовой состав двустворчатых моллюсков за указанные годы определен авторами данной работы.

При идентификации двустворчатых моллюсков использованы определители (Филатова, 1948; Наумов, 2006) и специализированные сайты (<http://eol.org>; <http://www.conchology.be/?t=1>; <http://www.marinespecies.org/index.php>). Названия отрядов, семейств, родов и видов приведены к современной систематике, согласно электронной базе WoRMS (<http://www.marinespecies.org/index.php>).

Анализ пространственного распределения моллюсков проводился по индексу рассеяния (Максимович, Погребов, 1986)

$$I_{\omega} = \frac{S^2}{\bar{x}}$$

где I_{ω} – индекс рассеяния, S^2 – дисперсия, \bar{x} – среднее арифметическое численности ($\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$, где $\sum x$ – сумма, n – объем выборки).

При $I_{\omega} > 1$ имеется тенденция к агрегированному распределению, если $I_{\omega} < 1$ – к регулярному распределению, а при $I_{\omega} = 1$ – распределение случайное.

Сходство видовой состава двустворчатых моллюсков определяли методом кластерного анализа с использованием коэффициента сходства Брея-Кёртиса (Bray, Curtis, 1957).

При определении биогеографического статуса моллюсков использовали информацию из следующих источников: З.А. Филатова (1948, 1957), Н.М. Милославская (1977), О.А. Скарлато (1981), A.G. Carey et al. (1984), “Моллюски Белого моря” (1987), A. Warén (1989), Distribution ... (1997), Ю.И. Кантор, А.В. Сысоев (2005), а также электронная база WoRMS (<http://www.marinespecies.org/index.php>).

Для выявления тенденций показателей обилия моллюсков в пространстве и во времени применялся метод регрессии, где значимость была определена по величине достоверности аппроксимации R^2 .

При исследовании соотношения количественных характеристик (обилие моллюсков и глубина, количество проб и размер промывочного сита) использовали линейную корреляцию, где показателем значимости являлся коэффициент r .

Для выявления комплексов доминирующих видов применяли модифицированный индекс плотности А (Арнольди, 1949) в модификации Г.Х. Щербины (1993), рассчитанный по формуле

$$A = \sqrt[3]{PNB}$$

где P – встречаемость, %; N – процентное отношение средней численности вида в анализируемой выборке проб к средней численности всего сообщества; B – процентное отношение средней биомассы вида в анализируемой выборке проб к средней биомассе всего сообщества. Доминирующими являлись виды, индекс плотности которых составлял 15 % и более.

“Холодные” или “теплые” периоды, периоды “положительных и отрицательных среднегодовых аномалий” температуры воды на разрезе “Кольский меридиан” определены согласно А.Л. Карсакову (2009).

Классификация моллюсков по предпочтению к теплым или холодным водам дана по литературным данным (Месяцев, 1931; Филатова, 1948, 1957; Наумов, 2006) и данным из электронной базы WoRMS.

Результаты. В ходе проведенных исследований с 1995 по 2013 гг. на 10 станциях разреза “Кольский меридиан” обнаружено 48 видов двустворчатых моллюсков из 21 семейства, относящихся к 11 отрядам. Наиболее богаты видами отряды Anomalodesmata и Nuculanoida (20 и 19 % всех видов), а также семейство Yoldiidae и род *Yoldiella*, куда входят 17 % видов (табл. 1, рис. 1).

Т а б л и ц а 1

**Видовой состав, частота встречаемости
и биогеографическая структура двустворчатых моллюсков
на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг.**

Вид	Статус	Годы										P, %
		1995	1997	2000	2001	2003	2007	2010	2011	2012	2013	
<i>Acanthocardia echinata</i> (Linnaeus, 1758)	b atl	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	10
<i>Astarte crenata</i> (Gray, 1824)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Astartidae</i> g. sp.*		-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	10
<i>Axinopsida orbiculata</i> (Sars G.O., 1878)	b-a ws	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Bathyarca glacialis</i> (Gray, 1824)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1835)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Bathyarca</i> sp.*		-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	20
<i>Chlamys islandica</i> (O.F. Müller, 1776)	b-a ws	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	20
<i>Ciliatocardium ciliatum</i> (Fabricius, 1780)	b-a atl	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	60
<i>Crenella decussata</i> (Montagu, 1808)	b-a ws	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100

Продолжение табл. 1

Вид	Статус	Годы										P, %
		1995	1997	2000	2001	2003	2007	2010	2011	2012	2013	
<i>Cuspidaria arctica</i> (Sars, 1859)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	80
<i>Cuspidaria lamellosa</i> (Sars G.O., 1878)	tr-st-b atl	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	80
<i>Cuspidaria obesa</i> (Lovén, 1846)	st-b atl	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	20
<i>Cuspidaria</i> sp.*		-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	20
<i>Cuspidaria subtorta</i> (Sars G.O., 1878)	b atl	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	70
<i>Cyclopecten hoskynsi</i> (Forbes, 1844)	b-a atl	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	90
<i>Dacrydium vitreum</i> (Møller, 1842)	b-a ws	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Dacrydium ockelmanni</i> Mattson and Warén, 1977	b atl	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	20
<i>Delectopecten vitreus</i> (Gmelin, 1791)	b atl	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	10
<i>Ennucula corticata</i> (Møller, 1842)	b atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Ennucula tenuis</i> (Montagu, 1808)	b-a ws	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	30
<i>Heteranomia squamula</i> (Linnaeus, 1758)	b-a atl	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	60
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	st-b-a ws	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	90
<i>Limopsis minuta</i> (Philippi, 1836)	b atl	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Lyonsia arenosa</i> (Møller, 1842)	b-a ws	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	10
<i>Lyonsiella abyssicola</i> (Sars G. O., 1872)	b-a atl	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	70
<i>Macoma calcarea</i> (Gmelin, 1791)	b-a ws	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	10
<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	st-b atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Musculus niger</i> (J.E. Gray, 1824)	b-a ws	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	40
<i>Musculus</i> sp.*		-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	10
<i>Mya truncata</i> Linnaeus, 1758	b-a ws cp	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	10
<i>Nuculana pernula</i> (O.F. Müller, 1779)	b-a ws	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	70
<i>Palliolium tigerinum</i> (O.F. Müller, 1776)	b atl	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	10

Окончание табл. 1

Вид	Статус	Годы									P, %	
		1995	1997	2000	2001	2003	2007	2010	2011	2012		2013
<i>Panomya norvegica</i> (Spengler, 1793)	b-a ws	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	10
<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	st-b atl	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	80
<i>Parvicardium pinnulatum</i> (Conrad, 1831)	b atl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	10
Pectenidae g. sp.*		-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	20
<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)	b atl	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	50
<i>Karnekampia sulcata</i> (Müller O.F., 1776)	b atl	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	10
<i>Similipecten greenlandicus</i> (G.B. Sowerby II, 1842)	hb-a cp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Thracia myopsis</i> Møller, 1842	b-a ws	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	70
<i>Thracia septentrionalis</i> Jeffreys, 1872	b-a atl	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	20
<i>Thyasira equalis</i> (Vemill and Bush, 1898)	hb-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Thyasira gouldi</i> (Philippi, 1845)	b-a ws	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	20
<i>Yoldiella annenkovae</i> (Gorbunov, 1946)	b-sa ws	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	20
<i>Yoldiella frigida</i> (Torell, 1859)	b-a atl	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	40
<i>Yoldiella intermedia</i> (Sars, 1865)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Yoldiella lenticula</i> (Møller, 1842)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Yoldiella lucida</i> (Lovén, 1846)	b atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Yoldiella nana</i> (M. Sars, 1865)	b-a atl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Yoldiella propinqua</i> (Leche, 1878)	b-a atl	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	50
<i>Yoldiella solidula</i> Warén, 1989	hb-a atl	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	60
<i>Yoldiella</i> sp.*		+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	60
<i>Bivalvia</i> g. sp.*		-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	10

* Таксоны надвидового ранга, не учитываемые при анализе.

ПРИМЕЧАНИЕ. Биогеографический статус видов: b – бореальный; b-a – бореально-арктический; hb-a – высокобореально-арктический; tr-st-b – тропическо-субтропическо-бореальный; st-b – субтропическо-бореальный; st-b-a – субтропическо-бореально-арктический; atl – атлантический; ws – широко распространенный; cp – циркумполярный. P – частота встречаемости.

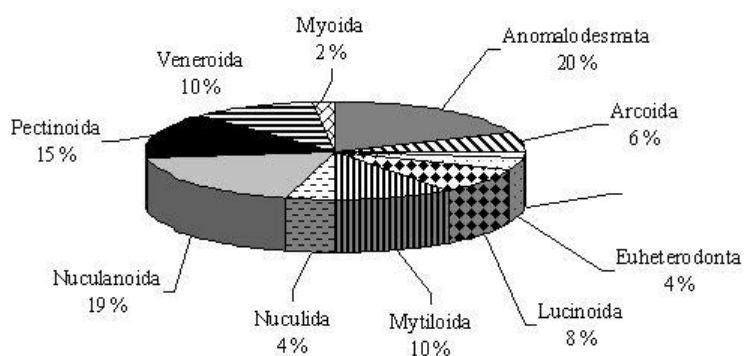


Рис. 1. Таксономическая структура двустворчатых моллюсков на уровне отрядов на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг.

Кроме этого отмечены еще 7 представителей надвидового ранга, не идентифицированные до вида по причине плохой сохранности раковин: *Astartidae* g. sp., *Bathyarca* sp., *Cuspidaria* sp., *Musculus* sp., *Pectinidae* g. sp., *Yoldiella* sp. и *Bivalvia* g. sp. (табл. 1). Вероятнее всего, эти моллюски также относятся к указанным в списке видам. Поскольку неопределенные до вида моллюски единичны, то для более корректного анализа фауны и количественного распределения они не учитывались.

Большинство видов, обнаруженных за весь период исследований на разрезе, являются типичными для Баренцева моря. Интерес представляют находки новых для российского сектора Баренцева моря видов: *Dacrydium ockelmanni*, *Modiolula phasheolina* и *Parvicardium minimum*. Ранее эти виды указывались для норвежских вод, распространяясь на восток до границы с Россией (Mattson, Warén, 1977; Distribution ..., 1997; Кантор, Сысоев, 2005). Позднее, *Modiolula phasheolina* была описана и для российских вод Баренцева моря (Золотарев, 2013). Следует отметить, что еще один вид *Cuspidaria lamellosa* был указан для российских вод Баренцева моря (Galkin, Voronkov, 2001), но не включен в “Каталог моллюсков России и сопредельных стран” (Кантор, Сысоев, 2005). Находки этих тепловодных видов, обитающих в бореальной (*D. ockelmanni*), субтропическо-бореальной (*M. phasheolina*, *P. minimum*) и тропическо-субтропическо-бореальной (*C. lamellosa*) зонах, были приурочены к станциям, выполненным в области влияния ветвей Мурманского течения. Так, *C. lamellosa* на разрезе “Кольский меридиан” встречалась практически в течение всего периода наблюдений на ст. 2 (исключение – 2003 г.), в 2000 и 2010 гг. была зарегистрирована севернее – на ст. 4. *Modiolula phasheolina* непрерывно фиксировали с 1995 по 2013 гг. лишь на ст. 2. Единственным исключением является 2010 г., когда этот вид также был отмечен и на ст. 4. *Parvicardium*

minimum с 1995 по 2000 гг. встречался эпизодически на станциях 1 и 2, а с 2003 г. ареал его распространения расширился. Так в 2003 г. он был обнаружен на станциях 1–4, в 2007 г. – на станциях 1–6, и с 2010 по 2013 гг. он регулярно встречался на станциях 1–5.

Среди обнаруженных на разрезе “Кольский меридиан” видов лидирующее место по частоте встречаемости (100 %) занимают *Astarte crenata*, *Bathyarca glacialis*, *B. pectunculoides*, *Crenella decussata*, *Dacrydium vitreum*, *Ennucula corticata*, *Mendicula ferruginosa*, *Modiolula phaseolina*, *Similipecten greenlandicus*, *Thyasira equalis*, *Yoldiella intermedia*, *Y. lenticula*, *Y. lucida* и *Y. nana*.

Двустворчатые моллюски *Acanthocardia echinata*, *Axinopsida orbiculata*, *Delectopecten vitreus*, *Limopsis minuta*, *Lyonsia arenosa*, *Mya truncata*, *Palliolum tigrinum*, *Panomya norvegica*, *Parvicardium pinnulatum* и *Karnekipia sulcata* были зарегистрированы на разрезе “Кольский меридиан” единично (табл. 1).

Расчет индексов рассеяния у моллюсков показал, что постоянно или почти постоянно встречающиеся виды ($P > 50\%$) распределены преимущественно агрегировано. Распределение редких или относительно редких видов ($P < 50\%$) чаще всего носит случайный характер. Иногда у таких видов встречаются и агрегации, но, вероятно, они имеют небольшие размеры или расстояние между ними более значительно, поэтому плохо облавливаются дночерпателями.

В целом, по нашему мнению, обычными для разреза являются те виды, которые встречались ежегодно, а также обнаруженные в отдельные годы, но в течение всего периода исследований. Скорее всего, последнее связано с малочисленностью моллюсков, вследствие чего они редко попадались в дночерпатели.

Если виды, распределенные агрегированно, начинали встречаться с какого-либо определенного года до конца периода исследований, их находки не связаны с методикой сбора, а, с высокой долей вероятности, обусловлены какими-либо другими биотическими или абиотическими факторами.

Анализ фауны двустворчатых моллюсков показал разделение всех станций разреза с 1995 по 2013 гг. на уровне 60 %-го сходства на два пространственно-временных блока. Первый включает в себя сборы, выполненные на ст. 2 за все время исследований, и на ст. 4, выполненные в 2007 и 2010 гг. Все остальные станции разных лет группируются во второй блок.

Рассматривая суммарное число видов двустворчатых моллюсков на каждой станции разреза “Кольский меридиан” за весь период исследований, было установлено, что наибольшим видовым богатством характеризуются станции 2 (36 видов) и 4 (33 вида), находящиеся под наибольшим влиянием теплых течений (рис. 2).

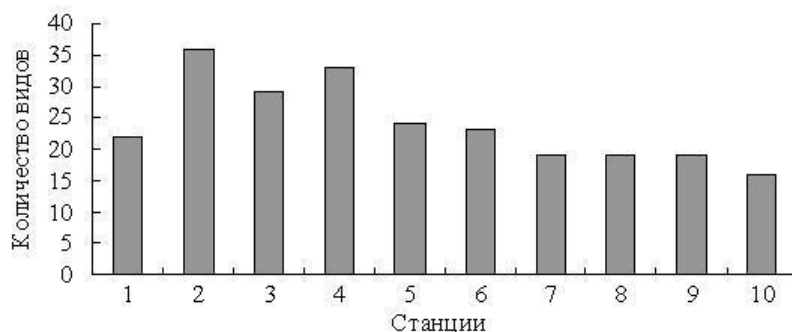


Рис. 2. Видовое богатство двустворчатых моллюсков на станциях разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг.

На станциях 1, 5 и 6 видовое богатство моллюсков имеет схожие показатели – 22–24 вида, на станциях 7–9 количество видов незначительное – 19. Минимальное значение видового богатства (16 видов) присуще самой северной точке разреза – ст. 10. В среднем на станциях разреза было встречено 24 ± 1 вида *Bivalvia*. Отмечено некоторое уменьшение числа видов моллюсков с юга на север, тенденция эта близка к достоверной, но все же таковой не является ($R^2 = -0.544$). В то же время было установлено, что при увеличении глубины наблюдается уменьшение числа видов ($r = -0.788$, $p = 0.01$). Причем эта тенденция наблюдается от самой мелководной ст. 2 как к северу, так и к югу.

Анализ видового богатства моллюсков суммарно на всем разрезе в разные годы показал, что довольно высокие значения (30 видов) эта характеристика имела в 2003 и 2011 гг., а максимальное число видов (34) было зафиксировано в 2010 г., минимальное – с 1995 по 2000 гг. и в 2012 г. (рис. 3). В среднем значение видового богатства составило 27 ± 1 видов.

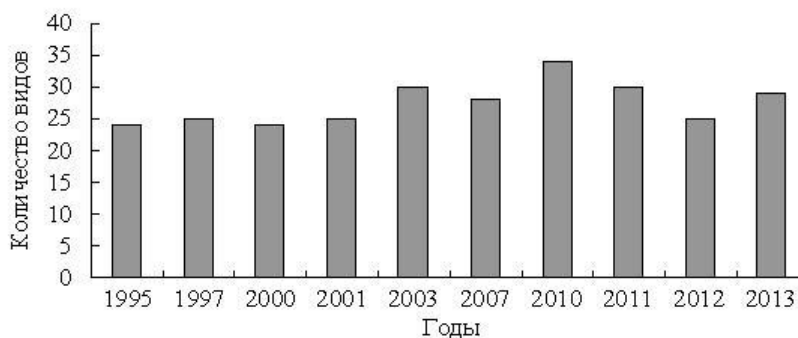


Рис. 3. Видовое богатство двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” в разные годы

Для понимания динамики видового богатства двустворчатых моллюсков в целом на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг. были изучены происходящие изменения на каждой станции в частности. Станции 9 и 10 были исключены из анализа, поскольку в 2003 и 2007 гг. пробы на них не отбирали. Для этих станций приводится лишь общая информация (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Видовое богатство двустворчатых моллюсков
на станциях разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг.**

Станция	Периоды увеличения числа видов и высокого видового богатства	Минимум (год)	Максимум (год)	Среднее± ошибка среднего
1	2003–2011 гг.	9 (2000 г.)	14 (2007 г.)	12±1
2	2007–2012 гг.	13 (1997 г.)	23 (2012 г.)	20±1
3	2003–2013 гг.	9 (1997 г.)	19 (2010 г.)	14±1
4	2003, 2010 гг.	11 (2012 г.)	23 (2010 г.)	16±1
5	2007 г.	5 (1995 г.)	16 (2007 г.)	12±1
6	2007 г.	5 (1997 г.)	17 (2007 г.)	11±1
7	1997, 2003, 2011 гг.	6 (2010 г.)	13 (1997 г.)	10±1
8	2007, 2011 гг.	4 (2010 г.)	12 (2011 г.)	8±1
9	2011 г.	7 (2013 г.)	11 (2011 г.)	9±1
10	2010–2012 гг.	6 (1995, 1997, 2013 гг.)	12 (2011 г.)	9±1

Так, с 1995 по 2013 гг. на разрезе в целом выявлено незначительное варьирование видового богатства моллюсков. Такая же картина наблюдается и на большинстве станций в частности. Исключение составляют станции 2, 3 и 5, на которых в течение указанного периода зафиксирован достоверный рост числа видов ($R^2 = 0.646$, $p = 0.05$; $R^2 = 0.646$, $p = 0.05$; $R^2 = 0.601$, $p = 0.05$ соответственно).

Было установлено, что наибольшее увеличение количества видов на станциях наблюдалось в 2003, 2007, 2010 и 2011 гг., причем на первых четырех южных станциях высокие значения видового богатства фиксировались в течение определенного временного отрезка, тогда как в центральной и северной частях разреза – в основном в отдельные годы (табл. 2).

Выявлены группировки так называемых фоновых или основных видов, т. е. тех видов, которые были отмечены в начале исследований в 1995 г. и встречались на протяжении практически всего периода наблюдений. Обнаружена слабая тенденция уменьшения числа основных видов в таких группировках с юга на север. Так, на станциях 2 и 4 отмечено максимальное число фоновых видов – 16 и 14 соответственно, на ст. 1 их количество уменьшилось до 12, на станциях 3 и 7 – до 11. Видовая группировка на станции 6 представлена 9 основными видами, на станциях 9 и 10 отмечено по 7 постоянных видов, а на станциях 5 и 8 – по 5.

Отмечено, что увеличение видового богатства двустворчатых моллюсков с 1995 г. происходит преимущественно за счет типичных для Баренцева моря видов. Незначительное уменьшение числа некоторых фоновых видов в отдельные годы на этих станциях имеет “пульсирующий” характер – исчезающие виды вновь появляются через определенный промежуток времени. В целом, за весь период исследований увеличения или уменьшения количества видов не обнаружено ($R^2 = 0.302$).

Проведенный корреляционный анализ не выявил достоверных связей числа видов с количеством проб и размером ячеек промывочного сита ($r = 0.245$ и $r = 0.541$ соответственно). Кроме того, было отмечено, что в 2010 г. при использовании сита с ячейей 1 мм, число видов также увеличилось, а в последующие годы при использовании этого же сита, число видов было не меньше, чем в годы, когда использовали сито с размером ячейки 0.5 мм.

Поскольку “Кольский меридиан” имеет широтное направление и охватывает различные по термическому режиму районы Баренцева моря, то на нем присутствуют как высокоарктическо-бореальные виды, присущие северной части моря, так и элементы тепловодной фауны, распространяющиеся с теплыми течениями. Биогеографическая структура двустворчатых моллюсков на разрезе представлена шестью группами, при этом подавляющее большинство видов принадлежит к бореально-арктической группе (рис. 4).

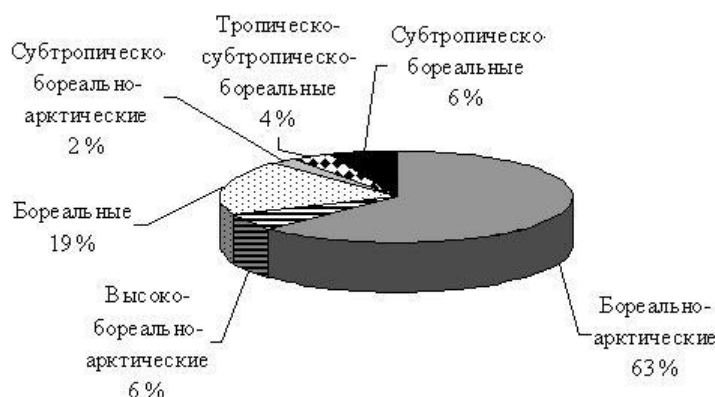


Рис. 4. Биогеографическая структура *Bivalvia* на разрезе “Кольский меридиан”

Распределение бореально-арктических видов, как основной составляющей фауны моллюсков, имеет сходство с распределением видового богатства моллюсков в целом (рис. 5). Наибольшая их численность отмечена на станциях 2–4, максимум на ст. 2. Наблюдается некоторое уменьшение представителей бореально-арктической фауны в направлении с юга на север ($R^2 = -0.604$). Высокобореально-арктическая

группа представлена всего тремя видами – *Similipecten greenlandicus*, *Thyasira equalis* и *Yoldiella solidula*, – а вследствие этого ее динамика выражена очень слабо. Все эти виды встречаются на станциях 3–6, для других станций типична ассоциация из первых двух видов.

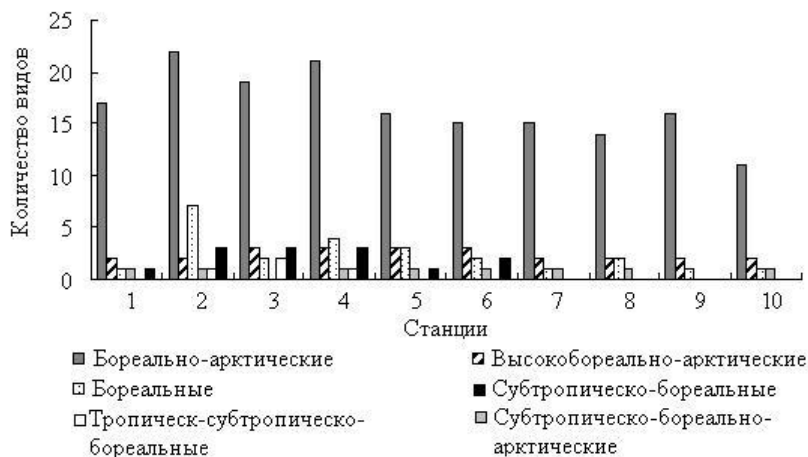


Рис. 5. Распределение видов в биogeографических группировках двустворчатых моллюсков на станциях разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг.

Субтропическо-бореально-арктическая группа представлена всего одним видом – *Hiatella arctica*, поэтому какие-либо тенденции отсутствуют. Относительно высокое видовое богатство бореальных видов наблюдается на станциях 4 и 5, а максимальное – на ст. 2. Тропическо-субтропическо-бореальные элементы фауны (*Acanthocardia echinata* и *Cuspidaria lamellosa*) обнаружены исключительно на станциях 2–4. Виды, относящиеся к субтропическо-бореальной группе моллюсков (*Cuspidaria obesa*, *Modiolula phaseolina* и *Parvicardium minimum*, из которых последний вид имеет наибольшее пространственно-временное распространение), на разрезе “Кольский меридиан” встречаются в южной и центральной его частях – от ст. 2 до ст. 6. Максимальное число субтропическо-бореальных моллюсков отмечено на станциях 2–4. При этом в целом наблюдается слабая недостоверная тенденция к уменьшению числа видов этой группы с юга на север ($R^2 = -0.407$).

Анализ динамики числа видов двустворчатых моллюсков, принадлежащих к разным биogeографическим группам на разрезе “Кольский меридиан”, показал следующее. Бореально-арктическая, как самая многочисленная группа, повторяет все тенденции видового богатства двустворчатых моллюсков в целом (рис. 6).

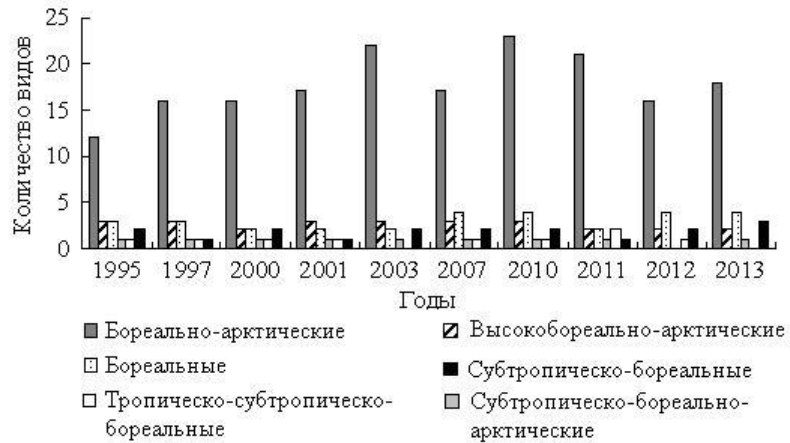


Рис. 6. Биogeографический состав двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” в разные годы

Высокобореально-арктические виды встречались в период исследований практически равномерно при выявленной слабой тенденции к уменьшению их количества ($R^2 = -0.323$). Число бореальных видов слабо увеличивается с 2007 г. по настоящее время, но тенденция эта не достоверна ($R^2 = 0.218$). Виды, относящиеся к тропическо-субтропическо-бореальной и субтропическо-бореальной группам, встречались в небольшом количестве во все годы исследований, а максимум для первой группы был зафиксирован в 2010 г., для второй – в 2013 г. Регрессионный анализ не выявил за период наблюдений для этих групп каких-либо изменений.

Нами проанализировано распределение биogeографических группировок на каждой станции за исследованный период. Для анализа были выбраны только 4 группы. Показателем “холодноводности” является высокобореально-арктическая группа видов, маркерами теплых вод выступают виды, относящиеся к бореальной, субтропическо-бореальной и тропическо-субтропическо-бореальной группам. Наиболее распространенная арктическо-бореальная группа, состоящая из эвритермных моллюсков и субтропическо-бореально-арктическая группа, имеющая в своем составе один вид – *Hiatella arctica*, как самая многочисленная и самая малочисленная, были исключены из анализа. Было установлено, что высокобореально-арктические виды *Similipecten greenlandicus*, *Thyasira equalis* и *Yoldiella solidula* (первые два вида очень часто, третий – редко) встречались на всех станциях во все годы. Так, на станциях 1, 2, 7–10 с 1995 по 2013 гг. эти виды были распределены равномерно, а на станциях 3–6 имели выраженные максимумы обилия видов в 1997, 2001, 2003 и 2007 гг. соответственно.

Группировки бореальных видов моллюсков, включающие в свой состав *Cuspidaria subtorta*, *Dacrydium ockelmanni*, *Delectopecten vitreus*, *Ennucula corticata*, *Limopsis minuta*, *Palliolum tigrinum*, *Parvicardium pinnulatum*, *Poromya granulata* и *Karnekampia sulcata*, с 1995 по 2013 гг. на станциях 1, 4–7, 9 и 10 были представлены одинаковым количеством видов. А на станциях 2, 3 и 8 выявлены максимумы числа видов этой группы в 2007 и 2012 гг., в 2010, 2011 и 2013 гг., в 2013 г. соответственно, т. е., по данным ПИНРО (<http://www.pinro.ru>), в самый теплый период. В целом бореальные виды встречались практически во все годы исследований.

Распределение числа видов субтропическо-бореальной группы на станциях 1–3, 5 и 6 было равномерным, в то время как на ст. 4 в 2010 г. был выявлен максимум обилия видов этой группы.

Представители тропическо-субтропическо-бореальной группы *Acanthocardia echinata* были отмечены только в 2011 г. на ст. 3, а *Cuspidaria lamellosa* встречался относительно равномерно на станциях 2, 3 и 4 с 1995 г. за исключением 2003 и 2013 гг.

Численность двустворчатых моллюсков в пространственном аспекте на станциях разреза “Кольский меридиан” в период наблюдений варьировала от 230 до 915 экз/м², а в среднем была равна 490±75 экз/м² (рис. 7).

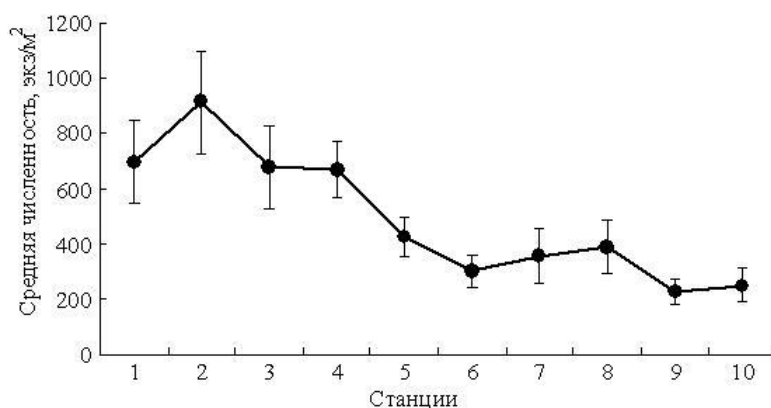


Рис. 7. Средняя численность двустворчатых моллюсков на станциях разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг. (на графике приведена погрешность среднего)

Абсолютный максимум численности был отмечен на ст. 2, а минимум – на ст. 9. В целом, наиболее высокая численность в годы исследований зафиксирована на станциях 1–4, на других же станциях разреза эту характеристику обилия можно считать относительно низкой. Выявлено достоверное уменьшение плотности поселения на разрезе в направлении с юга на север ($R^2 = -0.805$, $p = 0.01$). Установлена достоверная обратная связь численности с глубиной ($r = -0.766$, $p = 0.01$).

Арктическо-бореальная биогеографическая группа двустворчатых моллюсков во все годы была доминирующей. В составе этой группы руководящим по плотности поселения видом в подавляющем числе случаев была *Mendicula ferruginosa* (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Доля доминирующих по плотности видов в общей численности двустворчатых моллюсков, %

Год	Вид	Станции									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1995	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	29	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	20	74	64	77	81	65	60	79	80
1997	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	29	59	56	67	18	60	91	35	–
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	19	–	–	–	18	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	–	–	–	–	18	–	–	–	–
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	–	–	–	18	–	–	–	–
	<i>Cuspidaria arctica</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	33
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	63	34	66	70	60	54	67	60	84	74
2000	<i>Mendicula ferruginosa</i>	68	28	68	60	67	52	80	82	72	74
2003	<i>Bathyarca glacialis</i>	27	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	28	68	59	63	82	89	89	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2007	<i>Mendicula ferruginosa</i>	74	–	72	57	60	64	84	79	–	–
	<i>Dacrydium vitreum</i>	–	16	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	14	–	–	–	–	–	–	–	–
2010	<i>Mendicula ferruginosa</i>	70	–	–	–	–	29	63	65	–	35
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	34	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	24	14	34	–	–	–	55	30
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	–	17	–	–	–	–	–	–
2011	<i>Mendicula ferruginosa</i>	74	–	–	–	27	34	42	65	32	32
	<i>Dacrydium vitreum</i>	–	34	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	29	18	22	–	–	–	–	–
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	–	–	21	–	–	–	–	–
2012	<i>Mendicula ferruginosa</i>	66	–	–	27	31	30	65	82	39	51
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	25	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	29	24	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	24	–	–	29	–	–	–	–
2013	<i>Mendicula ferruginosa</i>	51	–	–	–	49	44	46	61	50	50
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	35	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	–	19	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	32	19	–	–	–	–	–	–

В отдельных случаях на станциях 2–6, и единично на станциях 1 и 10 наблюдалось доминирование 2–4 видов. На станции 2 с 2007 г. наблюдается замещение относительно холодноводного доминирующего вида *Mendicula ferruginosa* на преимущественно более

тепловодный – *Bathyarca pectunculoides*. С 2003 года лидер по плотности поселения – относительно холодноводная *Yoldiella nana*, которая с 2010 г. чаще проявляла свойство доминанта. С 2010 года область преобладания *M. ferruginosa* уменьшается, вид наблюдается только на станциях 1 и 6–10, а с 2012 г. этот вид снова становится доминирующим по численности и на ст. 5.

При рассмотрении распределения численности моллюсков по годам выявлены невысокие значения этого показателя в 1995–1997 и 2012 гг., а абсолютный минимум приходится на 1997 г. (рис. 8). Роста или уменьшения численности *Bivalvia* за исследованный период не обнаружено ($R^2 = 0.037$).

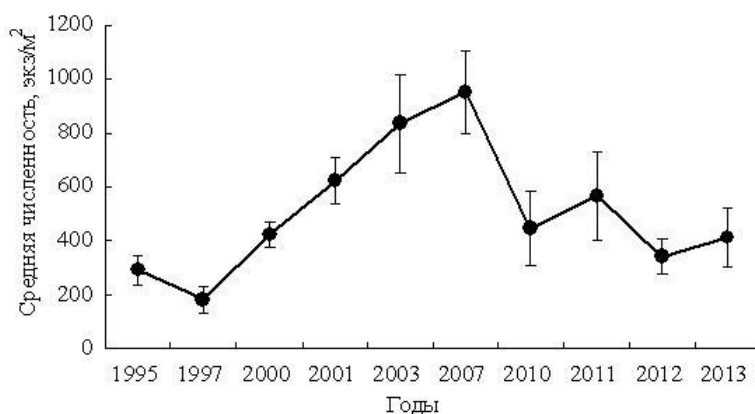


Рис. 8. Распределение средних значений численности двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” в разные годы (на графике приведена погрешность среднего)

С 1997 года наблюдался рост численности двустворчатых моллюсков, при этом наибольшие значения отмечены в 2003 и 2007 гг. В 2010–2011 годах численность моллюсков снизилась до уровня 2000–2001 гг. и в основном оставалась таковой до конца периода исследований. В целом плотность поселения *Bivalvia* во временном аспекте варьировала от 180 до 950 экз/м².

Доля бореально-арктических видов в общей численности моллюсков колебалась в пределах 77–91 %, высокобореально-арктических – 6–13 %, бореальных – 1–4 %, субтропическо-бореально-арктических – 0–1 %, тропическо-субтропическо-бореальных – 0–0.3 %, субтропическо-бореальных – 0.5–8 %.

Достоверное увеличение плотности поселения бореально-арктических моллюсков с 1997 по 2013 г. было зафиксировано только на ст. 2 ($R^2 = 0.634$, $p = 0.05$). На других станциях численность бореально-арктических элементов имела разнонаправленные, но недостаточно выраженные тенденции. Что касается численности

холодноводных высокобореально-арктических видов, то только на станциях 7 и 9 коэффициент аппроксимации имел отрицательный знак, на других станциях отмечалось увеличение плотности поселения. Однако достоверный рост этого параметра был характерен исключительно для ст. 3 ($R^2 = 0.638$, $p = 0.05$). Рост численности бореальных моллюсков был зафиксирован практически на всех станциях, но высокие коэффициенты аппроксимации были зафиксированы на станциях 6–9 ($R^2 = 0.761$, $p = 0.01$; $R^2 = 0.767$, $p = 0.01$ – с 2010 г.; $R^2 = 0.660$, $p = 0.05$ – с 2000 г. и $R^2 = 0.628$, $p = 0.05$ – с 2010 г. соответственно). Достоверный рост плотности поселения субтропическо-бореальных элементов выявлен на станциях 2 и 3 ($R^2 = 0.699$, $p = 0.05$ и $R^2 = 0.630$, $p = 0.05$ соответственно). Численность представителей других биогеографических групп на станциях разреза с 1995 по 2013 гг. практически не изменялась.

Проведенный корреляционный анализ численности *Bivalvia* и количества отобранных проб не выявил достоверной связи ($r = 0.071$). Некоторое уменьшение плотности поселений моллюсков наблюдается при промывке проб через сито с большей по размеру ячейке, но четкой связи при этом не прослеживается ($r = -0.234$).

Распределение средних значений биомассы двустворчатых моллюсков в пространственном аспекте по разрезу “Кольского меридиана” за период исследований было относительно равномерным ($R^2 = -0.043$) (рис. 9). Вариации этого показателя составили 1.8–11.6 г/м², а в среднем – 5.4±1 г/м². Однако выявлено, что при увеличении глубины, биомасса достоверно уменьшается ($r = -0.632$, $p = 0.01$).

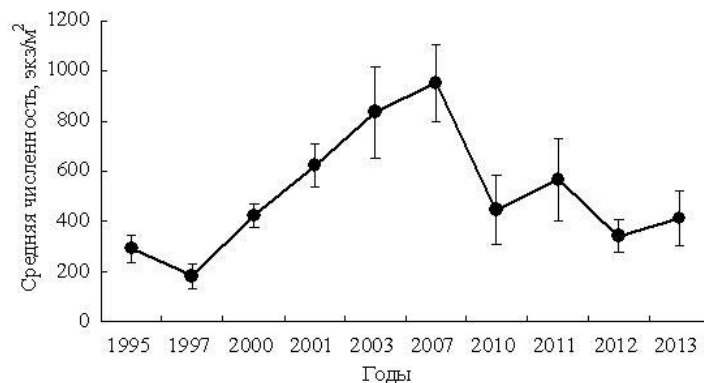


Рис. 9. Средняя биомасса двустворчатых моллюсков на станциях разреза “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг. (на графике приведена погрешность среднего)

Бореально-арктическая группа двустворчатых моллюсков во все годы исследований была доминирующей. Всего по биомассе преобладали 20 видов (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Доля доминирующих по биомассе видов двустворчатых моллюсков, %

Год	Вид	Станции									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1995	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	45	–	–	–	76	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	97	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	–	23	–	–	–	–	–	–	34
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	56	48	–	–	86	41	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	43
1997	<i>Astarte crenata</i>	–	49	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Cuspidaria subtorta</i>	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	–	–	34	–	30	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	72	–	–	–	53	61	–	98
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	–	–	37	30	–	–	–	–
	<i>Ciliatocardium ciliatum</i>	–	–	–	–	–	–	32	–	–	–
2000	<i>Thracia septentrionalis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	45	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	–	–	–	–	47	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	65	–	–	–	–	–	–	–	97	81
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	26	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	31	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	73	–	–	–	95	–	–
	<i>Musculus niger</i>	–	–	–	–	85	–	–	–	–	–
	<i>Thracia myopsis</i>	–	–	–	–	–	43	–	–	–	–
2001	<i>Similipecten greenlandicus</i>	–	–	–	–	–	–	62	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	84	71	–	–	–	–	–	45	–	–
	<i>Yoldiella lenticula</i>	–	–	36	23	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	–	59	–	–	–	–	–
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	28	20	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	67	34	42	90	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	34
	<i>Lyonsiella abyssicola</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24
2003	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	–	–	56	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	68	20	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	23	17	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella lucida</i>	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	16	–	–	–	35	–	–	–
	<i>Musculus niger</i>	–	–	–	–	75	–	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	–	–	62	–	–	–	–
	<i>Thracia myopsis</i>	–	–	–	–	–	–	–	73	–	–
2007	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	31	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	43	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	43	23	21	36	–	51	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	16	21	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	–	–	–	–	–	35	–	–	–

Год	Вид	Станции									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010	<i>Thyasira equalis</i>	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	20	–	–	–	–	–	26	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	46	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	19	–	–	–	–	–	–	43	92	82
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	67	–	86	45	–	–	–	–
	<i>Thracia myopsis</i>	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–
	<i>Cuspidaria subtorta</i>	–	–	–	19	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	–	–	–	31	–	–	–
2011	<i>Thyasira equalis</i>	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Parvicardium minimum</i>	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	20	–	–	–	–	–	10	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	57	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	94	27
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	21	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	63	–	32	68	–	81	–	–
	<i>Thracia myopsis</i>	–	–	–	44	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	–	–	–	–	11	–	–	–
	<i>Cuspidaria subtorta</i>	–	–	–	–	–	–	10	–	–	–
	<i>Nuculana pernula</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26
2012	<i>Thyasira equalis</i>	50	–	–	25	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	49	48	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	90	38
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	–	57	30	–	66	–	–
	<i>Cuspidaria subtorta</i>	–	–	–	–	–	–	21	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	–	–	–	–	–	21	–	–	–
2013	<i>Cuspidaria subtorta</i>	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	59	–	–	14	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	65	–	–	–	–	–	97	–
	<i>Thracia myopsis</i>	–	–	–	61	–	–	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	–	16	–	–	86	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	–	–	18	–	–	–	27
	<i>Cuspidaria arctica</i>	–	–	–	–	–	–	73	–	–	–

При этом наиболее частыми видами-доминантами были крупные моллюски *Astarte crenata* (36 %) и *Bathyarca glacialis* (34 %), относящиеся к умеренно холодолюбивым видам. Второе место (18 %) в доминировании занимает относительно крупная бореально-арктическая, но маркирующая более мягкие температурные условия, *Bathyarca pectunculoides*. На третьем месте (14 %) находятся бореально-арктические умеренно холодноводные виды *Yoldiella intermedia* и *Mendicula ferruginosa*, отличающиеся небольшими размерами раковин. В последнем случае доминирование по биомассе наблюдается в силу многочисленности этих моллюсков. Остальные виды относятся к редким доминантам.

Во временном аспекте абсолютный минимум среднего значения биомассы двустворчатых моллюсков отмечен в 1995 г., максимум – в 2010 г. (рис. 10). Однако, при учете погрешности средних значений, становится очевидно, что с 1995 по 1997 гг. биомасса возросла и до 2007 г. находилась в пределах 3–7 г/м². После заметного роста биомассы моллюсков в 2010 г. вновь зафиксировано ее уменьшение до уровня 1997–2007 гг. Достоверных тенденций роста/уменьшения биомассы за исследованный период не выявлено ($R^2 = 0.219$). Анализ соотношения биомассы моллюсков к числу отобранных проб и размеру ячеи промывочного сита не выявил достоверных корреляций ($r = 0.580$ и $r = 0.553$ соответственно).

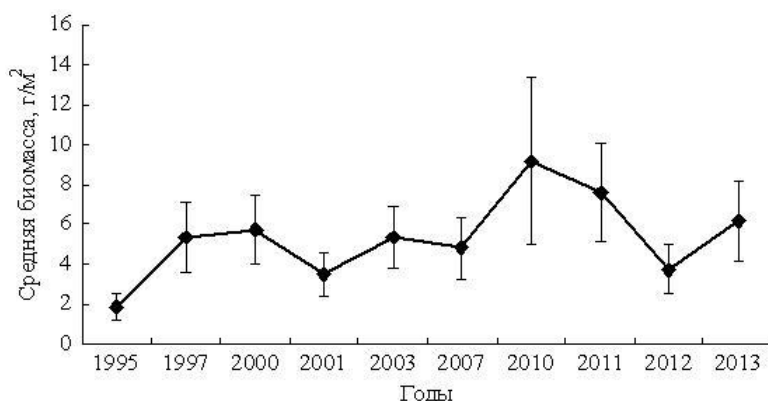


Рис. 10. Распределение средних значений биомассы двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” в разные годы (на графике приведена погрешность среднего)

Доля бореально-арктических видов в общей биомассе моллюсков колебалась в пределах 79–96 %, высокобореально-арктических – 2–7 %, бореальных – 0.3–7 %, субтропическо-бореально-арктических – 0–1 %, тропическо-субтропическо-бореальных – 0–0.4 %, субтропическо-бореальных – 0.3–12 %.

Анализируя биомассу двустворчатых моллюсков на станциях разреза “Кольский меридиан” в аспекте их биогеографической принадлежности, было установлено, что наиболее заметные изменения наблюдались на станциях 2, 3 и 7. Так на ст. 2 в течение периода исследований выявлен рост биомассы субтропическо-бореальных моллюсков ($R^2 = 0.791$, $p = 0.01$), на ст. 3 – высокобореально-арктических видов ($R^2 = 0.803$, $p = 0.01$). В северной части разреза достоверное увеличение биомассы зафиксировано на ст. 7 за счет бореальных элементов фауны ($R^2 = 0.633$, $p = 0.05$). Довольно значительный, но не достоверный тренд роста биомассы отмечен у бореальных видов на ст. 1 ($R^2 = 0.593$), бореально-арктических видов на ст. 2 ($R^2 = 0.551$),

субтропическо-бореальных моллюсков на ст. 4 ($R^2 = 0.537$) и бореальных видов на ст. 7 ($R^2 = 0.542$). Биомасса двустворчатых моллюсков в других случаях практически не изменялась.

Расчет интегрального индекса доминирования для каждого вида выявил, что за весь период исследований на станциях разреза наблюдалось 20 преобладающих видов (табл. 5). В редких случаях на станции был отмечен один доминирующий вид. В подавляющем большинстве наблюдалась полидоминантность. Число преобладающих видов на станцию достигало 6.

Т а б л и ц а 5

**Индексы доминирования видов, преобладающих в таксоценозах
двустворчатых моллюсков, %**

Год	Вид	Станции									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1995	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	50	–	28	–	30	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	37	–	–	–
	<i>Cyclopecten hoskynsi</i>	–	18	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	16	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella lucida</i>	–	15	22	–	–	–	–	–	26	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	18	–	–	–	–	–	–	30
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	–	55	30	41	28	16	23	53	64
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	20	23	35	–	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	20	27	16	–	52	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	29
1997	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	19	–	–	–	21	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	16	–	27	–	22	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	35	30
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	22	18	35	22	–	–	–	–
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	–	21	30	48	18	15	19	–	–
	<i>Yoldiella lucida</i>	–	–	–	19	15	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	–	–	17	–	–	–	–	–
	<i>Ciliatocardium ciliatum</i>	–	–	–	–	–	–	13	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	–	–	–	–	22	–	–
	<i>Thracia septentrionalis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	15	–
2000	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	–	–	–	–	21	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	42	–	–	–	–	–	–	–	34	21
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	31	28	43	24	–	16	39	–	20	36
	<i>Thyasira equalis</i>	23	–	29	–	15	–	20	–	–	–
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	26	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	–	–	–	–	15	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	21	–	–	–	31	–	–

Продолжение табл. 5

Год	Вид	Станции										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2001	<i>Astarte crenata</i>	26	26	–	–	–	–	–	25	–	–	
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	24	28	38	41	43	21	39	34	18	64	
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Ennucula corticata</i>	–	16	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	33	25	24	–	20	–	–	–	
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	–	19	–	17	15	–	–	24	
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	–	34	–	–	–	–	–	
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	24	–	16	37	–	
2003	<i>Bathyarca glacialis</i>	42	24	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Yoldiella intermedia</i>	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Yoldiella lucida</i>	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Yoldiella nana</i>	–	24	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	–	22	18	32	21	23	53	20	–	–	
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Ennucula corticata</i>	–	18	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	–	–	42	–	–	–	–	–	–	
	<i>Thyasira equalis</i>	–	–	–	20	18	–	–	–	–	–	
	<i>Musculus niger</i>	–	–	–	–	17	–	–	–	–	–	
2007	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	–	–	18	–	–	–	–	
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	52	–	35	40	41	42	66	32	–	–	
	<i>Thyasira equalis</i>	26	–	–	20	–	15	–	–	–	–	
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	35	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Bathyarca glacialis</i>	18	–	–	–	–	–	–	19	–	–	
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	24	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Dacrydium vitreum</i>	–	21	–	–	–	–	16	–	–	–	
	<i>Cyclopecten hoskynsi</i>	–	18	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Heteranomia squamula</i>	–	18	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	17	–	16	18	–	22	–	–	
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	–	–	–	17	–	–	–	–	
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	18	19	–	–	–	–	–	
	2010	<i>Mendicula ferruginosa</i>	52	–	–	–	–	16	54	48	–	–
		<i>Thyasira equalis</i>	28	–	16	25	–	17	–	–	–	–
<i>Yoldiella nana</i>		22	–	16	17	–	24	33	28	23	20	
<i>Yoldiella intermedia</i>		–	–	18	–	–	–	–	–	–	–	
<i>Yoldiella lucida</i>		–	–	–	18	–	–	–	–	–	–	
<i>Bathyarca pectunculoides</i>		–	54	–	–	–	–	–	–	–	–	
<i>Bathyarca glacialis</i>		–	–	–	–	–	–	–	26	45	27	
<i>Dacrydium vitreum</i>		–	19	–	17	–	–	–	–	–	–	
<i>Cyclopecten hoskynsi</i>		–	17	–	–	–	–	–	–	–	–	
<i>Astarte crenata</i>		–	–	36	–	31	22	–	–	–	–	
2011	<i>Mendicula ferruginosa</i>	53	–	–	–	23	24	35	23	–	22	
	<i>Thyasira equalis</i>	27	–	–	–	28	–	–	–	–	–	
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	54	–	17	–	–	–	–	–	–	
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	52	22	
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	34	–	–	–	–	–	–	–	–	
	<i>Dacrydium vitreum</i>	–	31	–	17	–	–	–	–	–	–	
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	39	–	–	43	–	37	–	–	
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	16	20	25	25	28	–	–	25	
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	22	–	–	–	–	–	21	

Год	Вид	Станции									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2012	<i>Mendicula ferruginosa</i>	52	–	–	21	19	27	52	33	–	34
	<i>Thyasira equalis</i>	44	–	31	39	23	21	–	–	–	–
	<i>Cuspidaria subtorta</i>	15	–	–	–	–	25	17	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	50	–	22	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	–	–	–	–	–	15	40	–
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	38	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Dacrydium vitreum</i>	–	21	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	–	–	19	22	17	36	–	–	16	29
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	16	21	–	–	19	–	–	–
	<i>Yoldiella lenticula</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22
	<i>Yoldiella lucida</i>	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–
	<i>Astarte crenata</i>	–	–	–	–	26	23	–	–	–	–
2013	<i>Mendicula ferruginosa</i>	38	–	–	–	38	37	17	20	16	42
	<i>Thyasira equalis</i>	32	–	27	26	25	20	–	–	–	20
	<i>Cuspidaria arctica</i>	–	–	–	–	–	–	15	–	–	–
	<i>Cuspidaria subtorta</i>	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Parvicardium minimum</i>	19	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella nana</i>	16	–	22	17	21	34	–	–	–	38
	<i>Yoldiella intermedia</i>	–	–	–	–	17	–	–	–	–	–
	<i>Yoldiella lenticula</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22
	<i>Yoldiella lucida</i>	–	–	–	–	18	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca pectunculoides</i>	–	59	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Bathyarca glacialis</i>	–	–	31	–	–	–	–	–	57	–
	<i>Modiolula phaseolina</i>	–	35	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Dacrydium vitreum</i>	–	20	–	15	–	–	–	–	–	–	
<i>Astarte crenata</i>	–	–	16	–	–	–	–	36	–	–	

Наиболее часто (27 %) в роли преобладающего вида в таксоценозах двустворок выступала относительно холодноводная бореально-арктическая *Mendicula ferruginosa*, второе место (15 %) занимала относительно тепловодная *Thyasira equalis*, а третье – относительно холодноводная *Yoldiella nana* (12 %). Другие виды являлись ведущими в менее 10 % случаев: *Astarte crenata* и *Bathyarca glacialis* (по 9 % соответственно), *Bathyarca pectunculoides* (6 %), *Yoldiella intermedia* (5 %), *Modiolula phaseolina* (4 %), *Yoldiella lucida* и *Dacrydium vitreum* (по 3 % соответственно), *Cuspidaria subtorta* (2 %), *Cyclopecten hoskynsi*, *Yoldiella lenticula* и *Ennucula corticata* (по 1 % соответственно), *Cuspidaria arctica*, *Parvicardium minimum*, *Heteranomia squamula*, *Musculus niger*, *Ciliatocardium ciliatum* и *Thracia septentrionalis* (по 0.4 % соответственно). Причем некоторые доминанты были приурочены к определенным станциям. Например, холодноводная *Y. lenticula* преобладала на ст. 10, холодноводная *C. arctica* – на ст. 7, относительно тепловодный моллюск *P. minimum* – на ст. 1, тепловодные виды *C. hoskynsi*, *M. phaseolina*, *E. corticata* и *H. squamula* – на ст. 2.

Обсуждение. Исследования показали, что фауна двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” достаточно богата и насчитывает 48 видов. С одной стороны, расположение исследуемого участка Баренцева моря в высоких широтах, с другой – влияние теплых течений, поступающих из Атлантики, а также неоднородность профиля дна создают своеобразный комплекс факторов для обитания моллюсков. Анализ литературных данных (Филатова, 1957) показал, что число видов *Bivalvia* на разрезе меньше, чем в прибрежной части Западного и Восточного Мурмана, а также вдоль северного побережья Норвегии, но больше, чем в центральной и юго-восточной части Баренцева моря.

Большинство видов, обнаруженных за весь период наблюдений, являются типичными для Баренцева моря, а некоторые (*Astarte crenata*, *Nuculana pernula*, *Yoldiella intermedia*, *Y. lenticula*, *Bathyarca glacialis*, *Similipecten greenlandicus*, *Cyclopecten hoskynsi*, *Dacrydium vitreum*, *Mendicula ferruginosa* и *Cuspidaria arctica*), согласно З.А. Филатовой (1957), входят в состав “арктического ядра”.

В ходе исследований на станциях 1–5 (преимущественно, на ст. 2), в области влияния Мурманского прибрежного течения, были обнаружены новые для российской части Баренцева моря виды: *Dacrydium ockelmanni*, *Modiolula phaseolina* и *Parvicardium minimum*. Что касается *P. minimum* и *M. phaseolina*, то их регистрировали с 1995 г. Вероятнее всего, эти виды ранее идентифицировались ошибочно. Допускаем, что *M. phaseolina* без вскрытия раковин могли спутать с молодой *Modiolus modiolus*, а *P. minimum* с молодой *Ciliatocardium ciliatum*. Анализ распределения *P. minimum* и *M. phaseolina* показал, что особи первого вида встречаются случайно, а второго – агрегированно, что, помимо расчетов, видно по числу особей в пробах. Поэтому *M. phaseolina* отмечалась в течение исследований в бóльшем количестве, чем *P. minimum* и *D. ockelmanni*. Что касается *D. ockelmanni*, то после пересмотра всех проб, начиная с 1995 г., было выяснено, что этот вид действительно не встречался раньше 2012 г. Появление этого вида связано с максимумом придонной температуры воды в 2012 г. Распределение особей *D. ockelmanni* в 2012 г. характеризовалось как случайное, а в 2013 г. – как агрегированное.

Из перечисленных выше новых видов наиболее теплолюбивыми, обитающими при наибольшей температуре воды на ст. 2, можно считать *M. phaseolina* и *D. ockelmanni*. *P. minimum* обладает бóльшей температурной толерантностью, распространяясь на север до ст. 5.

Наиболее распространенными (частота встречаемости 100 %) на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2013 гг. являются виды, имеющие агрегированное распределение. По всей вероятности, агрегации моллюсков находятся на относительно небольшом расстоянии друг от друга, поэтому хорошо облавливаются дночерпателями. В два раза реже встречались те виды, которые распределены преимущественно случайно, в меньшей степени агрегированно, но их агрегации,

по всей вероятности, больше разнесены в пространстве. Однако если эти виды встречаются редко в отдельные годы, но встречи их распределены равномерно по всему периоду наблюдений, то их можно считать типичными для района исследований. Наиболее редкие виды, встреченные единично и имеющие исключительно случайное распределение, могут маркировать изменения условий среды. Вероятнее всего, эти виды реагируют на изменение именно температурных показателей. Доказательством этому служит то, что *Axinopsida orbiculata* – холодноводный вид – была встречена в 1995 г., т. е. в период отрицательных среднегодовых аномалий. Виды относительно тепловодные – *Acanthocardia echinata*, *Delectopecten vitreus*, *Limopsis minuta*, *Lyonsia arenosa*, *Palliolum tigrinum*, *Panomya norvegica*, *Parvicardium pinnulatum*, *Karnekipia sulcata* – встречались в разные годы, но в рамках периода положительных среднегодовых аномалий температуры (в 2000–2001 гг.) и в самый теплый период (с 2003 по 2012 гг.) Исключение составляет *Mya truncata*, которая обитает глубоко в грунте и крайне редко попадает в дночерпателях, но, несомненно, этот вид типичен для разреза “Кольский меридиан”.

Показателями теплых и холодных вод могут служить виды-индикаторы. В частности, наиболее удобны для этих целей виды одного рода. Так, *Yoldiella lucida* является показателем ясно выраженного тепловодного характера фауны, в то время как другие виды этого рода характеризуют холодные или относительно холодные воды (Филатова, 1948, 1957; Данилов, 1978). Такая же ситуация и с близкими видами родов *Thyasira* и *Bathyarca*. Одни виды (*T. equalis* и *B. pectunculoides*) маркируют влияние вод с относительно высокой температурой, другие (*T. gouldi* и *B. glacialis*) – с низкой. Не являются исключением представители рода *Dacrydium*: *D. vitreum* показывает нормальное теплосодержание вод, а *D. ockelmanni* – аномально высокую для района исследований температуру воды. Такими же индикаторами являются виды рода *Cuspidaria*. Если *C. arctica* однозначно связана с холодными водами и встречается на самых северных станциях разреза, то *C. lamellosa*, *C. obesa*, *C. subtorta* в той или иной степени характеризуют тепловодные участки.

Кластеризация всех станций разреза “Кольский меридиан” по видовому составу, выполненных с 1995 по 2013 гг., показала высокую степень сходства большинства из них, что связано с незначительными изменениями состава и постоянством набора фоновых видов. Обособление в отдельный блок ст. 2, выполненных в разные годы, обусловлено наименьшей глубиной (в среднем 146 м), наиболее высокой придонной температурой воды вследствие влияния прибрежной ветви Мурманского теплого течения, а также отличающимся от других станций субстратом (ил, песок, галька, камни и большое количество спикул губок). По этой причине максимум видового богатства двустворчатых моллюсков (36 видов) отмечен именно на ст. 2. Также богата видами ст. 4 (33), находящаяся

на небольшом возвышении (средняя глубина 218 м) под влиянием основной ветви Мурманского теплого течения. Более северные станции также расположены во влиянии теплых течений, но вследствие увеличения глубины, температура воды у дна понижается. С этим связано и некоторое уменьшение видового богатства моллюсков с юга на север. Однако наиболее четко прослеживается достоверная обратная связь видового богатства с глубиной.

Как показал анализ динамики суммарного видового богатства *Bivalvia* на станциях разреза “Кольский меридиан”, минимум числа видов был отмечен в периоды с отрицательными аномалиями температуры воды (1995–1997 гг.) и максимального теплосодержания вод (2012 г.), объяснение последнему пока нет. Высокие значения видового богатства были приурочены к самому теплomu периоду – с 2003 по 2011 гг. Анализ влияния методики сбора и промывки проб (число проб, размер ячеи промывочного сита), выявил отсутствие значимых корреляций. Грунты на станциях (кроме ст. 2) разреза весьма однородны, поэтому климатическая составляющая и возможно комплекс микрофакторов среды, по нашему мнению, являются наиболее достоверным объяснением произошедших изменений.

Более подробный анализ распределения количества видов, проведенный для каждой станции в отдельности, показал некоторое увеличение видового богатства практически повсеместно на всем разрезе с 2003 по 2013 гг., т. е. в самый теплый период, что подтверждает связь с температурными условиями. Минимальное видовое богатство на станциях 5, 6, 10 и 2, 3 соответствует периоду отрицательных среднегодовых аномалий температуры. Однако на станциях 4, 7–9 наименьшее число видов было зафиксировано в самый теплый период, а на ст. 1 – в период положительных аномалий. Максимальное же количество видов двустворчатых моллюсков (кроме ст. 7) было отмечено в самый теплый период.

Общая же тенденция увеличения числа видов в целом с 1995 по 2013 гг. прослеживается слабо. Достоверный рост видового богатства отмечен исключительно на станциях 2, 3 и 5. При этом выявлено, что наблюдаемое увеличение числа видов происходит преимущественно за счет типичных для Баренцева моря элементов. Незначительное уменьшение числа некоторых фоновых видов в отдельные годы на этих станциях имеет “пульсирующий” характер, т. е. виды исчезают, а затем вновь появляются через определенный промежуток времени. По нашему мнению, это связано с особенностями распределения моллюсков. Нельзя игнорировать и незначительное смещение точек отбора проб в разные годы. Этот факт, по мнению С.Г. Денисенко (2005), нужно учитывать при исследовании динамики донных беспозвоночных.

Вследствие уникальности гидрологических условий на разрезе отмечены шесть биогеографических групп двустворчатых моллюсков: высокобореально-арктическая, бореально-арктическая, бореальная, субтропическо-бореально-арктическая, субтропическо-бореальная и тропическо-субтропическо-бореальная. Наиболее богата видами бореально-арктическая группа, которая и определяет общую динамику видового богатства моллюсков.

Высокобореально-арктическая группа равномерно распределена на разрезе. Наибольшее число бореально-арктических, субтропическо-бореально-арктических и бореальных видов приурочено к станциям 2–4. А субтропическо-бореальные и тропическо-субтропическо-бореальные элементы встречались исключительно на станциях 1–6 и 2–4 соответственно.

Во временном аспекте высокобореально-арктические виды также встречались равномерно. Слабый рост числа бореальных, тропическо-субтропическо-бореальных и субтропическо-бореальных видов отмечен в годы периода максимального потепления. Хотя достоверных связей по этому соотношению не выявлено. Было установлено, что высокобореально-арктические виды *Similipecten greenlandicus*, *Thyasira equalis* и *Yoldiella solidula* на станциях 3–6 имели выраженные максимумы обилия видов в 1997, 2001, 2003 и 2007 гг. соответственно, независимо от потеплений или похолоданий.

Максимумы видового богатства бореальных, субтропическо-бореальных и тропическо-субтропическо-бореальных моллюсков отмечались исключительно в годы самого теплого периода.

Так же, как и в случае с видовым богатством, максимальная численность моллюсков зафиксирована на ст. 2 и объясняется уникальным сочетанием факторов среды. Наиболее высокая плотность поселения отмечалась на южных станциях разреза “Кольский меридиан” в области влияния основной и прибрежной ветвей Мурманского течения. К северу, равно как и при увеличении глубины, численность моллюсков достоверно уменьшается, что, скорее всего, связано с температурным фактором, а также с исчезновением в указанных направлениях некоторых тепловодных видов.

Поскольку абсолютное большинство видов относится к бореально-арктической группе, то, соответственно, лидирующее место в численности двустворок занимают представители именно этой группы. Среди них наиболее многочисленным видом, доминирующим в подавляющем числе случаев, является *Mendicula ferruginosa* – это г-стратег, имеющий небольшие размеры, малую продолжительность жизни и плодовитое потомство. Вид образует агрегации, скорее всего, большие по площади и близко расположенные, поэтому на станциях разреза “Кольский меридиан” встречается в большом количестве. По данным З.А. Филатовой (1948), *M. ferruginosa* придерживается районов

действия Нордкапского течения. До 2001 года, за редким исключением, этот вид доминировал практически на всех станциях, с 2003 г. он являлся доминантом на станциях 2–10, с 2007 г. на станциях 1, 3–10, а с 2010 г. преобладание *M. ferruginosa* по численности наблюдалось на станциях 1, 6–10. Изменение состава доминирующих видов часто не связано с изменением температурных условий. Так доминирующее положение переходило как к относительно тепловодным видам – *B. pectunculoides*, *T. equalis* и *M. phaseolina*, так и к холодноводным – *B. glacialis*, *C. arctica*, *Y. nana* и *D. vitreum*, причем даже на станциях 2–4.

Минимальная численность моллюсков была отмечена в холодный 1997 г., низкие значения плотности фиксировались в 1995 г. и, так же как и в случае с видовым богатством, как это ни парадоксально, в максимально теплый 2012 г. Максимум численности соотносится с теплым периодом. Но общих тенденций увеличения или уменьшения обилия особей *Bivalvia* за исследованный период не выявлено.

Доля бореально-арктических моллюсков в общей численности достигала 77–91 %, поэтому все общие тенденции плотности поселения двустворок отражала именно эта группа. В течение всего периода потепления достоверное увеличение численности бореально-арктических элементов было отмечено только на ст. 2, что вероятно, обусловлено наступлением более благоприятных условий для успешного размножения. На станции 3 возросла численность высокобореально-арктических видов. Рост плотности поселения бореальной группы с 1995 по 2013 гг. отмечен на северных станциях 6–9, т. е. при распространении положительных температурных аномалий в северном направлении. Численность субтропическо-бореальных видов возросла исключительно на самых тепловодных станциях 2–3, что, в общем, не требует специальных объяснений.

Диапазон биомассы с 1995 по 2013 гг. на всех станциях разреза составил 1.8–11.6 г/м². При этом выявлена достоверная обратная связь биомассы с глубиной. По мнению С.Г. Денисенко (2008), глубина является более значимым фактором в распределении биомассы зообентоса, чем температура. Это объясняется активным выеданием фитопланктона и деструкцией отмерших клеток по мере их осадения на дно, что уменьшает пищевой ресурс моллюсков.

В распределении максимумов и минимумов биомассы *Bivalvia* во временном аспекте прослеживается зависимость от температуры. Так, наименьшее значение биомассы отмечено в 1995 г., т. е. после периода отрицательных среднегодовых аномалий, а наибольшее – в 2010 г., соответствующий самому теплему периоду. Однако, после 2010 г. наблюдалось некоторое снижение биомассы двустворок, что косвенно может быть связано с изменением метода промывки проб, т. е. увеличением ячеек промывочного сита, хотя достоверной связи мы не обнаружили.

Как и по численности, доминирующей по биомассе была бореально-арктическая группа, она составляла 79–96 % всей биомассы двустворчатых моллюсков.

Среди двустворчатых моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” преобладали по биомассе 20 видов. В их числе как тепловодные и относительно тепловодные *Bathyarca pectunculoides*, *Thyasira equalis*, *Modiolula phaseolina*, *Yoldiella lucida* и *Parvicardium minimum*, так и холодноводные и относительно холодноводные *Mendicula ferruginosa*, *Astarte crenata*, *Bathyarca glacialis*, *Yoldiella intermedia*, *Y. lenticula*, *Y. nana*, *Cuspidaria subtorta*, *C. arctica*, *Ciliatocardium ciliatum*, *Thracia myopsis*, *T. septentrionalis*, *Musculus niger*, *Similipecten greenlandicus*, *Lyonsiella abyssicola* и *Nuculana pernula*. При этом наиболее часто преобладали по биомассе крупные моллюски *A. crenata* (36 %) и *B. glacialis* (34 %).

За время исследований на ст. 2 был отмечен достоверный рост биомассы субтропическо-бореальных моллюсков, а на ст. 3 – рост численности и тенденция увеличения биомассы высокобореально-арктических видов. В северной части разреза достоверное увеличение биомассы зафиксировано на ст. 7 за счет бореальных элементов.

Выяснено, что таксоцены двустворок на станциях разреза “Кольский меридиан” характеризуются в большинстве случаев полидоминантностью. В состав ведущей по всем показателям обилия группы входит 20 видов, принадлежащих к высокобореально-арктической (1 вид), бореально-арктической (14 видов), бореальной (3 вида) и субтропическо-бореальной (2 вида) элементам.

Авторы благодарят А.Ю. Воронкова, сотрудника Института морских исследований (IMR, Норвегия), за помощь, ценные советы и консультации при идентификации некоторых видов двустворчатых моллюсков.

Литература

Антипова Т.В. Распределение, экология, рост и продукция двустворчатых моллюсков Баренцева и Карского морей: Дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 1979. 230 с.

Арнольди Л.В. Материалы по количественному изучению зообентоса Черного моря. II. Каркиенитский залив // Тр. Севаст. биол. ст. 1949. Т. VII. С. 127–192.

Герценштейн С.М. Материалы к фауне Мурманского берега и Белого моря. I. Моллюски // Тр. Санкт-Петерб. общ-ва естествоисп. 1885. Т. XVI, вып. 2. С. 635–814.

Данилов Д.И. Плейстоцен морских субарктических равнин. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 199 с.

Денисенко С.Г. Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флюктуации вдоль разреза “Кольский меридиан” // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2005. С. 65–76.

Денисенко С.Г. Макрозообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2008. 46 с.

Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива и условия ее существования // Зап. Имп. Акад. наук. 1915. Т. XXXIV. Сер. 8. 929 с.

Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.

Зацепин В.И. Северо-бореальные сообщества *Modiolus* – *Pecten islandicus* и *Macra elliptica* мурманского побережья и их сравнительно зоогеографическая характеристика // Вестн. Моск. ун-та. 1946. № 2. С. 91–344.

Зацепин В.И., Филатова З.А. Тепловодные кардииды Баренцева моря и роль Нордкапского течения в их распространении // Проблемы Арктики. 1945. № 4. С. 41–50.

Золотарев П.Н. Донная фауна Варангер-фьорда Баренцева моря в уловах трала Сигсби // Зоол. журн. 2013. Т. 92, № 8. С. 981–985.

Кантор Ю.И., Сысоев А.В. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. М.: Тов-во науч.- изд. КМК, 2005. 627 с.

Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 139 с.

Максимович Н.В., Погребов В.Б. Анализ количественных гидробиологических материалов. Л., 1986. 97 с.

Месяцев И.И. Моллюски Баренцева моря // Тр. Гос. океаногр. ин-та. 1931. Т. I, вып. 1. 168 с.

Милославская Н.М. Моллюски семейства Thyasiridae (Bivalvia, Lucinoidea) арктических морей СССР // Биоценозы шельфа Земли Франца-Иосифа и фауна сопредельных акваторий. Л.: Наука, 1977. С. 391–417.

Моллюски Белого моря / Под ред. О.А. Скарлато. Л.: Наука, 1987. 324 с.

Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. СПб., 2006. 356 с.

Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука, 1981. 480 с.

Филатова З.А. Класс двустворчатых моллюсков (Bivalvia, Lamellibranchiata) // Определитель фауны и флоры северных морей СССР / Под ред. Н.С. Гаевской М.: Советская наука, 1948. С. 405–446.

Филатова З.А. Общий обзор фауны двустворчатых моллюсков северных морей СССР // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1957. Т. XX. С. 3–59.

Фролов А.А. Двустворчатые моллюски верхней сублиторали южного и среднего колен залива // Кольский залив. Освоение и рациональное природопользование. М.: Наука, 2009. С. 182–202.

Щербина Г.Х. Годовая динамика макрозообентоса открытого мелководья Волжского плеса Рыбинского водохранилища // Зооценозы водоемов бассейна Верхней Волги в условиях антропогенного воздействия. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. С. 108–144.

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

Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway. Research Report for DN 1997-1 / T. Brattegard, T. Holthe (Eds.). Directorate for Nature Management, Norway. 1997. 409 p.

Carey A.G., Scott P.H., Walters K.R. Distributional ecology of shallow southwestern Beaufort Sea (Arctic Ocean) bivalve Mollusca // Marine Ecology Progress Series. 1984. Vol. 17. P. 125–134.

Galkin Yu.I. Long-term changes in the distribution of mollusks in the Barents Sea related to the climate // Berichte zur Polarforschung. 1998. Vol. 287. P. 100–143.

Galkin Yu.I., Voronkov A.Y. Class Bivalvia // List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic Seas and adjacent deep waters. SPb.: ZIN RAS, 2001. P. 111–114.

Mattson S., Warén A. *Dacrydium ockelmanni* sp. n. (Bivalvia, Mytilidae) in Western Norway // *Sarsia*. 1977. Vol. 63(1). P. 1–6.

Warén A. Taxonomic comments on some protobranch bivalves from the northeastern Atlantic // *Sarsia*. 1989. Vol. 74. P. 223–259.

УДК 595.36 (268.45)

О.Л. Зимина, О.С. Любина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ДОННЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ НАДОТРЯДА PERACARIDA (CRUSTACEA: MALACOSTRACA) НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Представлен видовой состав и особенности распределения донных ракообразных надотряда Peracarida на разрезе “Кольский меридиан” по материалам 2000–2013 гг. Выявлено 37 новых для фауны Баренцева моря видов. Обсуждается возможное влияние климатических условий на временные изменения биогеографической структуры фауны.

O.L. Zimina, O.S. Lyubina

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

PERACARIDA (CRUSTACEA, MALACOSTRACA) OF THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

Species composition and peculiarities of distribution of peracarid crustaceans' fauna on the transect “Kola Section” was studied based on the materials of 2000–2013 years. 37 new for the Barents Sea fauna species were detected. Possible influence of climatic conditions on the temporal changes of peracarid fauna was discussed.

Введение. Исследования зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” проводятся с 1890-х гг. На начальном этапе сборы проводились в основном тралом Сигсби, а с 1924 г. также с использованием дночерпателя. За длительный период исследований накоплен большой материал, обобщенный в работе К.Н. Несиса (1960). Мониторинг с использованием дночерпателя как основного орудия сбора материала был начат в 1995 г. научной группой ММБИ и продолжается по настоящее время. С 2010 года исследования проводятся совместно со специалистами ПИНРО. Результаты анализа отдельных фаунистических групп и макробентоса в целом за 1995–2001 гг. приведены в ряде работ (Влияние ..., 2007; Любина и др., 2012; Предварительные ..., 2013).

В связи с особенностями методики сбора и обработки проб на ранних этапах мониторинга (до 2000 г.), практически полностью отсутствуют данные о составе и распределении организмов, имеющих малые размеры, что не позволяет провести сравнение новых данных с данными более ранних исследований. К этой группе организмов относятся донные ракообразные надотряда Peracarida, который включает в себя отряды Amphipoda, Isopoda, Cumacea, Tanaidacea и Mysidacea и является одной из наиболее богатых видами групп беспозвоночных в арктических морях. Эти беспозвоночные, как правило, имеют небольшую продолжительность жизни, у них отсутствует стадия планктонной личинки в жизненном цикле, расселение происходит путем миграции взрослых особей, что делает их удобным объектом для мониторинга и зоогеографических исследований.

Материал и методы. Разрез “Кольский меридиан” состоит из 10 стандартных станций, расположенных вдоль меридиана 33°30’ в. д. через каждые полградуса до 74° с. ш. (рис. 1). Работа основана на материале, собранном в 2000–2013 гг. в экспедициях ММБИ (НИС “Дальние Зеленцы” – 2000, 2001, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011 гг.) и ПИНРО (НИС “Р. Муклевич” – 2003 г., “Ф. Нансен” – 2010 г. и “Вильнюс” – 2011, 2012, 2013 гг.). Всего за этот период отобрано 425 проб на 85 станциях. Пробы отбирали дночерпателем ван-Вина в 5-кратной повторности и промывали в капроновом сите с размером ячеек 0.5 мм (с 2010 г. – с ячейкой 1 мм). В связи с тем, что до 2010 г. ежегодно на разрезе выполнялось разное количество станций, для выявления изменений состава и структуры фауны во времени были выбраны станции 2–8, где ежегодные работы проводились в течение 8 лет (табл. 1).

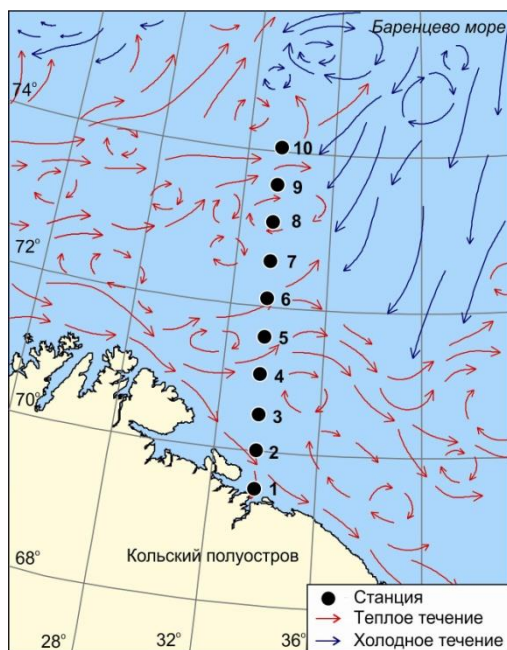


Рис.1. Карта-схема расположения станций на разрезе “Кольский меридиан”

Станции, выполненные на разрезе “Кольский меридиан” с 2000 по 2013 гг.

Станция	2000 г.	2001 г.	2003 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
2	+*	+*	+*	+	-	+*	+*	+*	+*	+*
3	+*	+*	+*	+	-	+*	+*	+*	+*	+*
4	+*	+*	+*	-	+	+*	+*	+*	+*	+*
5	+*	+*	+*	-	-	+*	+*	+*	+*	+*
6	+*	+*	+*	+	+	+*	+*	+*	+*	+*
7	+*	+*	+*	-	-	+*	+*	+*	+*	+*
8	+*	+*	+*	-	+	+*	+*	+*	+*	+*
9	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
10	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+

* Станции, материалы которых были использованы для анализа временной изменчивости состава и структуры фауны ракообразных;

Результаты и обсуждение. Количественная характеристика.

На 10 станциях разреза “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг. отмечено 226 таксонов ракообразных надотряда Peracarida, относящихся к 5 отрядам и 54 семействам, из них 181 определены до вида (табл. 2). Наиболее богато представлен отряд Amphipoda (109 видов). За указанный период наблюдений на станциях разреза выявлено 37 новых для фауны Баренцева моря видов перакарид. Среди них 15 видов Isopoda, 12 видов Amphipoda, 4 вида Tanaidacea, 4 вида Cumacea и 2 вида Mysidacea.

Видовое богатство (количество видов на станцию) распределено по разрезу неравномерно. В среднем за весь период исследований на станциях встречалось 21 ± 2 вида перакарид. Наибольшим разнообразием отличаются станции 2 и 8, где отмечалось 54 ± 2 и 30 ± 2 видов на станцию соответственно. Минимальное разнообразие характерно для ст. 1 (6 ± 1 вид). Плотность поселений в среднем по разрезу за время исследований составила 158 ± 19 экз/м². Максимальные значения также характерны для станций 2 и 8. Среднее значение биомассы составило 0.46 ± 0.09 г/м² с максимумами на станциях 8 и 10. Распределение количественных характеристик по станциям разреза представлено в таблицах (таблицы 3, 4, 5).

Частота встречаемости ракообразных надотряда Peracarida
на разрезе “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг., %

Таксон	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Отряд Amphipoda										
<i>Acanthonotozoma cristatum</i> (Ross, 1835)	–	–	–	11	–	–	–	–	–	–
<i>Acanthonotozoma rusanovae</i> Bryazgin, 1974	–	11	–	–	13	–	–	–	–	–
<i>Acanthostepheia malmgreni</i> (Goës, 1866)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Aceroides latipes</i> (G.O. Sars, 1882)	–	–	22	11	25	40	13	78	50	50
<i>Acidostoma obesum</i> (Bate, 1862)	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Ampelisca eschrichti</i> Kroyer, 1842	11	–	–	–	25	20	100	56	67	38
<i>Ampelisca macrocephala</i> Lilljeborg, 1852	–	22	11	11	13	40	13	56	17	63
<i>Ampelisca</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	17	–
<i>Amphilochopsis hamatus</i> Stephensen, 1925*	–	11	–	–	–	–	25	22	–	13
<i>Amphilochus manudens</i> Bate, 1862	–	100	11	–	–	–	–	11	–	–
<i>Amphilochus tenuimanus</i> (Boeck, 1870)	–	22	–	–	–	–	–	56	–	50
Amphipoda g. sp.	–	44	–	11	25	20	25	33	17	13
<i>Andaniexis abyssi</i> A. Boeck, 1871	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Anonyx debruyinii</i> Hoek, 1882	–	–	–	–	–	10	–	11	–	–
<i>Anonyx lilljeborgii</i> Boeck, 1870	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Anonyx nugax</i> (Phipps, 1774)	–	–	–	–	–	–	13	11	–	–
<i>Anonyx sarsi</i> Steele, Brunel, 1986	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857)	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Apherusa sarsi</i> Schoemaker, 1930	–	–	11	–	–	10	13	–	–	–
<i>Apherusa</i> sp.	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
<i>Arrhis phyllonyx</i> (M. Sars, 1858)	11	–	–	–	25	30	38	11	33	25
<i>Autonoe borealis</i> (Myers, 1976)*	–	56	22	–	–	–	–	–	–	–
<i>Autonoe megacheir</i> G.O. Sars, 1879	–	78	11	11	–	–	–	–	–	–
<i>Autonoe</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	22	–	13
<i>Bathymedon longimanus</i> (Boeck, 1871)	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Bathymedon obtusifrons</i> (Hansen, 1883)	–	–	–	11	–	10	–	22	–	50
<i>Bathymedon saussurei</i> (Boeck, 1871)*	11	56	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Bruzelia tuberculata</i> Sars, 1882*	–	44	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Byblis crassicornis</i> Metzger, 1875*	–	67	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Byblis</i> sp.	–	100	56	56	50	20	50	89	33	25
<i>Caeconyx caeculus</i> (Sars, 1891)	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Caprella microtuberculata</i> G.O. Sars, 1880	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Centromedon productus</i> (Goës, 1866)	67	–	22	11	–	40	25	33	–	–
<i>Centromedon pumilus</i> (Liljeborg, 1865)	44	11	–	11	–	20	–	22	–	–
<i>Cressa minuta</i> Boeck, 1871*	–	89	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cressa</i> sp.	–	–	11	–	–	–	–	–	–	–
<i>Deflexilodes norvegicus</i> (Boeck, 1860)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Deflexilodes subnudus</i> (Norman, 1889)	–	44	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Deflexilodes tessellatus</i> (Schneider, 1883)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Dulichia</i> sp.	–	56	22	–	–	–	–	22	–	–
<i>Dulichia spinosissima</i> Kroyer, 1845	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Dyopodos</i> sp.	–	–	–	–	–	10	38	11	–	–

Таксон	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Erichthonius rubricornis</i> (Stimpson, 1853)	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1850)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
Eusiridae g. sp.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Eusirus propinquus</i> G.O. Sars, 1893	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Gammaropsis melanops</i> G.O. Sars, 1882	–	22	33	–	–	–	38	33	–	50
<i>Gitanopsis bispinosa</i> (Boeck, 1871)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Haliragoides inermis</i> (G.O. Sars, 1882)	–	22	–	–	–	–	25	22	–	25
<i>Haploops setosa</i> Boeck, 1871	11	33	56	22	50	–	–	78	17	25
<i>Haploops similis</i> Stephensen, 1925	–	11	89	78	88	70	–	89	50	38
<i>Haploops</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Haploops tenuis</i> Kannevorff, 1966*	–	11	67	56	38	100	38	89	67	100
<i>Haploops tubicola</i> Liljeborg, 1855	–	–	–	–	13	20	38	22	100	100
<i>Harpinia crenulata</i> Boeck, 1871*	–	100	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Harpinia laevis</i> G.O. Sars, 1981*	–	22	11	–	–	–	–	–	–	–
<i>Harpinia mucronata</i> G.O. Sars, 1879	–	44	100	100	100	10	–	67	–	13
<i>Harpinia plumosa</i> Kroyer, 1842	–	11	11	11	–	–	–	–	–	–
<i>Harpinia propinqua</i> G.O. Sars, 1891	–	100	89	100	75	–	–	–	–	–
<i>Harpinia</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hippomedon holbolli</i> (Kroyer, 1846)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hippomedon propinquus</i> G.O. Sars, 1890	–	22	22	–	13	–	–	–	–	–
<i>Hippomedon rylovi</i> Gurjanova, 1933	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hippomedon</i> sp.	–	–	–	22	–	–	–	–	–	–
<i>Idunella aequicornis</i> (G.O. Sars, 1876)	–	–	33	22	–	40	50	100	83	75
<i>Ischyrocerus megalops</i> G.O. Sars, 1894	–	–	–	–	13	10	–	33	33	38
<i>Ischyrocerus</i> sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	25
<i>Kerguelenia borealis</i> G.O. Sars, 1891	–	56	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Laetmatophilus tuberculatus</i> Bruzelus, 1859*	–	56	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lepechinella arctica</i> Schelenberg, 1926*	–	100	11	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lepidepcreum umbo</i> (Goës, 1866)	–	–	11	11	–	10	25	–	–	–
<i>Leptophoxus falcatus</i> G.O. Sars, 1882*	–	89	–	11	–	–	–	–	–	–
<i>Liljeborgia fissicornis</i> (M. Sars, 1858)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
Lysianassidae g. sp.	–	11	–	–	–	–	–	11	17	–
<i>Maera</i> sp.	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
<i>Melphidippa borealis</i> Boeck, 1870	11	44	–	–	–	–	13	33	17	25
<i>Melphidippa goesi</i> Stebbing, 1899	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Melphidippa</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	17	13
<i>Menigrates obtusifrons</i> (Boeck, 1861)	–	–	–	11	–	–	–	11	–	–
<i>Metopa</i> sp.	–	44	–	11	–	10	13	–	–	13
<i>Monoculodes coecus</i> Gurjanova, 1946	–	11	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Monoculodes latimanus</i> (Goës, 1866)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Monoculodes packardi</i> Boeck, 1871	–	11	–	–	–	10	25	–	–	–
<i>Monoculodes</i> sp.	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Neochela monstrosa</i> (Boesk, 1861)	11	22	11	33	–	10	–	–	17	–
<i>Nicippe tumida</i> Bruzelius, 1859	–	–	33	44	13	–	–	–	–	–
<i>Nototropis nordlandicus</i> (Boeck, 1871)	–	78	33	44	13	–	–	–	–	–
<i>Nototropis</i> sp.	–	–	–	11	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 2

Таксон	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Odius carinatus</i> (Bate, 1862)	–	11	–	22	–	–	–	–	–	–
Oedicerotidae g. sp.	–	22	11	11	–	–	–	–	–	–
<i>Onisimus normani</i> (G.O. Sars, 1895)	–	–	–	–	13	10	–	–	17	–
<i>Onisimus plautus</i> (Kroyer, 1845)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Opisa eschrichti</i> (Kroyer, 1842)	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
<i>Orchomene amblyops</i> G.O. Sars, 1891	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Orchomene pectinata</i> G.O. Sars, 1882	–	11	–	–	–	–	–	11	–	13
<i>Orchomene serrata</i> (Boeck, 1861)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Orchomene</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Orchomenella pinguis</i> Boeck, 1861	11	–	–	–	–	–	13	–	–	–
<i>Pacifocolodes pallidus</i> (G.O. Sars, 1892)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Paradulichia typica</i> Boeck, 1870	–	–	11	–	–	–	–	–	–	38
<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)	11	78	22	33	38	20	–	100	–	13
<i>Pardaliscella</i> sp.	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Paroedicerus lynceus</i> (M. Sars, 1858)	–	44	–	–	–	–	13	33	–	–
<i>Paroedicerus propinquus</i> (Goes, 1866)	–	–	–	–	13	–	13	–	–	–
<i>Paroedicerus</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Phippsiella similis</i> (G.O. Sars, 1891)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Photis reinhardi</i> Kroyer, 1842	–	56	33	–	38	–	–	56	–	100
<i>Photis</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Photis tenuicornis</i> G.O. Sars, 1882	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Phoxocephalus holbolli</i> (Kroyer, 1842)	–	–	–	–	13	–	–	–	–	–
<i>Pleustes panoplus</i> (Kroyer, 1838)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
Pleustidae g. sp.	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
<i>Pleustomesus medius</i> (Goës, 1866)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50
<i>Pleusymtes pulchella</i> (G.O. Sars, 1876)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25
<i>Pontocrates arcticus</i> G.O. Sars, 1895	–	–	11	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pontocrates arenarius</i> (Bate, 1858)	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Protomedeia fasciata</i> Kroyer, 1842	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Protomedeia</i> sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Quasimelita formosa</i> Murdoch, 1865	22	–	–	–	–	–	13	–	–	–
<i>Rhachotropis helleri</i> A. Boeck, 1871	–	–	–	–	25	10	–	–	–	–
<i>Rhachotropis inflata</i> (G.O. Sars, 1882)	–	–	–	–	–	–	–	–	17	–
<i>Rostroculodes borealis</i> Boeck, 1871	–	–	11	–	–	–	–	–	–	–
<i>Rostroculodes longirostris</i> (Goës, 1866)	–	–	11	11	–	–	–	–	–	–
<i>Syrrhoe crenulata</i> Goës, 1866	–	11	11	–	–	10	38	11	33	–
<i>Tiron spiniferus</i> (Stimpson, 1853)	–	11	–	–	–	–	–	44	–	13
<i>Tmetonyx cicada</i> (Fabricius, 1780)	–	33	11	44	25	20	–	–	–	–
<i>Tmetonyx similis</i> (G.O. Sars, 1891)	22	33	67	44	25	40	–	44	–	–
<i>Tmetonyx</i> sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tryphosella horingi</i> Boeck, 1871	11	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tryphosella nanoides</i> (Liljeborg, 1865)	–	44	22	11	13	10	13	44	–	–
<i>Tryphosella sarsi</i> Bonnier, 1893	–	33	–	11	–	10	–	–	–	–
<i>Tryphosella schneideri</i> Stephensen, 1925	–	22	11	–	–	10	–	–	–	–
<i>Unciola leucopis</i> (Kroyer, 1845)	–	11	44	44	75	60	25	67	17	38
<i>Unciola planipes</i> Norman, 1867	–	11	–	44	–	–	–	–	–	–
<i>Urothoe elegans</i> Bate, 1857	–	100	11	–	–	–	–	–	–	–
<i>Westwoodilla caecula</i> (Bate, 1856)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	13

Таксон	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Отряд Cumacea										
<i>Brachydiastylis resima</i> (Kroyer, 1846)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Campylaspis horrida</i> G.O. Sars, 1870*	–	78	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Campylaspis intermedia</i> Hansen, 1920*	–	89	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Campylaspis</i> sp.	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
Cumacea g. sp.	–	–	–	–	–	–	13	–	–	–
<i>Diastylis echinata</i> Bate, 1865	11	78	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Diastylis edwardsi</i> (Kroyer, 1841)	–	–	–	–	–	10	13	–	–	–
<i>Diastylis goodsiri</i> (Bell, 1855)	–	–	–	–	–	30	38	–	100	50
<i>Diastylis lepechini</i> Zimmer, 1926	–	–	–	56	25	10	38	33	17	25
<i>Diastylis oxyrhyncha</i> Zimmer, 1926	–	–	33	33	63	50	50	22	33	–
<i>Diastylis rathkei</i> (Kroyer, 1841)	22	56	78	44	50	50	13	56	33	25
<i>Diastylis</i> sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Diastylis spinulosa</i> Heller, 1875	–	–	33	22	50	80	50	89	50	38
<i>Ektonodiastylis nimia</i> (Hansen, 1920)	–	11	89	56	63	70	50	89	17	88
<i>Eudorella arctica</i> Hansen, 1920*	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eudorella emarginata</i> (Kroyer, 1846)	89	33	67	33	50	50	50	67	50	75
<i>Eudorella hispida</i> G.O. Sars, 1871	–	22	11	11	13	–	–	11	–	–
<i>Eudorella</i> sp.	–	44	–	–	–	10	–	11	–	–
<i>Eudorella spitzbergensis</i> Zimmer, 1926	–	–	–	–	–	–	13	11	–	13
<i>Eudorella truncatula</i> (Bate, 1856)*	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hemilamprops assimilis</i> G.O. Sars, 1883	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hemilamprops cristatus</i> (G.O. Sars, 1870)	–	78	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hemilamprops roseus</i> (Norman, 1863)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lamprops fasciatus</i> G.O. Sars, 1863	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Leptostylis macrura</i> G.O. Sars, 1869	11	11	–	–	–	10	–	11	–	–
<i>Leptostylis</i> sp.	–	11	–	–	–	–	13	–	–	13
<i>Leptostylis villosa</i> G.O. Sars, 1869	11	–	22	22	13	50	25	22	17	25
<i>Leucon acutirostris</i> G.O. Sars, 1864	67	56	11	–	–	20	38	33	–	50
<i>Leucon fulvus</i> G.O. Sars, 1864	–	–	–	–	–	–	13	–	–	–
<i>Leucon nasica</i> (Kroyer, 1841)	–	11	–	11	38	80	50	67	17	50
<i>Leucon nathorsti</i> Ohlin, 1901	–	100	–	11	13	20	–	100	–	25
<i>Leucon pallidus</i> G.O. Sars, 1864	33	78	56	44	38	40	–	22	17	–
<i>Leucon</i> sp.	–	11	–	22	–	–	–	–	–	13
<i>Platysympus tricarinatus</i> Hansen, 1920	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
Отряд Isopoda										
<i>Astacilla granulata</i> (Sars, 1877)*	–	–	–	–	–	–	–	–	17	–
<i>Astacilla longicornis</i> (Sowerby, 1806)*	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Astacilla pusilla</i> (Sars, 1873)*	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Baeonectes muticus</i> (G.O. Sars, 1864)*	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Caecognathia elongata</i> (Kroyer, 1846)	22	100	56	78	75	60	38	100	100	10 0
<i>Calathura brachiata</i> (Stimpson, 1854)	–	78	89	67	38	60	25	78	33	63
<i>Desmosoma lobipes</i> Kussakin, 1965*	–	–	–	–	–	–	13	–	–	13
<i>Desmosoma</i> sp.	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Desmosomatidae g. sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Echinozone arctica</i> Hansen, 1916	–	67	44	33	50	–	–	56	–	–
<i>Echinozone coronata</i> (Sars, 1870)*	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eugerda tenuimana</i> (G.O. Sars, 1868)*	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–

Таксон	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Eugerdella armata</i> (Sars G.O., 1864)*	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eurycope producta</i> G.O. Sars, 1868	–	22	–	–	13	–	–	11	–	25
<i>Eurycope</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
Eurycopidae g. sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Ilyarachna bergendali</i> Ohlin, 1905*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Ilyarachna bicornis</i> Hansen, 1916*	–	33	–	–	–	–	–	33	–	–
<i>Ilyarachna frami</i> Just, 1980*	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Ilyarachna hirticeps</i> G.O. Sars, 1870	11	56	11	56	50	30	–	78	–	38
<i>Ilyarachna</i> sp.	–	11	11	–	13	–	–	11	–	–
Ishnomesidae g. sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Janira maculosa</i> Leach, 1814	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Katianira bilobata</i> Gurjanova, 1930	–	44	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Macrostylis spinifera</i> G.O. Sars, 1864*	–	56	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Munna acanthifera</i> Hansen, 1916	11	89	–	–	–	–	–	–	–	63
<i>Munna fabricii</i> Kroyer, 1846	–	78	–	–	13	20	–	22	–	–
<i>Munna groenlandica</i> Hansen, 1916*	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Munna hansenii</i> Stappers, 1911	–	67	–	–	–	–	13	33	–	–
<i>Munnopsis typica</i> M. Sars, 1861	–	11	–	–	–	10	–	–	–	25
<i>Munnopsurus giganteus</i> (G.O. Sars, 1877)	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Nannoniscidae g. sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Nannoniscus oblongus</i> G.O. Sars, 1870*	–	89	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pleurogonium inerme</i> G.O. Sars, 1886	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pleurogonium spinosissimum</i> (G.O. Sars, 1866)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Rapaniscus crassipes</i> (Hansen, 1916)*	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Saduria sabini</i> (Kroyer, 1849)	–	–	–	–	25	20	25	33	–	–
Отряд Mysidacea										
<i>Erythrops erythrophthalma</i> (Goës, 1864)*	–	–	–	–	–	–	–	11	–	13
<i>Erythrops serrata</i> (Sars G.O., 1863)*	–	–	–	–	–	–	13	–	–	–
<i>Erytrops</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13
<i>Pseudomma</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
Отряд Tanaidacea										
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars G.O., 1882)*	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cryptocopoides arcticus</i> (Hansen, 1886)	–	22	–	–	–	–	–	11	–	–
<i>Leptognathia gracilis</i> (Kroyer, 1847)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Leptognathia sarsi</i> Hansen, 1909	11	11	–	–	–	–	–	–	–	25
<i>Leptognathia</i> sp.	–	100	–	–	–	–	–	33	–	–
<i>Pseudotanais affinis</i> Hansen, 1886	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pseudotanais forcipatus</i> (Lilljeborg, 1864)	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pseudotanais lilljeborgi</i> G.O. Sars, 1882	–	–	–	–	–	10	13	11	–	25
<i>Pseudotanais macrocheles</i> G.O. Sars, 1882	–	22	–	–	–	–	–	–	17	13
<i>Pseudotanais</i> sp.	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Sphyrapus anomalus</i> (G.O. Sars, 1899)	–	56	22	22	75	–	–	22	–	–
<i>Torquella grandis</i> (Hansen, 1913)*	–	44	–	–	–	20	13	33	33	25
<i>Typhlotanais finmarchicus</i> G.O. Sars, 1881	–	33	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Typhlotanais irregularis</i> Hansen, 1913*	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Typhlotanais</i> sp.	–	22	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Typhlotanais spinicauda</i> Hansen, 1913*	–	89	–	–	–	–	–	–	–	–

*Виды, регистрируемые впервые в Баренцевом море.

Таблица 3

**Видовое богатство перакаррид
на разрезе “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг., видов на станцию**

Год	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2000	5	53	21	17	14	18	20	28	12	35
2001	6	53	16	22	21	26	12	41	19	33
2003	–	51	30	19	15	17	26	31	–	–
2005	2	55	20	–	–	20	–	–	–	25
2005	4	–	–	20	–	15	–	38	–	22
2007	8	69	14	21	18	16	10	28	–	–
2010	5	48	13	16	12	5	7	25	14	9
2011	13	56	14	16	17	10	12	23	11	15
2012	7	50	12	8	16	13	12	28	12	25
2013	2	50	16	8	17	22	9	18	9	13
Среднее	6±1	54±2	17±2	16±2	16±1	16±2	13±2	30±2	13±1	22±3

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в таблицах 4, 5 среднее приведено с ошибкой среднего.

Таблица 4

**Плотность распределения перакаррид
на разрезе “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг., экз/м²**

Год	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2000	12	570	126	128	70	70	74	408	40	262
2001	96	550	88	168	200	108	34	536	76	272
2003	–	418	206	100	76	92	78	310	–	–
2005	8	796	158	–	–	124	–	–	–	212
2005	14	–	–	150	–	135	–	550	–	156
2007	56	704	98	128	160	62	34	446	–	–
2010	14	304	102	72	48	16	16	266	44	18
2011	70	398	104	66	131	36	40	222	30	72
2012	28	354	94	42	90	58	28	238	40	138
2013	10	318	134	29	108	86	24	98	37	68
Среднее	34±10	512±60	123±13	98±16	110±18	79±12	41±8	341±51	44±6	150±33

Таблица 5

Биомасса перакаррид на разрезе “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг., г/м²

Год	Станции				
	1	2	3	4	5
2000	0.02	0.39	0.30	0.60	0.11
2001	0.05	0.33	0.20	0.17	1.06
2003	–	0.35	0.33	0.37	0.59
2005	0.02	0.35	0.23	–	–
2005	0.05	–	–	0.17	–
2007	0.04	0.48	0.06	0.21	0.30
2010	0.01	0.21	0.19	0.19	0.15
2011	0.05	0.32	0.13	0.13	0.28
2012	0.10	0.65	0.16	0.14	0.48
2013	0.07	0.26	0.19	0.16	0.57
Среднее	0.04±0.011	0.37±0.04	0.20±0.03	0.24±0.05	0.44±0.10

Год	Станции				
	6	7	8	9	10
2000	0.44	0.36	1.44	0.21	1.44
2001	2.10	0.06	1.51	0.27	0.49
2003	0.41	0.51	1.11	–	–
2005	0.25	–	–	–	0.33
2005	0.47	–	0.68	–	0.43
2007	0.21	0.27	7.61	–	–
2010	0.16	0.09	0.90	0.29	0.22
2011	0.08	0.37	0.46	0.29	0.30
2012	0.41	0.83	0.50	0.19	0.97
2013	0.41	0.48	0.30	0.12	0.29
Среднее	0.49±0.17	0.37±0.08	1.61±0.72	0.23±0.03	0.56±0.14

Новые для фауны Баренцева моря виды. За период наблюдений на станциях разреза нами выявлено 37 новых для фауны Баренцева моря видов перакаррид. Среди них 15 видов Isopoda, 12 видов Amphipoda, 4 вида Tanaidacea, 4 вида Cumacea и 2 вида Mysidacea. Они обнаружены преимущественно на южных станциях разреза, большинство являются тепловодными, имеют атлантическое распространение и встречаются на сопредельных акваториях: вдоль побережья Норвегии и в Норвежском море. Все указанные выше виды имеют небольшие размеры (1.5 до 9 мм). Большинство из них, вероятнее всего, ранее терялись при обработке проб, либо имела место некорректная идентификация, так как достаточно стабильная встречаемость этих видов на разрезе в течение более 10 лет наблюдений свидетельствует о том, что в данном районе указанные виды обитают постоянно. Кроме того возможно их появление в юго-западной части Баренцева моря в связи с климатическими изменениями. Ниже приведены сведения о некоторых находках.

Отряд Amphipoda

Семейство Lepechinellidae Schellenberg, 1926

Род *Lepechinella* Stebbing, 1908

Lepechinella arctica Schellenberg, 1926

Глубоководный вид. Встречается в Гренландском море (глубина 820 м), севернее архипелага Шпицберген (глубина 1000 м), в Норвежском море (на глубине свыше 600 м). В Баренцевом море на границе ареала распространение вида возможно только при определенных температурных условиях на дне, чем и вызвано его обитание на сравнительно небольших глубинах (140–200 м). Подобное явление “выдавливания” глубоководных видов на шельф было отмечено ранее Е.Ф. Гурьяновой (1951) на примере *Amathillopsis spinigera* Heller, 1875 в Карском море.

Находки вида в российской части Баренцева моря локализованы в основном на ст. 2 разреза “Кольский меридиан” (70°00' с. ш., 33°30' в. д.)

на глубине 144–146 м на илистом грунте с камнями и спикулитом. На этой станции вид встречался в 1995, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010, 2011, 2012 гг. В 2003 году он был обнаружен чуть севернее – на ст. 3 (70°29.8' с. ш., 33°30.6' в. д.) на глубине более 200 м.

Семейство Cressidae Stebbing, 1899

Род *Cressa* Voeck, 1857

Cressa minuta Voeck, 1871

Вид распространен вдоль юго-западного побережья Норвегии (G.O. Sars, 1895) до Лофотенских островов (Amphipoda ..., 1997) на глубинах более 100 м.

На разрезе “Кольский меридиан” вид был обнаружен преимущественно на ст. 2 на глубине 140–150 м в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2005, 2007, 2010, 2011, 2011 гг. В 1997 году один экземпляр был найден гораздо севернее – на ст. 6 (72°00' с. ш.), а в 2003 г. – на ст. 3 на глубине свыше 200 м.

Семейство Amphiloichidae Voeck, 1871

Род *Amphiloichopsis* Stephensen, 1925

Amphiloichopsis hamatus Stephensen, 1925

Глубоководный североатлантический вид, проникающий в Полярный бассейн. Известен из Девисова пролива (глубина 2200–2700 м), к югу от Исландии (1300–1500 м) и из Норвежского моря (700–900 м), из районов Гренландии, Фарерских островов с глубин 400–2700 м, обитает на каменистом грунте (Stephensen, 1925).

На разрезе “Кольский меридиан” этот вид встречался сравнительно редко (в 2000, 2001 и 2006 гг.) на северных станциях 6 и 8 (73°00' с. ш.) на илистых грунтах на глубине более 200 м. Однако в 2010 г. он был обнаружен на ст. 2 на глубине 144 м.

Семейство Oedicerotidae Lilljeborg, 1865

Род *Bathymedon* Sars, 1892

Bathymedon saussurei (Voeck, 1871)

Вид распространен на шельфе и в фьордах западного побережья Норвегии на глубине от 50 до 300 м (Buhl-Jensen, 1986).

На разрезе “Кольский меридиан” вид был зарегистрирован только на ст. 2 в 2001, 2005, 2007, 2010, 2011, 2012 гг. на глубине 144–146 м, на песчано-илистом грунте с примесью камней и спикулита.

Семейство Phoxocephalidae Sars, 1891

Род *Harpinia* Voeck, 1876

Harpinia crenulata (Voeck, 1871)

Данный вид распространен вдоль южного и западного побережья Норвегии, Исландии, у Каттегата, на побережье Богуслана, у берегов Португалии, в Бискайском заливе, у Азорских островов (Sars, 1895; Buhl-Jensen, Fossa, 1991; Weissappel, Svavarsson, 1998; Bamber, Robbins, 2009).

На разрезе “Кольский меридиан” он был обнаружен только на ст. 2 во все годы исследований. Максимальное количество (15 экз.) было зафиксировано в 2005 г.

Harpinia laevis Sars, 1891

Вид распространен вдоль южного и западного побережья Норвегии на глубине 100–200 м. Данный вид, вместе с *Harpinia crenulata* был отмечен у берегов Португалии, в Бискайском заливе, у Азорских островов (Buhl-Jensen, Fossa, 1991; Bamber, Robbins, 2009).

Особи *H. laevis* были зарегистрированы нами на ст. 2 на глубине 142 м в 2007 г. и на ст. 3 на глубине 250 м в 2003 г.

Род *Leptophoxus* G.O. Sars, 1895

Leptophoxus falcatus (Sars, 1882)

Вид распространен вдоль южного и западного побережий Норвегии, у Южной Гренландии на глубине 300–2250 м.

В наших исследованиях на разрезе вид был отмечен в разные годы преимущественно на ст. 2 на глубине 140–150 м. В 2006 году он был обнаружен гораздо севернее – на ст. 4 (71°00' с. ш.) на глубине 212 м. Этот вид не был включен в состав фауны Баренцева моря (List ..., 2001; <http://www.zin.ru/projects/arccoml>), но входил в более ранний, но менее известный список (Vader, Bryazgin, 1998). Постоянное обнаружение этого вида в материалах с разреза “Кольский меридиан” подтверждает его обитание в российской части Баренцева моря.

Семейство Ampeliscidae Krøyer, 1842

Род *Haploops* Liljeborg, 1856

Haploops tenuis Kannevorff, 1966

Вид обитает на илистом дне в трубках. Распространен в районе Орезунда, проливов Каттегат и Скагеррак, у юго-западного побережья Норвегии.

Haploops tenuis встречается по всему разрезу “Кольский меридиан” и локально образует большие скопления вместе со сходным видом *H. tubicola*. Он был выделен в 1966 г. (Kannevorff, 1966) из смешанных с *Haploops tubicola* поселений из пролива Орезунд Балтийского моря. Новый вид имеет меньшие размеры тела, но является более массовым в местах обитания. Поскольку специальных исследований распространения этого вида в Баренцевом море не проводилось, он не был включен в состав его фауны (List ..., 2001). Однако по нашим наблюдениям он обычен в различных районах Баренцева моря.

Особи *H. tenuis* встречались на разрезе “Кольский меридиан” в течение всего времени исследований на станциях 3–10 на глубине свыше 200 м на илистых грунтах. Самые массовые скопления вида – до 130 экз/м² – были отмечены на ст. 8. Этот вид в районе разреза распределен более массово, чем сходный с ним *H. tubicola*.

Семейство Aoridae Stebbing, 1899

Род *Autonoe* Bruzelius, 1859

Autonoe borealis (Myers, 1976)

Вид распространен у побережья о. Ян-Майен, у западного и восточного побережий Гренландии, у Шпицбергена на глубине более 100 м.

На разрезе “Кольский меридиан” особи данного вида в основном встречались на ст. 2 в 2001, 2005, 2006, 2011, 2013 гг., но в 2001 и 2006 гг. вид был обнаружен на ст. 8. По нашим наблюдениям, в Баренцевом море он распространен более широко, и даже имеется упоминание о его нахождении в Карском море (Любина, Саяпин, 2008).

Семейство Podoceridae Leach, 1814

Род *Laetmatophilus* Bruzelius, 1859

Laetmatophilus tuberculatus Bruzelius, 1859

Вид обитает на глубине 35–900 м в Северо-Восточной Атлантике, вдоль Северо-Западной Норвегии, в Средиземном море, в Бискайском заливе у Канарских островов.

В российской части Баренцева моря был встречен нами в разные годы исследований на ст. 2 разреза на глубине свыше 140 м на песчано-илистом с камнями и примесью спикул грунте. В 2012 году он был обнаружен севернее (70°30' с. ш.), на глубине свыше 240 м. Вид ранее отмечался в Баренцевом море (Vader, Bryazgin, 1998), но в список фауны водоема (List ..., 2001; <http://www.zin.ru/projects/arccoml>), сотрудниками ЗИН РАН не был внесен. Наши находки данного вида подтверждают его встречаемость в российской части Баренцева моря.

Семейство Synopiidae Dana, 1853

Род *Bruzelia* Boeck, 1871

Bruzelia tuberculata Sars, 1882

Вид распространен вдоль западного побережья Норвегии, у Лофотенских островов, Фарерских островов на глубине 300–600 м, у берегов Калифорнии.

В просмотренных нами материалах с разреза “Кольский меридиан” вид был обнаружен только на ст. 2 на глубине 142–149 м на илисто-песчаном грунте с примесью мелких камней и губочных спикул. Как и предыдущий вид, *B. tuberculata* не был включен в список фауны Баренцева моря (List ..., 2001; <http://www.zin.ru/projects/arccoml>), но входил в менее известный, изданный ранее список (Vader, Bryazgin, 1998). На разрезе обнаружен в 2005, 2007, 2010, 2013 гг.

Семейство Ampeliscidae Krøyer, 1842

Род *Byblis* Boeck, 1871

Byblis crassicornis Metzger, 1875

Вид распространен на глубине до 300 м на илистых грунтах у западного побережья Норвегии, в Северной Атлантике.

Особи данного вида, в основном молодь, зарегистрированы в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013 гг. на ст. 2 разреза “Кольский меридиан” на илистом грунте. Этот вид так же, как и предыдущие, не был внесен в список фауны Баренцева моря (List ..., 2001; <http://www.zin.ru/projects/arccoml>), но входит в менее известный, изданный ранее список (Vader, Bryazgin, 1998).

Отряд Isopoda

Семейство Arcturidae

Род *Astacilla*

Astacilla granulata (Sars, 1877)

Атлантический высокобореальный вид, заходящий в арктические воды. Распространен у Западной Гренландии, в Девисовом проливе, у Фарерских островов, у побережья Норвегии до мыса Нордкап, у побережья Северной Америки.

Нами отмечен в 2010 г. на ст. 9 разреза (73°30' с. ш.) на глубине 280 м на илистом грунте.

Astacilla longicornis (Sowerby, 1806)

Восточноатлантический широко распространенный бореальный вид. Распространен вдоль побережья Европы от Португалии до Северной Норвегии, у Фарерских островов и в Северном море.

Нами зарегистрирован в 2012 и 2013 гг. на ст. 2 разреза на глубине 142–149 м на илисто-песчаном грунте с примесью мелких камней и губочных спикул.

Astacilla pusilla (Sars, 1873)

Восточноатлантический высокобореальный вид. Распространен у побережья Норвегии до Лофотенских островов.

Нами отмечен в 2007 г. на ст. 2 разреза.

Семейство Desmosomatidae

Род *Eugerd*

Eugerd tenuimana (Sars G.O., 1868)

Бореально-арктический вид. Обитает в Северном море, у Фарерских островов, у берегов Исландии и Гренландии, вдоль побережья Норвегии до Трондхейм-фьорда. Отмечен в море Лаптевых.

Нами зарегистрирован на ст. 2 в 2007 г.

Род *Eugerdella*

Eugerdella armata (Sars G.O., 1864)

Бореальный вид. Распространен у берегов Восточной Гренландии, у побережья Южной Норвегии. Отмечен в море Лаптевых.

Нами обнаружен в 2005 г. на ст. 2.

Семейство Munnopsidae

Род *Ilyarachna*

Ilyarachna bergendahli Ohlin, 1901

Арктический вид. Обитает в Гренландском, Норвежском, Карском морях и море Лаптевых, на склоне Полярного бассейна.

Нами отмечен в 2000 г. на ст. 10 (74°00') на илистом грунте на глубине 317 м.

Plyarachna bicornis Hansen, 1916

Североатлантический верхнеабиссальный вид. Описан из Девисова пролива.

В нашем материале отмечен на станциях 2 (2003, 2011, 2012 гг.) и 8 (2000, 2006, 2011 гг.).

Plyarachna frami Just, 1980

Высокоарктический глубоководный вид Полярного бассейна.

Нами зарегистрирован в 2012 г. на ст. 4 на глубине 214 м на глинистом грунте.

Род *Echinozone*

Echinozone coronata (Sars, 1870)

Атлантический высокобореальный вид. Обитает вдоль побережья Норвегии, к югу от Исландии и в Девисовом проливе.

В нашем материале отмечен на ст. 2 в 2007, 2010 и 2012 гг.

Семейство Macrostylidae

Род *Macrostylis*

Macrostylis spinifera G.O. Sars, 1864

Североатлантический вид. Обитает у берегов Европы от Северной Норвегии до пролива Скагеррак на юге, у юго-западных берегов Исландии и в Девисовом проливе.

В наших исследованиях вид стабильно отмечается на ст. 2 разреза, образуя массовые поселения (до 40 экз/м²).

Семейство Munnidae

Род *Munna*

Munna groenlandica Hansen, 1916

Арктический вид, встречается у побережья Западной и Восточной Гренландии.

В нашем материале отмечен в 2000 и 2010 гг. на ст. 2.

Семейство Nannoniscidae

Род *Nannoniscus*

Nannoniscus oblongus G.O. Sars, 1870

Широкораспространенный атлантический глубоководный вид. Встречается у побережья Норвегии, Лофотенских островов, Исландии, в Девисовом проливе, у о. Ньюфаундленд и побережья Аргентины.

В нашем материале стабильно встречается на ст. 2 разреза, формируя поселения плотностью до 20 экз/м².

Род *Rapaniscus*

Rapaniscus crassipes (Hansen, 1916)

Восточноатлантический высокобореальный вид. Встречается у берегов Северной Норвегии, Лофотенских островов.

Нами отмечен в 2001 и 2003 гг. на ст. 2.

Отряд Cumacea
Семейство Campylaspidae
Род *Campylaspis*
Campylaspis horrida Sars, 1870

Бореальный атлантический вид. Распространен у берегов Норвегии, Лофотенских островов, Исландии, Гренландии, Фарерских островов, у атлантического побережья Северной Америки.

В наших исследованиях постоянно регистрировался на ст. 2.

Campylaspis intermedia Hansen, 1920

Арктический вид. Известен из района между Землей Франца-Иосифа и Северной Землей, в Девисовом проливе, у берегов Восточной Гренландии и в Норвежском море к югу от Ян-Майена.

Нами постоянно отмечался на ст. 2, формирует поселения до 40 экз/м².

Семейство Leuconidae
Род *Eudorella*
Eudorella truncatula (Bate, 1856)

Средиземноморско-атлантический вид. Распространен у атлантического побережья Европы, в Северном море, в проливах Балтийского моря, Девисовом проливе, заходит в западную часть Черного моря.

Нами отмечен в 2007 и 2013 гг. на ст. 2.

Большинство указанных выше видов характерны для шельфа Норвегии (Buhl-Jensen, 1986) и для южного побережья Гренландии (Stephensen, 1925). Также отмечен ряд глубоководных форм. Распространение этих видов в российской части Баренцева моря в основном ограничено в рамках разреза ст. 2 и лишь в отдельные периоды может расширяться до станций 3 и 4. Это обусловлено совокупностью условий среды в этом районе.

Глубина на ст. 2 – 140–150 м. В донных осадках, помимо ила, глины и камней, имеются губочные спикулы, здесь наблюдается самая высокая придонная температура воды (от 2.5 до 6.5 °С) (Дерюгин, 1924; Филатова, 1938; Несис, 1960; Карсаков, 2009).

Мы полагаем, что распространение большинства названных выше видов лимитировано именно температурными условиями, а не глубиной и типом донных осадков, поскольку в отдельные годы происходит продвижение отдельных видов на север, где наблюдаются большие глубины (свыше 200 м) и другие донные осадки (в основном илисто-глинистые). Поскольку распространение *Lepechinella arctica*, *Leptophoxus falcatus*, *Byblis crassicornis*, *Bruzelia tuberculata*, *Bathymedon saussurei*, *Cressa minuta*, *Harpinia crenulata*, *Harpinia laevis*, *Laetmatophilus tuberculatus* обусловлено теплосодержанием воды, то эти виды можно считать индикаторами температурных условий, что важно для проведения многолетнего

мониторинга. В 2003 году *Lepchinella arctica* и *Harpinia laevis* были отмечены на ст. 3 разреза, в 2006 г. *Leptophoxus falcatus* продвинулся до ст. 4, а в 1997 г. *Cressa minuta* была зарегистрирована на ст. 6.

Все указанные выше виды имеют очень мелкие размеры (1.5–9 мм). Большинство из них, скорее всего, ранее терялись при обработке проб, так как применялись сита с ячейей 3–5 мм, а в настоящее время используются сита с ячейей 0.5–1 мм. Достаточно постоянная встречаемость этой группы в границах локального участка в течение более 10 лет наблюдений свидетельствует об уникальности условий данного района, позволяющей существовать здесь большому количеству видов практически на границе своих ареалов.

Особенностью **биогеографического состава** фауны перакаррид на разрезе “Кольский меридиан” является значительная общая доля бореальных видов – 29 %. Соотношение биогеографических групп изменяется вдоль разреза. По многолетним данным, максимальное количество бореальных видов отмечено на ст. 2 (35 %). При движении на север наблюдается постепенное снижение до 14 %, небольшое увеличение отмечено на ст. 8 (17 %). Доля арктических видов наоборот увеличивается от 8 % на юге до 21 % на севере разреза. Севернее ст. 5 (за исключением ст. 8) количество арктических видов стабильно превышает количество бореальных (рис. 2). Такая биогеографическая структура фауны на разрезе, вероятно, определяется положением и интенсивностью основных струй теплого течения.

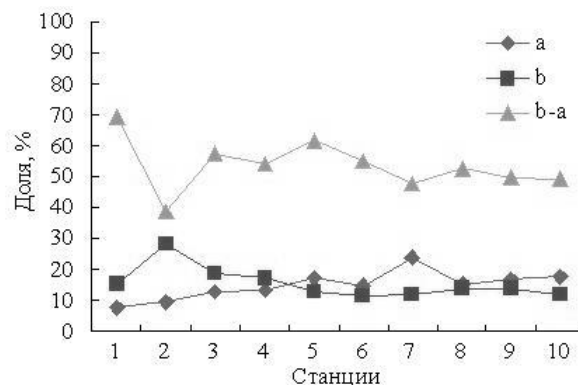


Рис. 2. Соотношение количества видов основных биогеографических групп перакаррид на разрезе “Кольский меридиан” по многолетним данным (2000–2013 гг.):

а – арктические, б – бореальные, б-а – бореально-арктические

Видовые комплексы. Методом кластерного анализа на разрезе выделено 3 фаунистических комплекса ракообразных, которые отличаются постоянством пространственного положения в течение всего периода наблюдений (рис. 3).

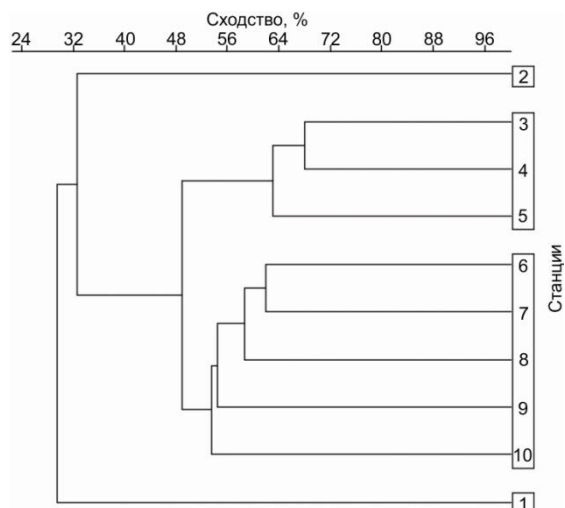


Рис. 3. Дендрограмма сходства станций разреза “Кольский меридиан” по видовому составу перакарид в 2000–2013 гг.

На южной станции разреза (1), расположенной на выходе из Кольского залива на глубине около 270 м на илистом грунте при относительно высоких придонных температурах (2.5–3 °С) отмечен обедненный комплекс видов ракообразных. За все годы наблюдений здесь встречено 30 видов перакарид (в среднем 6 ± 1 видов на станцию), 20 % видов являются бореальными, 10 % – арктическими. Характерные виды – амфипода *Centromedon pumilus* и кумовые раки *Leucon acutirostris*, *Eudorella emarginata*.

На станции 2 встречается специфический тепловодный фаунистический комплекс. На глубине 140–150 м грунт представлен илистым песком с камнями и большим количеством спикул губок. В этом районе отмечены максимальные значения температуры придонной воды (4–5 °С). Здесь зафиксировано максимальное для разреза видовое богатство (54 ± 2 вида на станцию) и максимальная численность перакарид (512 ± 60 экз/м²). Всего в этом районе отмечено 126 видов ракообразных, 35 % являются бореальными, 10 % – арктическими. Характерными для комплекса видами являются амфиподы *Lepechinella arctica*, *Urothoe elegans*, *Laetmatophilus tuberculatus*, *Kerguelenia borealis*, *Harpinia crenulata*, *Cressa minuta*, изоподы *Macrostylis spinifera*, *Nannoniscus oblongus*, *Katianira bilobata*, кумовые раки *Eudorella truncatula*, *Campylaspis horrida*, *Campylaspis intermedia*, *Hemilamprops cristatus*. Большинство редких и новых для фауны моря тепловодных видов отмечено в районе ст. 2. Все эти особенности обусловлены непосредственным влиянием прибрежной ветви Мурманского течения, которое пересекает разрез примерно на 70°00' с. ш.

Основная часть разреза (станции 3–10) занята относительно однородным комплексом ракообразных, в котором, однако, выделяются две группы станций, отличающиеся соотношением числа бореальных и арктических видов. На южных станциях

(3–5) численно преобладает бореальная фауна, на северных (6–10) – арктическая. В этом районе на глубине 200–320 м распространены илистые и илисто-песчаные грунты. Всего здесь отмечено 199 видов перакаррид (в среднем встречается 18 ± 1 видов на станцию). Характерными для этого комплекса являются амфиподы *Harploops tenuis*, *Harploops similis*, *Harpinia mucronata*, *Idunella aequicornis*, *Unciola leucopis*, *Aceroides latipes*, *Ampelisca eschrichti*, кумовые раки *Diastylis spinulosa*, *Ektonodiastylis nimia*, *Leucon nasica*, *Diastylis goodsiri*, изоподы *Caecognathia elongata*, *Calathura brachiata*. Изменение соотношения биогеографических групп выше $72^{\circ}00'$ с. ш. обусловлено значительным стабильным понижением придонной температуры по сравнению с южными участками разреза (Matishov et al., 2009).

Межгодовая динамика. Для анализа временной динамики состава и структуры фауны перакаррид был выбран массив станций (2–8) (табл. 1).

Сравнение количественных характеристик в разные годы показало, что с 2010 г. резко и достоверно падает средняя численность перакаррид на разрезе, несколько снижается видовое разнообразие и незначительно изменяется биомасса (рис. 4; таблицы 3, 4, 5).

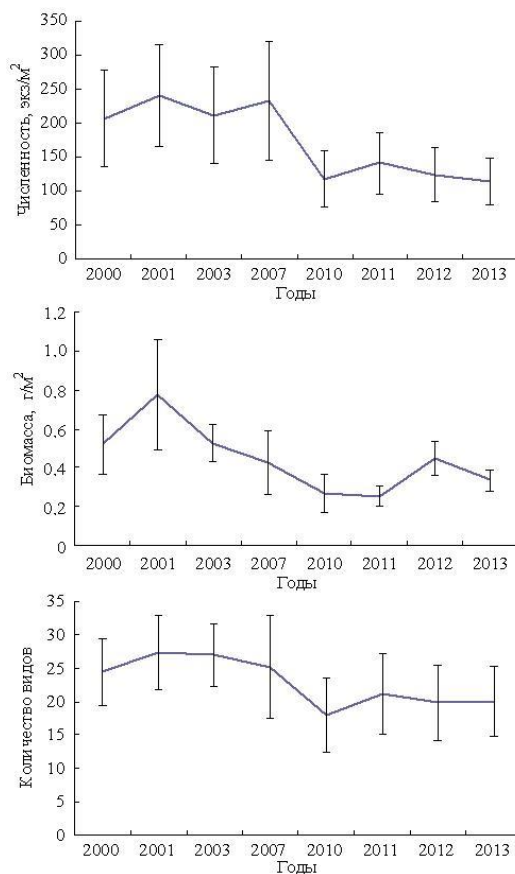


Рис. 4. Межгодовая динамика количественных характеристик перакаррид на разрезе “Кольский меридиан”

Наиболее вероятной причиной наблюдаемых изменений может быть замена ячеек промывочного сита с 0.5 на 1 мм с 2010 г. В связи с малыми размерами большинства перакарид (средняя масса в большинстве случаев в пределах 0.0001–0.001 г) и формой тела многих из них (вытянутая, палочковидная и т. п.), размер ячеек промывочного сита мог оказать существенное влияние на качественную и количественную представленность перакарид в пробах.

На количественные параметры бентоса в целом эта смена не оказала заметного влияния (О.С. Любина и др., настоящее издание). При этом оценка селективности сит с разным размером ячеек показала, что наиболее существенные потери наблюдаются именно в размерной категории бентоса со средней массой менее 0.001 г (П.А. Любин, настоящее издание). В эту размерную группу попадает большинство Peracarida.

Для количественной оценки величины потерь у группы Peracarida были использованы материалы, собранные в 2006 г. в южной части разреза и в 2012 г. на его северных станциях. Всего использовано 65 проб с 25 станций. Указанные пробы промывали через вложенные друг в друга сита с разным размером ячеек. Таким образом, каждая проба была разделена на две размерные фракции, которые далее обрабатывались отдельно.

По результатам расчетов потери при промывке через сито с ячейкой 1 мм, по сравнению с ячейкой 0.5 мм, составили 36 % численности, 18 % видового разнообразия и 8 % биомассы ракообразных. Аналогичные результаты получены для рассматриваемых периодов и до смены ячеек сита и после. Установлено, что после 2010 г. численность ракообразных в пробах уменьшилась в среднем на 44 %, общее видовое богатство снизилось на 12 %, биомасса колебалась в пределах ошибки среднего. Таким образом, при переходе на сито с ячейкой 1 мм потери численности для группы Peracarida существенны. В районах с преобладанием мелких ракообразных эти потери особенно ощутимы.

Для проверки предположения о влиянии размера ячеек сита при промывке проб на конечный результат было проанализировано размерно-частотное распределение средней массы ракообразных как во временные периоды до и после смены сита, так и при промывке через два сита.

Для построения графиков частотного распределения были использованы данные по численности и биомассе видов в каждой пробе (без пересчета на 1 м²). Средняя масса особей определялась как частное от деления биомассы вида на его численность в пробе. Затем ряд данных по средней массе был разделен на размерные классы с интервалом 0.0003 г, подсчитана частота встречаемости представителей каждой размерной группы в процентах от суммарного числа особей во всех пробах.

Сравнение полученных результатов показало сходные тенденции в распределении перакарид по размерным классам для двух анализируемых массивов данных (рис. 5). Анализ характера распределений с применением критерия Колмогорова-Смирнова показал достоверное различие

распределений средней массы в ситах 0.5 и 1 мм в обоих случаях. Таким образом, при промывке через сито с ячейей 1 мм действительно теряются в основном организмы со средней массой менее 0.0006 г, что полностью согласуется с оценкой селективности сита с ячейей 1 мм (П.А. Любин, настоящее издание).

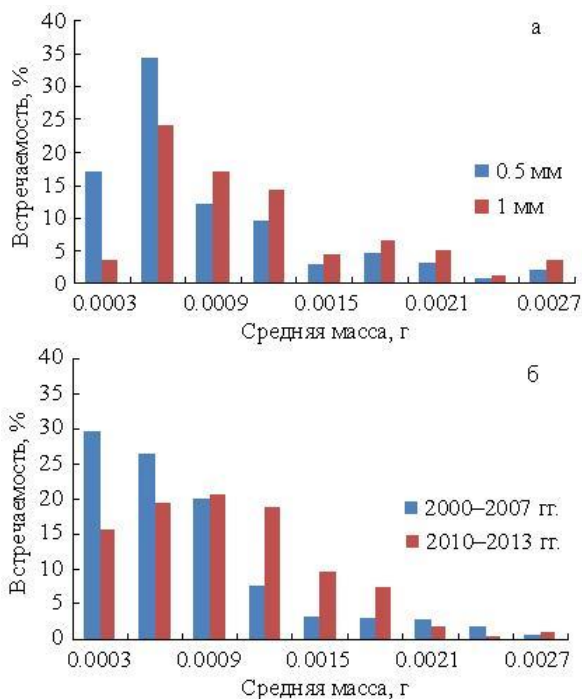


Рис. 5. Частотное распределение средней массы перакаррид при использовании промывочных сит с разным размером ячей: а – по материалам 2006–2012 гг., б – по данным мониторинга

Таким образом, снижение численности перакаррид на разрезе “Кольский меридиан” на фоне относительной стабильности этих показателей для общего бентоса вызвано, в первую очередь, изменением размера ячеей промывочного сита с 2010 г. Поэтому оценка межгодовой динамики количественных показателей возможна лишь при применении поправочных коэффициентов, точное определение которых на данный момент затруднительно. Так как доля перакаррид в общей численности зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” не превышает 7 %, то сокращение их численности даже на 44 % не оказало существенного влияния на общие количественные показатели бентоса.

Временная динамика биогеографического состава фауны Peracarida. На видовое разнообразие перакаррид изменение метода промывки проб оказало значительно меньшее влияние. Поэтому возможно провести оценку изменения соотношения количества видов основных биогеографических групп ракообразных с течением времени.

На рисунке 6 приведены графики относительного количества бореальных и арктических видов перакардид на семи станциях разреза в разные годы. В 2000 году практически на всем разрезе (за исключением станций 2 и 3) арктические виды численно преобладали над бореальными, при этом на станциях 4 и 5 бореальные виды не отмечены вовсе. В последующие годы соотношение меняется, относительное число бореальных видов постепенно растет на всем разрезе, и в 2007 г. бореальные виды преобладают над арктическими на всем разрезе, за исключением ст. 8. После 2007 года арктические виды на отдельных станциях вновь начинают преобладать, и уже к 2012 г. картина вновь напоминает 2000 г., с повышенной долей арктических видов почти на всем разрезе. С 2013 года доля бореальных видов вновь начинает увеличиваться.

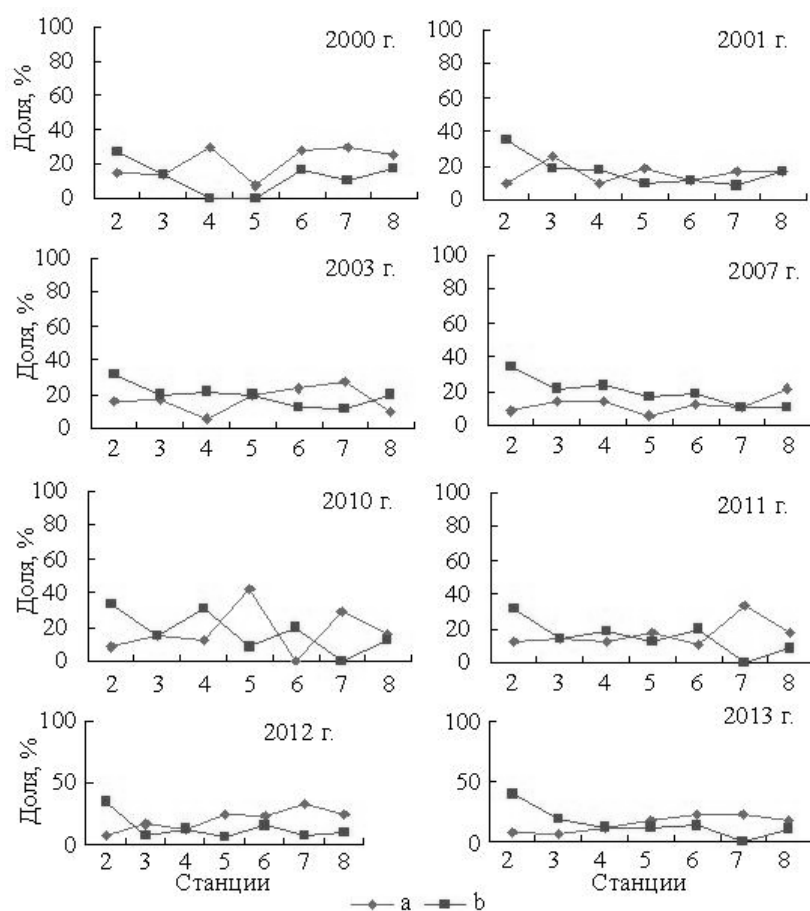


Рис. 6. Изменение относительного числа бореальных и арктических видов на станциях разреза “Кольский меридиан”:

a – арктические виды, b – бореальные виды

Сопоставление полученных данных с графиком температурных аномалий на разрезе (рис. 7) показывает, что 2000 г. предшествовал период “холодных” лет, что, вероятно, привело к увеличению плотности поселений арктических видов на всем разрезе. После пика 2000 г. последовало постепенное повышение доли бореальных видов при одновременном снижении величины температурных аномалий, достигших минимума в 2003 г. С 2004 года температурные аномалии резко возросли и к 2006 г. достигли очередного максимума. В результате этого бореальные виды стали преобладать на всей рассматриваемой части разреза, за исключением ст. 8. Далее следует период снижения и относительной стабилизации температуры на разрезе с минимумом в 2011 г., что выразилось в постепенном увеличении числа арктических видов на отдельных участках разреза в 2010–2011 гг., и к 2012 г. арктические виды преобладали над бореальными на всех станциях рассматриваемого участка, за исключением ст. 2. Картина в общих чертах сходна с таковой 2000 г. В 2012 году зафиксирована очень высокая положительная температурная аномалия, отразившаяся в 2013 г. на биогеографической структуре фауны повышением доли бореальных видов в южной части разреза.

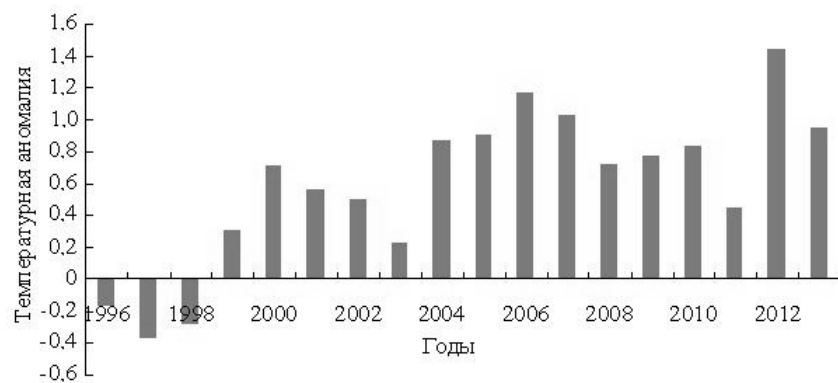


Рис. 7. Температурные аномалии на разрезе “Кольский меридиан” (по: <http://www.pinro.ru/15/index.php/ru/structure/labs/labhidro/kolasection>)

Таким образом, можно предположить, что фауна перакарид реагирует на изменение температурного режима с задержкой примерно на 1 год. Это выражается в смещении пространственной границы преобладания бореальных или арктических видов. Основное влияние на жизнедеятельность организмов оказывает не среднегодовая температура, а ее показатели в периоды созревания, размножения, линьки и т. п. Поэтому в результате климатических флуктуаций изменяются не границы или площадь ареалов видов, а численность особей в пограничных популяциях (Galkin, 1998). Перакариды являются преимущественно короткоживущими организмами, в жизненном цикле

не имеют стадии планктонной личинки. Поэтому, вероятно, они способны быстро реагировать на изменения условий среды изменением численности. Соответственно, на каждой станции выше вероятность попадания в пробу организмов той биогеографической группы, условия для размножения и выживания которой были более благоприятны в данном месте в предыдущий биологически значимый сезон.

Аналогичные закономерности отмечались К.Н. Несисом (1960) для изменений биогеографической структуры бентоса на разрезе “Кольский меридиан” в 1920–1950-х гг., им же установлено наличие периода запаздывания реакции бентоса на изменения температурного режима на разрезе.

Межгодовые различия температурного режима выражаются не только в повышении или понижении среднегодовой температуры воды, но и в распределении температур по сезонам года, и амплитуды изменений (различие между максимальной и минимальной температурой за год). Также изменяется продолжительность теплого и холодного сезонов.

Ранее на примере моллюсков было показано, что биогеографические группы распределяются закономерно, в зависимости от годового хода температур в определенных частях акватории (Милославская, 1958). Так, установлено, что тепловодные (бореальные) виды выдерживают значительные колебания температуры в течение года, в то время как холодноводные (арктические) более stenotherмы и предпочитают районы с более стабильным температурным режимом.

По многолетним данным (Бойцов, 2006) размах сезонных колебаний придонной температуры на разрезе максимален в районе станций 1 и 2 (около 3 °С), уже на ст. 3 амплитуда составляет 1.3 °С, далее при движении на север колеблется в пределах 1.1–1.5 °С. Картина распределения относительного количества бореальных и арктических видов перакарид согласуется со схемой Н.М. Милославской (1958), граница смены преобладающей биогеографической группы с бореальной на арктическую по многолетним данным проходит примерно в районе ст. 4 (рис. 2).

Таким образом, изменение соотношения бореальных и арктических видов вдоль разреза вероятнее всего обусловлено в первую очередь изменениями термического режима. Увеличение доли арктических видов и смещение зоны 50 %-го соотношения бореальных и арктических видов к югу наблюдается после периода похолодания, и наоборот, смещение границы к северу наступает после периодов потепления. “Задержка” составляет примерно 1 год, т. е. изменения численности популяций бореальных и арктических видов перакарид по-видимому обусловлены температурным режимом во время размножения в предыдущий год.

Заключение. Анализ материалов, собранных на разрезе “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг. показал, что состав и структура фауны перакарид в значительной степени определяются температурными условиями, связанными с положением и интенсивностью основных струй

Атлантического течения. Фауна перакаррид, по-видимому, реагирует на изменение температурного режима с задержкой 1–2 года. Это выражается в смещении пространственной границы преобладания бореальных или арктических видов: после периодов потепления – к северу, после периодов похолодания – к югу.

Обнаружение на разрезе “Кольский меридиан” большого количества новых для фауны Баренцева моря видов обусловлено в основном промывкой через мелкочаеистое сито. Постоянная встречаемость большинства этих видов в течение более чем 10 лет наблюдений свидетельствует о том, что они обитают здесь постоянно, однако большинство из них приурочены к локальному участку (ст. 2) со специфическими условиями среды.

Литература

Бойцов В.Д. Изменчивость температуры воды в Баренцевом море и ее прогнозирование. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2006. 292 с.

Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов) / Е.А. Фролова, О.С. Любина, Д.Р. Дикаева и др. // Докл. РАН. 2007. Т. 416, № 1. С. 1–3.

Гурьянова Е.Ф. Бокоплавы морей СССР и сопредельных вод // Определители по фауне СССР. Т. 41. М.: Наука, 1951. 1029 с.

Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.

Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2009. 139 с.

Любина О.С., Саяпин В.В. Амфиподы (Amphipoda, Gammaridea) из различных географических районов: видовой состав, распределение, экология. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. 182 с.

Любина О.С., Зимина О.Л., Анисимова Н.А. Распределение и изменчивость фауны амфипод (Crustacea, Amphipoda) на Кольском разрезе (Баренцево море) // Докл. РАН. 2012. Т. 442, № 3. С. 426–429.

Милославская Н.М. Температурный фактор в распределении двустворчатых моллюсков Восточного Мурмана // Тр. Мурман. биол. ст. 1958. Т. 4. С. 140–151.

Несис К.Н. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–138.

Предварительные результаты современного мониторинга зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” (Баренцево море) / О.С. Любина, Е.А. Фролова, Д.Р. Дикаева и др. // Тр. КНЦ РАН. Океанология. 2013. Вып. 1(14). С. 208–223.

Филатова З.А. Количественный учет донной фауны юго-западной части Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1938. Вып. 2. С. 3–59.

Amphipoda, Gammaridea / W. Vader, T. Brattegard, L.B. Mortensen, K.M. Larsen // Distribution of marine benthic macroorganisms in Norway. A tabulated catalogue. Preliminary edition. 1997. P. 191–212.

Bamber R.N., Robbins R. The soft sediment infauna off SAO Miguel, Azores and a comparison with other Azorean invertebrate habitats // *ACOREANA*. Supl. 6. 2009. P. 201–210.

Buhl-Jensen L. The benthic amphipod fauna of the west-norwegian continental shelf compared with the fauna of five adjacent fjords // *Sarsia*. 1986. Vol. 71(3–4). P. 193–208.

Buhl-Jensen L., Fossa J.H. Hyperbenthic crustacean fauna of the Gullmarfjord area (western Sweden): species richness, seasonal variation and long-term changes // *Marine Biology*. 1991. Vol. 109. P. 245–258.

Galkin Yu.I. Long-term changes in the distribution of molluscs in the Barents Sea related to the climate // *Berichte zur Polarforschung*. 1998. Vol. 287. P. 100–143.

Kanneworff E. On some amphipod species of the genus *Haploops*, with special reference to *H. tubicola* Liljeborg and *H. tenuis* sp. nov. from the Oresund // *Ophelia*. 1966. Vol. 3. P. 183–207.

List of the species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic seas and adjacent deep waters // Explorations of the fauna of the seas. Vol. 51, № 59. St.-Petersburg: ZIN RAS, 2001. 132 p.

Matishov G.G., Matishov D.G., Moiseev D.V. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along glacial troughs // *Oceanologia*. 2009. Vol. 51(3). P. 321–340.

Sars G.O. An account of the Crustacea of Norway with short description and figures of all species: Vol. I. Amphipoda. Christiania; Copengagen: Gommermeyers forlag. Publ. 1895. 711 p.

Stephensen K. Crustacea Malacostraca. VI. (Amphipoda II) // *Dan. Ingolf exped.* 1925. Vol. 3(9). P. 101–178.

Vader W., Bryazgin V.F. Karelian-Norwegian cooperation on the Crustacea Amphipoda of the Barents Sea area, with a preliminary checklist of Amphipoda, Gammaridea // *Karelia and Norway: the main trends and prospects of scientific cooperation*. Petrozavodsk: Karelian Sci. Centre RAS, 1998. P. 40–45.

Weisshappel J.B.F., Svavarsson A.J. Benthic amphipods (Crustacea: Malacostraca) in Icelandic waters: diversity in relation to faunal patterns from shallow to intermediate deep Arctic and North Atlantic Oceans // *Marine Biology*. 1998. Vol. 131. P. 133–143.

УДК 595.145.1 (286.45)

Е.А. Гарбуль¹, Н.А. Стрелкова (Анисимова)²

¹ Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

² Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ СИПУНКУЛИД (SIPUNCULA) НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Настоящая работа описывает состояние поселений девяти видов сипункулид, обнаруженных на разрезе “Кольский меридиан” в ходе мониторинговых исследований макрозообентоса ПИНРО и ММБИ с 2000 по 2013 гг. Приводятся данные по видовому составу плотности поселения и биомассе сипункулид на станциях разреза.

E.A. Garbul¹, N.A. Strelkova (Anisimova)²

¹ Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

² Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

THE MODERN STATE OF THE SIPUNCULAN FAUNA (SIPUNCULA) ON THE TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

Present paper describes state of populations of nine species of sipunculans found along the transect “Kola Section” during the monitoring survey of PINRO and MMBI from 2000 to 2013. The evidence on species composition, population densities and biomass of sipunculans presents.

Введение. Сипункулиды – несегментированные, вторичнополостные, первичноротые морские черви, насчитывающие в Мировом океане 156 видов (The Sipuncula ..., 1994). Подавляющее большинство сипункулид являются безвыборочными детритофагами, в связи с чем их распространение в значительной мере зависит от качественного состава грунтов и придонной солености.

Изучение этих беспозвоночных в Баренцевом море было начато в 1870-х гг. и продолжается по настоящее время (Зенгер, 1870; Гадд, 1911; Вагин, 1937; Зацепин, 1948; Мурина, 1977, 2010). Большинство этих работ являются преимущественно фаунистическими и не содержат количественной информации, необходимой для понимания роли сипункулид в донных сообществах.

Согласно вышеперечисленным источникам, в районе разреза “Кольский меридиан” обитает семь видов сипункулид: *Golfingia margaritacea margaritacea*, *G. vulgaris vulgaris*, *G. elongata*, *Phascolion strombus strombus*, *Nephasoma diaphanes diaphanes*, *N. abyssorum abyssorum* и *N. liljeborgi*.

Однако до 1977 г. в основном отмечались лишь *G. m. margaritacea* и *Ph. s. strombus*. Скорее всего, это связано со спецификой применявшихся в этот период времени способов промывки и обработки бентосных проб, при которых учитывались в основном относительно крупные формы макробентоса. В 1990-е годы произошли изменения в методах сбора и обработки количественных бентосных проб, что позволило более полно учитывать мелкие формы донных беспозвоночных, к которым относится большинство видов сипункулид, обитающих в Баренцевом море.

Мониторинговые исследования бентоса на разрезе “Кольский меридиан”, проводимые ММБИ и ПИНРО с 2000 г., позволили получить более детальную картину количественной представленности этих бентосных организмов в донных сообществах центральной части Баренцева моря.

Материал и методы. В работе представлены результаты обработки группы *Sipuncula* из бентосных проб, собранных в рейсах ММБИ и ПИНРО на стандартных станциях разреза “Кольский меридиан” с 2000 по 2013 г.: НИС “Дальние Зеленцы” – 2000, 2001 и 2007 гг. (сборы ММБИ); ГС СФ “Ромуальд Муклевич” – 2003 г. (ПИНРО); НИС “Ф. Нансен” – 2010 г. (ПИНРО) и НИС “Вильнюс” – 2011–2013 гг. (ПИНРО).

Проанализированы материалы, собранные на станциях 1–10 разреза от 69°30' до 74° с. ш. (шаг станции 30'). Всего собрано 350 проб, выполнено 75 станций с 2000 по 2013 гг.

Все рассматриваемые годы характеризуются положительными температурными аномалиями, что позволяет оценить временной период как климатически однородный и теплый (<http://www.pinro.ru/15/index.php/ru/structure/labs/labhidro/kolasection>).

Материал был собран дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м² в 5-кратной повторности на каждой станции. Пробы промыты через мягкое капроновое сито с размером ячеек 0.5 мм и зафиксированы 4 %-м формалином, нейтрализованным тетра-борнокислым натрием, с последующим переводом материала в 70°-й этиловый спирт. Выборка животных в ходе первичной обработки проб осуществлялась с использованием бинокулярного стереоскопического микроскопа МБС-10. Биомасса определялась на торсионных и электронных весах с точностью до 0.001 г. Все приведенные в работе значения биомассы сипункулид представляют собой влажную спиртовую массу. Таксономическая обработка представителей группы *Sipuncula* проведена Е.А. Гарбулем в соответствии с World Register of Marine Species WoRMS, 2016; <http://www.marinespecies.org>).

Для сравнительного анализа использованы архивные материалы ПИНРО.

Средние значения плотности поселения и биомассы представлены со стандартной ошибкой.

Результаты. На разрезе “Кольский меридиан” нами обнаружено девять видов сипункулид. Кроме семи видов, известных ранее, отмечены также *Neophasoma eremita* и *N. minutum*. Ниже приводится краткая характеристика видов и данные о количественной представленности (диапазон варьирования и средние показатели плотности поселения и биомассы) в пределах первых 10 станций разреза “Кольский меридиан”.

Класс Sipunculidea

Отряд Golfingiida

Семейство Golfingiidae Stephen and Edmonds, 1972

Род *Golfingia* Lankester, 1885

Golfingia (Golfingia) elongata (Keferstein, 1862)

Зарегистрировано 3 экз. в трех пробах на станциях 1 и 10.

Плотность поселения составила 2–6 экз/м² (в среднем 3.778±0.232 экз/м²), а биомасса – 0.002– 0.007 г/м² (в среднем 0.004±0.0003 г/м²).

Тропическо-бореальный вид. Космополит Северного полушария, обитает на глубине 5–260 м. На разрезе “Кольский меридиан” встречается единично, исключительно в северной и южной его части.

Golfingia (Golfingia) margaritacea margaritacea (Sars, 1851)

За весь период исследований были встречены лишь две молодые особи в двух пробах на станциях 1, 9.

Плотность поселения – 2 экз/м², биомасса – 0.006–0.008 г/м² (в среднем 0.007±0.0002 г/м²).

Космополит, встречается от литорали до абиссали.

Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris (Blainville, 1827)

Зарегистрировано 18 особей в пяти пробах на станциях 1, 2, 7, 9, 10.

Плотность поселения составляет 2–33 экз/м² (в среднем 11.2±1.59 экз/м²), биомасса – 0.006–8.958 г/м² (в среднем 3.359±0.523 г/м²).

Вид широко распространен в Мировом океане, особенно в Северном полушарии, отличается большим диапазоном вертикального распределения – от литорали до абиссали. На разрезе “Кольский меридиан” встречается исключительно в северной и южной частях.

Род *Nephasoma* Pergament, 1946

Nephasoma minutum (Keferstein, 1862)

Отмечено 2 экз. в двух пробах на станциях 6, 9.

Плотность поселения – 2 экз/м², биомасса – 0.002 г/м².

Холодноводный эврибатный вид, широко распространен в Мировом океане. Встречается в центральной и северной частях разреза “Кольский меридиан”.

Nephasoma eremita (Sars, 1851)

Зарегистрировано 4 экз. в двух пробах на станциях 1, 7.

Плотность поселения – 2–6 экз/м² (в среднем 4±0.32 экз/м²), биомасса – 0.002–0.008 г/м² (в среднем 0.005±0.0005 г/м²).

Широко распространенный вид, особенно в Северном полушарии. Обитает на различных глубинах.

Nephasoma lilljeborgi (Danielssen et Koren, 1881)

Отмечено 68 экз. в семнадцати пробах на станциях 2, 3, 4, 9.

Плотность поселения – 2–64 экз/м² (в среднем 25.89±2.69 экз/м²), биомасса – 0.002–0.042 г/м² (в среднем 0.022±0.002 г/м²).

Довольно редкий арктический вид с широким диапазоном вертикального распределения. Образует плотные поселения в южной и северной частях разреза “Кольский меридиан”. Следует заметить, что в последние годы отмечено полное исчезновение *Nephasoma lilljeborgi*

в районе исследований, причиной этого может быть негативное длительное воздействие положительных температурных аномалий.

Nephasoma abyssorum abyssorum (Koren et Danielssen, 1875)

Зарегистрировано 268 экз. в девяносто одной пробе на всех станциях разреза (30 станций).

Плотность поселения – 2–82 экз/м² (в среднем 19.38±2.16 экз/м²), биомасса – 0.002–0.098 г/м² (в среднем 0.024±0.003 г/м²).

Широко распространенный эврибатный вид (0–2000 м). На разрезе “Кольский меридиан” встречается на всех станциях, образуя в центральной его части поселения повышенной плотности.

Nephasoma diaphanes diaphanes (Gerould, 1913)

Отмечено 665 экз. в двухстах пяти пробах на всех станциях разреза (74 станции).

Плотность поселения – 2–123 экз/м² (в среднем 22.16±2.82 экз/м²), биомасса – 0.002–0.337 г/м² (в среднем 0.029±0.005 г/м²).

Холодноводный эврибатный вид (0–6710 м). Широко распространен в Мировом океане, особенно в Северном полушарии. На разрезе “Кольский меридиан” встречается повсеместно, образуя очень плотные поселения в центральной и северной частях. С 2010 года наблюдается сокращение поселений в районе исследований, особенно в северной части разреза, что может быть вызвано длительным воздействием положительных температурных аномалий.

Семейство Phascolionidae Culter et Gibbs, 1985

Род *Phascolion* Theel, 1875

Phascolion strombus strombus (Montagu, 1804)

Отмечено 108 экз. в семидесяти пробах на всех станциях разреза (45 станций).

Плотность поселения – 2–18 экз/м² (в среднем 4.8±0.4 экз/м²), биомасса – 0.002–0.480 г/м² (в среднем 0.109±0.011 г/м²).

Вид широко распространен в Мировом океане, особенно в умеренных и холодных областях. Обитает на глубине от 0 до 3806 м. На разрезе “Кольский меридиан” встречается повсеместно, по большей части единично. Образует на отдельных станциях локальные скопления.

В проанализированном материале наиболее массовыми по частоте встречаемости на станциях разреза являются *N. d. diaphanes* (55 % проанализированных проб), *N. a. abyssorum* (24 %) и *P. s. strombus* (19 %), что характерно и для большей части акватории Баренцева моря (Гарбуль, 2003, 2009; Garbul, Anisimova, 2012). Для остальных видов этот показатель находится в пределах 3–7 % (таблица).

Наибольшее количество видов в сборах 2000–2013 гг. отмечено на ст. 9 (7 видов), а наименьшее – на станциях 5 и 8 (3 вида). В среднем на разрезе “Кольский меридиан” видовое богатство сипункулид оценивается в 4.5±0.4 вида/станцию.

Видовой состав сипункулид на разрезе “Кольский меридиан”

Вид	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2000 г. (ст. 1 – данные отсутствуют)										
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>		-	-	+	+	-	-	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>		-	-	-	+	+	-	+	+	+
2001 г.										
<i>Golfingia elongata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Golfingia v. vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Nephasoma minutum</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-
2003 г. (станции 9, 10 – данные отсутствуют)										
<i>Golfingia elongate</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Golfingia v. vulgaris</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma eremita</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Nephasoma liljeborgi</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Phascolion s. strombus</i>	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-
2007 г. (станции 9, 10 – данные отсутствуют)										
<i>Golfingia m. margaritacea</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-
2010 г.										
<i>Nephasoma eremita</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma liljeborgi</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
2011 г.										
<i>Golfingia elongata</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Golfingia v. vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Nephasoma minutum</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Nephasoma liljeborgi</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
2012 г.										
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-
2013 г.										
<i>Golfingia m. margaritacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Golfingia v. vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nephasoma a. abyssorum</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Nephasoma d. diaphanes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phascolion s. strombus</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+

Максимальная плотность поселений (156 ± 21 экз/м²) сипункулид зафиксирована в 2003 г. на ст. 4, минимальная (2 ± 2 экз/м²) – в 2003 г. на станциях 3 и 5, в 2010 г. на станциях 7 и 10. Среднегодовые значения плотности поселения сипункулид на разрезе варьируют от 15 до 54 экз/м² (рис. 1). Среднее значение этого показателя за весь исследованный период составило 31 ± 3.86 экз/м². В разных районах Баренцева моря значения плотности поселения сипункулид колеблются в пределах 2–380 экз/м², однако на большей части акватории они не превышают 50–60 экз/м² (Гарбуль, 2003, 2009; Garbul, Anisimova, 2012). В этот предел входят и все среднегодовые показатели станций разреза “Кольский меридиан”.

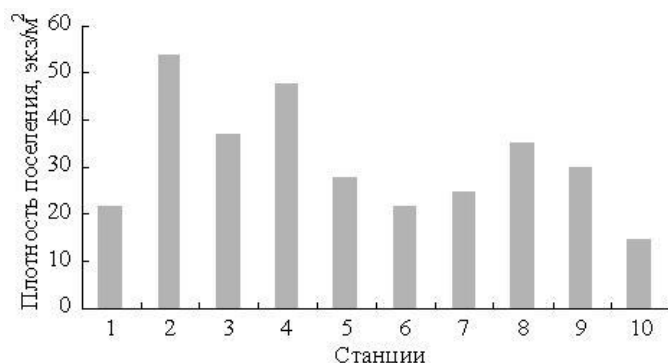


Рис. 1. Среднегодовые значения плотности поселения сипункулид на разрезе “Кольский меридиан”, 2000–2013 гг.

Наибольшая биомасса (8.986 г/м²) в районе исследований отмечена в 2013 г. на ст. 10, минимальные значения (0.002 г/м²) – в 2010 г. на ст. 7. Среднегодовые значения биомассы сипункулид на разрезе варьируют от 0.031 до 1.545 г/м² (рис. 2). Среднее значение этого показателя за весь исследованный период составило 0.343 ± 0.167 г/м². На этом фоне значительно выделяются станции 7 и 10, где высокие значения биомассы являются результатом попадания в дночерпатели взрослых особей крупной голфингии *G. v. vulgaris*.

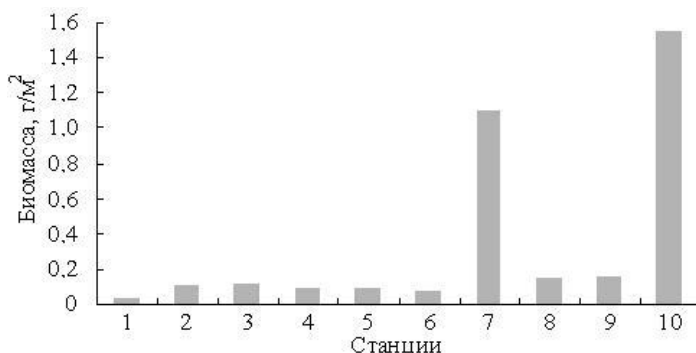


Рис. 2. Среднегодовые значения биомассы сипункулид на разрезе “Кольский меридиан”, 2000–2013 гг.

По среднемноголетним данным ст. 1, расположенная на выходе из Кольского залива, характеризуется наименьшими количественными показателями. Это может быть связано со значительным уровнем химического загрязнения грунтов на выходе из Кольского залива (Информационный ..., 2007; Многолетняя ..., 2014), что должно отрицательно сказываться на безвыборочных детритофагах (грунтоедах), к которым так же относятся и сипункулиды.

В целом вдоль разреза “Кольский меридиан” в северном направлении прослеживается общая тенденция уменьшения численности сипункулид, на фоне которой некоторым повышением обилия выделяются станции 2, 4 и 8 (рис. 1). Указанные станции расположены в стрежне основных ветвей Нордкапского течения на локальных поднятиях дна: ст. 2 – на Рыбачьей банке в области Мурманского прибрежного течения, ст. 4 – в области Мурманского течения, омывающего северо-западные отроги Мурманского плато и ст. 8 – на Демидовской банке в области прохождения центральной ветви Нордкапского течения.

Фоновыми видами, регулярно встречающимися на всех станциях разреза “Кольский меридиан”, являются *Nephasoma a. abyssorum*, *N. d. diaphanes*, и *Phascolion s. strombus*. Представители крупных сипункулид рода *Golfingia* (*G. v. vulgaris*, *G. m. margaritacea* и *G. elongata*) отмечены лишь на южных (1 и 2) и северных (7, 9, 10) станциях разреза. На центральных станциях 3–6 за период исследований представителей этого рода не встречено. При этом наиболее массовым представителем этого рода на станциях разреза является не *G. m. margaritacea*, традиционно отмечавшаяся в этой части Баренцева моря, а *G. v. vulgaris*, ранее в исследованиях на разрезе “Кольский меридиан” не упоминавшаяся. На южных станциях встречена только молодь этого вида, в то время как все крупные экземпляры обнаружены в пробах из северной части разреза.

О массовых поселениях сипункулид рода *Golfingia* упоминается в работах В.А. Броцкой и Л.А. Зенкевича (1939) и Р.Г. Лейбсон (1939). В обеих работах вид описан как *Phascolosoma margaritacea*. В первой работе приводятся данные о массовых поселениях голфингий в центральной части Баренцева моря, примыкающей к северным станциям разреза; во второй работе *Ph. margaritacea* описывается в качестве руководящего вида глубоководных сообществ открытой части Мотовского залива, расположенного в непосредственной близости от ст. 1 разреза “Кольский меридиан”. В обоих случаях приводятся средние значения биомасс, близкие к отмеченным нами на северных станциях разреза.

Рассматриваемый период 2000–2013 гг. характеризуется повышенным теплосодержанием водных масс на разрезе “Кольский меридиан” и устойчивым положительным температурным трендом (рис. 3).

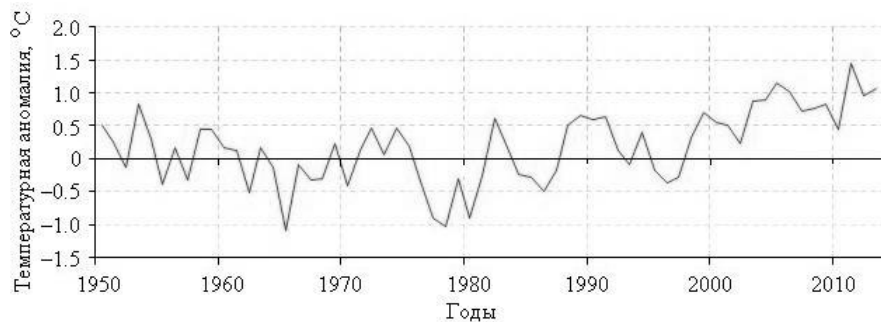


Рис. 3. Динамика температурных аномалий на разрезе “Кольский меридиан” в слое 0–200 м (станции 3–7) (<http://www.pinro.ru/15/index.php/ru/structure/labs/labhidro/kolasection>)

Из трех перечисленных выше фоновых видов за исследованный период *Nephasoma a. abyssorum* и *N. d. diaphanes* показали слабовыраженную, но отчетливую тенденцию на уменьшение численности в пределах разреза “Кольский меридиан” (коэффициент детерминации для линейной аппроксимации составил 0.64 и 0.35 соответственно) (рис. 4).

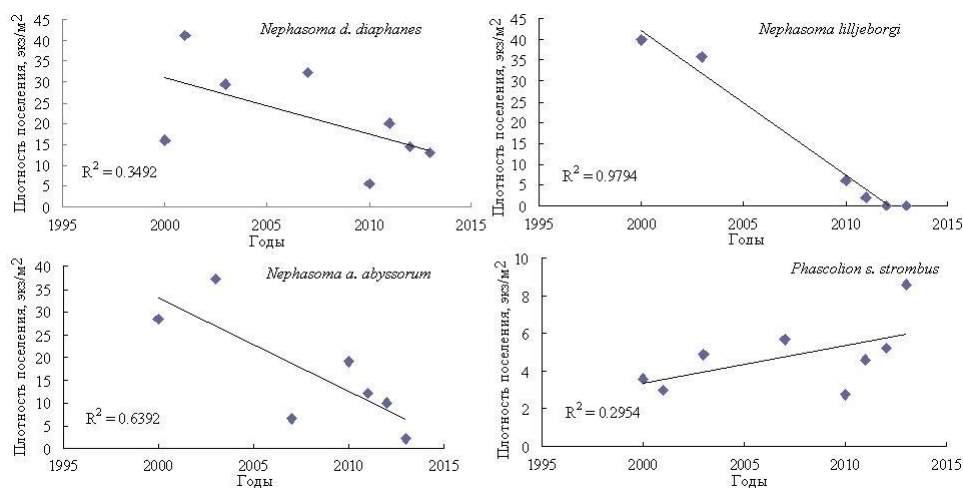


Рис. 4. Тренды в изменении средней плотности поселения отдельных видов сипункулид на разрезе “Кольский меридиан” по данным мониторинга 2000–2013 гг.

Еще более выраженное уменьшение численности продемонстрировал менее многочисленный арктический вид *N. liljeborgi* ($R^2 = 0.98$). В отличие от перечисленных выше видов, численность *Phascolion s. strombus* показала слабовыраженную тенденцию к увеличению ($R^2 = 0.29$). В соответствии с негативными тенденциями в поселениях наиболее многочисленных на станциях представителей рода *Nephasoma*, общая численность сипункулид на станциях разреза “Кольский меридиан” демонстрирует тенденцию к сокращению (рис. 5).

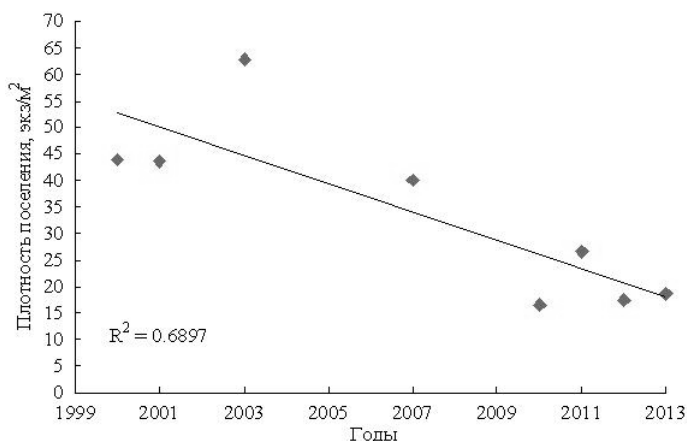


Рис. 5. Общая тенденция изменения средней плотности поселения сипункулид на разрезе “Кольский меридиан” по данным мониторинга 2000–2013 гг.

За исследованный период средние показатели по разрезу “Кольский меридиан” снизились приблизительно вдвое.

С.Г. Денисенко (2007), анализируя динамику биомассы основных доминирующих в Баренцевом море видов, приводит данные о значительных изменениях, произошедших в поселениях *Golfingia m. margaritacea* в центральной части Баренцева моря между исследованиями 1924–1932, 1968–1970 и 2003 гг. Так с 1920-х по 1960-е годы он констатирует значительную деградацию поселений голфингии в западной части Баренцева моря в области расположения наиболее важных рыбопромысловых районов. При этом отмечено статистически достоверное увеличение средней биомассы в других поселениях. К 2003 году конфигурация ареала *G. margaritacea* в северо-центральной части моря полностью восстановилась, что произошло на фоне значительного снижения биомассы, которое С.Г. Денисенко связывает с резким потеплением начала текущего столетия.

Анализ архивных материалов показал, что частота встречаемости представителей рода *Golfingia* на станциях разреза “Кольский меридиан” составившая в 1927–1935 гг. 11.5 %, к 1968–1970 гг. снизилась до 5.5 %, что можно рассматривать как косвенное свидетельство снижения плотности и сокращения площади поселений голфингий в северной части разреза. Значение средней биомассы при этом увеличилось с 0.57 до 11.09 г/м². Частота встречаемости голфингий на станциях разреза “Кольский меридиан” в 2000–2013 гг. составила 12 %, что почти полностью соответствует уровню 1927–1935 гг. Средняя биомасса – 1.72 г/м², по сравнению с данными 1927–1935 гг., осталась практически на прежнем уровне, а по сравнению с данными 1968–1970 гг. – значительно снизилась. Таким образом, признавая крайне низкую статистическую достоверность проведенного сравнения (из-за незначительного объема анализируемого материала), тем не менее, следует констатировать, что полученные результаты полностью совпадают с описанной ранее С.Г. Денисенко картиной динамики поселений голфингий в центральной части Баренцева

моря. Полученные данные могут служить еще одним косвенным подтверждением того, что баренцевоморские представители рода *Golfingia* в пределах Баренцева моря реагируют на длительное увеличение теплосодержания придонных вод уменьшением биомассы.

Заключение. В результате изменения методики сбора и обработки бентосных проб видовой состав сипункулид в пределах десяти станций разреза “Кольский меридиан” увеличился на два таксона и составил 9 видов, для каждого из которых получены количественные характеристики поселений.

Фоновыми видами на станциях разреза являются *Nephasoma a. abyssorum*, *N. d. diaphanes* и *Phascolion s. strombus*.

Численность сипункулид имеет слабовыраженную тенденцию уменьшения в северном направлении. На фоне этой тенденции количественным обеднением (скорее всего антропогенной природы) отличается ст. 1, расположенная на выходе из Кольского залива, и более высокими показателями плотности поселения – станции, расположенные на локальных повышениях дна и в зоне действия основных струй Нордкапского течения.

В течение периода исследований, характеризующегося устойчивым положительным температурным трендом, *Nephasoma a. abyssorum* и *N. d. diaphanes* продемонстрировали тенденцию к уменьшению обилия, а *Phascolion s. strombus* – на его незначительное увеличение. Ярко выраженное уменьшение численности и сдвиг южной границы ареала к северу отмечены для менее массового на разрезе арктического вида *N. lilljeborgi*. Получено косвенное свидетельство того, что представители рода *Golfingia* в Баренцевом море реагируют на длительное увеличение теплосодержания придонных водных масс уменьшением биомассы. Отмечена также общая тенденция к сокращению численности сипункулид в пределах разреза “Кольский меридиан” за период исследований.

Литература

Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря // 50 рейсов экспедиционного судна “Персей”. М.: Пищепромиздат, 1939. С. 5–126.

Вагин В.Л. Гефирей – Gerphurea // Животный мир СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. С. 555–557.

Гадд Г. Список гефирей Кольского залива и 2 новых вида *Phascolosoma* // Тр. Санкт-Петерб. общ-ва естествоисп. 1911. Т. 4. Вып. 1. С. 102–105.

Гарбуль Е.А. Морские черви Sipuncula, Priapulida, Echiura юго-восточной части Баренцева моря // Материалы XXI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (г. Мурманск, апрель 2003 г.). Мурманск: Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 11–20

Гарбуль Е.А. Распределение морских червей Sipuncula в районе Новой Земли и Земли Франца-Иосифа // Докл. РАН. 2009. Т. 426. № 6. С. 834–837.

Денисенко С.Г. Зообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия // Динамика морских экосистем и условия формирования биологического потенциала морей. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 418–511.

Зацепин В.И. Классы Echiuridae, Sipunculidae, Priapulidae // Определитель фауны и флоры северных морей СССР. М.: Советская наука, 1948. С. 168–174.

Зенгер Н.К. О червях из Gephyrea, найденных В.Н. Ульяниным у Новой Земли и у берегов Норвегии // 51 заседание Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. М., 1870. С. 396–397.

Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря Л.: Советская наука, 1947. Т. 2. 588 с.

Информационный бюллетень № 9. Состояние геологической среды континентального шельфа Балтийского, Белого и Баренцева морей. СПб.: ФГУНПП “Севморгео”, 2007. 55 с.

Лейбсон Р.Г. Количественный учет донной фауны Мотовского залива // 50 рейсов экспедиционного судна “Персей”. М.: Пищепромиздат, 1939. С. 127–198.

Многолетняя динамика радиоактивного Баренцево-Карского региона (1960–2013 гг.) / Г.Г. Матишов, Д.Г. Матишов, И.С. Усягина, Н.Е. Касаткина // Докл. РАН. 2014. Т. 458. № 4. С. 1–4.

Мурина Г.-В.В. Морские черви сипункулиды арктических и бореальных вод Евразии // Определители по фауне СССР, издаваемые ЗИН АН СССР. 1977. Т. 111. 238 с.

Мурина В.В. Тип Sipuncula – Сипункулы // Иллюстрированные определители свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики. Т. 2. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. С. 137–152.

Garbul E.A., Anisimova N.A. Some features of the quantitative distribution of sipunculan worms (Sipuncula) in the central and southern Barents Sea // Oceanologia. 2012. Vol. 54(1). 1–16 p. (Режим доступа: doi:10.5697/oc.54-1.001).

The Sipuncula. Their Systematics, Biology and Evolution / B. Cutler (Ed.). Ithaca; London: Comstock Publ. Associates a division by Cornell University Press, 1994. 453 p.

УДК 594

И.О. Нехаев¹, П.А. Любин²

¹ Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

² Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

БРЮХОНОГИЕ И ЛОПАТОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ НА ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Обобщены данные о видовом составе и распределении раковинных брюхоногих (Gastropoda) и лопатоногих (Scaphopoda) моллюсков на десяти станциях стандартного гидробиологического разреза “Кольский меридиан” (Баренцево море; 69°30′–74°00′ с. ш., 33°30′ в. д.), полученные в ходе мониторинга в 1995–2013 гг. Обнаружено 45 видов раковинных Gastropoda и 4 вида Scaphopoda. Наибольшим видовым богатством (20) и числом уникальных видов (12) характеризуется ст. 2 (70°00′). Межгодовые различия наблюдаемых значений численности и биомассы Gastropoda и Scaphopoda не достоверны.

I.O. Nekhaev¹, P.A. Lyubin²

¹ Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

² Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

GASTROPODS AND SCAPHOPODS OF THE HYDROBIOLOGICAL TRANSECT “KOLA SECTION”

Abstract

The paper summarize evidence on species composition and distribution of shelled gastropods and scaphopods at ten stations of the standard hydrobiological transect “Kola Section” (Barents Sea; 69°30'–74°00' N, 33°30' E) obtained during the modern monitoring studies (1995–2013). Forty five species of gastropods and four species of scaphopods were found in the area. The highest species diversity (20) as well as highest number of unique species (12) were observed at the second station of the transect (70°00'). Perennial differences in both number and biomass of Gastropoda and Scaphopoda are insignificant.

Введение. Брюхоногие и лопатоногие моллюски, несмотря на сравнительно высокое видовое богатство, редко вносят значимый вклад в количественные характеристики донной фауны, собираемой при помощи дночерпателей. По этой причине данные по распределению брюхоногих и лопатоногих моллюсков как в Баренцевом море в целом, так и на разрезе “Кольский меридиан” практически отсутствуют в работах, посвященных описанию донных сообществ. Специальных исследований по рассматриваемым таксонам на разрезе до сих пор не проводилось.

Наиболее полный видовой список донных беспозвоночных на разрезе “Кольский меридиан” приведен в работе К.М. Дерюгина (1924), основанной на сборах драгой. К.М. Дерюгиным указано 39 видов и вариететов брюхоногих моллюсков, из которых 33 были встречены на станциях 1–10 (69°30'–74°00' с. ш.). Кроме того, автором было отмечено два вида лопатоногих моллюсков. В дальнейшем данные о встречаемости отдельных видов были приведены в контексте обсуждения вероятного изменения их ареалов (Несис, 1960; Galkin, 1998) или были использованы в крупных таксономических ревизиях и фаунистических сводках (Голиков, 1980; Богданов, 1990; Golikov, 1995). Указанные работы могут служить лишь дополнительным источником информации, так как использование приведенных в них данных для сравнения, как правило, невозможно или, по меньшей мере, затруднительно. В обзоре Scaphopoda Арктики и Северной Атлантики (Ivanov, Zarubina, 2004), основанном на изучении музейных коллекций, приведен подробный список локалитетов, в том числе относящихся и к разрезу “Кольский меридиан”. Недавно получены данные о находках редких видов Gastropoda и Scaphopoda на станциях 1–2 разреза

(Nekhaev, Kantor, 2012; Chaban, Nekhaev, 2013; Nekhaev, 2013, 2014, 2015). Однако, полный видовой состав, распределение численности и биомассы брюхоногих и лопатоногих моллюсков не описаны.

“Кольский меридиан” представляет собой стандартный гидробиологический разрез, станции которого расположены по меридиану 33°30' в. д. Станция 1 находится рядом с выходом из Кольского залива в точке с координатами 69°30' с. ш., 33°30' в. д., шаг каждой последующей станция 30' на север. Исследования донной фауны на разрезе проводится более 100 лет (Дерюгин, 1924; Несис, 1960). При этом, в течение длительного периода изысканий многократно происходила смена используемых методик сбора донной фауны и последующей обработки материала.

Целью настоящей работы является описание и анализ распространения брюхоногих и лопатоногих моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” на основании современных данных.

Были привлечены материалы, собранные на станциях 1–10 разреза во время рейсов НИС “Ясногорск” (1995 г.), “Дальние Зеленцы” (2000, 2001, 2006, 2007 и 2013 гг.), “Фритьоф Нансен” (2010 г.), “Вильнюс” (2011, 2012 гг.) и ГС “Ромуальд Муклевич” (2003 г.). Так как в ходе рейсов НИС “Дальние Зеленцы” в 2006 и 2007 гг. пробы были отобраны не на всех станциях, материал, собранный в эти годы из некоторых анализов был исключен, что оговорено отдельно. Из анализа распределения численности и биомассы также исключены рейсы 2003 и 2013 гг.

Материал собран дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м² (за исключением сборов 1995 г., где был использован дночерпатель “Океан”). После промывки пробы были зафиксированы 4 %-м раствором формалина. Разборку и определение материала проводили в лаборатории.

Таксономическая система моллюсков принята согласно CLEMMAM с оговорками сделанными ранее (Nekhaev, 2014). *Cylichna corticata* (Beck in Møller, 1842) в настоящей работе рассматриваются как синоним *Cylichna alba* (Brown, 1827).

При обсуждении видового состава были учтены только находки живых экземпляров, если не указано обратное.

Результаты. Видовой состав. Настоящими исследованиями на разрезе “Кольский меридиан” отмечено 45 видов раковинных Gastropoda (табл. 1), из которых четыре – *Admete clivicola* Høisæter, 2010; *Alvania scrobiculata* (Møller, 1842); *Curtitoma conoidea* (G.O. Sars, 1878); *Margaites costalis* (Lovén in Gould, 1841) – были представлены лишь пустыми раковинами. Большая часть видов характерна для Баренцева моря, однако некоторые находки нуждаются в пояснении.

**Видовой состав Gastropoda и Scaphopoda
на станциях разреза “Кольский меридиан” в 1995–2013 гг.**

Вид	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gastropoda										
<i>Aclis sarsi</i> Dautzenberg et Fischer, 1912	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Admete viridula</i> (Fabricius, 1780)	–	L	–	L	–	–	L	L	–	–
<i>Admete clivicola</i> Høisæter, 2010	S	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Alvania moerchi</i> (Collin, 1886)	–	–	–	–	–	–	–	L	–	–
<i>Alvania scrobiculata</i> (Møller, 1842)	–	–	–	–	–	–	–	S	–	–
<i>Alvania verilli</i> (Friele, 1886)	–	–	–	–	–	–	–	L	–	–
<i>Alvania wyvillethomsoni</i> (Friele, 1877)	–	–	L	L	L	–	–	L	–	–
<i>Astyris rosacea</i> (Gould, 1840)	–	–	–	L	–	–	–	–	–	–
<i>Boreothrophon clathratus</i> (Linnaeus, 1758)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Buccinum finmarkianum</i> (Strøm, 1768)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Colus</i> sp.	–	–	–	–	–	–	L	–	–	–
<i>Cryptonatica affinis</i> (Gmelin, 1791)	–	L	L	L	L	L	–	–	L	L
<i>Curtitoma trevelliiana</i> (Turton, 1843)	L	L	–	–	–	L	L	L	–	–
<i>Curtitima conoidea</i> (G.O. Sars, 1878)	–	–	–	–	S	–	–	–	–	–
<i>Cylichna alba</i> (Brown, 1827)	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
<i>Cylichnoides occulta</i> (Mighel et Adams, 1842)	–	–	–	L	–	–	L	L	L	–
<i>Diaphana hiemalis</i> (Couthouy, 1839)	–	L	–	–	–	–	L	L	–	–
<i>Euspira pallida</i> (Broderip et Sowerby, 1829)	–	L	–	–	L	L	–	–	–	L
<i>Frigidoalvania janmayeni</i> (Friele, 1878)	L	L	L	–	–	L	S	L	L	L
<i>Haliella stenostoma</i> (Jeffreys, 1858)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hemiacclis ventrosa</i> (Jeffreys in Friele, 1876)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lepeta caeca</i> (Müller, 1776)	–	–	–	–	–	–	–	L	–	–
<i>Limneria undata</i> (Brown in J. Smith, 1839)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Margarites costalis</i> (Lovén in Gould, 1841)	–	–	–	–	–	–	–	S	–	–
<i>Margarites striatus</i> (Leach, 1819)	–	–	–	–	–	–	–	–	L	–
<i>Margarites olivaceus</i> (Brown, 1827)	–	–	–	–	–	–	–	L	–	L
<i>Moelleria costulata</i> (Møller, 1842)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Oenopota harpa</i> (Dall, 1855)	–	–	–	–	–	L	–	L	S	–
<i>Ossiania quadrata</i> (Wood, 1839)	L	L	L	L	L	L	–	L	L	–
<i>Praphiline finmarchica</i> (M. Sars, 1859)	–	L	L	–	L	L	–	L	–	–
<i>Diaphana minuta</i> (Brown, 1827)	–	–	L	–	–	–	–	–	–	–
<i>Retusophilina lima</i> (Brown, 1827)	–	–	–	–	–	–	–	L	–	–
<i>Pseudosetia turgida</i> (Jeffreys, 1870)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Scaphander punctostriatus</i> (Mighels et Adams, 1842)	–	–	L	–	–	L	–	–	–	–
<i>Skenea trochoides</i> (Friele, 1878)	–	–	–	L	–	–	–	–	–	–
<i>Skenea rugulosa</i> (G.O. Sars, 1878)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Skenea basistriata</i> (Jeffreys, 1877)	L	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Solariella obscura</i> (Couthouy, 1838)	–	–	–	L	S	–	L	–	–	–
<i>Solariella varicosa</i> (Mighels et Adams, 1842)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	L
<i>Taranis moerchi</i> (Malm, 1861)	L	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Вид	Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Thesbia nana</i> (Lovén, 1846)	L	L	–	L	–	–	–	–	–	–
<i>Trichotropis borealis</i> Broderip et Sowerby, 1829	–	L	–	–	–	–	–	S	–	–
<i>Trichotropis conica</i> Møller, 1842	–	–	–	–	–	–	–	L	–	–
<i>Turrisipho</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	L	–	–
<i>Nepotilla amoena</i> (G.O. Sars, 1878)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Nudibranchia</i> g.sp.	–	–	–	–	L	–	–	–	–	–
Scaphopoda	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Siphonodentalium lobatum</i> (Sowerby, 1860)	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
<i>Antalis entalis</i> (Linnaeus, 1758)	L	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cadulus subfusiformis</i> (M. Sars, 1865)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pulsellum lofotense</i> (M. Sars, 1865)	–	L	–	–	–	–	–	–	–	–

ПРИМЕЧАНИЕ. L – живые особи, S – пустые раковины.

Thesbia nana (Lovén, 1846) для российских вод отмечен лишь недавно в Кольском заливе и на станциях 1–2 разреза “Кольский меридиан” (Nekhaev, Kantog, 2012; Nekhaev, 2014). Анализ материала, собранного на других станциях разреза, показал наличие четырех живых экземпляров *Thesbia nana* на ст. 4 (71°00’ с. ш.), что является самой северной находкой этого вида. Молодой живой экземпляр *Nepotilla amoena* (G.O. Sars, 1878) был отмечен сравнительно близко к Кольскому полуострову, на ст. 2 (70°00’ с. ш.), хотя ранее сообщалось об отсутствии современных находок этого вида в прибрежных водах Мурмана (Nekhaev, 2014). Моллюски *Pseudosetia turgida* (Jeffreys, 1870), *Aclis sarsi* Dautzenberg et Fischer, 1912, *Haliella stenostoma* (Jeffreys, 1858) и *Admete clivicola* Høisæter, 2010 известны из российских вод только по современным материалам, собранным на разрезе “Кольский меридиан”.

Лопатоногих моллюсков в ходе настоящих исследований было отмечено лишь четыре вида: *Antalis entalis* (Linnaeus, 1758); *Siphonodentalium lobatum* (Sowerby, 1860); *Cadulus subfusiformis* (M. Sars, 1865); *Pulsellum lofotense* (M. Sars, 1865). Живые особи *Cadulus subfusiformis* и *Pulsellum lofotense* достоверно известны из Баренцева моря только по сборам на разрезе “Кольский меридиан”.

Данные по брюхоногим моллюскам (включая находки не определенные до вида), отмеченные в разные годы исследований, приведены в табл. 2. Максимальное число видов было зарегистрировано в 2010 и 2011 гг. Примерно половина видов (22) за весь рассматриваемый период была обнаружена лишь в сборах единственного года. Число видов, регистрируемых 2 года и более, варьирует от 5 до 1. В течение 7 лет и более были отмечены только *Cylichna alba* (10 лет), *Frigidoalvania janmayeni* (9 лет), *Ossiania quadrata* (8 лет), *Cryptonatica affinis* (7 лет).

Таблица 2

**Число видов Gastropoda на станциях
разреза “Кольский меридиан” в разные годы***

Стан- ция	Годы										N ₁	Среднее
	1995	2000	2001	2003	2006	2007	2010	2011	2012	2013		
1	–	–	1	1	2	4	2	3	2	–	11 (8)	1.7±0.4
2	2	8	4	8		7	11	5	5	4	25 (20)	6.0±0.9
3	2	1	–	3		2	–	2	5	2	7 (8)	1.9±0.5
4	3	–	–	3	4	3	6	3	1	1	14 (11)	2.4±0.6
5	3	–	2	3		8	1	2	1	1	10 (6)	2.3±0.8
6	2	4	–	2	2	3	–	2	1	1	11 (9)	1.7±0.4
7	1	4	1	–		4	1	2	2	–	10 (7)	1.7±0.5
8	–	2	4	3	10	5	2	6	6	–	23 (17)	3.8±1.0
9	1	2	4				3	1	1	1	8 (7)	1.9±0.5
10	3	2	2		1			2	2	1	10 (6)	2.3±0.5
N ₂	10 (8)	15 (12)	15 (10)	16 (14)	18 (15)	21 (17)	24 (19)	23 (20)	19 (16)	11 (9)	55 (42)	17.2±1.5 (14.0±1.3)

*Учтены находки только живых особей.

ПРИМЕЧАНИЕ. Пустые ячейки – станция не выполнялась; N₁ – общее количество видов, обнаруженных на станции; N₂ – общее количество видов, обнаруженных в течение года; цифры без скобок – без учета находок, определенных до вида; цифры в скобках – с учетом находок, определенных до вида.

Среди представителей Scaphopoda *Siphonodentalium lobatum* был обнаружен в течение всего периода исследований, *Antalis entalis* – в течение трех лет, *Cadulus subfusiformis* – только двух, а *Pulsellum lofotense* – одного года.

Наибольшее число видов брюхоногих моллюсков было зарегистрировано на станциях 2 и 8 (табл. 1). За период исследований на всех станциях разреза был отмечен лишь *Cylichna alba*, *Ossiania quadrata* был зафиксирован на восьми станциях, *Cryptonatica affinis* и *Frigidoalvania janmayeni* – на семи, остальные виды были встречены лишь на пяти станциях и менее, 25 видов – лишь на одной станции. Примечательно, что по данным К.М. Дерюгина (1924), *Ossiania quadrata* и *Cylichna alba* были отмечены лишь на трех станциях, *Cryptonatica affinis* – на пяти, а *Frigidoalvania janmayeni* – на одной.

Из лопатоногих моллюсков *Siphonodentalium lobatum* был обнаружен на всех станциях, *Antalis entalis* встречен только на станциях 1 и 2, *Cadulus subfusiformis* – только на ст. 2.

Шесть уникальных (т. е. отмеченных только на одной станции) видов – *Alvania moerchi*, *Alvania verilli*, *Ariadnaria conica*, *Turrisipho* sp., *Lepeta caeca*, *Retusophilina lima* – обнаружены на ст. 8. *Taranis moerchi*

зарегистрирован только на ст. 1, *Diaphana minuta* – на ст. 2, *Skenea trochoides* и *Astyris rosacea* – на ст. 4, *Margarites striatus* – на ст. 9, *Solariella varicosa* – на ст. 10. Большинство перечисленных видов распространены в Баренцевом море в широком широтном диапазоне (Голиков, Скарлато, 1977; Golikov, 1995; Nekhaev, 2014), поэтому в последующем возможно их обнаружение и на других станциях разреза.

Наиболее оригинальным является комплекс ст. 2, где было отмечено 12 видов – *Trichotropis borealis*, *Boreotrophon clathratus*, *Buccinum finmarkianum*, *Skenea rugulosa*, *Nepotila amoena*, *Limneria undata*, *Hemiacclis ventrosus*, *Aclis sarsi*, *Haliella stenostoma*, *Pseudosetia turgida*, *Antalis entalis* и *Cadulus subfusiformis*. Пять последних видов к востоку и северу от обсуждаемого не отмечены. Остальные же указанные виды не только зарегистрированы севернее, но и характерны для высокоширотных районов.

Расчет индекса Серенсена для станций по обобщенным данным за все годы исследований показал низкую степень фаунистического сходства (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Коэффициенты сходства Серенсена по фауне для разных станций
(учтены находки, определенные до вида)**

Станция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–	0.41	0.38	0.32	0.29	0.47	0.27	0.32	0.40	0.29
2	0.41	–	0.34	0.31	0.37	0.47	0.29	0.37	0.29	0.30
3	0.38	0.34	–	0.42	0.71	0.71	0.13	0.40	0.53	0.43
4	0.32	0.31	0.42	–	0.47	0.30	0.44	0.36	0.56	0.24
5	0.29	0.37	0.71	0.47	–	0.67	0.15	0.35	0.46	0.50
6	0.47	0.47	0.71	0.30	0.67	–	0.25	0.46	0.50	0.53
7	0.27	0.29	0.13	0.44	0.15	0.25	–	0.42	0.29	0.15
8	0.32	0.37	0.40	0.36	0.35	0.46	0.42	–	0.33	0.26
9	0.40	0.29	0.53	0.56	0.46	0.50	0.29	0.33	–	0.46
10	0.29	0.30	0.43	0.24	0.50	0.53	0.15	0.26	0.46	–

Численность. Средние значения численности брюхоногих моллюсков на станциях разреза в разные годы исследований приведены в табл. 4. В целом наибольшая плотность поселения отмечена на станциях 2–5, при этом максимальные ее значения зарегистрированы на ст. 2. Плотность поселения Gastropoda и Scaphopoda на одной и той же станции разреза существенно варьирует в разные года, однако в большинстве случаев эти различия недостоверны. Как правило, минимальные значения численности наблюдались с 1995 по 2006 гг., максимальные – в 2007 г.

Таблица 4

**Средняя численность Gastropoda на станциях
разреза “Кольский меридиан” в разные годы, экз/м²**

Станция	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2006 г.	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
1		–	2±2	6±2.4	16±9.3	4±2.4	6±4	6±4
2	6±6	34±17.8	14±8.7		66±24.8	42±17.7	12±2	10±3.2
3	4±0	2±2	–		20±7.1	–	6±2.4	14±11.7
4	8±4	–	–	14±6	16±6.8	26±16.6	10±4.5	2±2
5	6±6	–	6±6		20±10.5	2±2	10±3.2	4±4
6	4±4	6.7±5.8	–	15±15	6±2.4	–	8±8	4±2.4
7	2±2	8±3.7	2±2		10±4.5	2±2	4±4	4±4
8	–	6±6	14±11.7	32±8	16±6.8	4±2.4	20±13	16±6.8
9	4±4	8±3.7	10±6.3			18±15.6	4±4	2±2
10	10±2	6±4	4±4	8±5.8		28±5.8	6±4	6±2.4

ПРИМЕЧАНИЕ. Пустые ячейки – станция не выполнялась.

Плотность поселения брюхоногих моллюсков сравнительно низка и выраженные доминанты на определенных станциях практически отсутствуют. Наиболее массовыми были *Frigidoalvania janmayeni*, преобладавший по численности среди других видов Gastropoda на станциях 3 (1995 г.), 6 (1995 г.), 8 (2001, 2006 и 2011 гг.), 9 (2000, 2001, 2010, 2011 гг.), 10 (1995, 2010 гг.); *Ossiania quadrata* – на станциях 1 (2007 г.), 3 (2000, 2007 гг.), 4 (1995, 2007 гг.) и 5 (2010 г.); *Cylichna alba* – на станциях 1 (2001, 2010, 2011 гг.), 3 (2012 г.), 5 (2000 г.) и 10 (2012 г.) и *Cryptonatica affinis* – на станциях 3 (2011 г.), 4 (2006, 2011 гг.), 5 (2001 г.) и 6 (2007 г.). Остальные виды, входили в число доминирующих по плотности поселения менее 5 раз за весь наблюдаемый период, либо не входили в доминанты вовсе. Примечательно, что недавно отмеченный для фауны России *Pseudosetia turgida* преобладал на ст. 2 среди других видов Gastropoda в 2000, 2007 и 2010 гг.

Наибольший вклад в общую численность Scaphopoda, как правило, вносил *Siphonodentalium lobatum*, средняя плотность поселения которого в большинстве случаев была выше, нежели у всех брюхоногих и лопатоногих моллюсков вместе взятых (табл. 5). Указанный вид доминировал по численности в общем населении Gastropoda и Scaphopoda на станциях 3–6 во всем рассматриваемом периоде, а также на станциях 7 (все годы, исключение – 1995, 2001 гг.), 8 (все годы, исключение – 2000, 2001, 2006 гг.), 9 (2010, 2011, 2012 гг.), 10 (2001, 2006 гг.). Остальные виды лопатоногих моллюсков существенного вклада в количественные показатели не вносили.

Таблица 5

**Средняя численность *Siphonodentalium lobatum* на станциях
разреза “Кольский меридиан” в разные годы, экз/м²**

Станция	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2006 г.	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
1	–	–	–	22±5.8	–	–	–	8±3.7
2	–	–	–	–	–	–	–	–
3	20±0	20±10.5	6±4	–	28±13.2	8±8	24±2.4	28±8.6
4	22±22	6±2.4	10±10	50±11	36±13.3	26±8.7	44±8.7	16±5.1
5	4±4	8±5.8	6±4	–	30±10	20±4.5	36±4	32±3.7
6	8±8	5±4	–	30±30	20±8.9	8±2	22±8	22±8
7	2±2	4±2.4	2±2	–	6±2.4	–	14±2.4	8±3.7
8	–	2±2	2±2	6±4	18±5.8	6±4	10±5.5	8±3.7
9	–	2±2	–	–	–	16±9.3	20±4.5	18±7.3
10	–	2±2	6±4	8±2	–	6±2.4	2±2	2±2

ПРИМЕЧАНИЕ. Пустые ячейки – станция не выполнялась.

На большинстве станций максимальные значения плотности поселения наблюдались в 2006 и 2007 гг., а минимальные – в 2001 г. (табл. 5). В целом наблюдаемая численность *Siphonodentalium lobatum* после 2006 г. была выше, чем в предыдущие периоды исследований, однако различия эти в большинстве случаев недостоверны.

Биомасса. Низкие значения биомассы *Gastropoda* наблюдались с 1995 по 2001 гг., показатели биомассы после 2006 г. выше, однако различия недостоверны (табл. 6). В целом высокие значения биомассы характерны для станций 6 и 8, максимальное значение наблюдалось также на ст. 6.

Таблица 6

**Средняя биомасса *Gastropoda* на станциях
разреза “Кольский меридиан” в разные годы, г/м²**

Станция	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2006 г.
1	–	–	0.04±0.04	0.07±0.05
2	0.03±0.03	0.186±0.103	0.098±0.077	–
3	0.078±0.03	0.056±0.056	–	–
4	0.172±0.164	–	–	0.724±0.585
5	0.022±0.022	–	0.044±0.044	–
6	1.796±1.796	0.114±0.072	–	0.015±0.015
7	0.004±0.004	0.322±0.253	0.004±0.004	–
8	–	0.138±0.138	0.054±0.052	0.474±0.194
9	0.038±0.038	0.062±0.037	0.146±0.107	–
10	0.124±0.108	0.088±0.083	0.026±0.026	0.024±0.019

ПРИМЕЧАНИЕ. Пустые ячейки – станция не выполнялась.

Окончание табл. 6

Станция	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
1	0.05±0.02	0.15±0.14	0.13±0.12	0.15±0.14
2	0.176±0.066	0.196±0.154	0.09±0.061	0.196±0.154
3	0.02±0.007	0.168±0.161	0.324±0.302	0.168±0.161
4	0.056±0.024	0.004±0.004	0.46±0.271	0.004±0.004
5	0.664±0.586	0.042±0.037	0.07±0.029	0.042±0.037
6	0.028±0.017	0.002±0.002	0.198±0.198	0.002±0.002
7	0.094±0.042	0.054±0.054	0.094±0.094	0.054±0.054
8	0.11±0.095	0.194±0.107	0.574±0.42	0.194±0.107
9		0.01±0.01	0.072±0.072	0.01±0.01
10		0.004±0.004	0.16±0.153	0.004±0.004

Явных доминантов по биомассе, так же как и по численности, за определенный период и/или на отдельных станциях среди брюхоногих моллюсков не наблюдалось. Чаще всего по биомассе доминировали *Ossiania quadrata* – преобладал по биомассе среди других Gastropoda на станциях 1 (2006, 2012 гг.), 2 (2000 г.), 3 (1995, 2000, 2007, 2012 гг.), 4 (1995, 2007 гг.), 5 (2010 г.) и 9 (1995 г.); *Lunatia pallida* – на станциях 2 (2012 г.), 5 (1995, 2007, 2011 гг.), 6 (1995, 2011 гг.) и 10 (2011 г.); *Cryptonatica affinis* – на станциях 3 (2011 г.), 4 (2006, 2011 гг.), 5 (2001 г.), 9 (2010 г.) и 10 (2010 г.); *Cylichna alba* – на станциях 1 (2001, 2010, 2011 гг.), 2 (1995 г.), 6 (2000 г.), 10 (1995, 2000 гг.).

Наиболее высокие значения биомассы среди как Gastropoda, так и Scaphopoda были отмечены для *Siphonodentalium lobatum*, который преобладал на станциях 1 (2006, 2012 гг.), 3 (все годы, исключение – 2000 г.), 4 (все годы, исключение – 2006 г.), 5 (все годы, исключение – 2001, 2007 гг.), 6 (все годы, исключение – 1995 г.), 7 (1995, 2001, 2007, 2011, 2012 гг.), 8 (2000, 2007, 2011, 2012 гг.), 9 (2000, 2011, 2012 гг.), 10 (2001, 2006, 2012 гг.). На станциях 3–7 доминирование *Siphonodentalium lobatum* по биомассе было нарушено только находками единичных крупных экземпляров *Cryptonatica affinis*, *Lunatia pallida* и *Admete viridula*. Средние значения биомассы *Siphonodentalium lobatum* на станциях разреза приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Средняя биомасса *Siphonodentalium lobatum* на станциях разреза “Кольский меридиан” в разные годы, г/м²

Станция	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2006 г.
1				0.63±0.24
2	–	–	–	
3	0.534±0.006	0.264±0.16	0.042±0.029	
4	0.532±0.532	0.046±0.028	0.092±0.092	0.362±0.12
5	0.012±0.012	0.028±0.021	0.02±0.015	
6	0.338±0.338	0.09±0.066	–	0.05±0.05
7	0.164±0.164	0.156±0.1	0.07±0.07	
8	–	0.138±0.138	0.002±0.002	0.02±0.018
9	–	0.076±0.076	–	
10	–	0.016±0.016	0.238±0.226	0.246±0.241

ПРИМЕЧАНИЕ. Пустые ячейки – станция не выполнялась.

Станция	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
1	–	–	–	0.28±0.13
2	–	–	–	–
3	0.488±0.252	0.028±0.028	0.32±0.103	1.378±0.968
4	0.244±0.111	0.474±0.244	0.402±0.137	0.186±0.119
5	0.316±0.109	0.116±0.022	0.33±0.081	0.41±0.071
6	0.03±0.018	0.372±0.212	0.348±0.203	0.46±0.238
7	0.178±0.171	–	0.254±0.128	0.106±0.082
8	0.658±0.465	0.106±0.065	0.366±0.168	0.172±0.088
9		0.208±0.137	0.298±0.099	0.406±0.113
10		0.162±0.108	0.034±0.034	0.13±0.13

Обсуждение. Фауна брюхоногих и лопатоногих моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” представлена обычными для Баренцева моря видами (Golikov, 1995; Golikov et al., 2001; Kantor, Sysoev, 2005; Nekhaev, 2014). Исключением являются станции 1 и 2, на которых сравнительно недавно были отмечены виды, ранее неизвестные для российских вод, но распространенные в водах, омывающих Скандинавский полуостров. Ввиду того, что актуальные сведения о фауне брюхоногих моллюсков открытой части моря отсутствуют, для видов, известных в Баренцевом море только со станций разреза “Кольский меридиан” можно предположить более широкое распространение. Все вновь обнаруженные виды характеризуются максимальным размером раковины не превышающим 5 мм (с единственным исключением для *Haliella stenostoma*). Указанное обстоятельство могло быть причиной их недоучета в предыдущие годы исследований, во время которых разбор проб осуществлялся непосредственно на судне. Более того, спорадические находки моллюсков могли быть неверно идентифицированы.

К.М. Дерюгиным (1924) по 3 экз. (ст. 3) была описана *Bela subarctica* Derjugin, 1924. Название после описания не использовалось, и было впоследствии без каких-либо специальных комментариев признано младшим синонимом *Propebela rugulata* (Møller in Reeve, 1846) (Богданов, 1990). Однако оригинальное описание и изображение как раковины, так и радулы *Bela subarctica* не согласуются с *Propebela rugulata* и во многом соответствуют *Oenopota pyramidalis* (Strøm, 1788), что и принято в настоящей работе. Синтипы не были обнаружены в коллекциях Зоологического института РАН ни ранее (Богданов, 1990), ни в ходе поисков предпринятых авторами настоящей статьи, поэтому определить таксономический статус *Bela subarctica* более точно не представляется возможным.

Помимо *Bela subarctica*, 11 видов брюхоногих моллюсков, указанных К.М. Дерюгиным (1924), не были достоверно отмечены в ходе настоящих исследований *Piliscus commoda* (Middendorff, 1851), *Velutina undata* (Brown in J. Smith, 1839), *Cerithiella metula* (Lovén, 1842),

Laeocochlis sinistratus (Nyst, 1835), *Epitonium greenlandica* (Perry, 1811), *Propebela spitzbergensis* (Friele, 1886), *Propebela harpularia* (Couthouy, 1838), *Turrisipho lachesis* (Mörch, 1869), *Colus islandicus* (Mohr, 1786), *Colus latericeus* (Møller, 1842) и *Colus sabini* (Gray, 1824). Все указанные виды характеризуются крупными или средними размерами (более 1 см) и, соответственно, не могут быть полноценно представлены в дночерпательных сборах. Более того, из перечисленных видов только *Piliscus commoda*, *Epitonium greenlandicum* и *Colus sabini* в материалах К.М. Дерюгина были обнаружены более чем на одной станции. Число видов, отмеченных как в ходе настоящих исследований, так и в работе К.М. Дерюгина составляет 18. Ввиду существенных различий в методиках сбора и обработки материала, использованной К.М. Дерюгиным и в настоящей работе, современные данные можно рассматривать как дополняющие предшествующие.

В работе К.Н. Несиса (1960) также имеется указание на находку *Antalis occidentalis* (Stimpson, 1851) на южных станциях разреза во время периодов потепления без точных указаний годов и координат сбора. Недавние исследования музейных коллекций показали, что все немногочисленные достоверные находки этого вида представлены пустыми раковинами, и помимо прочего сделаны также в районах Арктического бассейна (Ivanov, Zarubina, 2004), однако *Antalis occidentalis* на разрезе “Кольский меридиан” не обнаружено.

Оценочное число видов брюхоногих моллюсков в российской части Баренцева моря с учетом недавних находок составляет не менее 229 (Kantor, Sysoev, 2005; Nekhaev, 2014). При этом значительная часть видов отмечена только в прибрежных водах Мурмана и/или архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа и в открытом море не встречается. Таким образом, предполагать существенного увеличения числа обнаруженных видов на разрезе “Кольский меридиан” в ходе дальнейших исследований применяемыми методами сбора не приходится.

Брюхоногие и лопатоногие моллюски составляют около 6 % от общего числа зарегистрированных видов макрозообентоса на разрезе “Кольский меридиан” в ходе современного этапа исследований (О.С. Любина и др., настоящее издание). На разрезе этот показатель колеблется от 2.5 % (станции 3 и 10) до 4.5 % (ст. 8).

В большинстве случаев наблюдается очень высокая изменчивость количественных показателей Gastropoda и Scaphopoda между повторностями одной станции, что может свидетельствовать как о неоднородности распределения моллюсков, так и о недостаточности 5 повторностей, взятых с площади в 0.1 м², для достоверной оценки количественных показателей моллюсков. Это справедливо и для наиболее массового вида *Siphonodentalium lobatum*.

Обилие и биомасса брюхоногих и лопатоногих моллюсков крайне низки по сравнению с таковыми для бентоса в целом (О.С. Любина и др., настоящее издание).

В целом наблюдаемая биомасса брюхоногих моллюсков на разрезе “Кольский меридиан” сопоставима с таковой для открытых районов Карского моря, характеризующихся сходной фауной (Любин, 2000).

Siphonodentalium lobatum доминировал по общей численности и биомассе Gastropoda и Scaphopoda на большинстве станций. Полученные нами данные по биомассе этого вида согласуются с таковыми, полученными в открытых участках на юго-западе Баренцева моря (Зацепин, 1962). Однако значения численности *S. lobatum* превышают приведенные В.И. Зацепиным как правило на порядок. Вероятно, в цитируемой работе не были учтены молодые особи.

Литература

Богданов И.П. Моллюски подсемейства Oenopotinae (Gastropoda: Pectinibranchia: Turridae) морей СССР. Л.: Наука, 1990. 221 с.

Голиков А.Н. Моллюски Vucsininae Мирового океана. Л.: Наука, 1980. 466 с.

Голиков А.Н., Скарлато О.А. Состав, распределение и экология брюхоногих и двустворчатых моллюсков у архипелага Земля Франца-Иосифа // Биоценозы шельфа Земли Франца-Иосифа и фауна прилегающих акваторий. Л.: Наука, 1977. С. 313–390.

Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30') // Тр. Северной науч.-пром. экспедиции. 1924. Вып. 19. 102 с.

Зацепин В.И. Сообщества фауны донных беспозвоночных Мурманского побережья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики // Тр. Всесоюз. гидробиол. общ-ва. 1962. Т. 12. С. 244–344.

Любин П.А. Количественное распределение брюхоногих моллюсков (Gastropoda) Карского моря // Современный бентос Баренцева и Карского морей. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2000. С. 189–203.

Несис К.Н. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима (на разрезе по “Кольскому меридиану”) // Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера. М.: Рыбное хозяйство, 1960. С. 129–137.

Chaban E.M., Nekhaev I.O. Age variability in the shell of *Scaphander punctostriatus* (Mighels et C.B. Adams, 1842) (Gastropoda: Heterobranchia: Cephalaspidea) as revealed by specimens from the Russian part of the Barents Sea // Zoosystematica Rossica. 2013. Vol. 22. P. 165–171.

Galkin Yu.I. Long-term changes in the distribution of molluscs in the Barents Sea related to climate // Berichte zur Polarforschung. 1998. Vol. 287. P. 100–143.

Golikov A.N. Shell-bearing gastropods of the Arctic. Moscow: Colus, 1995. 108 p.

Golikov A.N., Sirenko B.I., Chaban E.M. Class Gastropoda. Subclass Pectinibranchia // List of species of free-living invertebrates of Eurasian and Arctic seas and adjacent deep waters. SPb.: ZIN RAS, 2001. P. 104–108.

Ivanov D.L., Zarubina E.M. Distribution of scaphopod molluscs (Mollusca, Scaphopoda) in the North Atlantic and Arctic oceans, based on materials of Russian and Soviet expeditions // Ruthenica, Russian Malacol. J. 2004. Vol. 14. P. 89–104.

Kantor Yu.I., Sysoev A.V. A preliminary analysis of biodiversity of molluscs of Russia and adjacent territories // *Ruthenica, Russian Malacol. J.* 2005. Vol. 14. P. 107–118.

Nekhaev I.O. Distributional notes on *Gibbula cineraria* (Linnaeu, 1758), *Pseudosetia turgida* (Jeffreys, 1870) and *Haliella stenostoma* (Jeffreys, 1858) in Russian part of the Barents Sea // *Ruthenica, Russian Malacol. J.* 2013. Vol. 23. P. 35–39.

Nekhaev I.O. Marine shell-bearing Gastropoda of Murman (Barents Sea): an annotated check-list // *Ruthenica, Russian Malacol. J.* 2014. Vol. 24. P. 75–121.

Nekhaev I.O. New records of gadilid molluscs from the southwestern Barents Sea (Scaphopoda: Gadilidae) // *Ruthenica, Russian Malacol. J.* 2015. Vol. 25. P. 69–71.

Nekhaev I.O., Kantor Yu.I. The first record of *Thesbia nana* (Lovén, 1846) (Gastropoda: Conoidea) in Russian waters // *Ruthenica, Russian Malacol. J.* 2012. Vol. 22. P. 51–54.

УДК (574.583+591.524.12) (268.45)

В.Г. Дворецкий

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ЗООПЛАНКТОН – ИНДИКАТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН” В 2003–2010 ГОДАХ

Аннотация

В работе исследованы межгодовые вариации летнего зоопланктона в 2003–2010 гг. Средняя численность зоопланктона в июле–августе колебалась от 143 до 7607 экз/м³. Доминировали веслоногие ракообразные, на долю которых приходилось 60–96 % общего обилия. Суммарная биомасса изменялась от 3 до 63 мг сухой массы/м³. Прослеживалась тенденция увеличения вклада видов атлантического происхождения в общую биомассу зоопланктона на протяжении 2003–2007 гг. Выявлено увеличение биомассы с возрастанием максимальной температуры воды в слое облова. Обратная зависимость отмечена для аномалии температуры, средней концентрации хлорофилла *a* и аномалии ледового покрова.

V.G. Dvoretzky

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

ZOOPLANKTON IS AN INDICATOR OF CLIMATIC CHANGES IN THE TRANSECT “KOLA SECTION” IN 2003–2010

Abstract

Inter-annual fluctuations of summer zooplankton were investigated in 2003–2010. Mean zooplankton abundance varied from 143 to 7607 ind/m³ in July–August. Copepods were the most numerous accounting for 60–96 % of the total abundance. Total biomass (dry) ranged from 3 to 63 mg/m³. Proportion of Atlantic origin species in biomass tended to increase during 2003–2007. Increasing of the total biomass was found with increase of maximum water temperature in sampling layer. An inverse relation was found for temperature anomaly, mean chlorophyll *a* concentration and ice anomaly.

Введение. Работы, направленные на выяснение механизмов влияния климата на наземные и водные экосистемы, занимают центральное место в современных научных исследованиях (Brierley, Kingsford, 2009; Гидробиологические ..., 2011). Показано, что Мировой океан оказывает определяющее воздействие на планетарный климат (Cushing, Dickson, 1976). По этой причине одной из приоритетных задач является изучение морских систем в условиях колебаний глобальной атмосферной циркуляции.

Баренцево море относится к числу уникальных районов Мирового океана. Оно расположено за Северным полярным кругом (рис. 1), однако типичные арктические черты наблюдаются, главным образом, в северной и восточной его частях (Жизнь ..., 1985; Food ..., 2006). В остальных районах, особенно на юго-западе, условия близки к умеренным. В частности, у берегов Кольского полуострова ледовый покров часто не формируется даже в зимний период. Подобная особенность Баренцева моря обусловлена отепляющим воздействием течений системы Гольфстрим (Комплексные ..., 2011).

Климат Баренцева моря различается в зависимости от географического положения. Это обусловлено значительной меридиональной протяженностью водоема, а также притоком большого объема атлантических вод на юго-западе и холодных вод из Арктического бассейна. На юго-востоке также велика роль речного стока. В северной части моря преобладают арктические воздушные массы, а на юге – воздух умеренных широт. На границе этих двух основных потоков формируется атмосферный арктический фронт, направленный от северной оконечности Новой Земли к Исландии. Здесь часто образуются циклоны и антициклоны, с прохождением которых связан характер погоды на Баренцевом море. В Баренцевом море часто регистрируют залоги холодного арктического воздуха, что влечет за собой резкое похолодание. С другой стороны нередко наблюдается поступление теплых воздушных масс с Атлантического океана (Добровольский, Залогин, 1982).

В начале XXI века в Арктике отмечены процессы потепления (Матишов и др., 2007; Матишов, 2008). Для Баренцева моря характерны значительные межгодовые изменения температуры воды, которые в определенные периоды принимают характер устойчивых климатических аномалий. Исследования ММБИ и других научных организаций показали, что в пределах атлантической водной массы прослеживаются положительные аномалии температуры воды с 1999 г. (Матишов и др., 2007; Матишов, 2008). Однако начиная с 2008 г. регистрируется понижение температуры воды (Matishov et al., 2009; Гидробиологические ..., 2011; Климат ..., 2011; Комплексные ..., 2011). Подобные климатические колебания существенно влияют на функционирование баренцевоморской экосистемы. Стоит подчеркнуть, что Баренцево море относится к числу наиболее продуктивных шельфовых районов Северного Ледовитого океана (Зенкевич, 1963; Ecosystem ..., 2009).

Величины первичной и вторичной продукции в пелагиали здесь очень высоки, что обуславливает благоприятные условия для нагула многих ценных промысловых гидробионтов. В уловах по массе преобладают 3 вида рыб – треска и пикша (донные представители) и мойва (пелагический вид) (Аноп. ..., 2011). Основу кормовой базы их молоди составляют планктонные животные (Тимофеев, 2000). Таким образом, от степени развития зоопланктона во многом зависит величина запаса указанных промысловых видов.

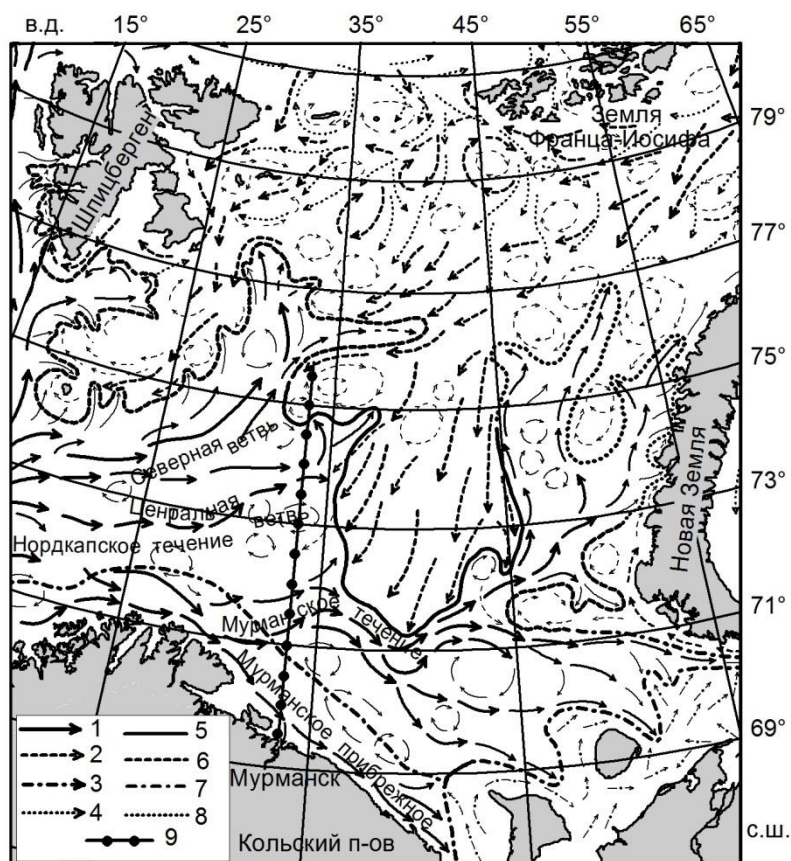


Рис. 1. Карта Баренцева моря с основными течениями (по: Климат ..., 2011; Комплексные ..., 2011):

1 – теплые, 2 – холодные, 3 – местные прибрежные течения, 4 – глубинные атлантические воды; 5 – термические, 6 – термохалинные, 7 – халинные, 8 – слабовыраженные, неустойчивые климатические фронтальные зоны; 9 – разрез “Кольский меридиан”

Зоопланктон представляет собой ключевой элемент пелагической экосистемы Баренцева моря, который обеспечивает связь низших трофических уровней (фитопланктон) с последующими звеньями пищевой цепи, включая рыб, морских млекопитающих и птиц

(Жизнь ..., 1985; Ecosystem ..., 2009). Биомасса зоопланктона может рассматриваться в качестве интегральной характеристики, которая позволяет оценить величину и эффективность трансформации энергии в трофической сети (Food ..., 2006).

С другой стороны, зоопланктонные сообщества часто используют как индикаторы климатических колебаний, поскольку они достаточно оперативно реагируют на изменение внешних условий (Beaugrand, 2005). Ранее были предприняты попытки выявить, какие показатели могут быть надежными критериями потепления и похолодания. Для экосистемы Баренцева моря российские и норвежские ученые независимо разрабатывали различные наборы индикаторов для оценки состояния среды и биоты. Были рекомендованы следующие наиболее эффективные планктонные индикаторы: сроки цветения (для фитопланктона) и общая биомасса (для зоопланктона) (Комплексные ..., 2011). Указано, что наиболее часто средняя биомасса адекватно отражает вариации климатических характеристик в арктических морях. Однако в ряде случаев прямой связи между количеством зоопланктона и температурой воды не наблюдается (Тимофеев, 2000). Имеющаяся информация не позволяет однозначно ответить на вопрос, связана ли биомасса зоопланктона в Баренцевом море с теплосодержанием водных масс. По одним данным такая зависимость присутствует (Дегтерева, 1979; Dalpadado et al., 2003), по другим – нет (Тимофеев, 2000).

Целью работы было исследование межгодовых колебаний состава и количества зоопланктона на стандартном вековом разрезе “Кольский меридиан” в связи с климатическими факторами, а также выявление показателей, которые можно использовать как индикаторы потепления и похолодания. Летний период был выбран для анализа, поскольку именно в этот сезон отмечается массовое развитие зоопланктонных организмов и формируется основная часть их годовой продукции.

Материал и методы. Материалом для анализа послужили пробы зоопланктона, которые были отобраны во время экспедиций ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в июле–августе 2003–2010 гг. на разрезе “Кольский меридиан” (33°30' в. д., 69°30'–74°30' с. ш.) (рис. 1). Этот район подвержен интенсивному воздействию теплых вод атлантического происхождения (Комплексные ..., 2011). Основной упор был сделан на изучении наиболее продуктивного верхнего 100-метрового слоя, где концентрируется более 90% общего количества планктона (Богоров, 1974; Тимофеев, 2000). Во всех рейсах в качестве орудия лова использовали сеть Джели (площадь входного отверстия 0.11 м², ячея 168 мкм). Пробы фиксировали формалином, последующая детальная обработка и анализ полученного материала проводилась в лаборатории по стандартной методике (Инструкции ..., 2001). Биомассу зоопланктона рассчитывали по стандартным таблицам,

размерно-весовым зависимостям, или номограммам. Подробное описание методики опубликовано ранее (Дворецкий, Дворецкий, 2010а,б; Дворецкий, 2011, 2012; Dvoretzky, Dvoretzky, 2011). Полученные значения сырой биомассы были переведены в миллиграммы сухой массы на 1 м³, используя соотношение (Виноградов, Шушкина, 1987): 1 мг сырой массы = 0.16 мг сухой массы. Всего проанализировано 69 проб с 52 станций.

Гидрологическая информация (данные о температуре и солености) была получена при зондировании всей водной толщи на каждой станции. В дальнейших расчетах применяли средние величины для слоя облова.

Аномалии биомассы зоопланктона $z'(t)$ рассчитывали как отклонение десятичного логарифма показателя (средняя биомасса в текущий год) в конкретный период от средней многолетней величины (ICES ..., 2008):

$$z'(t) = \lg[Z(t)] - \lg[Z] = \lg\left[\frac{Z(t)}{Z}\right].$$

Эту величину вычисляли по опубликованным ранее данным ПИНРО для слоя 0–50 м за период с 1960 по 1990 гг. (Нестерова, 1990). Используя полученные аномалии, свободные от смещенных оценок, можно проводить сравнение различных лет (ICES ..., 2008).

В качестве массовых рассматривали виды, вклад которых в суммарную биомассу зоопланктона превышал 0.3 %. К основным бореальным видам относили *Acartia longiremis*, *Calanus finmarchicus*, *Centropages hamatus*, *Evadne nordmanni*, *Fritillaria borealis*, *Limacina retroversa*, *Metridia lucens*, *Oithona atlantica*, *Temora longicornis*, к массовым арктическим – *Aeginopsis laurentii*, *Calanus glacialis*, *Calanus hyperboreus*, *Clione limacina*, *Limacina helicina*, *Mertensia ovum*, *Metridia longa*, *Microcalanus pygmaeus*, *Parasagitta elegans*, *Paraeuhaeta norvegica*, *Paraeuhaeta glacialis*, к космополитам – *Microsetella norvegica*, *Oithona similis*, *Triconia borealis* (Беклемишев, 1969; Жизнь..., 1985; Тимофеев, 2000; Dvoretzky, Dvoretzky, 2009а,б,с, 2010).

В качестве климатических переменных использовали аномалии температуры воды и солености на разрезе “Кольский меридиан” для слоя 0–200 м (Matishov et al., 2009; Гидробиологические ..., 2011; Климат ..., 2011). Для оценки концентраций фитопланктона, потенциального источника пищи для зоопланктона, использованы опубликованные данные 2007–2008 гг. (Водопьянова, 2010а,б). Кроме того, использованы генерализованные карты распределения концентрации хлорофилла *a* в Баренцевом море, полученные по данным спутниковых наблюдений (сканеры цвета SeaWiFS и MODIS Aqua) в 2003–2010 гг., заимствованные с сайта

(Giovanni; <http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov>) и сайта лаборатории оптики океана Института океанологии РАН (Bio-optical ..., 2011; <http://optics.ocean.ru>).

Для оценки потенциального влияния выедания пелагических рыб использовали годовые индексы обилия мойвы (0-группа), скорректированные с учетом уловистости (Anon ..., 2011). Эти значения для 2003–2010 гг., выраженные в миллионах экземпляров, были трансформированы десятичным логарифмом. Для выявления возможных связей между зоопланктонными сообществами и ледовыми условиями были использованы данные о протяженности ледового покрова в Арктике в августе (National Snow and Ice Data Center; <http://nsidc.org>). Для анализа применяли аномалии, рассчитанные как отклонение величин протяженности ледового покрова в 2003–2010 гг. в августе к среднему значению 1979–2000 гг. (Sea ..., 2012).

Кроме того, для анализа использованы характеристики глобальной атмосферной циркуляции – индекс Северо-Атлантического колебания (NAO). Величины месячного индекса NAO для июля и августа рассчитываются по данным измерения нормированных значений давления на станциях “Гибралтар” (Лиссабон или Понта Дельгада) и “Рейкьявик”. Кроме того, применяли зимний индекс NAO, базирующийся на рассмотрении только периода с декабря по март. Значения указанных индексов для 2003–2010 гг. заимствованы в табличном виде с сайта Национального центра атмосферных исследований США (www.cgd.ucar.edu).

Математическую обработку данных проводили при помощи методов описательной статистики. Средние значения в работе представлены со стандартной ошибкой ($\pm SE$). Сравнение количественных показателей разных лет проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (в случае нормального распределения данных) или непараметрического теста Краскела-Уоллиса. Для выявления связей между характеристиками (биомассой зоопланктона) и климатическими факторами применяли корреляционный, регрессионный анализ и метод главных компонент (разновидность факторного анализа).

Результаты. Гидрологическая характеристика. Средняя температура воды в слое облова колебалась от 1.1 °C (ст. 10, 2010 г.) до 10.5 °C (ст. 1, 2006 г.) (рис. 2). Соленость изменялась от 34.11 (2008 г.) до 35.01 ‰ (2009 г.) (рис. 2). Для всего периода исследований средние показатели составили 5.5 ± 0.3 °C и 34.62 ± 0.04 ‰ соответственно. Однофакторный дисперсионный анализ выявил статистически значимые отличия между годами по температуре воды ($F = 4.73$, $p < 0.001$). Множественное сравнение разных лет при помощи теста Тукея-Крамера показало, что 2006 и 2007 гг. достоверно отличались от прочих периодов ($p < 0.05$), эти годы характеризовались более высокой температурой воды. По солености рассматриваемые периоды не отличались друг от друга (однофакторный дисперсионный анализ, $F = 1.86$, $p = 0.10$).

На рисунке 2 показаны аномалии температуры воды для основной ветви Мурманского и центральной ветви Нордкапского течений на разрезе “Кольский меридиан”. В 2006 году значение аномалии было наибольшим. В 2007 году величина аномалии не достигла максимальных показателей. Вместе с тем, она, как и в 2005–2006 гг., распространялась на всю водную толщу вплоть до глубины 200 м, и ее значения были близки в водных массах разного происхождения, что свидетельствовало о крупномасштабном характере климатических изменений за предшествующие несколько лет. В 2008–2009 годах проявляется выраженная тенденция понижения температуры воды, т. е. средние величины были близки к многолетним показателям.

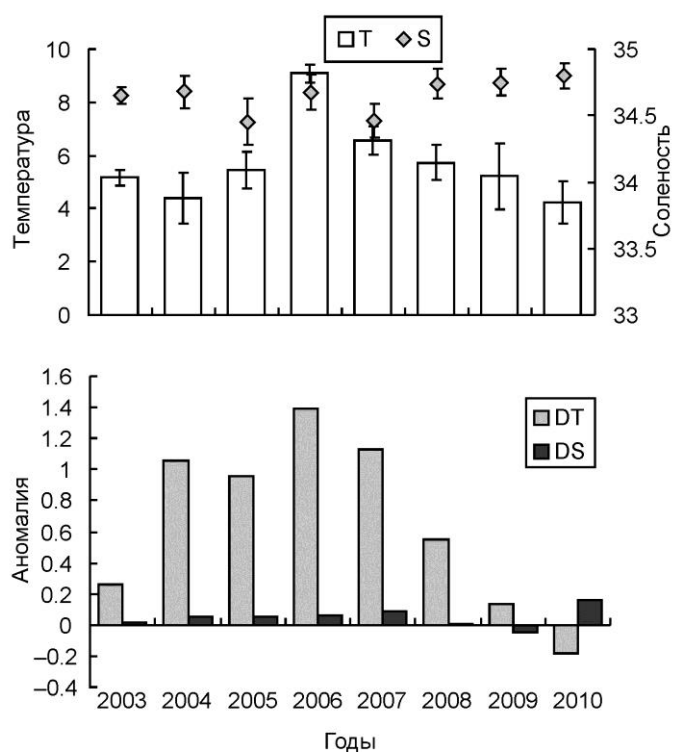


Рис. 2. Средняя температура (Т, °С) и соленость (S, ‰) в слое облова зоопланктона, а также аномалии температуры (DT) и солености (DS) (по: Климат ..., 2011; Комплексные ..., 2011) на разрезе “Кольский меридиан” в 2003–2010 гг.

Усредненная концентрация хлорофилла *a* в поверхностном слое в июле–августе была самой высокой в 2006 г., самой низкой – в 2009 г. Индекс обилия мойвы достигал максимума (995101 млн экз.) в 2008 г., минимум (53250 млн экз.) регистрировали в 2004 г. Наибольшие отрицательные аномалии площади ледового покрова в Арктике в августе были отмечены в 2007 и 2010 гг. Ближе всего к реперному периоду (1979–2000 гг.), который служит для расчета данного индекса, были 2003 и 2004 гг.

Регрессионный анализ показал тесную прямую зависимость концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое воды и температурными условиями (аномалия и средняя величина в слое облова). Во всех случаях коэффициент детерминации был выше 0.58 при уровне значимости $p < 0.03$. Максимальная температура воды была обратно связана со значением индекса NAO для августа ($F = 29.38$, $p < 0.002$).

Межгодовые флуктуации зоопланктонных сообществ. Средняя численность зоопланктона в июле–августе колебалась в широком диапазоне, составляя 143–7607 экз/м³. В составе сообщества доминирующей группой были веслоногие ракообразные, на долю которых приходилось 60–96 % общего обилия. Суммарная биомасса зоопланктонного сообщества изменялась от 3 до 63 мг сухой массы/м³ (рис. 3). Наибольшие средние значения этого показателя были зарегистрированы в 2007 и 2010 гг. Численность и биомасса зоопланктона значимо варьировали на протяжении исследуемого периода (тест Краскела-Уоллиса, $H = 17.373$ – 27.839 , $p < 0.02$). Наиболее сильные отличия были характерны для 2007 г. (тест Тукея-Крамера, $p < 0.05$). Аномалии биомассы зоопланктона были положительными только в 2007, 2008 и 2010 гг. В 2003 году аномалия биомассы была близка к нулю, т. е. к среднемноголетней величине, которая для 1960–1990-х гг. составляет 172 мг сырой массы/м³, или 27.5 мг сухой массы/м³ (расчет проведен автором статьи по данным ПИНРО).

Качественный состав зоопланктона также претерпевал существенные изменения в 2003–2010 гг. (табл. 1). По биомассе лидирующее положение занимали бореальные виды. Самым частым из них был представитель копепод *Calanus finmarchicus*. Прослеживалась тенденция увеличения вклада видов атлантического происхождения в общую биомассу зоопланктона на протяжении 2003–2007 гг. После чего их доля в последующие годы постепенно снижалась (табл. 1). Для арктических видов четко прослеживалось повышение их относительной биомассы, начиная с 2007 г. Вклад космополитов (в особенности *Oithona similis*) не превышал 12 % (табл. 1). Температурные условия и зимний индекс NAO оказывали прямое влияние на долю бореальных видов, для представителей арктического зоопланктона отмечена обратная зависимость (во всех случаях $p < 0.05$).

Анализ выделенных главных компонент, основанный на факторах внешней среды (температура воды, аномалии температуры, солёности, концентрация хлорофилла *a*, индекс обилия мойвы, аномалии ледового покрова) текущего года, показал, что на разрезе “Кольский меридиан” летом первая, вторая и третья ординационные оси объясняли, соответственно, 32.1, 28.6 и 18.2 % вариаций биологических показателей всего сообщества (минимальную, максимальную и среднюю биомассы, а также аномалию биомассы зоопланктона) (рис. 4). Их собственные значения составляли 2.58, 2.29 и 1.46.

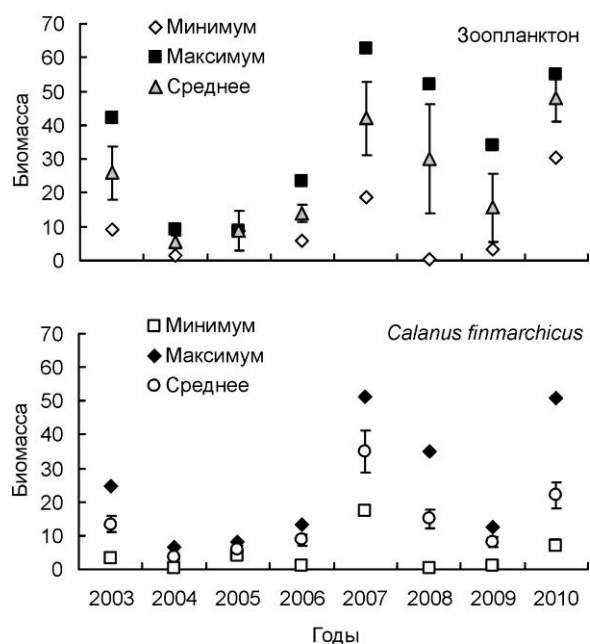


Рис. 3. Вариации биомассы зоопланктона и *Calanus finmarchicus* на разрезе “Кольский меридиан” в 2003–2010 гг., мг сухой массы/м³

Т а б л и ц а 1

Вклад различных групп зоопланктона в суммарную биомассу на разрезе “Кольский меридиан” летом 2003–2010 гг.

Год	Бореальные виды	<i>C. finmarchicus</i>	Арктические виды	Космополиты
2003	59.3±15.2	49.9±10.0	19.3±3.7	12.4±5.3
2004	65.2±16.4	56.4±12.2	8.5±4.4	16.3±9.8
2005	76.7±19.6	62.7±14.1	5.4±2.8	2.9±1.6
2006	71.0±10.8	60.9±8.8	18.7±9.6	0.6±0.1
2007	84.5±18.6	79.3±13.7	5.0±3.5	1.5±1.4
2008	57.1±16.1	52.4±13.1	24.5±17.0	9.4±2.6
2009	49.2±11.7	46.9±10.3	31.4±20.2	6.5±1.7
2010	42.0±10.2	39.4±8.6	37.1±12.3	4.2±1.2

Считается, что при величине собственного значения оси меньше 1, ее вклад в варьирование показателей довольно низкий. Наибольшую корреляцию с первой ординационной осью имели аномалия температуры воды (0.93), концентрация хлорофилла *a* (0.91) и средняя температура воды (0.87) (табл. 2). Со второй осью максимальную корреляцию имели индекс обилия мойвы (0.78) и средняя соленость (–0.74) (табл. 2). С третьей осью наиболее тесно была связана аномалия солености (0.76) (табл. 2). Канонический корреляционный анализ выявил, что практически биомасса зоопланктона была слабо связана с внешними факторами, за исключением аномалии солености. Прослеживалась

тенденция роста биомассы с возрастанием максимальной температуры воды в слое облова. Обратная зависимость была установлена для аномалии температуры, средней концентрации хлорофилла *a* и аномалии ледового покрова.

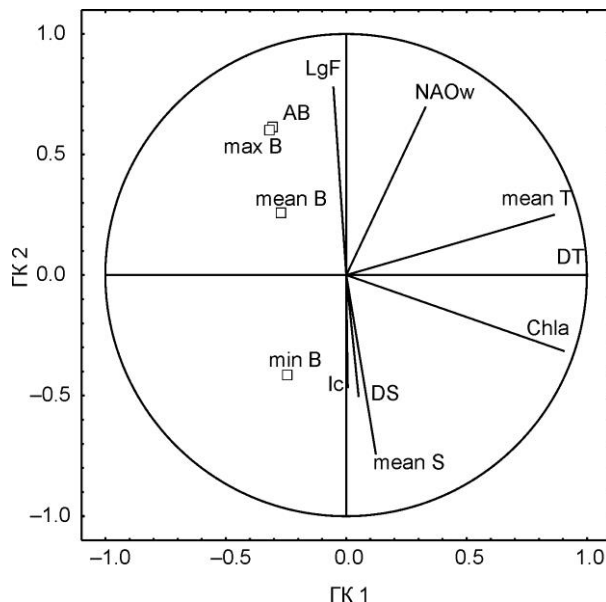


Рис. 4. Результаты анализа главных компонент (ГК), показывающих связи биологических параметров зоопланктона текущего года с внешними факторами на разрезе “Кольский меридиан” в 2003–2010 гг.:

T – средняя температура воды в слое облова, mean S – средняя соленость в слое облова, DT – аномалия температуры воды в слое 0–200 м, DS – аномалия солености в слое 0–200 м, Chla – средняя концентрация хлорофилла *a* в поверхностном слое в июле–августе, LgF – индекс обилия мойвы, Ic – аномалия протяженности ледового покрова в Арктике, NAOw – зимний индекс Северо-Атлантического колебания, AB – аномалия летней биомассы зоопланктона, min B – минимальная биомасса, max B – максимальная биомасса, mean B – средняя биомасса

Применение метода главных компонент к массиву данных со сдвигом на один год показало, что вариация биомассы хорошо объясняется двумя факторами, имеющими вклады равные 40.4 % (собственное значение 3.23) и 30.8 % (собственное значение 2.46) (рис. 5). Первый фактор был тесно ассоциирован с концентрацией хлорофилла *a* (–0.94) и аномалией температуры (–0.93), второй – с аномалией ледового покрова (–0.89) (табл. 2). Регрессионный анализ показал, что аномалия биомассы, а также средняя и максимальная величины биомассы зоопланктона были прямо связаны с максимальной и средней температурой воды предшествующего года. Во всех случаях значение коэффициента детерминации превышало 30 %. С уменьшением аномалии ледового покрова и содержания хлорофилла *a* в воде отмечалось повышение количества зоопланктона.

Т а б л и ц а 2

Факторные нагрузки осей, полученные методом главных компонент при анализе зависимости биомассы зоопланктона и климатических факторов на разрезе “Кольский меридиан” летом 2003–2010 гг.

Показатель	Текущий год			Предыдущий год	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 1	Фактор 2
Средняя температура воды в слое облова	0.87	0.25	0.18	-0.65	0.40
Средняя соленость воды в слое облова	0.12	-0.74	0.05	-0.46	-0.52
Аномалия температуры воды в слое 0–200 м	0.93	0.00	-0.15	-0.93	0.26
Аномалия солености воды в слое 0–200 м	0.05	-0.50	0.76	-0.78	0.36
Средняя концентрация хлорофилла <i>a</i> в поверхностном слое в июле–августе	0.91	-0.32	0.08	-0.94	-0.01
Индекс обилия мойвы	-0.05	0.78	0.37	0.38	0.61
Аномалия протяженности ледового покрова в Арктике	0.01	-0.47	-0.75	-0.06	-0.89
Зимний индекс NAO	0.33	0.70	-0.34	0.30	0.82
Аномалия летней биомассы зоопланктона	-0.31	0.61	0.81	-0.85	1.33
Минимальная биомасса	-0.25	-0.41	0.82	2.61	-3.66
Максимальная биомасса	-0.32	0.60	0.67	-1.61	2.01
Средняя биомасса	-0.27	0.26	0.81	0.09	-0.11

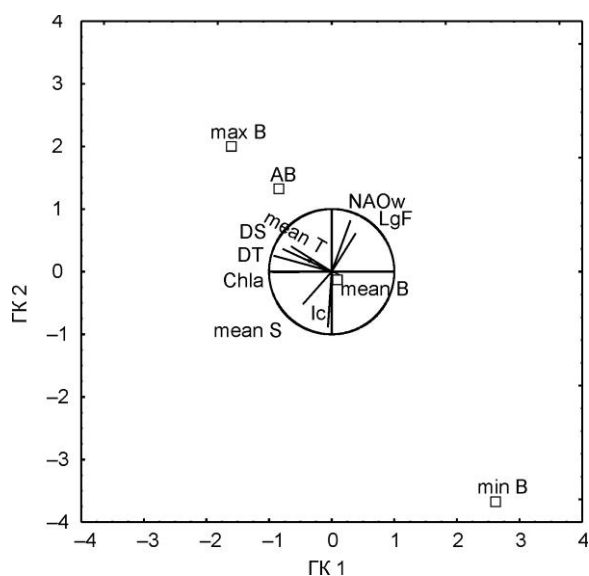


Рис. 5. Результаты анализа главных компонент (ГК), показывающих связи биологических параметров зоопланктона предыдущего года с внешними факторами на разрезе “Кольский меридиан” в 2003–2010 гг. Обозначения см. рис. 4

Значимость внешних факторов в детерминации межгодовых вариаций зоопланктона на разрезе “Кольский меридиан” ранжируется следующим образом (текущий год/предыдущий год): аномалия температуры воды в слое 0–200 м (10.9/10.7 %), концентрация хлорофилла *a* (10.3/11.1%), средняя температура воды в слое облова (9.4/5.2 %), индекс обилия мойвы (7.6/5.6 %), аномалия солености (7.3/7.7 %), аномалия ледового покрова (7.0/9.8 %), средняя соленость (6.9/3.4 %), зимний индекс НАО (6.1/8.3 %).

В целом аналогичная картина имела место для ключевого вида – *Calanus finmarchicus*. Его биомасса слабо коррелировала с климатическими условиями текущего года, за исключением аномалии солености. В то же время количество *C. finmarchicus* находилось в тесной прямой зависимости с температурными характеристиками предыдущего года (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Коэффициенты корреляции, показывающие связь между внешними факторами и биомассой *Calanus finmarchicus* на разрезе “Кольский меридиан” летом 2003–2010 гг.

Показатель	Текущий год			Предыдущий год		
	$V_{\text{мин}}$	$V_{\text{макс}}$	$V_{\text{ср}}$	$V_{\text{мин}}$	$V_{\text{макс}}$	$V_{\text{ср}}$
Минимальная температура в слое облова	0.08	–0.26	–0.04	0.60	0.45	0.67
Максимальная температура в слое облова	0.03	0.35	0.27	0.71	0.62	0.77
Средняя температура в слое облова	0.06	–0.11	0.06	0.75	0.65	0.84
Минимальная соленость в слое облова	0.29	–0.22	–0.04	0.24	0.28	0.24
Максимальная соленость в слое облова	0.11	–0.15	–0.06	0.51	0.49	0.46
Средняя соленость в слое облова	0.28	–0.21	–0.04	0.24	0.29	0.24
Аномалия температуры воды в слое 0–200 м	0.11	–0.35	–0.10	0.40	0.14	0.36
Аномалия солености воды в слое 0–200 м	0.52	0.59	0.51	–0.02	–0.16	0.00
Зимний индекс НАО	0.23	–0.03	0.19	0.23	–0.03	0.20
Индекс обилия мойвы	0.11	0.44	0.41	0.11	0.44	0.41
Аномалия протяженности ледового покрова в Арктике	–0.78	–0.74	–0.83	–0.86	–0.84	–0.94
Средняя концентрация хлорофилла <i>a</i> в поверхностном слое в июле–августе	–0.10	–0.37	–0.26	–0.12	–0.39	–0.27

ПРИМЕЧАНИЕ. $V_{\text{мин}}$, $V_{\text{макс}}$, $V_{\text{ср}}$ – биомасса минимальная, максимальная, средняя. Полужирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0.05$).

Обсуждение. В работе проанализированы межгодовые вариации состава и биомассы зоопланктона в связи с климатическими показателями (температура, соленость, индексы глобальной атмосферной циркуляции), а также кормовыми условиями (концентрация хлорофилла *a*) и потенциальным влиянием хищников (индекс обилия мойвы) на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море. Несмотря на довольно короткий временной ряд, были получены результаты, которые позволили ближе подойти к пониманию того, какие показатели зоопланктона можно применять в качестве индикаторов климатических изменений в Баренцевом море.

Изначально именно биомассу зоопланктона мы считали показателем, наиболее адекватно отражающим климатические изменения. Ранее было установлено, что биотические индикаторы, которые могут быть использованы для оценки влияния климата и аномальности развития экосистем, можно разделить на четыре группы (Brierley, Kingsford, 2009): 1) индикаторы, связанные с составом и структурой сообществ; 2) обилие/количество видов, биомасса, численность; 3) фенология биологических событий; 4) распределение морских организмов. Некоторые индикаторы уже используются для оценки влияния климата, ряд других все еще нуждается в более детальной проработке (Brierley, Kingsford, 2009).

Первая группа в применении к планктону включает:

соотношение холодноводных и тепловодных видов в составе сообществ фито- и зоопланктона (The changing ..., 2008);

соотношение диатомовых и динофлагеллят в планктонных альгоценозах (Climatic ..., 2009);

функциональное разнообразие планктонных микроорганизмов и его изменение в пространстве и времени (оценивается при помощи секвенирования и прочих методов генетического анализа).

Ко второй группе относятся:

состояние фитопланктон, которое оценивают по концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое морской воды (данные спутниковых наблюдений, снимки, цветовые индексы);

процесс продуцирования органического вещества в пелагиали, включая смещение сроков наступления максимумов фито- и зоопланктона, изменение начала и продолжительности фаз сукцессионных циклов (The changing ..., 2008; Climatic ..., 2009);

время наступления пиков меропланктона и ихтиопланктона (How ..., 2010).

Третья группа объединяет характеристики жизненного цикла гидробионтов:

начало весеннего цветения фитопланктона и продолжительность массовой репродукции прибрежных макрофитов (Climatic ..., 2009). В частности для прибрежных районов Баренцева и Карского морей

получены обобщенные схемы сезонной сукцессии фитопланктонных и зоопланктонных сообществ (Дружков, Фомин, 1991; Планктон ..., 1997; Макаревич, Дружкова, 2010; Комплексные ..., 2011);

длительность периода размножения, сроки нереста и сезонные миграции (изменение сроков, направлений миграции) ключевых видов зоопланктона (The changing ..., 2008; Brierley, Kingsford, 2009; Climatic ..., 2009; How ..., 2010);

репродуктивные параметры: размер и возраст наступления половозрелости макропланктона, величина генеративной продукции массовых пелагических копепод, время развития и качество молоди (How ..., 2010).

Четвертая группа характеризует:

ареал распространения/область обитания характерных для данного района видов (присутствие/отсутствие) (The changing ..., 2008; Resolving ..., 2009);

годовую и сезонную связь между субпопуляциями вида при помощи пелагических личинок (Brierley, Kingsford, 2009);

появление нетипичных видов, проникновение которых происходит естественным путем с водными массами (но не с помощью человека, например, интродуценты, виды, распространяемые с балластными водами судов, и др.);

изменение/смещение центров распространения видов, расширение или сужение ареалов или границ встречаемости массовых, типичных видов моря соответственно, изменение их суммарной и удельной численности и биомассы на единицу площади моря (How ..., 2010).

Очевидно, что все перечисленные индикаторы можно применять для оценки аномальности состояния пелагических сообществ морей Северной Европы (Brierley, Kingsford, 2009; Climatic ..., 2009; Jennings, Brander, 2010). В частности, например, отклонение по времени от схемы развития микропланктона в прибрежье Баренцева моря (Планктон ..., 1997; Макаревич, Дружкова, 2010) будет свидетельствовать о гидробиологической аномалии.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что аномалии отдельных компонентов экосистем часто не совпадают по времени. Причем это несоответствие тем больше, чем выше трофический уровень и тем больше время жизни и продолжительности жизненных циклов массовых видов, слагающих тот или иной элемент экосистемы. В частности, наибольшей скоростью ответа на климатические изменения характеризуются планктонные организмы (Beaugrand, 2005). В сообществах донных животных отклик на климат регистрируется не сразу (Гидробиологические ..., 2011). Как правило, рост/снижение показателей их разнообразия и обилия сдвинут по времени по сравнению с климатическими аномалиями.

Процессы потепления в Арктическом регионе и прилегающих акваториях в последние годы тесно связаны с притоком теплых и соленых атлантических вод (Matishov et al., 2009). Величина этого притока была максимальной в 2006 г., что наглядно подтверждают высокое значение аномалий температуры воды на разрезе “Кольский меридиан” и повышенные температуры воды в верхнем 100-метровом слое в 2006 г. (рис. 2). Снижение средней температуры воды и аномалий температуры имело место, начиная с 2007 г. (Гидробиологические ..., 2011; Климат ..., 2011; Комплексные ..., 2011).

Фитопланктонные сообщества играют ключевую роль в морских пищевых сетях, выступая в качестве главного источника энергии для зоопланктона (Food ..., 2006; Ecosystem ..., 2009). Высокая температура может ускорять рост микроводорослей и, как следствие, вести к увеличению биомассы фитопланктона в море. Вероятно, более высокие концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое летом 2006 г. были связаны с повышением температуры воды. Косвенным подтверждением данного факта служит прямая зависимость количества фитопигментов и температурных условий в 2003–2010 гг. Снижение запаса фитопланктона в последующие годы также могло быть связано с понижением средней температуры воды в 2007–2010 гг. Хотя здесь следует отметить, что развитие микроводорослей во многом определяется концентрацией биогенных элементов (Макаревич, Дружкова, 2010). Однако отсутствие данных о содержании основных биогенов не позволяет судить о вкладе гидрохимического фактора в межгодовые вариации концентрации хлорофилла *a* в воде.

В ходе анализа данных 2003–2010 гг. было выявлено, что пики общей биомассы зоопланктона были тесно скоррелированы с температурными условиями, при этом более сильное влияние имели условия предшествующего года.

В ряде работ отмечено, что средняя биомасса зоопланктона в Баренцевом море в теплые годы выше, чем в умеренные и холодные (Тимофеев, 2000; Dalpadado et al., 2003). Максимальная биомасса была зарегистрирована нами в 2007 г., тогда как температура воды была наибольшей в 2006 г. Таким образом, сдвиг отклика зоопланктонного сообщества на процессы потепления на разрезе “Кольский меридиан” составляет приблизительно 1 год. В целом общая биомасса зоопланктона может быть использована как индикатор климатических изменений в водах атлантического происхождения. Примечательно, что подобная картина проявляется и для *Calanus finmarchicus* – самого массового вида южной и центральной части моря.

Для объяснения задержки ответа можно предложить следующее. В годы с интенсивным притоком атлантических вод температура воды повышается, увеличивается и содержание хлорофилла *a*. Генерации планктонных организмов текущего года развиваются в благоприятных

условиях. На следующий год они дают больше потомства, и его качество также выше. Кроме того, в теплые годы в Баренцевом море формируется две генерации *Calanus finmarchicus*, причем вторая размножается осенью (Тимофеев, 2000). Особи, формируемые этим поколением, также вносят свой вклад в суммарную биомассу зоопланктона в последующий год.

Ранее была разработана модель, предсказывающая влияние возможных будущих атмосферных изменений на физические и биологические условия Баренцева моря (Impact ..., 2008). Согласно полученному сценарию, изменения физической среды (потепление климата) вызовет снижение общей биомассы атлантических и арктических видов. Обнаруженные нами зависимости не подтверждают результаты этой модели. Это связано с тем, что указанное исследование прогнозирует постоянное потепление Баренцева моря с 2004 г. вплоть до 2020 г. (Impact ..., 2008).

Другой важный фактор, определяющий динамику и количественные характеристики зоопланктона, – это распределение пелагических рыб. Значительные скопления мойвы формируются в центральной и северной частях моря (Cod ..., 2010), где ее пищевое влияние на зоопланктон (выедание) гораздо выше, чем в южной части моря. По этой причине влияние климатических факторов на зоопланктон может маскироваться воздействием мойвы, что отчасти подтвердили результаты анализа главных компонент. Тем не менее, стоит указать на то, что вклад индекса обилия мойвы в вариации зоопланктонного сообщества был существенно ниже, чем климатических условий.

Если обратить внимание на динамику биомассы и индекса обилия мойвы, то нетрудно заметить, что ответ на увеличение концентрации зоопланктона проявляется не сразу, а с некоторой задержкой, которая в нашем случае составляет 1–2 года. Показательно, что в аномально теплый год обилие мойвы было ниже, чем в последующие более холодные годы (Анон. ..., 2011). Наши данные позволяют предполагать, что для мойвы кормовой фактор является более важным, чем температурные условия. Вместе с тем, имеются данные, что климатические условия оказывают опосредованное влияние на развитие и рост мойвы через кормовые ресурсы (зоопланктон) (Cod ..., 2010), что во многом подтверждается нашими результатами.

Важным фактором, определяющим функционирование пелагических экосистем арктических морей, является ледовый покров (Богоров, 1974). Нами выявлено, что биомасса зоопланктонного сообщества была слабо скоррелирована с аномалией ледового покрова. Возможно, это связано с тем, что летом в Баренцевом море лед формируется только на севере, а в южных районах в теплые годы он не образуется даже зимой.

Нами обнаружено четкое повышение доли бореальных видов (*Calanus finmarchicus*, *Oithona atlantica*, *Metridia lucens*, *Frithillaria borealis*) в наиболее теплые 2004–2007 гг. В то же время, как только стали регистрировать возврат климатической системы к норме, увеличилось относительное число арктических и аркто-бореальных видов (*Calanus glacialis*, *Metridia longa*, *Limacina helicina*, *Parasagitta elegans*, *Pareuchaeta* spp.). Ранее также отмечали появление в планктоне некоторых нетипичных тепловодных видов в годы с усиленным притоком атлантических вод (Жизнь ..., 1985; Тимофеев, 2000). Таким образом, соотношение биомасс бореальных и арктических видов можно использовать в качестве критерия потепления или похолодания. В первом случае биомасса тепловодных представителей будет в 6–10 раз больше, чем холодноводных, во втором – только в 2–3 раза.

Характеристики глобальной атмосферной циркуляции (индекс NAO т. д.) широко используются для исследования климатических процессов. Кроме того, их применяют для выявления отклика экосистем или их структурных блоков на изменения климата в северном полушарии (Hurrell, Deser, 2009). Наши данные показали, что биомасса зоопланктонного сообщества была слабо скоррелирована с месячными индексами NAO, тогда как средняя температура воды имела гораздо большее влияние на зоопланктон. С другой стороны, глобальная атмосферная циркуляция оказывала существенное влияние на вклад бореальных и арктических видов в общую биомассу. Полученный результат объясняется тем, что зимний индекс NAO тесно ассоциирован с величиной притока теплых атлантических вод в Баренцево море. Чем больше значение этого показателя, тем выше объем атлантических вод поступающих в Баренцево море в зимний период (Ecosystem ..., 2009). Поскольку вместе с ними происходит адвекция бореального вида *Calanus finmarchicus*, вклад атлантических видов в биомассу возрастает. Параллельно с этим в восточном направлении сдвигается граница распространения арктических представителей.

Таким образом, в 2003–2010 гг. суммарная биомасса зоопланктона и биомасса *Calanus finmarchicus* сильно варьировали на разрезе “Кольский меридиан”. Максимальные показатели зарегистрированы в 2007 г. Выявлена прямая зависимость биомассы от температурных условий (аномалия и средняя величина) предшествующего года. Временной сдвиг связан, по-видимому, с особенностями развития массовых представителей зоопланктонного сообщества. Помимо суммарной биомассы для оценки воздействия климатических факторов целесообразно применять соотношение биомасс бореальных и арктических видов.

Литература

- Беклемишев К.В.* Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука, 1969. 290 с.
- Богоров В.Г.* Планктон Мирового океана. М.: Наука, 1974. 320 с.
- Виноградов М.Е., Шушкина Э.А.* Функционирование планктонных сообществ эпипелагиали океана. М.: Наука, 1987. 240 с.
- Водопьянова В.В.* Содержание хлорофилла в фитопланктоне Баренцева моря в осенний период // Материалы XXVIII конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 100-летию со дня рождения М.М. Камшилова “Гидробиологические и экосистемные исследования морей европейского Севера” (г. Мурманск, май 2010 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2010а. С. 35–40.
- Водопьянова В.В.* Пространственное распределение фотосинтетических пигментов фитопланктона на акватории Баренцева моря в осенний период // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: Тез. докл. Междунар. науч. конф. (г. Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010б. С. 41–42.
- Гидробиологические индикаторы циклических изменений климата Западной Арктики в XX–XXI веках / Г.Г. Матишов, Д.В. Моисеев, О.С. Любина и др. // Вестн. ЮНЦ РАН. 2011. Т. 7. № 2. С. 54–68.*
- Дворецкий В.Г.* Межгодовые вариации трофической структуры и биоразнообразия зоопланктонных сообществ в южной части Баренцева моря // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 165. С. 185–195.
- Дворецкий В.Г.* Продукция кормового зоопланктона в Баренцевом море в летний период // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 168. С. 169–183.
- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г.* Распределение зоопланктона Баренцева моря в августе 2006 г. // Океанология. 2010а. Т. 50. № 6. С. 964–972.
- Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г.* Распределение биомассы зоопланктона в Баренцевом море в 2007 г. // Изв. ТИНРО. 2010б. Т. 161. С. 162–171.
- Дегтерева А.А.* Закономерности количественного развития зоопланктона в Баренцевом море // Тр. ПИНРО. 1979. Т. 43. С. 22–53.
- Добровольский А.Д., Залогин Б.С.* Моря СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 190 с.
- Дружков Н.В., Фомин О.К.* Сезонная сукцессия зоопланктона в прибрежной зоне Восточного Мурмана // Продукционно-деструкционные процессы пелагиали побережья Баренцева моря. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1991. С. 62–72.
- Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря /* Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1985. 218 с.
- Зенкевич Л.А.* Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.
- Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО.* Мурманск: Изд. ПИНРО, 2001. 291 с.
- Климат морей Западной Арктики в начале XXI века / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, А.П. Жичкин, Д.В. Моисеев // Изв. РАН. Сер. географ. 2011. № 3. С. 17–32 .*
- Комплексные исследования больших морских экосистем России /* Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 516 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.

Матишов Г.Г. Изменчивость климатического и ледового режимов и их влияние на судоходство в арктических и южных морях // Вестн. РАН. 2008. Т. 78. № 10. С. 896–902.

Матишов Г.Г., Голубев В.А., Жичкин А.П. Температурные аномалии вод Баренцева моря в летний период 2001–2005 гг. // Докл. РАН. 2007. Т. 412. № 1. С. 112–114.

Нестерова В.Н. Биомасса планктона на путях дрейфа личинок трески (справочный материал). Мурманск: Изд. ПИНРО, 1990. 64 с.

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

Тимофеев С.Ф. Экология морского зоопланктона. Мурманск: Изд-во МГПИ, 2000. 216 с.

Анон. Survey report from the joint Norwegian-Russian ecosystem survey in the Barents Sea August–October 2011. IMR/PINRO Joint Report Series. 2011. № 3. 118 p.

Beaugrand G. Monitoring pelagic ecosystems using plankton indicators // ICES J. Mar. Sci. 2005. Vol. 62. P. 333–338.

Bio-optical characteristics of the Barents, White, Black, and Caspian Seas from data of satellite ocean color scanners / O.V. Kopelevich, V.I. Burenkov, S.V. Sheberstov et al. 2011 (Режим доступа: www.optics.ocean.ru).

Brierley A.S., Kingsford M.J. Impacts of climate change on marine organisms and ecosystems // Current Biol. 2009. Vol. 19 (Spec. Iss.). P. 602–614.

Climatic variation alters supply-side ecology: impact of climate patterns on phytoplankton and mussel recruitment / B.A. Menge, F. Chan, K.J. Nielsen et al. // Ecol. Monogr. 2009. Vol. 79. P. 379–395.

Cod, haddock, saithe, herring, and capelin in the Barents Sea and adjacent waters: a review of the biological value of the area / E. Olsen, S. Aanes, S. Mehl et al. // ICES J. Mar. Sci. 2010. Vol. 67. P. 87–101.

Cushing D.H., Dickson R.R. The biological response in the sea to climatic changes // Adv. Mar. Biol. 1976. Vol. 14. P. 1–122.

Dalpadado P., Ingvaldsen R., Hassel A. Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea // Polar Biol. 2003. Vol. 26. P. 233–241.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton distribution near Novaya Zemlya (eastern Barents Sea) // Polar Biol. 2009a. Vol. 32. P. 719–731.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Life cycle of *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) in Kola Bay (Barents Sea) // Mar. Biol. 2009b. Vol. 156. P. 1433–1446.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (south-eastern Barents Sea) // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2009c. Vol. 84. P. 11–20.

Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G. Checklist of fauna found in zooplankton samples from the Barents Sea // Polar Biol. 2010. Vol. 33. P. 991–1005.

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

Ecosystem Barents Sea / E. Sakshaug, G. Johnsen, K. Kovacs (Eds.). Trondheim: Tapir Academic Press, 2009. 587 p.

Food webs and carbon flux in the Barents Sea / P. Wassmann, M. Reigstad, T. Haug et al. // *Prog. Oceanogr.* 2006. Vol. 71. P. 232–287.

How does fishing alter marine populations and ecosystems sensitivity to climate? / B. Planque, J.M. Fromentin, Ph. Cury et al. // *J. Mar. Syst.* 2010. Vol. 79. P. 403–417.

Hurrell J.W., Deser C. North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation // *J. Mar. Syst.* 2009. Vol. 78. P. 28–41.

ICES Zooplankton Status Report 2006/2007 / T.D. O'Brien, A. Lopez-Urrutia, P.H. Wiebe, S. Hay (Eds.) // *ICES Cooperative Research Report.* 2008. № 292. 168 p.

Impact of climatic change on the biological production in the Barents Sea / I.H. Ellingsen, P. Dalpadado, D. Slagstad, H. Loeng // *Clim. Change.* 2008. Vol. 87. P. 155–175.

Jennings S., Brander K. Predicting the effects of climate change on marine communities and the consequences for fisheries // *J. Mar. Syst.* 2010. Vol. 79. P. 418–426.

Matishov G.G., Matishov D.G., Moiseev D.V. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along glacial troughs // *Oceanologia.* 2009. Vol. 51. P. 321–340.

Resolving the effect of climate change on fish populations / A.D. Rijnsdorp, M.A. Peck, G.H. Engelhard et al. // *ICES J. Mar. Sci.* 2009. Vol. 66. P. 1570–1583.

Sea Ice Index / F. Fetterer, K. Knowles, W. Meier, M. Savoie. Boulder, Colorado: National Snow and Ice Data Center. Digital media, 2012.

The changing climate of the Arctic / D.G. Barber, J.V. Lukovich, J. Keogak et al. // *Arctic.* 2008. Vol. 61 (Suppl. 1). P. 7–26.

УДК 628.394.17:665.5 (268.45)

А.Ю. Жилин, А.М. Бондарь, Д.М. Драганов

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

АЛИФАТИЧЕСКИЕ И ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Представлены результаты определения содержания алифатических и полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях Баренцева моря на стандартном разрезе “Кольский меридиан”; обсуждается их состав, особенности распределения и источники поступления в морскую среду.

A.Yu. Zhilin, A.M. Bondar, D.M. Draganov

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

ALIPHATIC AND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE SEDIMENTS AT THE TRANSECT “KOLA SECTION” IN THE BARENTS SEA

Abstract

The results of the determination of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments at the transect “Kola Section” in the Barents Sea are presented; discussed composition, specifics of distribution and sources their receipt in the marine environment.

Введение. ПИНРО регулярно проводит мониторинг состояния водных биологических ресурсов и среды их обитания в Баренцевом море по химическим показателям. Его программа предусматривает, в том числе, выполнение наблюдений за уровнем содержания алифатических углеводородов (н-парафинов) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде, донных отложениях и промысловых видах гидробионтов. Высокие уровни содержания ПАУ и высокомолекулярных алканов в объектах морской среды, зачастую являются показателем нефтяного загрязнения (Hites, 1976). Мониторинг ПАУ в морской окружающей среде обусловлен их канцерогенным и мутагенным воздействием (Ровинский и др., 1988). В последнее время исследования углеводородного загрязнения отдельных объектов морской среды и биоты Баренцева моря особенно актуальны в связи с началом разработки месторождений углеводородного сырья на Арктическом шельфе.

Материал и методы. В работе использованы экспедиционные материалы, собранные сотрудниками ПИНРО в Баренцевом море в рейсе № 99 НИС М-0662 “Фритъоф Нансен” с 20 февраля по 2 марта 2015 г. на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” (рис. 1). Уровни загрязнения углеводородами донных отложений Баренцева моря определялись в лаборатории прикладной экологии и токсикологии ПИНРО, аккредитованной на техническую компетентность и независимость (аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.518450) в соответствии с методическими руководствами (ГОСТ 17.1.5.01-80 ..., 1980; РД 52.24.505-98 ..., 1998; М-МВИ-202-07 ..., 2007). В составе н-парафинов определялись соединения C₈–C₃₁, а в составе ПАУ 16 индивидуальных соединений из списка Агентства по защите окружающей среды США (US EPA), а также 2-метилнафталин, 1-метилнафталин и перилен. Всего проанализировано 8 проб донных отложений (поверхностный слой).

Результаты и обсуждение. Содержание н-парафинов и ΣПАУ в донных отложениях Баренцева моря представлены на рисунках 2–3.

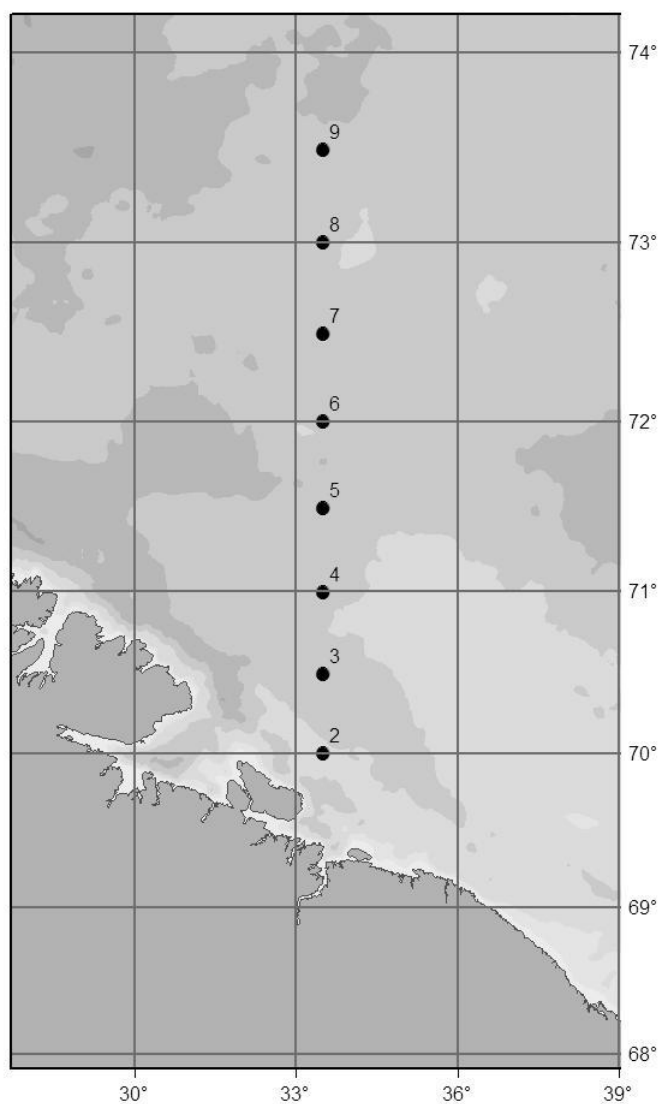


Рис. 1. Станции отбора проб донных отложений Баренцева моря на стандартном разрезе “Кольский меридиан”

Алканы в верхнем слое донных отложений были представлены широким спектром углеводородов от C_8 до C_{31} . Их содержание не превышало 2.2 мкг/г сухой массы. Из изопреноидов были идентифицированы пристан (iC_{19}) и фитан (iC_{20}). Отношение содержания насыщенных алканов с нечетным и четным числом атомов углерода в цепи (CPI), а также низкокипящих (низкомолекулярных) и высококипящих (высокомолекулярных) алканов (nC_8 – nC_{22} : nC_{23} – nC_{31}) можно использовать как индикатор степени превращения углеводородов, их природы и условий нахождения в донных отложениях.

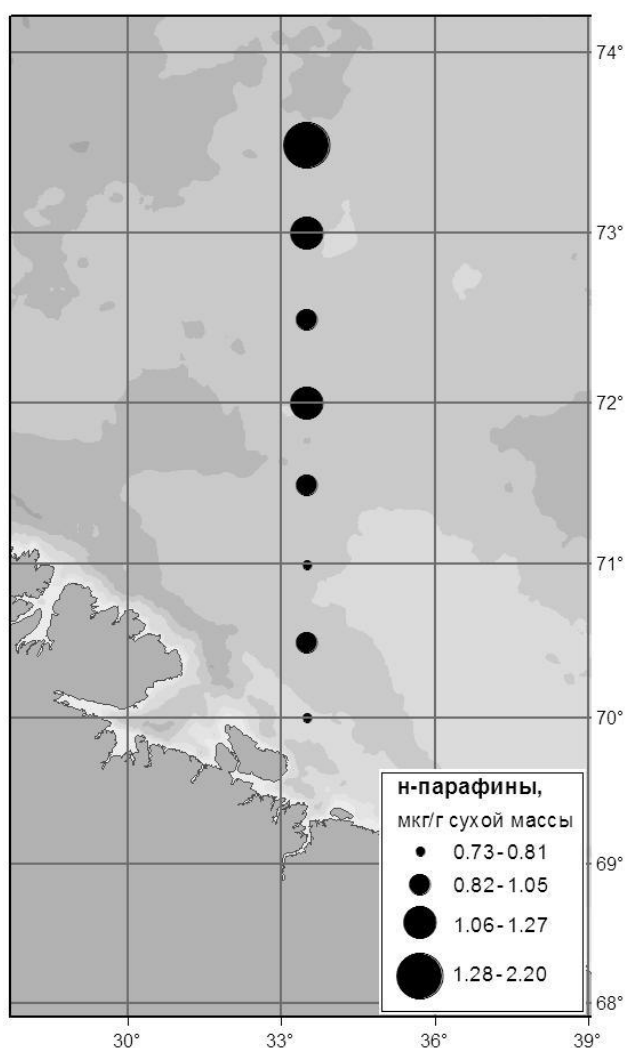


Рис. 2. Содержание н-парафинов в донных отложениях Баренцева моря на станциях разреза “Кольский меридиан”

Относительно низкие значения коэффициента пристан:фитан (< 1.0) характерны для углеводородов нефтяного, а не биогенного (свыше 1.5) происхождения. О том, что в составе алифатических соединений донных отложений преобладают углеводороды нефтяного происхождения, свидетельствуют динамика значений углеродного коэффициента $СР1 < 1$ (0.6–0.9), а также доминирование низкокипящих алканов (1.8–2.8) в донных отложениях на исследованных станциях. Одним из критериев определения нефтяных углеводородов в исследованных пробах является также наличие на хроматограммах экстрактов углеводородов, выделенных из донных отложений, “горба” неразделенных газовой хроматографией соединений, которые представлены в основном циклоалканами и нафтено-ароматическими углеводородами (Пересыпкин, Александров, 1996).

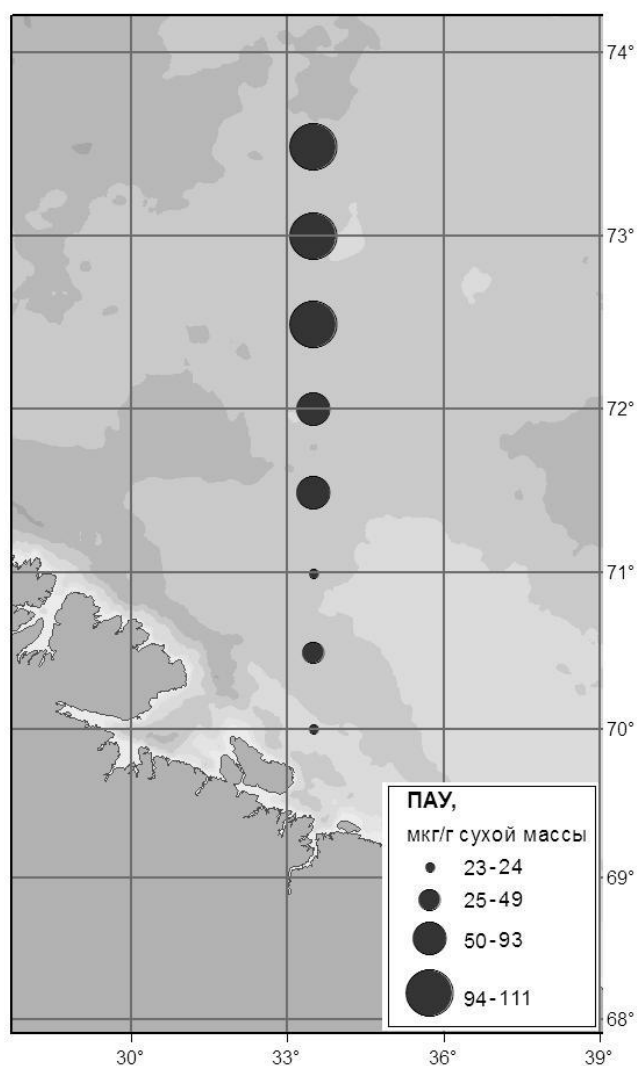


Рис. 3. Содержание Σ ПАУ в донных отложениях Баренцева моря на станциях разреза “Кольский меридиан”

Отношение же содержания пристана к содержанию фитана было более 1 (1.0–3.0), что указывало на присутствие в исследованных донных отложениях также алифатических углеводородов биогенного происхождения. Нормативы содержания н-парафинов в донных отложениях отсутствуют, но по литературным данным природный биогенный уровень алифатических углеводородов в морских донных отложениях обычно не превышает 50 мкг/г сухой массы (Немировская, 2004). Содержание н-парафинов в исследованных донных отложениях Баренцева моря было значительно ниже техногенного фонового уровня, характерного для верхнего слоя донных отложений Западно-Арктического шельфа – 340 мкг/г сухой массы (Гуревич, 2002).

Суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов (Σ ПАУ) в верхнем слое донных отложений Баренцева моря на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” не превышало 111 нг/г, при среднем значении 75.2 нг/г сухой массы.

Некоторые незамещенные ПАУ и особенно их метаболиты проявляют ярко выраженные канцерогенные свойства (Conney, 1982). Суммарное содержание канцерогенных ПАУ (Σ КПАУ) (бенз(а)антрацен [BaA], бенз(б)флуорантен [BbF], бенз(к)флуорантен [BkF], бенз(а)пирен [BaP], индено(1,2,3-сд)пирен [Ipy] и дибенз(а,н)антрацен [DBA]) изменялось от 5.64 (ст. 2) до 31.4 нг/г сухой массы (ст. 8) и составляло 24–56 % от Σ ПАУ. Абсолютное значение Σ КПАУ было наиболее высоким в отложениях на ст. 8, относительное – на ст. 3.

Среди всех известных потенциально канцерогенных ПАУ бенз(а)пирен является единственным соединением, для которого установленные токсикологические характеристики позволяют судить об истинном уровне канцерогенной активности (Жилин, Киреева, 2006).

Суммарная токсичность по бенз(а)пирену $\text{Sum}(\text{BaP}_{\text{eq}})$ для исследованных образцов донных отложений Баренцева моря на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” варьировала от 2.60 (ст. 2) до 13.8 нг/г сухой массы (ст. 9) (рис. 4).

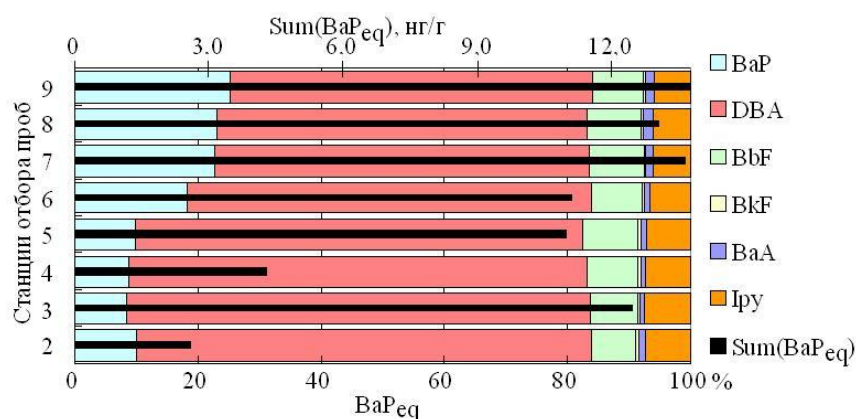


Рис. 4. Суммарная токсичность по бенз(а)пирену $\text{Sum}(\text{BaP}_{\text{eq}})$ и токсичность канцерогенных ПАУ в эквиваленте бенз(а)пирена BaP_{eq} в донных отложениях Баренцева моря на станциях разреза “Кольский меридиан”

Средние значения относительного содержания BaP_{eq} канцерогенных ПАУ в суммарной токсичности уменьшаются в ряду: DBA (65.9 %), BaP (17.6 %), BbF (8.4 %), Ipy (6.59 %), BaA (1.21 %) и BkF (0.36 %).

Сходства и различия между составом компонентов ПАУ могут использоваться для идентификации источников их поступления в окружающую среду (Жилин, Плотицына, 2009). В донных отложениях исследованной акватории на большинстве станций из индивидуальных ПАУ преобладали нафталин и его метилированные производные,

а также фенантрен, бенз(b)флуорантен, перилен и бенз(g,h,i)перилен, в сумме составляющие от 46 до 67 % от ΣПАУ. Отношение между содержанием фенантрена и антрацена (Phe:Ant) для исследованных донных отложений Баренцева моря варьировало от 4.7 до 30, т. е. содержание фенантрена значительно превышало содержание антрацена, что подтверждает наличие ПАУ нефтяного происхождения. Их антропогенный характер на исследованных участках представляется маловероятным. Это подтверждается величиной отношения между содержанием хризена и бенз(a)антрацена (Chrγ:BaA). Все станции отбора проб характеризуются величиной отношения Chrγ:BaA более 1 (1.9–3.2), что свидетельствует о естественном характере источника поступления ПАУ в донные отложения. В то же время в пробах отложений на станциях 3 и 4 наблюдается существенное преобладание высокомолекулярных аренов над низкомолекулярными соединениями, что указывает на значительное присутствие в них ПАУ, образовавшихся в результате пирогенных процессов.

Полученные количественные результаты свидетельствуют о незначительном уровне содержания ПАУ в донных отложениях Баренцева моря на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан”. В России отсутствуют нормативы содержания загрязняющих веществ в морских донных отложениях. В соответствии с классификацией уровней загрязнения морских донных отложений, принятой Норвежской государственной инспекцией по контролю загрязнения окружающей среды (SFT), содержание ΣПАУ и бенз(a)пирена в донных отложениях Баренцева моря на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан”, не превышало фоновых уровней – < 300 и < 10 нг/г сухой массы соответственно (Klassifisering ..., 1997).

Заключение. Содержание ПАУ в верхнем слое донных отложений Баренцева моря на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” соответствует фоновому уровню. Антропогенные факторы локального характера не являются определяющими в формировании ПАУ донных отложений этой части Баренцева моря. Полициклические ароматические углеводороды в верхнем слое донных отложений Баренцева моря на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” имеют, в основном, петрогенное происхождение.

Литература

ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. М.: Изд-во стандартов, 1980. 9 с.

Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. М.: Научный мир, 2002. 135 с.

Жилин А.Ю., Киреева Л.И. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) в воде и донных отложениях прибрежной зоны Баренцева моря // Рациональное использование прибрежной зоны северных морей: VIII–IX Междунар. семинар. СПб.: Изд. РГГМУ, 2006. С. 221–250.

Жилин А.Ю., Плотыцына Н.Ф. Состав, источники и токсикологический потенциал ПАУ в донных отложениях Кольского залива Баренцева моря // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 156. С. 247–253.

М-МВИ-202-07. Методика выполнения измерений массовой доли полиядерных ароматических углеводородов (ПАУ) в пробах почвы, донных отложений и твердых отходов методом хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением. ООО “Мониторинг”, УНЦКП “Высокие технологии энергетических материалов”. Св-во № 242/118-07 от 09.11.2007.

Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-вода-лед-взвесь-донные отложения). М.: Научный мир, 2004. 328 с.

Пересыпкин В.И., Александров А.В. Поступление и особенности распределения алкано-нафтеновых углеводородов в донных отложениях Кандалакшского залива Белого моря // Океанология. 1996. Т. 36, № 5. С. 727–734.

РД 52.24.505-98. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтяных компонентов в донных отложениях с идентификацией их состава и происхождения (утв. Росгидрометом 08.06.1998). Ростов н/Д., 1998.

Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 275 с.

Conney A.H. Induction of microsomal enzymes by foreign chemicals and carcinogenesis by polycyclic aromatic hydrocarbons // Cancer. Res. 1982. Vol. 42. P. 4875–4917.

Hites R.A. Sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment // In sources, effects and sinks of hydrocarbons in the aquatic environment. Washington, D.C.: Arlington, 1976. P. 325–332.

Klassifisering av miljøkvalität i fjorder og kystfarvann. Veiledning / J. Molvær, J. Knutzen, J. Magnusson et al. // SFT Veiledning. 1997. Vol. 97(03). 36 p. (In Norwegian).

УДК 628.394.17:665.6 (268.45)

Н.Ф. Плотыцына

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия

ПЕРСИСТЕНТНЫЕ ХЛОРИРОВАННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА СТАНДАРТНОМ РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Аннотация

Исследован уровень загрязнения хлорорганическими пестицидами и полихлорбифенилами донных отложений Баренцева моря на стандартном разрезе “Кольский меридиан”. Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения персистентными хлорированными углеводородами донных отложений на восьми станциях разреза, соответствующий их содержанию в донных отложениях из других районов Баренцева моря.

N.F. Plotitsyna

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia

PERSISTENT CHLORINATED HYDROCARBONS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA ON THE STANDARD TRANSECT "KOLA SECTION"

Abstract

Investigated the level of contamination of organochlorine pesticides and polychlorobiphenils in bottom sediments of the Barents Sea on standard transect "Kola Section". The received results confirm low level of contamination of persistent chlorinated hydrocarbons in samples of bottom sediments at eight stations of standard transect "Kola Section" corresponding to the contents in bottom sediments from other areas of the Barents Sea.

Введение. Среди загрязняющих веществ, попадающих в моря и океаны в результате хозяйственной деятельности человека, наибольшее внимание уделяется хлорированным углеводородам. Эти стойкие химические соединения относятся к группе неприродных компонентов окружающей среды (ксенобиотиков) и представляют наибольшую опасность для биосферы. Хлорированные углеводороды включают в себя хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорбифенилы (ПХБ) – соединения, сходные с хлорорганическими пестицидами по своим физико-химическим свойствам. Многолетнее бесконтрольное использование этих стойких химических соединений привело к их повсеместному распространению и накоплению как в биотических, так и абиотических компонентах наземных и морских экосистем (Израэль, Цыбань, 2009). В связи с этим с 1979 по 1982 гг. во многих европейских странах, США и Японии был введен запрет на производство ХОП и ПХБ, но тенденция к расширению использования ХОП и ПХБ во многих развивающихся странах определяет условия, при которых проблема глобального распространения этих соединений в окружающей природной среде не теряет актуальности и в настоящее время (Мониторинг ..., 1986). Остаточные количества хлорированных углеводородов поступают в Баренцево море главным образом с атлантическими водами и в результате крупномасштабного атмосферного переноса.

Донные отложения являются важной составляющей водных экосистем, где аккумулируется большая часть органических и неорганических веществ, в том числе наиболее опасных и токсичных. При определенных условиях, приводящих к изменению гидродинамической обстановки, состава и свойств воды и других факторов, они могут стать источником вторичного загрязнения водных масс. Информация о состоянии водных объектов, анализируемая без учета сведений о загрязненности донных отложений, может привести к ошибочным выводам (РД 52.24.609-99 ..., 1999).

Материал и методы. Выполнены определения стойких хлорорганических соединений (ХОС) в пробах донных отложений, собранных в феврале 2015 г. на стандартном (вековом) разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море (рис. 1).

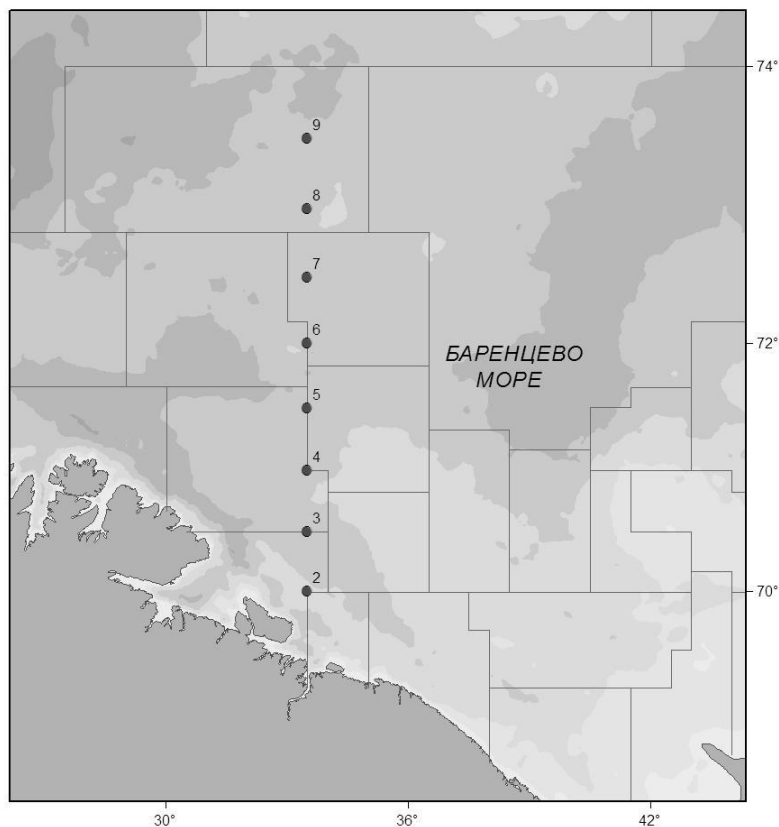


Рис. 1. Станции отбора проб донных отложений на разрезе “Кольский меридиан” в Баренцевом море

Отбор, подготовка и химический анализ проб донных отложений на восьми станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” выполнены в соответствии с нормативными документами и методическими руководствами (РД 52.10.556-95 ..., 1995; Методика ..., 1997; 2008; ГОСТ 17.1.5.01-80 ..., 2002; ГОСТ 31861-2012 ..., 2013).

ХОП – α -, β -, γ - изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ), гексахлорбензол (ГХБ), группа хлордана (*цис*-, *транс*-хлордан, *цис*-, *транс*-нонахлор, оксихлордан), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), его метаболиты ДДД и ДДЕ, а также ПХБ (конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC: 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180) определялись методом газовой хромато-масс-спектрометрии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus фирмы “Shimadzu”

(Япония) с капиллярной кварцевой колонкой HP-5 MS длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (селективный мониторинг ионов). Количественное определение выполнялось с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических ХОП и ПХБ фирмы “Sigma-Aldrich” (США). Для автоматической обработки результатов анализа использовалась программа GCMSsolution 2.5 фирмы “Shimadzu” (Япония).

Лаборатория прикладной экологии и токсикологии ПИНРО аккредитована в системе аккредитации аналитических лабораторий на техническую компетентность и независимость (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.518450). Для внутреннего контроля качества аналитических работ использовались сертифицированные стандартные образцы: SRM1941b (Organics in Marine Sediment)/NIST (США); SRM1944 (New-York/New Jersey Waterway Sediment)/NIST (США). Межлабораторные сравнительные испытания проводились с Норвежским институтом исследований природы (NINA), НИИ Акваплан-нива (Akvaplan-niva), Норвежским институтом исследований воздуха (NILU), а также с Всероссийским НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ), Санкт-Петербургским научно-исследовательским центром экологической безопасности РАН, ГУ НПО “Тайфун” Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (г. Обнинск).

В России отсутствуют нормативы содержания загрязняющих веществ в морских донных отложениях, поэтому для оценки степени их загрязненности было использовано норвежское руководство по классификации качества окружающей среды в фьордах и прибрежных водах (Veileder ..., 2007). Кроме норвежского руководства использовались также значения содержания ХОС в морских донных отложениях по литературным и собственным данным (Мониторинг ..., 1986, 1987; Израэль, Цыбань, 2009; Жилин, Плотицына, 2014, 2015).

Конечным этапом распределения хлорированных углеводородов в морской среде являются процессы седиментации, поэтому их содержание в донных отложениях наиболее достоверно отражает общий уровень загрязнения экосистемы.

Результаты и обсуждение. Гексахлорциклогексан представляет собой смесь 8 изомеров, но в Советском Союзе использовалась обогащенная смесь ГХЦГ, которая на 90 % состояла из γ -ГХЦГ (линдана). Известно, что линдан разлагается микроорганизмами и под воздействием внешних факторов, в основном солнечной радиации, превращается в α -ГХЦГ, который наиболее стабилен в окружающей среде. Поэтому, несмотря на большую токсичность, γ -ГХЦГ оказывает менее сильное отрицательное воздействие на окружающую среду, чем α - и β -изомеры ГХЦГ, которые обладают канцерогенными свойствами и относятся к экологически опасным соединениям (Кольский ..., 1997).

Суммарное содержание изомеров α -, β -, γ -ГХЦГ в исследованных донных отложениях варьировало в широком диапазоне – от 0.66 до 3.05 нг/г сухой массы при среднем значении 1.45 ± 0.83 нг/г сухой массы. Наименьшее содержание характерно для илистого песка – 0.66 нг/г сухой массы (ст. 2). В песчанистом и глинистом илах (станции 6, 7, 8, 9) содержание Σ ГХЦГ было выше и варьировало от 1.16 до 3.05 нг/г сухой массы. Эти величины отражают условия накопления загрязняющих веществ в донных отложениях различного генетического типа. Увеличение относительного содержания α -ГХЦГ по сравнению с другими изомерами ГХЦГ свидетельствовало о его давнем поступлении в окружающую среду (Benezet, Matsumara, 1973). В донных отложениях на восьми станциях (2–9) разреза “Кольский меридиан” отношение содержания α -ГХЦГ: γ -ГХЦГ > 1 подтверждало их давнее загрязнение этим пестицидом. Суммарное содержание ГХЦГ в донных отложениях на станциях разреза возрастало по направлению от прибрежной зоны в открытое море, что указывало на поступление этого пестицида в Баренцево море не только с водами Северо-Атлантического течения, но и с атмосферными осадками в результате дальнего атмосферного переноса (рис. 2).

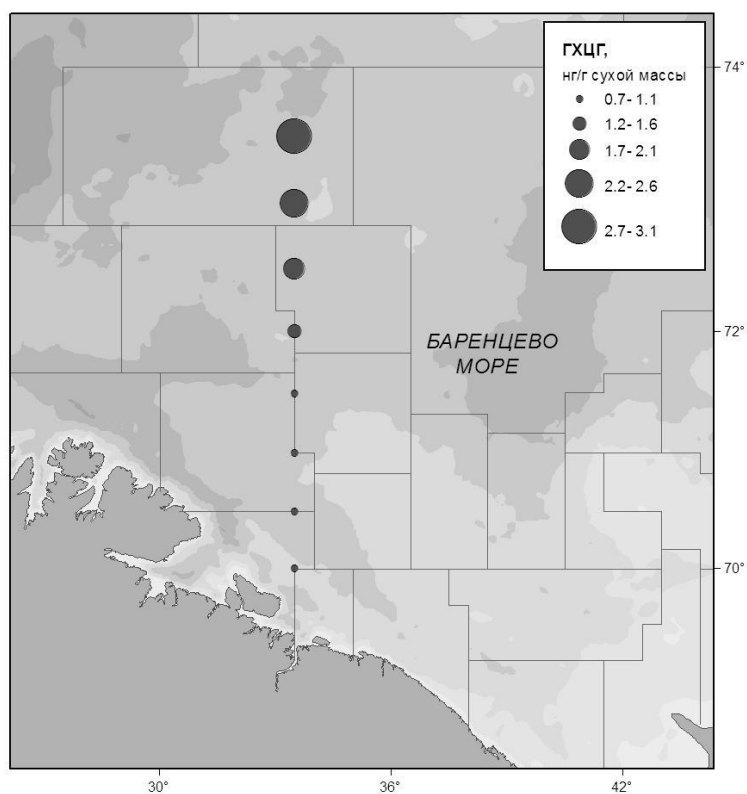


Рис. 2. Суммарное содержание изомеров ГХЦГ в донных отложениях на станциях разреза “Кольский меридиан”

По нашим данным среднее содержание ГХЦГ в донных отложениях открытых районов Баренцева моря составляло 2.75 нг/г сухой массы при интервале колебаний от 0.41 до 9.92 нг/г сухой массы (Жилин, Плотицына, 2015). Следовательно, суммарное содержание изомеров ГХЦГ в донных отложениях на станциях разреза “Кольский меридиан” хорошо укладывается в указанный интервал колебаний. В соответствии с классификацией Норвежского государственного агентства по охране окружающей среды (SFT), величины содержания изомера γ -ГХЦГ (линдана) в исследованных донных осадках соответствовали критерию “незначительное загрязнение” (< 1.1 нг/г сухой массы) (Veileder ..., 2007).

В донных отложениях на станциях 2–9, представленных илистым песком, песчанистым и глинистым илами, остаточное количество ГХБ изменялось очень незначительно – от 0.05 до 0.11 нг/г сухой массы. По норвежской классификации оно было значительно ниже фонового уровня (0.5 нг/г сухой массы) (Veileder ..., 2007).

В донных отложениях на разрезе “Кольский меридиан” содержание отдельных изомеров хлордана было ниже предела обнаружения применяемого метода анализа. В предыдущие годы в донных отложениях открытой части Баренцева моря из изомеров хлордана обнаруживался только *trans*-хлордан. Его содержание изменялось от аналитического нуля до 0.70 нг/г сухой массы, т. е. было очень незначительно. В прошлом соединения группы хлордана широко использовались как средство для борьбы с различными грызунами, в препаратах для протравки семян и зерна (Мельников, 1974). В настоящее время его остаточные количества поступают в Баренцево море преимущественно с водами Северо-Атлантического течения (Жилин, Плотицына, 2014, 2015).

Суммарное содержание ДДТ и его метаболитов ДДД и ДДЕ в верхнем слое донных отложений на станциях разреза варьировало от 0.97 до 2.19 нг/г сухой массы при среднем значении 1.39 ± 0.37 нг/г сухой массы (рис. 3).

Наименьшее содержание характерно для илистого песка – 0.97 нг/г сухой массы (ст. 2). В песчанистом и глинистом илах (станции 6, 7, 8, 9) содержание Σ ДДТ было выше и варьировало от 1.19 до 2.19 нг/г сухой массы. Эти величины отражают условия накопления загрязняющих веществ в донных отложениях различного генетического типа. Согласно литературным данным, в биотических и абиотических компонентах морских арктических экосистем величина отношения содержания суммы изомеров ДДТ к сумме изомеров ДДД и ДДЕ меньше 1 [$\text{ДДТ} : (\text{ДДД} + \text{ДДЕ}) < 1$] указывает на давнее поступление пестицида ДДТ в окружающую среду (Distribution ..., 1993; Chernyak et al., 1995).

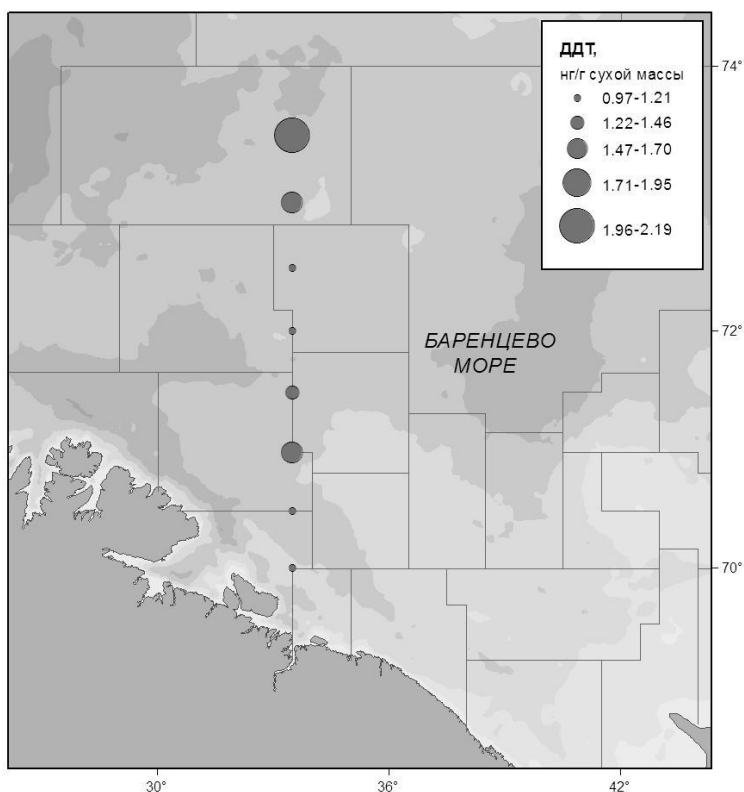


Рис. 3. Суммарное содержание метаболитов ДДТ в донных отложениях на станциях разреза “Кольский меридиан”

Суммарное содержание изомеров ДДЕ и ДДД в донных отложениях превышало содержание изомеров ДДТ [$\text{ДДТ}:(\text{ДДД}+\text{ДДЕ}) = 0.45\text{--}0.73$] практически на всех исследованных станциях разреза и свидетельствовало о длительном процессе трансформации пестицида ДДТ в более стойкие метаболиты, т. е. о “старом” загрязнении. По норвежской классификации суммарное содержание шести метаболитов ДДТ в исследованных донных отложениях соответствовало критерию “незначительное загрязнение” (Veileder ..., 2007). Суммарное содержание ДДТ в донных отложениях на станциях разреза возрастало по направлению от прибрежной зоны в открытое море, что указывало на поступление этого пестицида в Баренцево море не только с водами Северо-Атлантического течения, но и с атмосферными осадками в результате дальнего атмосферного переноса (рис. 3).

В СССР, а в последствии и России, ПХБ в массовом количестве производили с 1934 до конца 1995 гг. и в основном применяли в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах под названиями “Совол” и “Совтол”. Кроме того, наша промышленность выпускала продукт под названием “Трихлордифенил”. Он предназначался

для арктических широт и состоял на 85 % из Совола. По физико-химическим свойствам Совол наиболее близок к Aroclor1254 (Майстренко, Клюев, 2009). Следовательно, главным источником поступления в окружающую среду таких стойких органических загрязнителей как ПХБ являются промышленные выбросы: утечки из трансформаторов, конденсаторов, гидравлических систем и теплообменников. Локальное значение имеет прямой сброс с кораблей гидравлических жидкостей и смазок (Стойкие ..., 2002). Это наиболее актуально для Баренцева моря, где постоянно промышляют рыболовные суда и проводят учения корабли ВМФ.

По расчетным данным на донные отложения приходится около 90 % общего содержания ПХБ в морской среде, вследствие чего донные отложения наиболее достоверно отражают состояние загрязнения морских экосистем (Орлова, 1992). Суммарное содержание конгенов ПХБ в донных отложениях на станциях разреза варьировало от 0.70 до 1.03 нг/г сухой массы при среднем значении 0.87 ± 0.10 нг/г сухой массы (рис. 4).

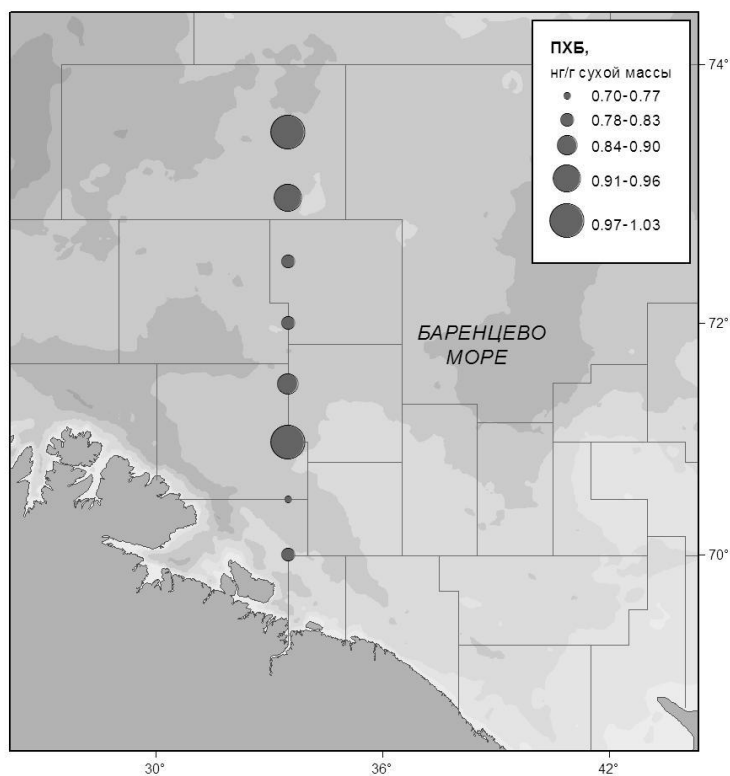


Рис. 4. Суммарное содержание конгенов ПХБ в донных отложениях на станциях разреза “Кольский меридиан”

Среднее содержание ПХБ в донных отложениях открытых районов Баренцева моря составляло 0.76 ± 0.26 нг/г сухой массы при интервале колебаний от 0.33 до 1.24 нг/г сухой массы (Жилин, Плотыцина, 2015). Следовательно, суммарное содержание конгенов ПХБ в донных отложениях на станциях разреза хорошо укладывается в указанный интервал колебаний.

Из индивидуальных соединений ПХБ в верхнем слое исследованных донных отложений преобладали тетра-, пента- и гексахлорированные бифенилы, доминирующие в составе промышленных смесей типа Aroclor (российские аналоги Совол и Совтол). Они составляли до 80 % суммарного содержания ПХБ (рисунки 5, 6).

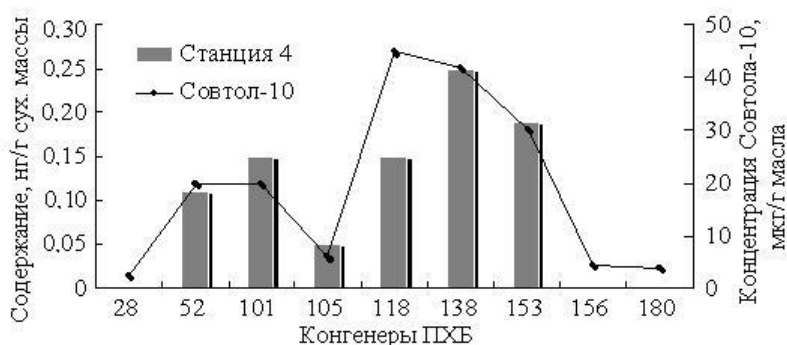


Рис. 5. Содержание конгенов ПХБ, входящих в состав промышленных смесей, в донных отложениях на ст. 4 разреза “Кольский меридиан”

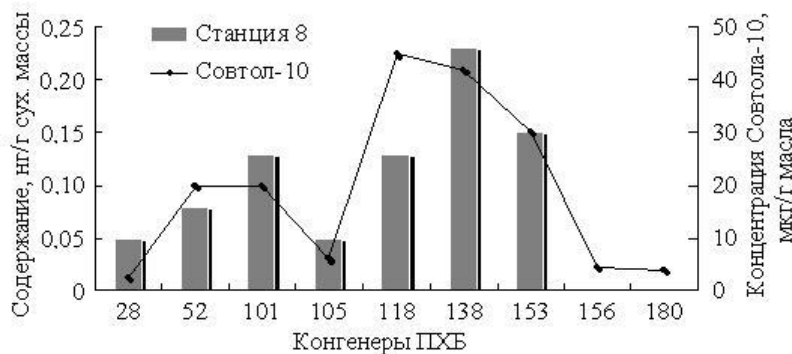


Рис. 6. Содержание конгенов ПХБ, входящих в состав промышленных смесей, в донных отложениях на ст. 8 разреза “Кольский меридиан”

Согласно критериям загрязненности морских донных отложений, принятым в Норвегии, суммарное содержание семи конгенов ПХБ с номерами 28, 52, 101, 118, 138, 153 и 180 в донных отложениях на станциях разреза “Кольский меридиан” соответствовало техногенному фоновому уровню (< 5 нг/г сухой массы) (Veileder ..., 2007).

Заключение. Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения ХОП и ПХБ проб донных отложений на восьми станциях разреза “Кольский меридиан”, соответствующий содержанию персистентных ХОС в пробах донных отложений из других районов Баренцева моря.

Литература

ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений для анализа на загрязненность. М.: Изд-во стандартов, 2002. 5 с.

ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013. 36 с.

Жилин А.Ю., Плотицына Н.Ф. Мониторинг загрязняющих веществ в экосистеме Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Матер. V Всерос. науч.-практ. конф. (25–27 марта 2014 г.). Ч. 1. Петропавловск-Камчатский: Изд. КамчатГТУ, 2014. С. 166–170.

Жилин А.Ю., Плотицына Н.Ф. Мониторинг загрязняющих веществ в воде и донных осадках Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Матер. VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.). Ч. 1. Петропавловск-Камчатский: Изд. КамчатГТУ, 2015. С. 60–64.

Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. М.: Флинта; Наука, 2009. 532 с.

Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 265 с.

Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 323 с.

Мельников Н.Н. Химия и технология пестицидов. М.: Химия, 1974. 767 с.

Методика выполнения измерений массовой доли полихлорированных бифенилов в почве и донных отложениях методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. СПб.: НПО “Мониторинг”, 1997. 46 с.

Методика выполнения измерений массовой доли хлорорганических пестицидов в пробах почв и донных отложений методом хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением. СПб., 2008. 37 с.

Мониторинг фонового загрязнения природных сред / Под ред. Ю.А. Израэля и Ф.Я. Ровинского. Л.: Гидрометеиздат, 1986. Вып. 3. 256 с.

Мониторинг фонового загрязнения природных сред / Под ред. Ю.А. Израэля и Ф.Я. Ровинского. Л.: Гидрометеиздат, 1987. Вып. 4. 384 с.

Орлова И.Г. Хлорированные углеводороды в морских экосистемах. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 108 с.

РД 52.10.556-95. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. М.: Изд. ГОИН, 1995. 256 с.

РД 52.24.609-99. Методические указания. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях. СПб.: Гидрометеиздат, 1999. 18 с.

Стойкие органические загрязнители: пути решения проблемы / В.В. Худолей, Е.Е. Гусаров, А.В. Клинский и др. СПб.: Изд. НИИХ СПбГУ, 2002. 363 с.

Benezet H.J., Matsumara F. Isomerisation of g-BCH to a-BCH in the environment // Nature. 1973. №. 243. P. 480–481.

Chernyak S.M., McConnel L.L., Rice C.B. Fate of some chlorinated hydrocarbons in arctic and far eastern ecosystems in the Russian Federation // Sci. Total Environ. 1995. Vol. 160/161. P. 75–85.

Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface sea water and the role of ocean on their global transport and fate / H. Iwata, S. Tanabe, N. Sakai, R. Tatsukawa // Environ. Sci. Technol. 1993. Vol. 27. P. 1080–1098.

Veiledet for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder OG kystfarvann / T. Bakke, G. Breedveld, T. Kællgvist et al. // SFT Veiledning. 2007. TA-2229/2007. 12 p. (in Norwegian).

Научное издание

ТРУДЫ
КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

ОКЕАНОЛОГИЯ
Выпуск 3

Редактор С. В. Тимофеева
Технический редактор В. Ю. Жиганов

Подписано к печати 25.03.2016
Формат бумаги 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic
Усл. печ. л. 32.66. Заказ № 18. Тираж 150 экз.

Российская Академия Наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14