Российская Академия Наук

ТРУДЫ

Кольского научного центра РАН

4/2014 (23)

ОКЕАНОЛОГИЯ

выпуск 2

Апатиты
2014

Российская Академия Наук

Труды Кольского научного центра

4/2014 (23)
издается с декабря 2010 г.

УДК 551.46
ISSN 2307-5252
ISBN 978-5-91137-277-4

Главный редактор – академик РАН В.Т.Калинников

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)

ОКЕАНОЛОГИЯ

выпуск 2

Редакционная коллегия
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

184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, 14.
Тел. (881555) 79393. Факс (881555) 79380.
E-mail: admin@admksc.apatity.ru, http://www.kolasc.net.ru

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Мурманский морской биологический институт
Кольского научного центра Российской академии наук, 2014
© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук, 2014

ТРУДЫ
Кольского научного центра РАН

ОКЕАНОЛОГИЯ
выпуск 2

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
Митяев М.В., Герасимова М.В.	Геолого-тектонические, геоморфологические особенности строения и современные условия седиментации архипелага Земля Франца-Иосифа …….	5
Дженюк С.Л.	Климатообразующие факторы и климатические особенности Земли Франца-Иосифа ……..	61
Матишов Г.Г., Моисеев Д.В.	Исследования термохалинных характеристик вод в районе Земли Франца-Иосифа …….	69
Жичкин А.П.	Ледовые условия в районе архипелага Земля Франца-Иосифа ……..	82
Ильин Г.В.	Химические загрязнители в морской среде высокоширотных архипелагов ……..	89
Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Ильин Г.В.	Техногенные радионуклиды в морской среде и элементах наземной экосистемы архипелага Земля Франца-Иосифа ……...	102
Берченко И.В., Дружкова Е.И., Олейник А.А., Ишкулова Т.Г., Венгер М.П.	Особенности организации пелагиали в районе архипелага Земля Франца-Иосифа в летний период …..	112
Дворецкий В.Г.	Структура летних сообществ мезозоопланктона у берегов архипелага Земля Франца-Иосифа и в прилегающих водах ……..	150
Фролова Е.А., Ахметчина О.Ю., Гарбуль Е.А., Дикаева Д.Р., Зимина О.Л., Любина О.С., Нехаев И.О., Пантелеева Н.Н., Фролов А.А.	Бентосные сообщества архипелага Земля Франца-Иосифа ……..	179
Кудрявцева О.Ю.	Обзор ихтиофауны района Земли Франца-Иосифа ……	222
Краснов Ю.В.	Орнитологические наблюдения на острове Гукера (Земля Франца-Иосифа) и его окрестностях в августе 1993 г. ……..	252
Беликов С.Е., Болтунов А.Н.	Белый медведь в районе архипелага Земля Франца-Иосифа: история и результаты исследований, проблемы охраны и пути их решения …….	263
Ежов О.Н., Гаврило М.В., Змитрович И.В.	Грибы архипелага Земля Франца-Иосифа ……	288

Russian Academy of Sciences

4/2014 (23) transactions

Kola Science Centre

UDK 551.46
ISSN 2307-5252
ISBN 978-5-91137-277-4

Editor-in-Chief – Academician of RAS V.T.Kalinnikov

Deputy Editors-in-Chief:
Prof. V.P. Petrov,
Prof. B.V. Efimov

Editorial Council:
Acad. G.G.Matishov, Acad. N.N.Melnikov,
Cor. Member V.K.Zhirov,
Cor. Member A.N.Nikolaev,
Prof. Ju.L.Voitehovsky, Prof. F.D.Larichkin,
Prof. V.A.Masloboev,
Prof. V.P.Petrov (Deputy Editor-in-Chief),
Prof. V.A.Putilov, Prof. E.D.Tereshchenko,
Prof. A.N.Vinogradov (Executive Secretary)

OCEANOLOGY

series 2

Editorial Council of
«Oceanology» Series:
Editor-in-Chief of Oceanology Serias
Academician G.G.Matishov
Deputy Editor-in-Chief
P.R.Makarevich, Dr. Sci. (Biology)
Editoral board:
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@admksc.apatity.ru, http://www.kolasc.net.ru

© Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, 2014
© Kola Science Centre Russian Academy of Sciences, 2014

TRANSACTIONS
Kola Science Centre

OCEANOLOGY
series 2

CONTENTS

		Page
Mityaev M.V., Gerasimova M.V.	Geology-tectonic and geomorphological features of the structure of the Franz-Josef Land Archipelago and modern conditions of sedimentation on the neighboring continental shelf …….	5
Dzhenyuk S.L.	Climate-forming factors and climatic specific features of the Franz-Josef Land region ……...	61
Matishov G.G., Moiseev D.V.	Research of water thermohaline features in the area of the Franz-Josef Land ……...	69
Zhichkin A.P.	Ice condition in the Franz-Josef Land region ……..	82
Ilyin G.V.	Chemical pollutans in the sea environment of high-altitude archipelagoes …….	89
Usiagina I.S., Kasatkina N.E., Ilyin G.V.	Artificial radionuclides in the marine environment and elements of terrestrial ecosystem of the Franz-Josef Land Archipelago …	102
Berchenko I.V., Druzhkova E.I., Oleynik A.A., Ishkulova T.G., Venger M.P.	Features of the pelagic zone organization in the Franz-Josef Land region in summer ……...	112
Dvoretsky V.G.	Structure of summer mesozooplankton communities near Franz-Josef Land Archipelago and adjacent waters ……..	150
Frolova E.A., Akhmetchina O.Yu., Garbul E.A., Dikaeva D.R., Zimina O.L., Lyubina O.S., Nekhaev I.O., Panteleeva N.N., Frolov A.A.	Benthic communities of the Franz-Josef Land region ……	179
Kudryavtseva O.Yu.	Review of the ichthyofauna in the Franz-Josef Land region …..	222
Krasnov Yu.V.	Ornithological observations on Hooker island (Franz-Josef Land) and in neighboring areas in august 1993 ……..	252
Belikov S.E., Boltunov A.N.	The Polar Bear in the area of Franz-Josef Land Archipelago: history and results of investigations, problems of concervation and the ways of their solving …….	263
Ezhov O.N., Gavrilo M.V., Zmitrovich I.V.	Fungi of the Franz-Josef Land Archipelago …….....	288

УДК 551.242; 551.242.51; 551.435.342; 551.445; 551.72 (268.45)

М.В. Митяев, М.В. Герасимова
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ, ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

В работе рассмотрены основные особенности геологии, тектоники, геоморфологии арх. Земля Франца-Иосифа и прилегающего шельфа. Построены морфоструктурные схемы и дана интерпретация геодинамической эволюции архипелага. Приведены сведения по современным условиям седиментации в проливах архипелага.

M.V. Mityaev, M.V. Gerasimova
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Russia, Murmansk

GEOLOGY-TECTONIC AND GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO AND MODERN CONDITIONS OF SEDIMENTAION ON THE NEIGHBORING CONTINENTAL SHELF

Abstract

This article examines main features of geology, tectonics, and geomorphology of the Franz-Josef Land Archipelago and the neighboring continental shelf. The article presents morphostructural schemes and interprets the geodynamic evolution of the archipelago. It also adduces data on modern conditions of sedimentation in straits of the archipelago.

Литолого-стратиграфическая характеристика горных пород архипелага по материалам бурения. При описании разрезов толщ горных пород использовались материалы, изложенные в ряде работ (Геологическое …, 1984; Параметрические …, 1985; Баренцевская …, 1988; Шипилов, Сенин, 1988; Шипилов, Тарасов, 1998; Шипилов, Шкарубо, 2010).

На арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) фундамент по данным бурения (скважина Нагурская) вскрыт на глубине 1887 м и представлен породами докембрия (венда?) мощностью более 1300 м (рис. 1). В литолого-петрографическом отношении толща характеризуется чередованием кварц-серицитовых сланцев, кварцитов и микрокварцитов, в которые внедрены силлы и пластовые тела габбро-диабазового и габбро-долеритового состава. Комплекс объединен в нагурскую серию.

Осадочный чехол Баренцевоморской плиты разделяется на карбонатный (палеозойский) и терригенный (мезозойско-кайнозойский) комплексы. Граница между двумя комплексами проводится по верхнепермским–нижнетриасовым отложениям. Архипелаг ЗФИ входит в состав Восточно-

Баренцевоморского мегабассейна, одна из особенностей которого – отсутствие достоверных геолого-геофизических данных о палеозойском карбонатном комплексе. Из трех параметрических скважин на ЗФИ две не вышли из мезозойских пород (на островах Хейса и Греэм-Белл). Одна скважина (о. Земля Александры) вскрыла редуцированный каменноугольный комплекс, залегающий со стратиграфическим несогласием на вендских породах и перекрытый терригенной толщей триасовых пород. В краевых желобах, примыкающих с запада и востока к поднятию ЗФИ, карбонатный комплекс уверенно выделяется по сейсмическим данным (рис. 2).

На острове Земля Александры вскрыты только породы нижнего и верхнего каменноугольного комплекса, залегающие со стратиграфическим перерывом на метаморфических породах венда. Нижний карбон представлен переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников с прослоями каменного угля и пластовыми телами габбро-диабазов, мощность отложений 155 м. Верхний карбон представлен исключительно толщей известняков мощностью 83 м. Отложения среднего карбона обнаружены на островах Гаккеля, Циглера и Земля Георга, где они представлены доломитами и доломитизированными известняками (Геология …, 1970).

Отложения нижнего и среднего триаса, представленные чередованием аргиллитов и алевролитов, вскрыты на о. Земля Александры. Породы залегают с резким размывом на отложениях карбона. Мощность триасовых пород увеличивается с запада, где она составляет 1300 м (о. Земля Александры), на восток – более 3500 м (о. Греэм-Белл). Выделяют Вильчековскую и Васильевскую свиты, относимые к карнийскому, норийскому и рэтскому ярусам.

Породы нижнего отдела триаса на о. Земля Александры представлены переслаиванием аргиллитов и алевролитов, в нижней части разреза выделяется пачка известняков. В толщу внедрены пластовые тела базальтоидов. Вскрытая мощность отдела 685 м.

Породы среднего отдела триаса без видимого перерыва залегают на породах нижнего триаса и представлены аргиллитами с маломощными прослоями алевролитов, песчаников и углистых пород. В подошве и средней части толщи залегают пачки туфогенных песчаников. На о. Хейса в толще среднетриасовых пород выделяется два пластовых тела базальтоидов мощностью 50 и 100 м. Разрез среднетриасовых пород на о. Греэм-Белл принципиальных отличий не имеет. Мощность среднетриасовой толщи изменяется от 680 (о. Земля Александры) до 1915 м (о. Хейса).

Породы верхнего отдела триаса вскрыты скважинами на островах Хейса и Греэм-Белл. На острове Земля Александры верхнетриасовая толща размыта. Породы верхнего отдела триаса без видимого перерыва залегают на породах среднего триаса. От нижележащих пород верхнетриасовые отложения отличаются большей мощностью песчаных прослоев и более частыми прослоями углистых пород. В составе толщи выделяются пласты эффузивных пород основного состава. Мощность верхнетриасовой толщи изменяется от 1365 (о. Хейса) до 1490 м (о. Греэм-Белл).

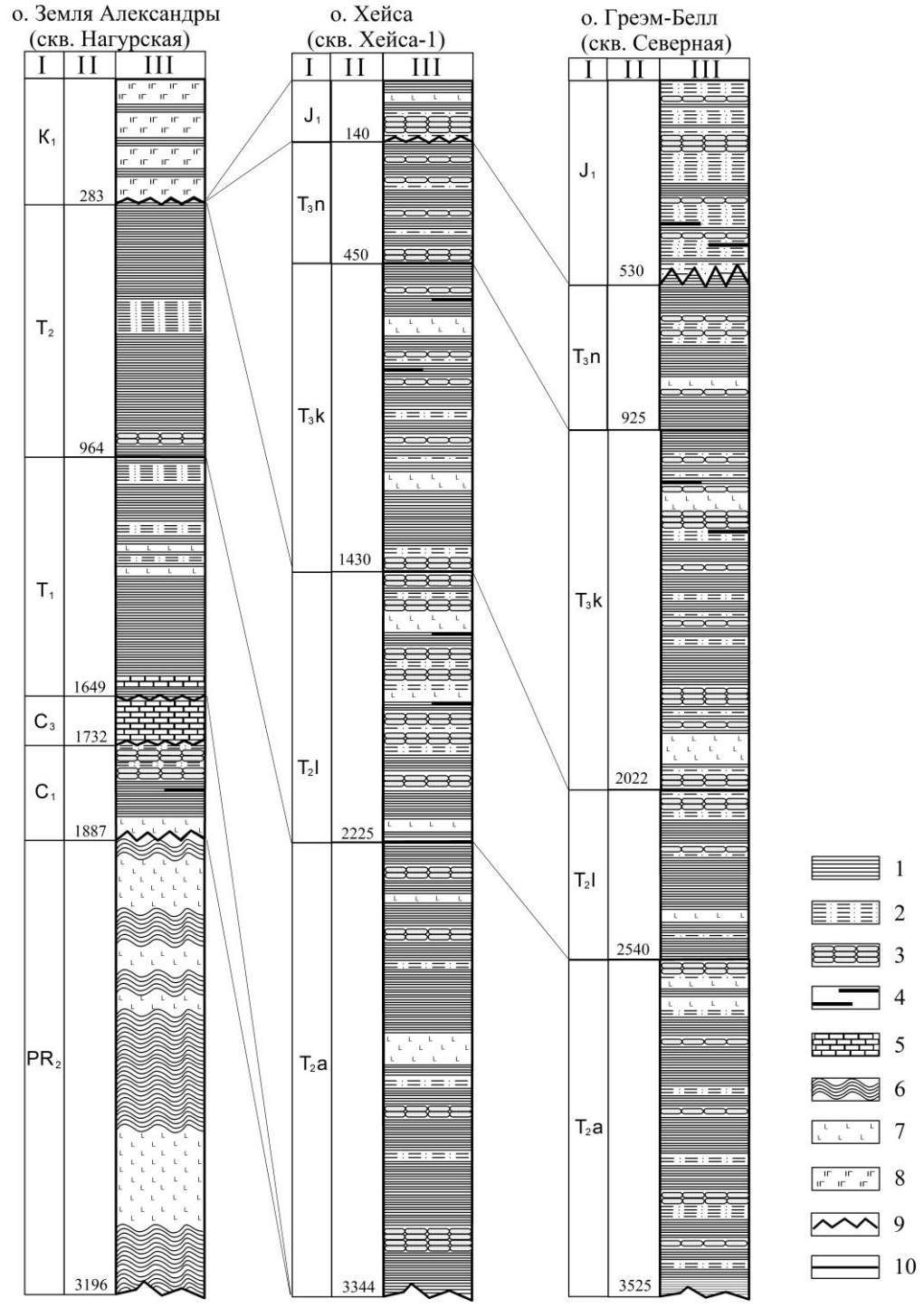


Рис. 1. Геологические разрезы скважин арх. ЗФИ (Шипилов, Тарасов, 1998):
I – отдел; II – глубина, м; III – литология [1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчаники; 4 – пропластки угля; 5 – известняки; 6 – метаморфические породы (сланцы, кварциты); 7 – интрузии основного состава (долериты, габбро-долериты); 8 – эффузивные породы; 9 – стратиграфическое несогласие; 10 – нормальные геологические контакты]

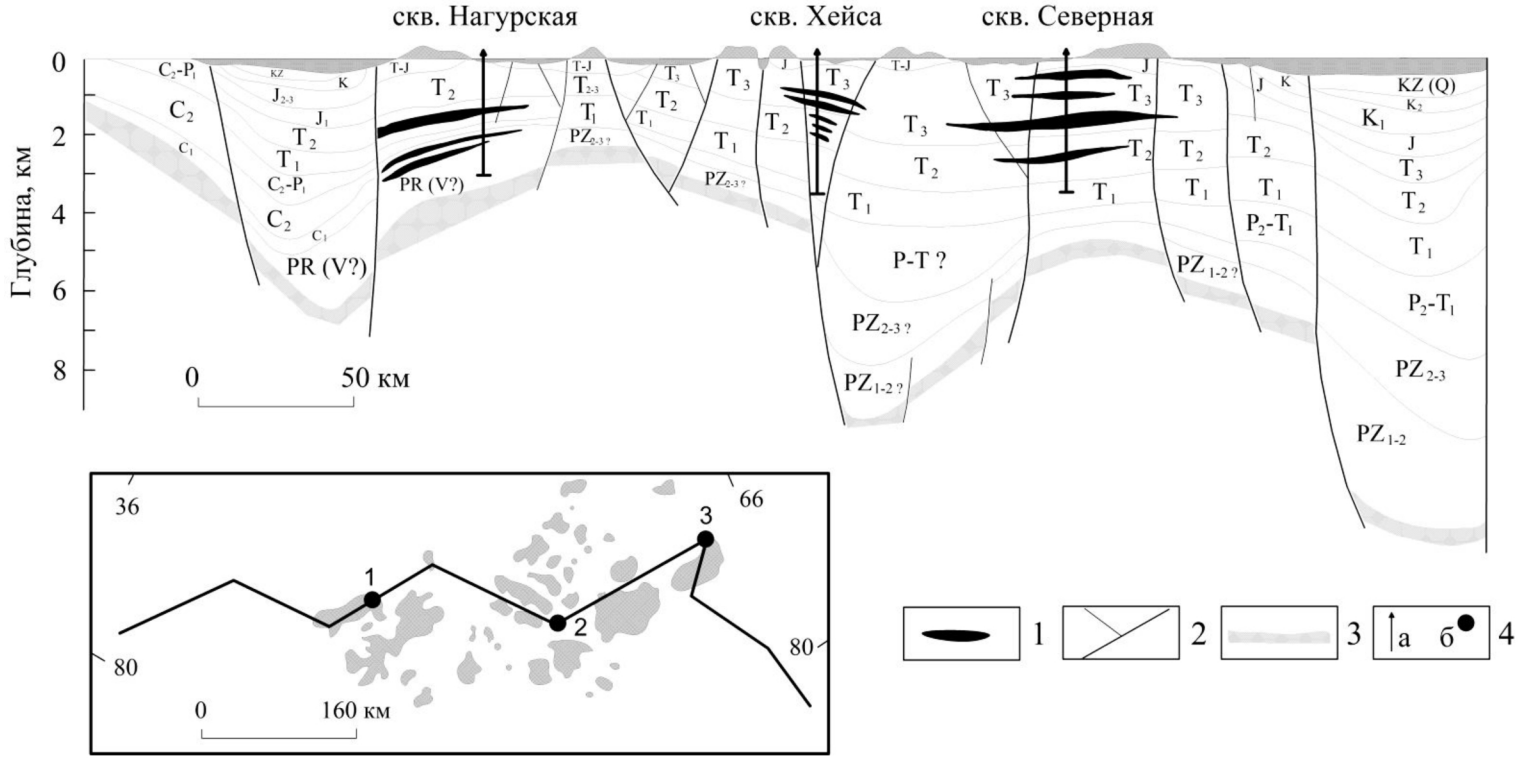


Рис. 2. Синтетический субширотный геолого-геофизический разрез арх. ЗФИ и прилегающего шельфа по данным бурения, геомагнитного моделирования и морских сейсмических исследований (Шипилов, 2004):

1 – пластовые тела базальтов J-K-возраста; 2 – дизъюнктивные структуры; 3 – предполагаемое положение подошвы осадочного чехла/кровли фундамента; 4а – параметрические скважины; 4б – положение скважин на профиле

Породы раннеюрского возраста залегают на позднетриасовых породах с признаками эрозионного и углового несогласия. На о. Хейса нижнеюрские породы представлены переслаиванием песчаников и аргиллитов в верхней части разреза встречен покров эффузивных пород основного состава. Мощность отложений, по разным данным, составляет от 65 (Государственная …, 2006) до 140 м (Государственная …, 2004). На о. Греэм-Белл нижнеюрские породы представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов с прослоями каменного угля. Мощность отложений составляет 530 м.

В конце юрского времени фиксируется продолжительная регрессивная фаза с максимумом в раннемеловое (валанжин) время (Haq et al., 1988; Ross, Ross, 1988). Крупная регрессия в позднеюрское–раннемеловое время связывается с активизацией тектонического режима вызванной распадом Пангеи-II и началом раскрытия молодых океанов (Хаин, Балуховский, 1993; Шипилов, Тарасов, 1998), регрессия могла вызвать размыв юрских и даже более древних отложений.

Отложения меловой системы на обрамлении Баренцева моря выявлены только на островах Земля Александры (ЗФИ) и Колгуев. На острове Земля Александры нижнемеловые отложения залегают на размытой поверхности среднетриасовой толщи. Нижнемеловая толща представлена покровами эффузивных и осадочно-эффузивных пород основного состава, разделенных осадочными породами (конгломератами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами и углями). Выделяют две свиты – Солсбери и бухты Тихая – суммарной мощностью 280 м.

Кайнозойские отложения архипелага. Кайнозойские отложения на северо-востоке Баренцевоморского региона залегают с резким угловым несогласием на мезозойских породах (рис. 3) (Мусатов, 1996; Гуревич, 2002). Подошва их отождествляется с отражающим горизонтом $Г_2$, сформировавшимся в эпоху регионального поднятия северной периферии Баренцевоморской плиты, когда эрозионный срез достиг кровли юрских пород (Зархидзе, Мусатов, 1989). В палеоген-неогеновое время на площади между архипелагами Шпицберген и ЗФИ господствовал континентальный режим (Геологическое …, 1984) с локальной седиментацией озерно-болотных и аллювиальных отложений. В краевых желобах (Франц-Виктория, Святой Анны и Британский канал) неогеновые отложения заполняют речные палеоврезы. Площадные палеоген-неогеновые отложения на севере Баренцевоморской плиты достоверно не выявлены, на континентальном склоне им соответствует толща турбидитов, сменяющаяся в позднем миоцене–плиоцене ледниково-морскими отложениями (Мусатов, 1996). Имеются сведения о неогеновых отложениях на островах ЗФИ. Так, на о. Гофмана маломощный тонкоплитчатый слой алевритов, содержащий прослои песка и аргиллитов, относят к плиоценовому времени (Геология …, 1970).

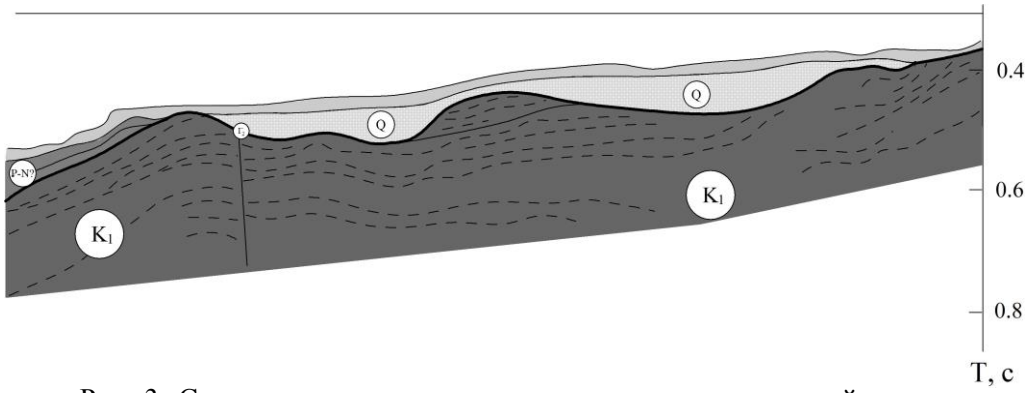


Рис. 3. Схема интерпретации временного разреза вдоль сейсмоакустического профиля в южной части желоба Франц-Виктория (Мусатов, 1996)

Четвертичные отложения проливов архипелага. На севере Баренцевоморского шельфа четвертичные отложения плащеобразно перекрывают мезозойско-кайнозойские породы, за исключением крутых склонов и локальных выступов коренных пород (рис. 3).

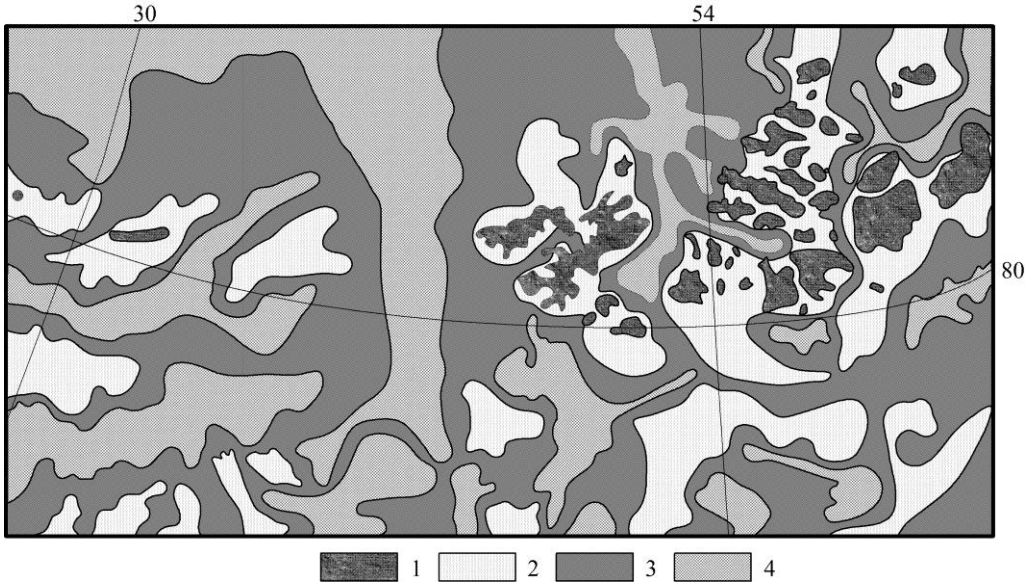


Рис. 4. Схема мощностей неоген(?)-четвертичных отложений северо-востока Баренцевоморского шельфа (Мусатов, 1996):

1 – острова; 2 – мощность отложений менее 5 м; 3 – мощность отложений 5–10 м; 4 – мощность отложений 10–100 м

В проливах арх. ЗФИ мощность четвертичных отложений редко превышает 5–10 м (рис. 4). Слабый батиметрический контроль мощностей четвертичных отложений фиксируется только в унаследовано погружающихся впадинах, так как на подводных возвышенностях мощность плейстоценовых отложений может увеличиваться до 40 м (Матишов, 1984; Мусатов, 1996; Гуревич, 2002), где они представлены диамиктоном

с большим количеством ДКМ. В проливах арх. ЗФИ выявлены только верхнеплейстоценовые ледниковые и межледниковые отложения. С большой долей вероятности можно предположить, что в эпоху поздневюрмского покровного (Гросвальд, 1983) или полупокровного (Матишов, 1984, 1987; Зархидзе, Мусатов, 1989) оледенения нижне- и среднеплейстоценовые отложения подверглись глубокой экзарации (Матишов, 1987; Мусатов, 1996). Большая мощность четвертичных отложений (до 100 м, редко более 100 м) в центральных и южных частях Баренцевоморского шельфа (Гриценко, 1992; Гуревич, Мусатов, 1992; Мусатов, 1992; Гуревич, 2002) дали основания предположить существование обширной области сноса в северной периферии плиты вплоть до заключительных стадий неотектонического этапа (Мусатов, 1996). В позднеплейстоценовую регрессию в желобах и глубоких впадинах сохраняются условия ледово-морской седиментации (Дружинина, Мусатов, 1992), что опровергает гипотезу сплошного панарктического оледенения с центром на шельфе Баренцева моря (Гросвальд, 1983) и свидетельствует в пользу умеренного растекания льда с суши и подводных поднятий (Матишов, 1984, 1987; Зархидзе, Мусатов, 1989).

С началом дегляциация поздневалдайских ледников на шельфе начинают формироваться поздне-, послеледниковые отложения гляциально-морского и морского генезиса (Мусатов, 1996). Примерно до конца раннего дриаса формируются флювиогляциальные отложения, обогащенные грубообломочным терригенным материалом. В начале дриасового времени происходит значительное похолодание климата, которое вызвало резкое замедление темпов седиментации на шельфе. В это время в желобах формируется слой “хард-граунд” мощностью до 3–5 см, слой имеет яркий ржаво-охровый цвет, плотную, непластичную консистенцию, обогащен окислами и гидроокислами Fe и Mn, его возраст оценен в 12 тыс. лет (Kassens, 1990; Левитан и др., 2000). Нужно отметить, что выделяется два слоя “хард-граунд”, вероятно, раннедриасовый возраст имеет нижний горизонт. Начиная с аллереда, на всем Баренцевоморском шельфе формируются нормальные морские отложения (Мусатов, 1996) мощностью до 0.5–1 м, и только в районах современного оледенения формируются ледниково-морские отложения мощностью более 1 м (Gorlich et al., 1987; Фациальные …, 2001; Гуревич, 2002; Митяев и др., 2005а,б).

Четвертичные отложения островов архипелага. Среди четвертичных отложений арх. ЗФИ выделяют ледниковые плейстоценовые отложения и флювиогляциальные, морские, делювиальные, элювиальные, аллювиальные отложения позднеплейстоцен-голоценового возраста (Геология …, 1970).

К плейстоцену относят щебнисто-глыбовые отложения с песчано-глинистым заполнителем, слагающие донную морену и отдельные гряды. Мощность донной морены редко превышает 2–3 м, она выявлена на побережьях островов, где отсутствуют современные ледники, и имеет секущее к последним простирание.

К позднеплейстоцен-голоценовым отложениям относят отложения террас, склонов и депрессий. Отложения террас представлены песками и галечниками, содержащими хорошо окатанные валуны и фауну голоценового времени. Формирование отложений террас, береговых валов, валунно-галечных и песчаных пляжей на побережьях островов происходило в морских условиях.

На островах выявлены современные ледниковые отложения, формирующие боковые и основные морены (очень редко наблюдаются конечноморенные гряды). Сложены они щебнисто-глинистым материалом с глыбами и валунами. В отличие от древних морен они имеют согласное простирание с современными ледниками.

Зандровые и озерно-аллювиальные отложения наблюдаются в отдельных ложбинах и замкнутых депрессиях и представлены существенно глинистыми отложениями.

На островах Греэм-Белл и Хейса встречаются современные аллювиальные отложения, слагающие поймы, зачаточные дельты и авандельты.

На многих коренных склонах и в их подножиях наблюдаются делювиальные и коллювиальные отложения щебнисто-глыбового состава, формирующие осыпи и конуса выноса. На пологих склонах мощность делювия достигает 1 м. На бронированных водоразделах неперемещенные щебнисто-глыбовые отложения с дресвой и гравием формируют современный элювий.

Голоценовые отложения проливов архипелага. Позднечетвертичные отложения акватории арх. ЗФИ разделяются на два типа (последовательно сменяющих друг друга), что характерно для всего Баренцевоморского региона. Двухчленное строение позднечетвертичных отложений отражает смену ледниковых условий осадконакопления в конце плейстоцена на ледово-морские в голоцене (Мусатов, 1996). Подобное строение позднечетвертичных отложений характерно и для сопредельных желобов: Святой Анны и Франц-Виктория (Фациальные …, 2001; Левитан и др., 2007). Мощность верхнеплейстоцен-голоценовых отложений редко превышает 5 м (рис. 5). В строении отложений достаточно четко выделяются от двух до четырех горизонтов.

Поверхностный слой – морского и ледово-морского генезиса (мощность 2–5 см), образован в современное время и имеет повсеместное распространение; по-видимому, только на крутых склонах современного осадконакопления не происходит, и на поверхность выходят мезозойские породы. Поверхностные отложения представлены окисленным или слабовосстановленным осадком бурого, коричневого и зеленовато-серого цвета, гомогенной текстуры, мягкой (реже плотной), нетекучей, туготекучей (реже текучей), непластичной или слабопластичной консистенции (табл. 1). На всех глубинах в отложениях фиксируются обломки и целые раковины моллюсков. По составу поверхностные отложения изменяются от гравийно-песчаных смесей на мелководьях, у открытых от оледенения побережий и побережий с висячими ледниками, до алеврито-пелитовых и пелитовых илов в глубоководных проливах. Хотя жесткой зависимости типа отло-

жений от глубины моря и удаленности от источника сноса нет, в целом наблюдается увеличение доли тонкого вещества в отложениях при увеличении глубины моря. Практически повсеместно в отложениях присутствует гравийно-галечный материал. Контакт поверхностного окисленного слоя с нижележащими отложениями четкий, а слабовосстановленного – постепенный.

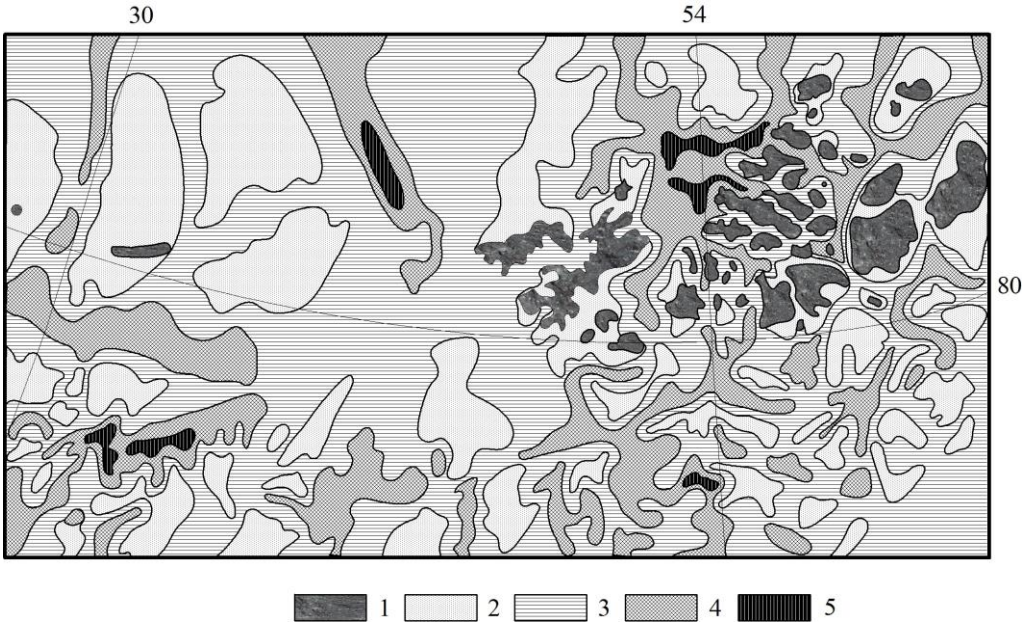


Рис. 5. Схема мощностей верхнеплейстоцен-голоценовых отложений северо-востока Баренцевоморского шельфа (Мусатов, 1996).
1 – острова; мощность отложений: 2 – 0–0.5 м, 3 – 0.5–2 м, 4 – 2–5 м; 5 – более 5 м

В сопредельных с архипелагом желобах поверхностный слой представлен исключительно окисленными отложениями желтоватого или коричневатого цвета. Он имеет более тонкий гранулометрический состав и не содержит остатков раковин моллюсков. В осевых частях желобов мощность верхнего гомогенного по консистенции и текстурно-структурным особенностям слоя достигает 20–25 см, он часто залегает с размывом на отложениях харт-граунд.

Средний горизонт – ледниково-морские отложения простой цветовой гаммы: голубовато-серые, реже зеленовато-серые. Слой представлен, как правило, массивными, иногда горизонтально-слоистыми туготекучими слабопластичными алеврито-пелитами. Слоистость подчеркивается сменой цветовой гаммы, тонкими прослоями и линзами песчаного материала, распределением включений и гнезд гидротроилита. Иногда встречаются одиночные окатанные гальки. Отложения данного горизонта имеют широкое распространение, максимальная вскрытая мощность составляет 165 см в желобе Франц-Виктория, в проливах островов ЗФИ – 113 см, в желобе Святой Анны – 82 см. В отложениях горизонта наблюдаются прослои мощностью 2–5 см серого, темно-серого цвета насыщенные алеврито-

песчаным материалом, нередко с гравием. Повсеместно в отложениях присутствует гидротроилит в виде примазок и гнезд, иногда гнезда идентифицируются как прослои мощностью первые миллиметры.

Положение горизонта различное (табл. 2): в проливах островов арх. ЗФИ он залегает непосредственно под поверхностным слоем отложений, при этом контакт нередко постепенный, в осевых частях желобов, между поверхностным слоем отложений и ледниково-морским горизонтом, залегает слой харт-граунд (прослой плотного, почти сухого, сильно ожелезненного осадка рыжего или бурого цвета, с гнездами, линзами, слойками окислов и гидроокислов Fe и Mn – лимонит, гетит, гидрогетит, редко мартит).

Нижний горизонт – ледниковые отложения? Слой отложений представлен серыми, реже темно-серыми алеврито-пелитами туготекучей, пластичной или слабопластичной (за счет значительной примеси песчаного и гравийного материала) консистенции. Отложения горизонта вскрыты в центральных частях желобов Франц-Виктория и Святой Анны (табл. 3), вскрытая мощность не превышает 40 см, что, по-видимому, связано с большей плотностью и вязкостью отложений, которые грунтовые трубки не пробивают.

На западном склоне желоба Святой Анны, между поверхностным слоем отложений и горизонтом харт-граунд, нередко наблюдается слой серых отложений с градационной слоистостью (от алеврито-песчаных до алеврито-пелитовых). С четким верхним и нижним контактом. С большой долей вероятности можно предположить потоковый генезис отложений. Вероятно, в нижней части крутого склона желоба (глубины более 150 м) формируются турбидитоподобные отложения. В подножии склона можно ожидать наибольшие мощности отложений и их быстрое выклинивание на днище прогиба.

Вещественный состав голоценовых отложений. Состав биогенных остатков довольно однообразен. Резко преобладают обломки и целые раковины двустворчатых моллюсков (*Mya truncata, Hiatella arctica, Astarte crenata, Macoma calcarea* и *Yoldia hyperborea*), значительно реже балянусов (*Balanus balanus* и *B. crenatus*) и гастропод (Особенности …, 1994).

Среди других биогенных остатков в отложениях встречаются фрагменты и скелетные элементы организмов: полихеты и их трубки, секреционные бентосные фораминиферы, иглы морских ежей, радиолярии и спикулы губок. Постоянно в поверхностном слое отложений наблюдаются линные шкурки бентосных и планктонных организмов, гидроиды и растительные остатки наземного и морского происхождения. Среднее содержание биогенного вещества – 7–8 %. Необходимо отметить, что формирования биогенных отложений в районе арх. ЗФИ не происходит, а широкое распространение двустворчатых моллюсков и, в частности, *Mya truncata* свидетельствует о хорошей циркуляции водных масс и высокой продуктивности поверхностных вод. Химический состав биогенного вещества следующий: $SiO_{2ам}$ – 2.18–2.91 %, $C_{орг}$ – 0.62–1.79 %, $CaCO_3$ – 0.49–5.61 % (Особенности …, 1994).

Таблица 1

Литологическая характеристика поверхностного слоя (2–5 см) отложений проливов арх. ЗФИ

Район	Координаты		Глубина моря, м	Литологический состав	Вещественный состав
	с. ш.	в. д.			
О. Нортбрук	79°51.8’	51°48.9’	105	Зеленовато-серый однородный, плотный, нетекучий, непластичный песчаный осадок, с единичными раковинами моллюсков	Обломки раковин моллюсков до 1–2 %. Угловатые обломки пород (аргиллит, сланец) и черные рудные минералы 3–5 %, зерна кварца, единичные зерна полевых шпатов, вулканическое стекло, амфибол. Окатанность минеральных зерен – 0–3 класс (доминирует 1–2 класс)
	79°53.4’	51°25.5’	44	Зеленовато-серый однородный, плотный, нетекучий, непластичный песчаный осадок, с единичной галькой и раковинами моллюсков	Обломки раковин моллюсков, бентосные фораминиферы до 1–2 %. Окатанная галька базальта (2 класс), угловатые обломки пород (аргиллит) и черные рудные минералы 1–2 %, зерна кварца, единичные зерна полевых шпатов, вулканическое стекло, амфибол, угли. Окатанность минеральных зерен – 0–3 класс (доминирует 1–2 класс)
О. Земля Георга	79°52.4’	49°29.7’	160	Зеленовато-серый однородный, плотный, нетекучий, слабопластичный алеврито-песчаный осадок, с раковинами моллюсков	Обломки раковин моллюсков, бентосные фораминиферы до 1–2 %. Зерна кварца до 80 %, единичные зерна полевых шпатов, амфибол, сфен, слюды, железистые корки. Окатанность минеральных зерен – 0–3 класс (доминирует 1–2 класс)
О. Итон	80°24.0’	51°22.6’	400	Зеленовато-серый однородный, мягкий, туго-текучий, слабопластичный пелитовый осадок	Бентосные фораминиферы 1–3 %. Черный рудный минерал 3–5 %, зерна кварца (часто ожелезненные), полевые шпаты, сфен, гематитизированные глинистые окатыши до 40 %. Окатанность минеральных зерен – 0–3 класс (доминирует 0–1 класс)

Продолжение табл. 1

Район	Координаты		Глубина моря, м	Литологический состав	Вещественный состав
	с. ш.	в. д.			
О. Брюса	80°13.3'	50°24.9'	60	Зеленовато-серый однородный, мягкий, нетекучий, непластичный алеврито-песчаный осадок, с раковинами моллюсков	Обломки раковин моллюсков до 40 %, единичные бентосные фораминиферы, иглы морских ежей. Угловатые обломки пород (аргиллит, сланец) и черные рудные минералы до 10 %, зерна кварца, единичные зерна полевых шпатов, апатит, слюды, глинистые окатыши 5–7 %. Окатанность минеральных зерен – 0–3 класс (доминирует 1–2 класс)
О. Земля Александра	79°48.0'	53°04.4'	415	Светло-коричневый однородный, мягкий, туго-текучий, слабопластичный пелитовый осадок, единичные зерна гравия и раковин моллюсков	Обломки раковин моллюсков, единичные бентосные фораминиферы. Угловатые обломки пород (гематитизированные и слюдистые сланцы, аргиллит), до 40 % железистые корки и образования неправильной формы, зерна кварца и единичные зерна полевых шпатов. Окатанность минеральных зерен 0–3 класс (доминирует 1–2 класс)
О. Гукера	80°20.1'	52°46.5'	31	Зеленовато-серый однородный, мягкий, нетекучий, непластичный песчано-гравийный осадок, единичные зерна гравия и обломки раковин моллюсков	Обломки раковин моллюсков до 50 %, гидроиды, бентосные фораминиферы, иглы морских ежей. Угловатые обломки горных пород (базальт) до 40 %, 20–25 % черные рудные минералы, зерна кварца, полевых шпатов, сфен, гранат, слюды, вулканическое стекло. Окатанность минеральных зерен – 0–4 класс (доминирует 0–1 класс)
О. Луиджи	80°44.4'	53°36.3'	227	Светло-коричневый однородный, мягкий, туго-текучий, непластичный алеврито-пелитовый осадок, единичные обломки раковин моллюсков	Обломки раковин моллюсков до 50 %, трубки полихет, бентосные фораминиферы, иглы морских ежей. Зерна кварца (часто ожелезненные) до 80 %, 2–5 % черные рудные минералы, полевые шпаты, амфибол, железистые корки. Окатанность минеральных зерен – 0–3 класс (доминирует 1–2 класс)

Окончание табл. 1

Район	Координаты		Глубина моря, м	Литологический состав	Вещественный состав
	с. ш.	в. д.			
О. Хокштеттера	79°47’	60°56’	195	Желто-коричневый однородный, мягкий, туго-текучий, непластичный алеврито-песчаный осадок с гравием	–
	79°59’	62°14’	251	Желтовато-серый однородный, мягкий, текучий, слабопластичный алеврито-пелитовый осадок с гравием	–
О. Алджер	80°22’	55°52’	25	Светло-коричневый желтоватый однородный, мягкий, туго-текучий, непластичный алеврито-песчаный осадок с гидротроилитом и обломками раковин моллюсков	–
О. Алджер–о. Мак-Клинток	80°20’	55°40’	443	Светло-коричневый однородный, мягкий, туго-текучий, непластичный песчано-алевритовый осадок с единичным гравием	–
О. Чамп–о. Хейса	80°52’	59°15’	234	Светло-коричневый однородный, мягкий, текучий, слабопластичный алеврито-пелитовый осадок	–
О. Кейна	81°02’	59°37’	278	Светло-коричневый однородный, мягкий, текучий, слабопластичный алеврито-пелитовый осадок	–

Таблица 2

Литологическая характеристика отложений арх. ЗФИ

Район	Координаты		Глубина моря, м	Глубина залегания слоя, см	Литологический состав
	с. ш.	в. д.			
О. Хокштеттера	79°47’	60°56’	195	2	Желтовато-коричневый пелитовый песок с гравием, туго-текучий
				14	Темно-серый не пластичный осадок. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности. Верхний и нижний контакты четкие

Продолжение табл. 2

Район	Координаты		Глубина моря, м	Глубина залегания слоя, см	Литологический состав
	с. ш.	в. д.			
О. Хокштеттера	79°47’	60°56’	195	17.5	Светло-коричневый непластичный песчано-пелитовый осадок с гравием. Нижний контакт четкий
				23	Голубовато-серый пелитовый осадок. Слабопластичный и слабовязкий
	79°59’	62°14’	251	2	Желтовато-серый алеврито-пелитовый осадок с гравием, текучий
				11	Темно-серый не пластичный алеврито-пелитовый осадок с единичным гравием. Верхний и нижний контакты четкие
				13	Светло-коричневый песчано-алеврито-пелитовый осадок, непластичный
				26	Голубовато-серый осадок. Верхний контакт четкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности, пятна и гнезда гидротроилита. Интервал 13–19 см – осадок пелитовый песок, непластичный, невязкий. Интервал 19–26 см – осадок алеврито-пелитовый, пластичный, средней вязкости
О. Алджер	80°22’	55°52’	25	5	Светло-коричневый желтоватый алеврито-песчаный осадок с гидротроилитом и обломками раковин моллюсков, текучий. Нижний контакт постепенный
				15	Голубовато-серый с желтым оттенком непластичный, невязкий осадок. Интервал 5–10 см – алеврито-песчаный осадок с единичным гравием, пронизан ходами илоедов ржавого цвета (окисление и ожелезнение). Интервал 10–15 см – мелкий песок с гидротроилитом и обломками раковин моллюсков
О. Алджер–о. Мак-Клинтока	80°20’	55°40’	443	2	Светло-коричневый алевритовый осадок с единичным гравием, текучий
				20	Голубовато-серый алеврито-пелитовый осадок, слабопластичный и слабовязкий. Верхний контакт четкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности, гнезда и стяжения ржавого цвета (Fe-Mn-образования), на интервале 10–12 см встречена галька осадочных пород около 3 см в диаметре

Продолжение табл. 2

Район	Координаты		Глубина моря, м	Глубина залегания слоя, см	Литологический состав
	с. ш.	в. д.			
О. Кейна	81°02’	59°37’	278	2	Светло-коричневый алеврито-пелитовый осадок, туго-текучий
				24	Голубовато-серый однородный алеврито-пелитовый осадок, слабопластичный и слабовязкий. Верхний контакт четкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности, и редкие гнезда гидротроилита, на интервале 6–10 см встречена галька осадочных пород около 5 см в диаметре
О. Чамп–о. Хейса	80°52’	59°15’	234	2	Светло-коричневый алеврито-пелитовый осадок, туго-текучий
				25	Голубовато-серый однородный алеврито-пелитовый осадок слабопластичный и слабовязкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности и редкие пятна и гнезда гидротроилита. Верхний контакт четкий
				30	Серый крупноалевритовый осадок с гравием, непластичный, невязкий. Верхний контакт нечеткий, постепенный
				115	Голубовато-серый однородный алеврито-пелитовый осадок слабопластичный и слабовязкий. Верхний контакт постепенный. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности пятна и гнезда гидротроилита. На интервале 100–105 см встречена галька осадочных пород около 3 см в диаметре
О. Земля Александры	80°43.6’	44°04.4’	255	3	Желтовато-серый пелитовый осадок с гравием и галькой, туготекучий. Нижний контакт постепенный
				20	Зеленовато-серый алеврито-пелитовый осадок плотный, вязкий, пластичный с гравием. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности и галька, пятна и гнезда гидротроилита. Нижний контакт четкий
				40	Зеленовато-, голубовато-серый алеврито-пелитовый осадок туготекучий, непластичный, невязкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности и галька, единичные гнезда гидротроилита. Интервал 25–28 см – песчано-гравийный горизонт
				52	Темно-серый песчано-пелитовый осадок плотный, пластичный, вязкий. Верхний контакт четкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности и галька

Среди обломков горных пород в отложениях встречаются угловатые и хорошо окатанные обломки базальтоидов, биотитовых сланцев, гематитизированных песчаников, алевролитов, изредка аргиллитов. Размер обломков может достигать нескольких сантиметров, а содержание до 70 % от литогенного вещества, но в среднем составляет 3–8 %. Среди минералов резко преобладает кварц, количество которого изменяется от 20 до 80 % (в среднем составляя 45–50 %). Постоянно присутствуют плагиоклазы (в среднем около 12–15 %), калиевый полевой шпат (около 6–8 %), слюды (около 8–9 %) и черный рудный минерал (ильменит до 5–7 %). Среди акцессорных минералов встречаются: пироксены, эпидот, оливин (нередко в виде оолитов), сфен, циркон, кианит, вулканическое стекло и кальцит. Для фракции более 63 мкм отношение кварца к полевым шпатам (Q:FS) более 5, а эпидота к клинопироксену (Ep:CLPs) менее 0.5. Практически везде встречаются образования сложной формы, землистые агрегаты и корки охристого, бурого цвета окислов и гидроокислов Fe и Mn, представленные лимонитом, гетит-гидрогетитом, иногда мартитом.

Окатанность минеральных зерен изменяется от 0 до 4-го класса, при резком преобладании угловатых частиц 1–2-го класса окатанности, что может свидетельствовать о быстром поступлении с суши и аккумуляции в море минерального вещества. Химический состав литогенного вещества следующий: FeO – 3.64–4.14 %, Fe_2O_3 – 2.83–5.7814 %, TiO_2 – 0.86–1.3714 %, MnO – 0.08–1.5114 % (Особенности …, 1994).

Среди глинистых минералов преобладают гидрослюды (иллит) и каолинит (до 30–32 % литогенного вещества), часто встречаются минералы группы смектита, изредка хлорит. Архипелаг ЗФИ является основным источником поставки каолинита в Евразийский бассейн, а группы смектита в Баренцево море (Левитан и др., 2007). Глинистые минералы нередко формируют легко разрушаемые агрегаты веретенообразной формы, часто со следами ожелезнения.

Гранулометрический состав отложений в проливах ЗФИ во многом зависит от глубины моря и удаленности от береговой линии, хотя строгой зависимости нет (табл. 4). Галечный материал (возможно, и мелкие валуны) встречается в отложениях на всех глубинах моря, содержание не превышает 8 % и только в литоральной зоне наблюдаются валунно-галечные отложения. Среднее содержание гравийной фракции составляет 2.6±0.3 % (n = 80) при диапазоне изменений от 0 до 12.8 %, при этом в очень редких случаях в отложениях наблюдается отсутствие частиц гравийной размерности, что свидетельствует об интенсивном ледовом разносе терригенного материала. Содержание песчаной фракции изменяется от 1.5 до 94.5 %, в среднем составляя 14.3±2.2 % (n = 80). Пески распространены вдоль островов и на структурных поднятиях проливов на глубинах 20–50 м. На меньших глубинах располагаются каменистые отложения (на открытых от ледников побережьях) или пелитовые (алевро-пелитовые) отложения у выводных ледников, а на больших глубинах в отложениях возрастает доля алеврита и пелита.

Литологическая характеристика отложений сопредельных с арх. ЗФИ желобов

Район	Координаты		Глубина моря, м	Глубина залегания слоя, см	Литологический состав
	с. ш.	в. д.			
Желоб Франц-Виктория	80°32’	43°40’	365	2	Желтовато-коричневый пелитовый осадок с Fe-корками, текучий. Нижний контакт постепенный
				5	Буровато-желтого цвета алеврито-пелитовый осадок, плотный, непластичный, невязкий. Комковатой текстуры (Fe-Mn-гнезда, стяжения). Нижний контакт четкий
				12	Зеленовато-серый алеврито-пелитовый осадок туго-текучий, слабовязкий, непластичный. Текстура пятнистая. По всему разрезу встречаются Fe-гнезда и обломки раковин моллюсков. Нижний контакт постепенный
				55	Зеленовато-серый алеврито-пелитовый осадок туго-текучий, пластичный, невязкий. Встречаются линзы песчано-алевритового осадка. По всему разрезу встречаются частицы единичные гнезда гидротроилита. Нижний контакт постепенный
				170	Голубовато-серый (зеленовато-серый) песчано-пелитовый осадок плотный, пластичный, слабовязкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности. Нижний контакт четкий
				182	Темно-серый алеврито-пелитовый осадок, плотный, вязкий, слабопластичный. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности
Желоб Святой Анны	79°09.9’	68°26.4’	534	21	Светло-коричневый однородный, алеврито-пелитовый осадок, верхняя часть осадка (2–3 см) легко-текучая, нижняя – туго-текучая встречаются единичные зерна гравийной размерности. Нижний контакт четкий
				26	Бурого, ржавого цвета однородный пелитовый осадок, плотный, непластичный, нетекучий, пронизан гнездами и стяжениями окислов и гидроокислов Fe и Mn

Окончание табл. 3

Район	Координаты		Глубина моря, м	Глубина залегания слоя, см	Литологический состав
	с. ш.	в. д.			
Желоб Святой Анны	79°09.9'	68°26.4'	534	52	Переслаивание плотных слоев бурого цвета с голубовато-серыми пелит-алевритовыми слабопластичными и слабовязкими отложениями. Верхний контакт четкий по плотному слою гидроокислов Fe и Mn. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности
				98	Голубовато-серый однородный алеврито-пелитовый осадок слабопластичный и слабовязкий. Верхний контакт постепенный. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности
				108	Голубовато-серый алеврито-пелитовый осадок, слабопластичный и слабовязкий с пятнами и разводьями ярко-желтого (охристого) цвета. Верхний контакт постепенный
				112	Плотный пелит-алевритовый осадок серого цвета, с ярко-желтыми пятнами. Верхний контакт четкий
				146	Темно-серый однородный, плотный алевритовый осадок, непластичный и невязкий. По всему разрезу встречаются частицы гравийной размерности и единичной гальки. Верхний и нижний контакт четкий
				152	Светло-серый алеврито-пелитовый осадок, слабопластичный и слабовязкий с гидротроилитом и гравием

Таблица 4

Гранулометрический состав донных отложений арх. ЗФИ, %

Район	Координаты		Глубина, м	Интервал, см	Галька	Гравий	Песок	Алеврит	Пелит	Глина	H_r	D
	с. ш.	в. д.										
о. Хокштеттера	79°47'	60°56'	195	0–2	–	5.3	39.6	18.3	36.8	24.8	0.75	0.32
				2–6	–	2.3	24.9	22.7	50.1	44.1	0.69	0.16
				6–11	–	1.2	12.0	9.4	77.4	65.4	0.45	0.08
				11–17	–	1.3	18.3	13.7	66.7	58.7	0.57	0.11
				17–23	–	–	7.3	8.5	84.2	77.2	0.34	0.03

Продолжение табл. 4

Район	Координаты		Глубина, м	Интервал, см	Галька	Гравий	Песок	Алеврит	Пелит	Глина	H_r	D
	с. ш.	в. д.										
о. Хокштеттера	79°59'	62°14'	251	0–2	–	1.3	13.0	17.6	68.1	58.1	0.55	0.08
				2–5	–	1.1	11.7	18.8	68.4	58.4	0.54	0.07
				5–11	–	–	9.6	19.0	71.4	59.4	0.49	0.04
				11–13	–	2.1	19.8	19.0	59.1	49.1	0.64	0.12
				13–19	–	12.8	42.0	17.5	27.7	25.9	0.80	0.47
				19–26	–	1.0	12.0	17.5	69.5	61.2	0.53	0.06
О. Алджер	80°22'	55°52'	25	0–5	–	–	61.7	31.8	6.5	5.6	0.52	0.26
				5–10	–	–	75.4	15.9	8.7	8.2	0.45	0.31
				10–15	–	–	94.6	2.6	2.8	2.7	0.15	0.38
О.Алджер–о. Мак-Клинток	80°20'	55°40'	443	0–2	–	0.3	4.3	68.9	26.5	17.0	0.47	0.07
				2–4	–	1.1	4.2	29.7	65.0	48.0	0.51	0.05
				4–6	–	1.8	3.8	33.0	61.4	47.4	0.54	0.08
				6–8	–	2.9	3.9	30.0	63.2	48.2	0.55	0.12
				8–10	–	6.3	3.4	24.7	65.6	49.6	0.57	0.41
				10–12	6.0	4.8	3.1	23.2	62.9	49.9	0.65	0.92
				12–14	–	4.6	3.0	24.5	67.9	51.9	0.53	0.22
				14–16	–	7.0	4.0	32.0	57.0	45.0	0.62	0.37
				16–18	–	3.7	4.0	24.7	67.6	54.6	0.53	0.16
				18–20	–	4.3	4.6	30.0	61.1	48.1	0.58	0.15
О. Кун–о. Кейна	81°01'	59°35'	188	0–2	–	0.6	4.4	41.1	53.9	37.2	0.54	0.05
				2–6	–	0.8	3.3	34.6	61.3	43.9	0.51	0.05
				6–10	7.8	2.5	2.1	30.4	57.2	42.7	0.53	0.69
				10–14	–	1.4	1.6	36.4	60.6	44.7	0.50	0.07
				14–18	–	2.6	2.2	36.5	58.7	45.0	0.53	0.14
				18–22	–	1.8	2.2	38.1	57.9	36.8	0.52	0.07
				22–24	–	1.3	1.9	36.0	60.8	46.9	0.50	0.06
	81°02'	59°37'	278	0–2	–	0	21.2		78.8	59.3	0.37	0.02
				2–6	–	0.4	11.1		88.5	70.4	0.27	0.03
				6–10	0.8	4.9	8.5		85.8	63.7	0.35	0.29

Окончание табл. 4

Район	Координаты		Глубина, м	Интервал, см	Галька	Гравий	Песок	Алеврит	Пелит	Глина	H_r	D
	с. ш.	в. д.										
О. Кун–о. Кейна	81°02'	59°37'	278	10–14	–	1.1		9.5	89.4	67.1	0.27	0.06
				14–18	–	2.2		8.8	89.0	66.8	0.29	0.10
				18–22	–	0.9		12.6	86.5	64.5	0.31	0.05
				22–24	–	1.1		6.5	92.4	73.6	0.22	0.05
О. Чамп–о. Хейса	80°52'	59°15'	234	5–10	–	4.8	4.9	37.6	52.7	39.7	0.62	0.26
				10–15	–	3.7	7.9	38.5	49.9	36.9	0.64	0.19
				15–20	–	4.9	5.5	39.0	50.6	36.6	0.63	0.24
				20–25	–	4.0	7.8	36.8	51.4	39.4	0.64	0.16
				25–30	–	2.4	2.6	67.0	28.0	21.8	0.50	0.17
				30–35	–	1.6	4.8	36.4	57.2	42.2	0.56	0.08
				35–40	–	0.7	1.9	39.7	57.7	43.7	0.49	0.05
				40–45	–	3.2	5.1	36.8	54.9	41.9	0.60	0.15
				45–50	–	4.6	5.0	38.0	52.4	39.4	0.62	0.21
				50–55	–	4.8	3.9	39.0	52.3	41.3	0.61	0.25
				55–60	–	2.4	4.6	32.6	60.4	46.4	0.56	0.14
				60–65	–	3.6	7.0	33.4	56.0	42.0	0.62	0.14
				65–70	–	5.3	5.6	33.6	55.5	41.5	0.63	0.24
				70–75	–	8.5	3.4	30.9	57.2	41.2	0.63	0.53
				75–80	–	0.9	4.7	39.0	55.4	40.4	0.55	0.05
				80–85	–	3.3	5.5	34.0	57.2	39.2	0.60	0.23
				85–90	–	3.1	4.8	36.1	56.0	45.0	0.59	0.12
				90–95	–	2.2	5.7	35.0	57.1	43.1	0.58	0.10
				95–100	–	1.4	6.8	31.9	59.9	45.9	0.57	0.07
				100–105	5.3	1.9	6.2	33.4	53.2	41.2	0.69	0.49
				105–110	–	7.6	4.6	29.8	58.0	46.0	0.63	0.42
				110–115	–	2.9	4.7	36.6	55.8	42.8	0.58	0.15

ПРИМЕЧАНИЕ. H_r – коэффициент сортировки; D – средний диаметр частиц, мм.

Содержание алевритовой фракции изменяется от 2.6 до 68.9 %, в среднем составляя 29.6±1.4 % (n = 80) (табл. 4). В очень редких случаях формируются алевритовые отложения, в подавляющем большинстве случаях алевритовая фракция является примесью в пелитовых, реже песчаных отложениях. Такое положение алевритовой фракции (как примесь в других отложениях) – характерная черта четвертичных отложений Баренцевоморского шельфа (Гуревич, 2002).

Содержание пелитовой фракции изменяется от 2.8 до 92.4 %, в среднем 58.1±2.1 % (n = 80) (табл. 4). На глубине более 50 м голоценовые отложения проливов ЗФИ представлены пелитовыми илами с небольшим содержанием средне- и крупнообломочных частиц. При этом более 75 % от фракции составляют коллоидные частицы (диаметром менее 0.05 мкм). С большой долей вероятности можно предположить, что основная масса коллоида состоит из глинистых минералов. Возможно, что веретенообразные глинистые агрегаты являются фекальными пеллетами макробентоса (Левитан и др., 2007).

Средний диаметр частиц в голоценовых отложениях осевых частей проливов архипелага хорошо фиксирует процесс ледового разноса вещества (табл. 4). Так, средний диаметр частиц в голоценовых отложениях соответствует фракции мелкого песка (0.19±0.02 мм), т. е. противоречит гранулометрическому составу отложений. Если из расчетов убрать крупнообломочные частицы, явно привнесенные айсбергами и припайными льдами (диаметром более 5 мм), то средний диаметр частиц составит 0.04±0.01 мм, фракция мелкого алеврита, что более соответствует гранулометрическому составу отложений.

Гранулометрический состав современных осадков (0–2 см) мало чем отличается от состава голоценовых отложений: преобладают тонкие фракции, практически везде присутствует гравийно-галечный материал, плохая сортировка отложений, нет жесткой привязки гранулометрического состава с глубиной моря и удаленностью от береговой линии (табл. 5). Это может свидетельствовать о стабильных условиях седиментации в проливах ЗФИ в послеледниковое время. Среднее содержание гранулометрических фракций, в современных отложениях следующее (n = 96): галечной – 0.6±0.4 %, гравийной – 4.9±2.2 %, крупноалеврито-песчаной – 43.4±6.3 % и мелкоалеврито-пелитовой – 51.1±6.9 % (коллоидных частиц около 40 % от фракции). Средний диаметр частиц – 0.30±0.10 мм без учета грубообломочных частиц 0.05±0.01 мм.

Фракционная сортировка донных отложений. Прежде чем рассматривать фракционную сортировку голоценовых отложений арх. ЗФИ, следует разобрать коэффициенты, ее определяющие. Долгие годы для оценки распределения частиц в донных отложениях многие седиментологи используют коэффициент “фракционной сортировки Траска”, определяемый как отношение двух квантилей (Q_{25} и Q_{75}) и рассчитываемый по формуле

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_{25}}{Q_{75}}}.$$

Таблица 5

Гранулометрический состав поверхностных отложений (0–2 см) арх. ЗФИ, %

Год	Координаты отбора проб		Глубина, м	Тип отложений	Галька, > 10 мм	Гравий, 2–10 мм	Песок–крупный алеврит, 2–0.05 мм	Мелкий алеврит-пелит, < 0.05 мм
	с. ш.	в. д.						
1994	80°22’	55°52’	25	Алеврито-песчаный	–	Ед.	61.7	38.3
	79°47’	60°56’	195	Алеврито-песчаный	–	2.3	58.6	39.1
	80°20’	55°40’	443	Песчано-алевритовый	–	–	67.6	32.4
	79°59’	62°14’	251	Алеврито-пелитовый	–	0.3	22.2	77.5
	80°52’	59°15’	234	Алеврито-пелитовый	–	4.3	13.0	82.7
	81°02’	59°37’	278	Алеврито-пелитовый	–	–	21.0	79.0
2006	80°20.1’	52°46.5’	31	Смесь песок–гравий	–	42.4	45.1	12.5
	79°53.4’	51°25.5’	44	Песчаный	Ед.	0.1	90.8	9.1
	79°51.8’	51°48.9’	105	Песчаный	–	0.2	81.4	18.4
	80°13.3’	50°24.9’	60	Алеврито-песчаный	–	19.6	40.2	40.2
	79°52.4’	49°29.7’	160	Алеврито-песчаный	–	–	71.5	28.5
	80°44.4’	53°36.3’	227	Алеврито-пелитовый	–	–	22.1	77.9
	80°24.0’	51°22.6’	400	Пелитовый	–	–	10.2	89.8
	79°48.0’	53°04.4’	415	Пелитовый	–	6.3	5.6	88.1
2007	80°20.2’	52°52.7’	< 10	Песчаный	1.6	14.3	70.6	13.5
	80°13.3’	50°29.0’	71	Песчаный	5.7	2.9	77.8	13.6
	80°31.7’	52°34.1’	76	Алеврито-песчаный	–	5.9	61.9	32.2
	80°23.5’	51°27.8’	344	Алеврито-песчаный	6.1	3.0	52.8	38.2
	80°19.9’	52°55.2’	< 10	Песчано-алевритовый	–	0.6	56.8	42.6
	80°20.2’	52°54.1’	< 10	Пелит-алевритовый	–	–	2.6	97.4
	80°35.6’	55°04.6’	295	Алеврито-пелитовый	–	2.8	18.1	79.2
	80°20.2’	52°46.2’	12	Пелитовый	–	1.8	3.6	94.6

Недостатки коэффициента Траска давно известны геологам (Friedman, 1961; Folk, 1966; Седиментология …, 1980; Романовский, 1988). Вызвано это тем, что данный коэффициент учитывает всего две точки эмпирической кривой распределения частиц по фракциям, не учитывая информации по другим точкам этой кривой. Как мера оценки "фракционной сортировки" донных отложений была предложена мера энтропии (Романовский, 1988):

$$H_r = \frac{\hat{h}\{f^*(r)\}}{\hat{h}\{f^*(r)\}_{max}},$$

$$h\{f^*(\overset{n}{\underset{i=1}{r}})\} = -\sum P_i \ln p_i,$$

где n – число фракций в анализе; p_i – содержание частиц в i-й фракции.

Несомненно, что предложенная С.И. Романовским (1988) энтропийная мера сортировки донных отложений более полно отражает сущность понятия. Но, как отмечал сам автор, коэффициент H_r зависит от дробности анализа, т. е. от количества выделяемых фракций, а также не учитывает модальность распределения частиц. Рассмотрим зависимость H_r от дробности гранулометрического анализа или интервалов группирования фракций (табл. 6). Как видно из табл. 6, в зависимости от дробности гранулометрического анализа (или интервалов группирования) коэффициент H_r изменяется. При этом при переходе от максимально дробного гранулометрического анализа (Ia, IIa) к группированию в грубообломочной (галька, гравий) и субколлоидной (мелкий пелит) областях распределения частиц (Ib, IIb), при сохранении дробности в песчаной и алевритовой гранулометрической фракции, коэффициент H_r увеличивается, указывая на ухудшение сортировки частиц. При группировании по трем интервалам (Ic, IIc) коэффициент H_r уменьшается в обоих случаях, а в первом случае (Ic) донные отложения по H_r переходят из класса плохо сортированных в умеренно сортированные отложения. При рассмотрении табл. 6 создается полное впечатление, что в первом случае (Ia,b,c) донные отложения сортированы лучше (одномодальные, сумма частиц в M_f > 85 %), чем во втором (IIa,b,c). Но при традиционном представлении результатов гранулометрического анализа (табл. 7) в первом случае (I) отложения характеризуются как плохо сортированные (H_r = 0.63), а во втором (II) – донные отложения отвечают пограничной области: отложения хорошо или умеренно сортированные (H_r = 0.36).

Такие неоднозначные результаты в определении коэффициента сортировки H_r требуют разработки единой размерной шкалы частиц и интервалов группирования фракций для корректного использования коэффициента H_r.

Таблица 6

Фракционная сортировка донных отложений (содержание фракций, %)

Фракция, мм	A (случай Ia)	B (случай IIa)	Фракция, мм	A (случай Ib)	B (случай IIb)	Фракция, мм	A (случай Ic)	B (случай IIc)
> 20	0.1	0.3	> 10	0.3	2.0	> 2	1.1	12.4
20–16	0.1	0.6	10–2	0.8	10.4	2–0.05	85.2	7.4
16–10	0.1	1.1	2–1	0.6	0.2	< 0.05	13.7	80.2
10–5	0.2	2.3	1–0.5	1.7	0.1	–	–	–
5–2	0.6	8.1	0.5–0.25	3.1	0.6	–	–	–
2–1	0.6	0.2	0.25–0.1	26.1	3.1	–	–	–
1–0.5	1.7	0.1	0.1–0.05	53.1	3.4	–	–	–
0.5–0.25	3.1	0.6	0.05–0.01	8.5	54.7	–	–	–
0.25–0.1	26.1	3.1	0.01–0.005	3.2	20.5	–	–	–
0.1–0.05	53.1	3.4	< 0.005	2.0	5.0	–	–	–
0.05–0.01	8.5	54.7	–	–	–	–	–	–
0.01–0.005	3.2	20.5	–	–	–	–	–	–
0.005–0.002	1.2	4.3	–	–	–	–	–	–
0.002–0.001	0.5	0.4	–	–	–	–	–	–
< 0.001	0.3	0.3	–	–	–	–	–	–
Коэффициент H_r	0.50	0.55	–	0.55	0.60	–	0.42	0.57

ПРИМЕЧАНИЕ. A – одномодальное, B – двухмодальное распределение частиц.

Таблица 7

Фракционная сортировка донных отложений (содержание фракций, %)

Фракция, мм	Одномодальное распределение частиц (случай I)	Двухмодальное распределение частиц (случай II)
> 2	0.6	12.4
2–1	0.6	0.2
1–0.5	1.7	0.1
0.5–0.25	3.1	0.6
0.25–0.1	26.1	3.1
0.1–0.05	53.1	3.4
< 0.05	13.7	80.2
Коэффициент H_r	0.63	0.36

Еще один недостаток коэффициента сортировки H_r – неучет полимодальности распределения частиц. В таблице 8 представлены результаты трех гранулометрических анализов, в первом случае (I) трехмодальное распределение, во втором (II) – двухмодальное, в третьем (III) – одномодальное. Независимо от количества модальных фракций коэффициент сортировки H_r одинаковый во всех трех случаях (табл. 8 – I, II, III). При группировании результатов гранулометрического анализа по трем группам фракций (табл. 8 – Ia, IIa, IIIa) сразу выявляются различия в сортировке отложений. Действительно, одномодальное распределение частиц в отложениях – это свидетельство гранулометрической зрелости отложений, а трехмодальное распределение частиц в отложениях свидетельствует о полном отсутствии процессов разделения частиц по гидравлической крупности или о наложении нескольких процессов поставки вещества друг на друга. Объединение фракций нами было основано на двух размерных точках – 2 мм и 50 мкм:

1) грубообломочные отложения – частицы диаметром более 2 мм. График отношения числа Рейнольдса и коэффициента сопротивления частиц в движущемся потоке имеет перегиб в точке 2 мм (Романовский, 1988);

2) среднеобломочные отложения – частицы диаметром 50 мкм–2 мм;

3) тонкообломочные отложения – частицы диаметром менее 50 мкм. Гидравлическая крупность частиц менее 50 мкм отклоняется от закона Стокса.

Физический смысл выделения трех групп довольно очевиден. Грубообломочные отложения – частицы донной популяции, критическая скорость потока, срывающая частицы, более 100 см/с (Nowell et al., 1981; Романовский, 1988), частицы диаметром более 2 мм перемещаются в потоке в основном волочением и сальтацией. Только высокоплотностные потоки способны перемещать обломки более 2 мм во взвешенном состоянии.

Среднеобломочные отложения – критическая скорость потока, срывающая частицы, минимальна для всех обломочных отложений, оценивается от 2–3 до 20–60 см/с (Nowell et al., 1981; Романовский, 1988), частицы диаметром от 50 (60) мкм до 2 мм перемещаются в потоке всеми возможными способами.

Таблица 8

Фракционная сортировка донных отложений (содержание фракций, %)

Фракция, мм	C (случай I)	B (случай II)	A (случай III)	Фракция, мм	C (случай Ia)	B (случай IIa)	A (случай IIIa)
> 10	5	2	2	> 2	25	11	11
10–5	15	4	4	2–0.05	30	34	80
5–2	5	5	5	< 0.05	45	55	9
2–1	4	5	15	–	–	–	–
1–0.5	5	15	40	–	–	–	–
0.5–0.25	15	5	15	–	–	–	–
0.25–0.1	4	4	5	–	–	–	–
0.1–0.05	2	5	5	–	–	–	–
0.05–0.01	5	15	5	–	–	–	–
< 0.01	40	40	4	–	–	–	–
Коэффициент $H_г$	0.81	0.81	0.81	–	0.97	0.85	0.58

ПРИМЕЧАНИЕ. A – одномодальное, B – двухмодальное, C – трехмодальное распределение частиц.

Тонкообломочные отложения – частицы суспензионной популяции, критическая скорость потока, срывающая частицы более 70 см/с, частицы диаметром менее 50 мкм перемещаются в потоке в основном во взвешенном состоянии, в морских и озерных условиях могут находиться во взвешенном состоянии неограниченно длительное время.

Вероятно, можно подобрать другие границы группирования, но нам важно, что просто использовать ни коэффициент сортировки Траска, ни коэффициент нормированной энтропии Романовского нельзя. Как отмечалось ранее, коэффициент нормированной энтропии более полно отражает суть понятия фракционной сортировки частиц в отложениях, но использовать его следует при учете всех мод распределения, а для сравнения двух или более типов отложений требуется одинаковое количество гранулометрических фракций.

Как видно из табл. 4, средний коэффициент фракционной сортировки $H_г$ голоценовых отложений арх. ЗФИ составляет 0.51±0.01, что соответствует плохо сортированным отложениям. В единичных случаях коэффициент фракционной сортировки отдельных горизонтов составляет 0.15–0.22, что соответствует хорошей сортировке отложений, наблюдается он только у одномодальных отложений (песка и пелита) с содержанием модальной фракции более 90 %. Умеренная сортировка отложений наблюдается у современных осадков (0–2 см) – коэффициент $H_г$ составляет 0.44±0.01. Возможно, более высокая сортировка современных отложений вызвана обеднением полужидких осадков грубообломочными частицами, которые проникают сквозь них, концентрируясь в нижних более плотных слоях.

С большой долей вероятности можно предположить, что умеренная и плохая фракционная сортировка голоценовых отложений связана не с отсутствием процесса разделения частиц по гидравлической крупности, а с

наложением нескольких процессов поставки и аккумуляции вещества. Так, основная масса осадочного вещества поступает в проливы архипелага летом в результате терригенной поставки (дегляциации ледниковых покровов, плоскостного смыва с открытых от ледников берегов и ледового разноса), а аккумулируется в подледных условиях. Следовательно, по фракционной сортировке голоценовые отложения можно охарактеризовать как отложения, формирующиеся в переходных от ледниково-морских к ледово-морским условиям. Когда глубинная и латеральная зональность седиментогенеза уже начинает играть существенную роль, но влияние ледников еще велико. В этой обстановке мозаичное распределение литологических типов отложений наиболее ожидаемое явление.

Физико-механические свойства отложений (0–2 см). Имеющийся фактический материал позволяет дать предварительную физико-механическую характеристику современных отложений, так как результаты основаны на очень ограниченном материале (табл. 9).

Современные отложения характеризуются: средней плотностью (1.84±0.08 г/см^3 – удельная, 1.49±0.06 г/см^3 – объемная, 1.07±0.07 г/см^3 – скелета отложений); естественной влажностью (42.5±3.9 %); высокой пористостью (эффективная пористость – 40.5±3.1 %, коэффициент пористости – 0.76±0.1); низкой теплопроводностью (0.28±0.03 Кал/см·с·^{o}С); большой объемной (51±4.5 %) и средней линейной (18.5±3.7 %) усадкой.

Наблюдается закономерное изменение физико-механических свойств от литологического типа отложений. Так, от песчаных к пелитовым отложениям идет закономерное уменьшение плотности (удельной, объемной и скелета отложений) и теплопроводности; наблюдается увеличение естественной влажности, пористости и усадки (как линейной, так и объемной) отложений. Средняя плотность песков и гравийно-песчаных смесей (крупнозернистые) следующая, г/см^3: удельная – 1.98±0.07, объемная – 1.71±0.04, скелета – 1.36±0.04. Средняя плотность алевритовых песков и песчано-алевритовых отложений (среднезернистые) – 1.88±0.16, 1.54±0.01 и 1.10±0.01 г/см^3 (удельная, объемная и скелета соответственно). Средняя плотность алевритовых пелитов и пелитов (глин?) (мелкозернистые) составляет, г/см^3: 1.58±0.13, 1.23±0.03 и 0.77±0.02 (удельная, объемная и скелета соответственно). Средние показатели естественной влажности: крупнозернистых отложений – 26.5±1.4 %, среднезернистых – 40.1±3.8 %, мелкозернистых – 60.2±1.7 %. Средние показатели эффективной пористости и коэффициента пористости: крупнозернистых отложений – 27.9±3.1 % и 0.40±0.06, среднезернистых – 44.3±4.7 % и 0.83±0.15, мелкозернистых – 50.3±3.4 % и 1.06±0.17. Средние показатели линейной и объемной усадки: крупнозернистых отложений – 4.6±1.6 и 32.6±3.7 %, среднезернистых – 14.5±1.9 и 50.3±4.9 %, мелкозернистых – 34.3±2.7 и 68.2±2.9 %. Средние показатели теплопроводности отложений следующие: крупнозернистые – 0.41±0.03 Кал/см·с·^{o}С, среднезернистые – 0.30±0.01 Кал/см·с·^{o}С, мелкозернистые – 0.15±0.01 Кал/см·с·^{o}С.

Таблица 9

Физико-механические свойства современных донных отложений (0–2 см) арх. ЗФИ

Координаты отбора проб		Тип отложений	Плотность, г/см^3			Естественная влажность, %	Общая пористость, %	Относительная усадка, %		Теплопроводность, Кал/см·с·°С
с. ш.	в. д.		1	2	3			линейная	объемная	
80°20.1’	52°46.5’	Песчано-гравийные смеси с алеврито-пелитовым заполнителем	1.81	1.75	1.38	27.2	24.1 (0.32)	3.8	21.9 (1.03)	0.436
75°32.5’	56°19.2’	Песчано-гравийные смеси с алеврито-пелитовым заполнителем	2.00	1.52	1.10	38.5	25.0 (0.35)	14.8	53.1 (2.94)	0.284
79°51.8’	51°48.9’	Песок	2.09	1.84	1.45	27.2	30.8 (0.44)	6.9	35.9 (2.06)	0.510
79°53.4’	51°25.5’	Песок	2.12	1.64	1.35	21.6	36.4 (0.57)	0	39.4 (3.01)	0.356
80°13.3’	50°29.0’	Песок	2.02	1.72	1.42	21.4	29.6 (0.42)	0	32.8 (2.28)	0.417
80°20.2’	52°52.7’	Песок	1.83	1.77	1.44	22.9	21.3 (0.27)	1.8	22.4 (1.26)	0.450
80°13.3’	50°24.9’	Алеврито-песчаный	2.08	1.57	1.14	37.8	45.3 (0.83)	15.4	53.1 (3.00)	0.312
79°52.4’	49°29.7’	Алеврито-песчаный	1.64	1.54	1.15	33.5	29.6 (0.42)	8.6	37.5 (1.79)	0.294
80°23.5’	51° 27.8’	Алеврито-песчаный	2.46	1.53	1.11	38.1	55.0 (1.22)	17.2	61.5 (4.20)	0.287
80°31.7’	52°34.1’	Алеврито-песчаный	1.79	1.57	1.03	53.2	42.6 (0.74)	13.2	42.9 (1.41)	0.313
80°19.9’	52°55.2’	Песчаный алеврит	2.12	1.50	1.09	37.9	48.9 (0.96)	17.9	56.3 (3.39)	0.269
80°35.6’	55°04.6’	Алеврито-пелит	1.64	1.27	0.79	59.6	51.5 (1.06)	33.3	68.8 (3.69)	0.160
80°44.4’	53°36.3’	Алеврито-пелит	1.45	1.31	0.85	54.0	41.2 (0.70)	29.3	58.3 (2.59)	0.178
80°24.0’	51°22.6’	Пелит	2.13	1.26	0.77	62.9	63.8 (1.76)	41.4	78.1 (5.67)	0.156
79°48.0’	53°04.4’	Пелит	1.44	1.22	0.74	64.1	48.6 (0.94)	37.9	69.7 (3.59)	0.141
80°20.2’	52°46.2’	Пелит	1.54	1.23	0.76	62.1	50.7 (1.03)	42.9	69.7 (3.71)	0.146
80°20.2’	52°54.1’	Пелит	1.27	1.09	0.69	58.4	45.8 (0.84)	29.4	64.3 (3.08)	0.101

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры в скобках – коэффициенты; плотность: 1 – удельная, 2 – объемная, 3 – скелета.

Физико-механические свойства песчано-гравийных смесей можно охарактеризовать как промежуточные между крупно- и среднезернистыми отложениями. Средняя плотность составляет: удельная – 1.91±0.09 г/см^3, объемная – 1.64±0.11 г/см^3, скелета – 1.24±0.14 г/см^3; естественная влажность – 32.9±5.7 %, эффективная пористость – 24.6±0.5 %, коэффициент пористости – 0.34±0.2; теплопроводность – 0.36±0.08 Кал/см·с·^{o}С; усадка отложений –9.3±5.5 и 37.5±15.5 % (линейная и объемная соответственно).

Магматизм архипелага. Магматические тела архипелага хорошо выражены в рельефе. Выделяются два типа магматических пород – эффузивные и интрузивные. Покровные тела бронируют осадочные породы от денудации, а секущие тела формируют гребни (нередко фиксируемые даже под покровами льда) и мысы, далеко вдающиеся в море.

Эффузивные породы слагают покровы мощностью от 2–3 до десятков метров, часто они разделены туфами, реже пластовыми интрузиями. По составу это породы основного состава разной степени раскристаллизованности, соответствующие платобазальтовой формации (миндалекаменные базальты и порфировые базальто-долериты).

Интрузивные породы представлены пластовыми интрузиями и дайками. По химическому и минеральному составу они близки к эффузивным породам. Пластовые тела представляют собой силлы, внедрившиеся в осадочные и эффузивные породы. Мощность покровов изменяется от 5 до 100 м, представлены они долеритами и габбро-долеритами. Секущие магматические тела представлены дайками того же состава, что и пластовые тела. Контакты даек почти вертикальные. Дайки формируют гребни, возвышающиеся над окружающей местностью, и мысы, далеко вдающиеся в море. Мощность даек изменяется от 1–2 до 100–120 м (250 м) в раздувах.

Прослеживаются дайки на расстояние до 140 км (“Диагональная” дайка) с одного острова на другой. Наиболее хорошо проявлены дайки северо-западного простирания, останцы которых формируют основу многих мысов (мыс Тегетхофф о. Галля, мыс Рубини о. Гукера и мыс Антирубини о. Скотт-Келти и др.). В геологической литературе хорошо известна скала Рубини (Геология …, 1970) в связи с хорошо выраженной столбчатой (четырех-, пяти- и шестигранной) и параллелепипедальной отдельностью.

Дайки северо-западного простирания, возможно, являлись подводящими каналами для эффузивных покровов и интрузивных пластовых тел.

Возраст магматических пород, по данным последних определений абсолютного возраста, юрско-меловой (Шипилов, 2004; Шипилов, Карякин, 2011). Активизации магматической деятельности происходили в раннеюрское (196.5±6.3–189.1±11.4 млн лет), позднеюрское (158.4±5.4–152.6±14.5 млн лет), раннемеловое (138.1±2.6–125.2±5.5 млн лет) и позднемеловое (103±7 млн лет) время. Близкий возраст базальтов установлен на арх. Шпицберген, Лудловском поднятии и в Свердрупском бассейне (Шипилов, 2004).

Тектоногеодинамическая эволюция арх. ЗФИ и прилегающего шельфа. В своих работах Э.В. Шипилов (2002, 2004; Шипилов и др., 2003)

выделяет три главных этапа тектонического преобразования Баренцево-Карского региона. Первый этап – рубеж палеозоя и мезозоя (позднепермско-триасовый) знаменуется началом широкомасштабной деструкции континентальной литосферы Северной Евразии. Второй этап – мезозойский (юрско-меловой), начало формирования и становление Амеразийского бассейна. Третий этап – кайнозойский (позднемеловой–кайнозойский), формирование Евразийского, Норвежско-Гренландского бассейнов и шельфовых границ Арктики. В тектоническом районировании арх. ЗФИ относится к Восточно-Баренцевоморскому мегабассейну и в докайнозойское время (до позднемелового времени) развивался совместно с Северо- и Центрально-Баренцевоморским прогибами.

Позднепермско-триасовый тектоногеодинамический цикл Баренцево-Карской континентальной окраины Евразии контрастно отличается от палеозойской истории развития региона. В это время качественно меняется состав горных пород с карбонатных и карбонатно-терригеных в палеозойское время на исключительно терригенные породы и отложения в мезозойско-кайнозойское время. При этом резко возрастает скорость седиментации, которая достигает лавинных темпов (Осадочный …, 1993; Богданов и др., 1997). В Восточно-Баренцевоморской мегадепрессии за позднепермское–триасовое время накопилось 10–11 км осадочных пород, что составляет половину фанерозойского осадочного чехла. Вероятно, в позднепермское раннетриасовое время мощный поток терригенного вещества поступал в Восточно-Баренцевоморскую мегадепрессию с окружающих ее поднятий. В условиях изначальной глубоководности бассейна (подготовленные глубины составляли 1.5–3.5 км; Шипилов, 2004), осадконакопление было некомпенсированным. В этот период формируются пестроцветные песчано-глинистые породы. Мощность триасовых отложе-ний в депоцентре Восточно-Баренцевоморской мегадепрессии составляет 7–8 км. В его разрезе отчетливо фиксируются пластовые тела, предположительно, магматического генезиса. Ареал развития пластовых тел протягивается от Южно-Баренцевоморской впадины до арх. ЗФИ и желоба Святой Анны. Основная магматическая активность происходила в позднепермско-раннетриасовое время и длилась 25–30 млн лет (Шипилов, Тарасов, 1998). В палеогеографическом отношении в триасовое время в Восточно-Баренцевоморской мегадепрессии происходила постепенная смена некомпенсированного осадконакопления к компенсированному и смещение морской седиментации на север. Для всего Баренцево-Карского региона это был главенствующий этап в геологической истории. Стабилизированный до этого тектонический режим региона приобретает подвижность, высокая скорость погружения земной коры сопровождается накоплением мощных осадочных толщ и базитовым магматизмом. В результате форми-руется аномальный облик Восточно-Баренцевоморской мегадепрессии.

Юрско-меловой тектонический этап Баренцево-Карской континентальной окраины проявлялся на фоне раскрытия Амеразийского бассейна.

В это время в Восточно-Баренцевоморской мегадепрессии формируются морские и мелководно-морские терригенные отложения. В отдельных локальных прогибах отлагаются глубоководные (депрессионные) фации, но на большей части региона накапливаются кремнисто-глинистые отложения, богатые органическим веществом (черносланцевые фации), свидетельствующие о стабильном тектоническом режиме. В раннем мелу произошла активизация тектонического режима, связанная с началом раскрытия Евразийского бассейна. В это время, помимо резкого падения уровня Мирового океана, интенсивно проявился базальтовый магматизм.

Кайнозойский тектонический этап начался с откола от Баренцево-Карско-Лаптевской палеоокраины Арктики хребта Ломоносова, началом раскрытия Евразийского бассейна и заложением листрических сбросов внешнего края континентальной окраины. В палеоцен-эоценовое время Баренцево-Карская континентальная окраина характеризовалась спокойным тектоническим режимом и преимущественно континентальным развитием, а арх. ЗФИ представлял собой эрозионно-денудационную равнину. Наиболее длительная регрессия моря фиксируется в раннем эоцене. Олигоценовый этап развития начинается с общепланетарного падения уровня Мирового океана, с максимумом в позднем олигоцене. Одновременно активизируется поднятие эпиплатформенных орогенов и море отступает к подножию континентального склона. В раннем, среднем миоцене происходит крупная трансгрессия и морское осадконакопление возвращается на большую часть шельфа, но уже в позднем миоцене (мессинский кризис) произошла самая крупная кайнозойская регрессия. По мнению некоторых исследователей, олигоцен-миоценовое поднятие континентальных окраин и эпиплатформенных орогенов является компенсационной реакцией на раскрывающийся Евразийский бассейн (Мусатов, 1995). Поднятие горных стран привело к изменению палеогеографических обстановок и первому оледенению в позднем миоцене (Киселев, 1976; Матишов, 1986, 1987; Зархидзе, 1992). Главным тектоническим событием палеогена на Баренцево-Карской континентальной окраине, вероятно, следует считать активизацию на Шпицбергенско-Североземельском краевом шельфовом поднятии деструктивных процессов, когда по системам листрических сбросов и разломно-флексурным зонам единая зона подверглась интенсивному расчленению краевыми шельфовыми прогибами на отдельные архипелаги. Началом этого процесса принято считать ранний олигоцен, в миоцене на архипелагах активизируются дизъюнктивные структуры, по которым закладываются проливы и фиорды (Мусатов, 1995). В неогене, на рубеже миоцена и плиоцена, произошло резкое усиление нисходящих движений блоков, а по системам активизированных и новообразованных сбросов формируются близкие к современному очертанию краевые желоба. На рубеже плиоцена-плейстоцена, на Баренцево-Карской континентальной окраине происходит очередная регрессия и активизация поднятий эпиконтинентальных орогенов. К концу неогена кон-

тинентальный склон, краевые архипелаги и желоба приобретают современный вид. По желобам осадочное вещество поступает в раскрывающийся Евразийский бассейн и формирует на континентальном склоне конуса выноса и клиноформы отложений мутьевых потоков. Вероятно, в конце неогеновой эпохи на архипелагах происходит формирование первых ледниковых щитов (Мусатов, 1995). Плейстоцен-голоценовый этап – это ледниковый период истории Баренцевоморского шельфа. Совместная деятельность эрозии и экзарации поднятых участков суши способствовали активному массопереносу вещества, накоплению мощной толщи рыхлых отложений не только у подножия континентального склона, но и на шельфе. В межледниковые стадии мутьевые потоки формировали у подножия континентального склона мощные конуса выноса, особенно активно этот процесс проявился в последнюю регрессивную стадию, в конце позднего плейстоцена (Матишов, 1984, 1986, 1987). В целом в плейстоцене происходит дальнейшее погружение отрицательных структур (желобов, фьордов и проливов) и умеренно колебательные движения положительных структур (архипелагов и подводных поднятий). В голоценовое время арх. ЗФИ испытал купольно-блоковое поднятие, а фиорды, проливы и краевые желоба – некомпенсированное прогибание, характер движений сохраняется и поныне. Амплитуда неоген-четвертичных движений превышает 1 км, а сочетание высококонтрастных положительных и отрицательных форм рельефа свидетельствуют о тектонической раздробленности земной коры и молодости Баренцево-Карской континентальной окраины.

Морфоструктурные особенности архипелага. Геолого-геофизические данные дают основание рассматривать резко расчлененный рельеф дневной поверхности арх. ЗФИ как результат тектонических движений (блоково-глыбового и рифтогенного характера), а линейные элементы рельефа (рис. 6) идентифицировать как дизъюнктивные структуры (Геология …, 1970; Сенин и др., 1989; Мусатов, 1995; Шипилов, Тарасов, 1998; Государственная …, 2004; Шипилов, 2004; Шипилов, Шкарубо, 2010). С большой долей вероятности можно предположить, что узкие линейные и дуговые проливы являются зонами разломов сдвиговой или сбросо-сдвиговой кинематики, разрыв сплошности пород происходил в условиях сжатия (часть структур, вероятно, развивались без смещений тектонических блоков). Другой вид тектонических структур представляют широкие проливы, формирующиеся в условиях растяжения земной коры с опусканием тектонических блоков по глубинным разломам сбросовой кинематики с формированием грабеновидных и горстообразных структур.

Одно из первых морфоструктурных районирований арх. ЗФИ было выполнено сотрудниками ММБИ в 1994 г. (Матишов и др., 1994). Были выделены четыре морфоструктурных блока с преобладанием восходящих тектонических движений и один блок отрицательных движений. Каждый воздымающийся морфоструктурный блок включал группу островов и их подводные цоколи, а границы блоков проводились по крупным дизъюнк-

тивным зонам, выраженным в современном рельефе архипелага проливами. Наравне с ними был выделен морфоструктурный блок с нисходящим движением (пролив Британский канал). Не отрицая предложенное морфоструктурное деление арх. ЗФИ, попытаемся охарактеризовать главные морфоструктурные особенности региона (рис. 7а,б).



Рис. 6. Схема линеаментов района арх. ЗФИ:
1 – острова; 2 – подводные цоколи островов; 3 – линеаменты сдвиговой кинематики; 4 – линеаменты сбросовой кинематики, формирующие грабенообразные структуры

Первая особенность: восточный и юго-восточный районы архипелага резко отличаются от центральной и западной областей (рис. 7а). Районы включают в себя четыре крупных острова (Земля Вильчека, Греэм-Белл, Ева-Лив, Ле-Ронсьер), имеющих брахиформное очертание, и ряд мелких островов и скал. Острова и их подводные цоколи ограничены дуговыми линеаментами, что делает их морфологически схожими с магматическими структурами (эффузивными или интрузивными). Морфоструктурные блоки с востока срезаются структурой желоба Святой Анны, что указывает на их более древний возраст. Характерная геоморфологическая особенность островов – куполообразная форма, слабая изрезанность береговой линии и средняя крутизна склонов (лишь в локальных участках фиксируются крутые склоны). Можно предположить сводово-блоковое поднятие восточного и юго-восточного районов.

Вторая особенность: западный район имеет не менее четко выраженные отличия от центральной и восточной областей, он включает в себя три острова, линейно вытянутых в северо-восточном направлении (Земля

Александры, Земля Георга, Артура), и ряд скал. Геоморфологические особенности островов следующие:

1) максимальная (для арх. ЗФИ) расчлененность береговой линии;

2) крутые (часто прямолинейные) склоны;

3) водоразделы платообразные, бронированные на высоте 300–400 м над уровнем моря;

4) широкие прибрежные низменности (на западных побережьях островов).

Район имеет аномальное геологическое строение:

1) приподнятое положение подошвы осадочного чехла (кровли фундамента);

2) отсутствие в разрезе чехла верхнетриасовых и юрских пород (размыв, среднемезозойской толщи);

3) широкое распространение эффузивных пород мелового возраста.

Можно предположить блоково-глыбовое поднятие района при сжима-ющих усилиях с юго-запада и северо-востока.

Третья характерная черта: центральная зона (область) имеет северо-восточное простирание с преобладающей северо-западной ориентировкой островов и их подводных цоколей. Область представляет собой зону наибольшего дробления земной коры арх. ЗФИ. Максимальный блок дробления располагается в вершине двух отрицательных клиновидных структур – Британского канала и Вильчековской впадины. Раздробленный блок объединяет десять небольших островов (Нансена, Бромидж, Кетлица, Вильтон, Брейди и др.), сюда же можно отнести о. Гукера и расположенные к югу и западу от него мелкие острова-скалы (Мей, Ньютона, Итона и др.). Вполне вероятно, что в строении блока имеется жесткое основание, в котором тектоническая структура Британского пролива не смогла реализоваться наподобие краевых желобов и, раздробив земную кору, завершила свое развитие. В результате сформировалась сложная система взаимно секущих зон раскола земной коры, самые крупные из которых в настоящее время представляют собой глубокие (до 600 м) проливы Де-Бруне, Мархам, Аверден и Ален-Юнг.

В северной части Центральной зоны можно выделить два морфоструктурных района. Первый объединяет острова Райнера, Беккера, Паера, Джексона, Гофмана, Карла-Александра, Рудольфа – с радиальной системой проливов (центр морфоструктуры о. Райнера); второй – Солсбери, Винер-Нейштадт, Циглера, Чамп, Луиджи (о. Хейса?) – с юго-востока морфоструктура блока срезается грабеновидной зоной Австрийского про-лива. Район разбит системой узких субпараллельных проливов северо-западного простирания.

С большой долей вероятности можно предположить, что эти два морфоструктурных района являются блоковыми структурами, формирующимися под действием двустороннего сжатия и гляциоизостатического поднятия. Зоны проседания земной коры имеют северо-западное и северо-восточное простирание, следовательно, сжимающие усилия были направлены в субширотном и субмеридиональном направлениях.

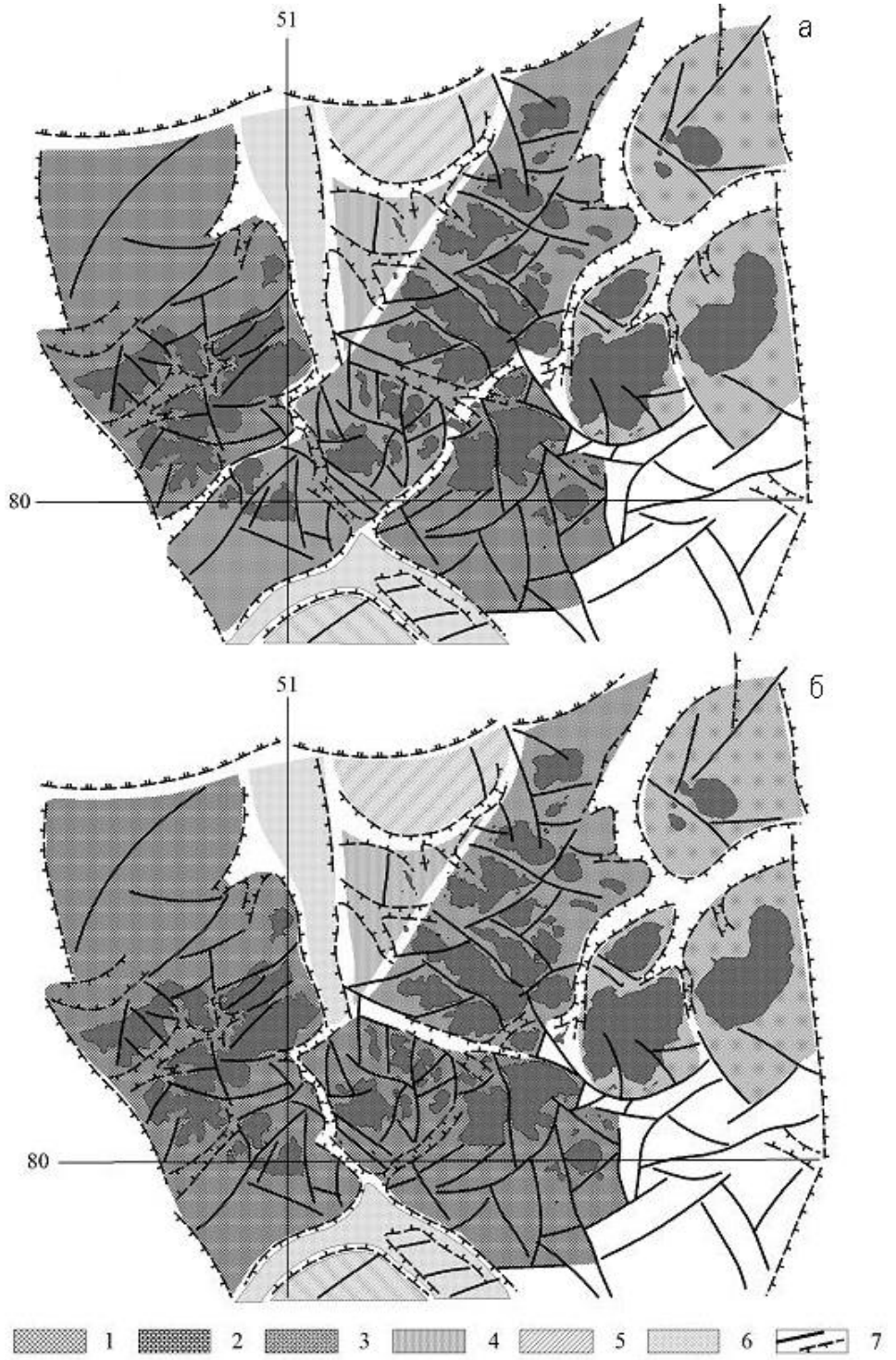


Рис. 7. Морфоструктурное районирование арх. ЗФИ и прилегающего шельфа при двухстороннем (а) и меридиональном (б) сжатии структур:

1–6 – неотектонические структуры [1 – сводо-блокового поднятия, 2 – антиклинально-блокового поднятия, 3 – глыбово-блокового поднятия, 4 – слабых блоковых опусканий, 5 – слабых брахиформных блоковых опусканий (мульды опускания), 6 – интенсивных линейно-блоковых опусканий]; 7 – линеаменты. Пояснение в тексте

Возможно иное представление о морфоструктурном строении арх. ЗФИ (рис. 7б). Хотя это касается только южной части архипелага (так как морфоструктуры в восточной и северной частях архипелага фиксируются достаточно уверенно), но подразумевает абсолютно другую интерпретацию неотектонических событий.

Можно выделить западный морфоструктурный блок, объединяющий острова: Земля Александры, Земля Георга, Брюса, Белл, Мейбел, Нортбрук. Северный неотектонический блок имеет северо-северо-западную ориентировку с относительно приподнятой центральной частью и опущенными периферийными частями. Блок сформирован на крыле крупной антиклинальной структуры (ось антиклинали располагается в проливе Британский канал), отделенной от желоба Франц-Виктория глубинным разломом (рис. 2). Так же выделяется южный блок, объединяющий острова: Холл, Сальм, Мак-Клинтока, Гукера, Ньютона, Скотт-Келти, Ли-Смит, Кетлица, Нансена. Южный неотектонический блок имеет северо-западную ориентировку с относительно приподнятой северной частью и опущенной южной. Располагается блок на крыле антиклинальной складки, отделенной от синклинали пролива Австрийский канал глубинным разломом (рис. 2). Приподнятая часть блока располагается около оси антиклинали. При таком морфоструктурном построение южной и западных областей арх. ЗФИ отчетливо проявляется замыкание единой субмеридиональной зоны прогибов (Британский канал и Вильчековская впадина). В результате перемещения южного неотектонического блока на северо-запад происходило не только замыкание зоны прогибов, но и ротация оси западного неотектонического блока на север. В этом случае максимальная зона дробления располагается на стыке двух морфоструктур. Шовная зона замыкания прогибов в современном рельефе представлена проливом Де-Брюйне.

Имеющийся в настоящее время геолого-геофизический материал не позволяет отдать предпочтение одной из двух предложенных морфоструктурных схем.

Краткая геоморфологическая характеристика акватории архипелага. О генезисе проливов и заливов ЗФИ существуют две точки зрения: экзогенное происхождение, т. е. глубокое выпахивание ледниками (Гросвальд, 1983), и экзогенно-эндогенное происхождение, т. е. тектоническая предопределенность зон выпахивания ледниками (Матишов и др., 1994). На наш взгляд, главный фактор формирования проливов – тектонические движения по дизъюнктивным структурам, на это указывает линейная ориентировка и большая протяженность проливов, прямолинейный профиль склонов, отсутствие экзогенных форм рельефа, сопровождающих экзарационную деятельность ледников, небольшие амплитуды послеледникового поднятия на фоне резкой расчлененности рельефа, которые свидетельствуют об интенсивных тектонических процессах и небольшой гляциоизостатической компенсации ледниковой нагрузки (рис. 8).

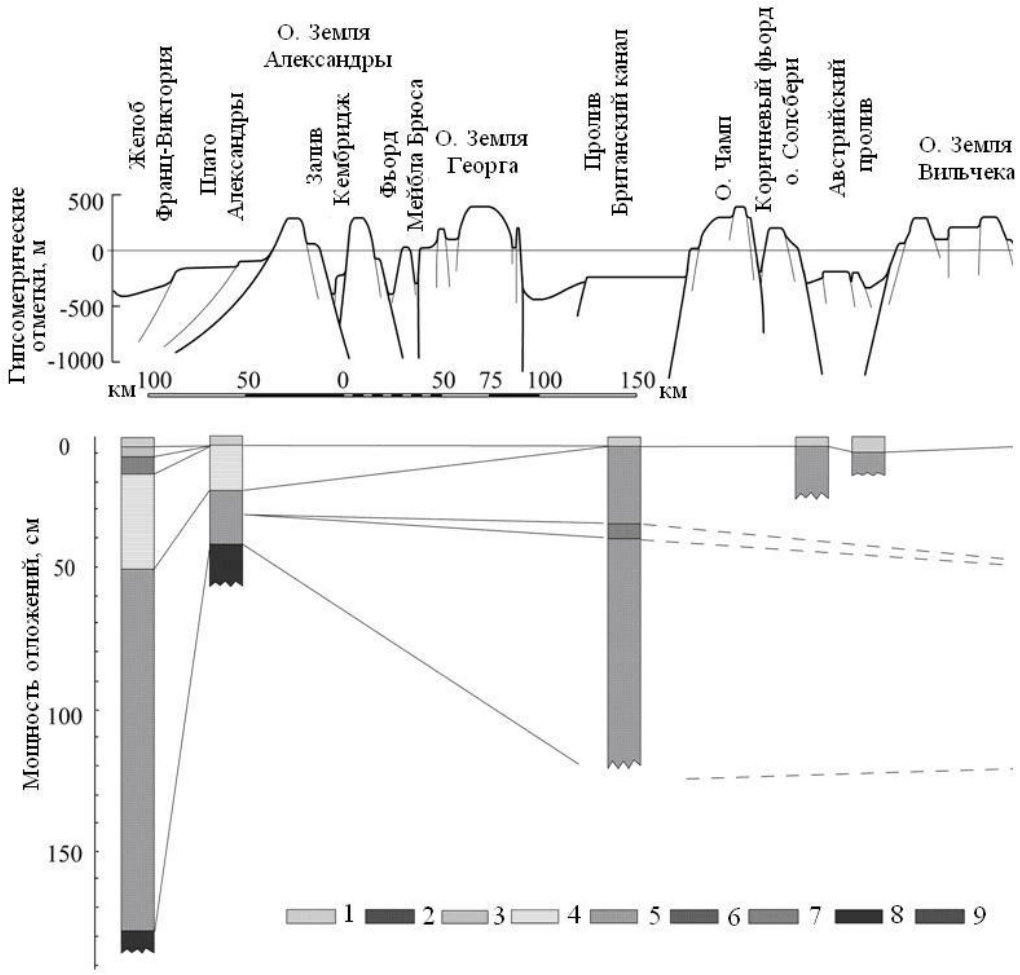


Рис. 8. Широтный структурно-геоморфологический профиль через арх. ЗФИ и разрез современных донных отложений:

1 – современные; 2 – склоновые; 3 – горизонт хард-граунд; 4 – ледово-морские; 5 – ледниково-морские; 6 – марино-гляциальные с гидроокислами Fe и Mn; 7 – песчано-гравийные прослои; 8 – ледниковые; 9 – ледниковые с большим количеством гидротроилита

В геоморфологическом строении проливов архипелага уверенно выделяется два типа: проливы исключительно тектонического генезиса (*тектонические*) – узкие V-образные депрессии с крутыми склонами и узким днищем; проливы, возможно, экзарационно-тектонического происхождения (*экзарационно-тектонические*) – широкие U-образные депрессии со ступенчатым склоном, широким днищем, в котором фиксируются локальные продольные понижения и поперечные поднятия (ригели) рельефа (рис. 9).

Наиболее разнообразны склоновые поверхности проливов, среди которых можно выделить крутонаклонные поверхности с уклоном более 5^{o}, слабонаклонные поверхности (уклоны варьируют от 1 до 5^{o}) и субгоризонтальные поверхности (уклон менее 1^{o}). Субгоризонтальные участки склонов в большинстве случаев представляют собой подводные струк-

турные поверхности (цоколи островов). На это указывают мощности кайнозойских отложений на цоколях, не превышающие 5 м (в большинстве случаев менее 0.5 м). Нельзя исключить наличие скульптурных поверхностей (на глубинах более 200 м) плиоценового, ранне-, среднеплейстоценового возраста, так как в Баренцевом море лестница аккумулятивных террас фиксируется до глубины 250–300 м (Мусатов, 1995, Митяев, 2001), при этом самые низкие террасовые уровни сформированы отложениями позднеплиоцен-раннеплейстоценового возраста. На архипелаге ЗФИ отложения неоген-плейстоценового возраста могли быть уничтожены экзарацией, но сохранение останцов скульптурных поверхностей можно ожидать в проливах на больших глубинах. В современном рельефе проливов ЗФИ довольно отчетливо выделяются два выровненных уровня, возможно, экзогенного генезиса. Но при такой интенсивной тектонической расчлененности архипелага любые уровни на любых глубинах могут быть структурными и формироваться в результате блоковых опусканий земной коры. Первый террасовидный уровень расположен на глубине от 150 до 200 м. Он отделен от сочленяющихся с ним наклонных поверхностей двумя перегибами рельефа: вогнутым – тыловой шов (граница уровня с береговым склоном) и выпуклым – бровка (на внешней границе уровня). Хорошо данный уровень выражен к югу от о. Греэм-Белл, к северо-западу от островов Джексона, Карла-Александра, Рудольфа. Второй уровень занимает диапазон глубин 300–400 м, имеет аналогичное строение с верхним уровнем, но развит локально и только в проливах с глубиной более 500 м.

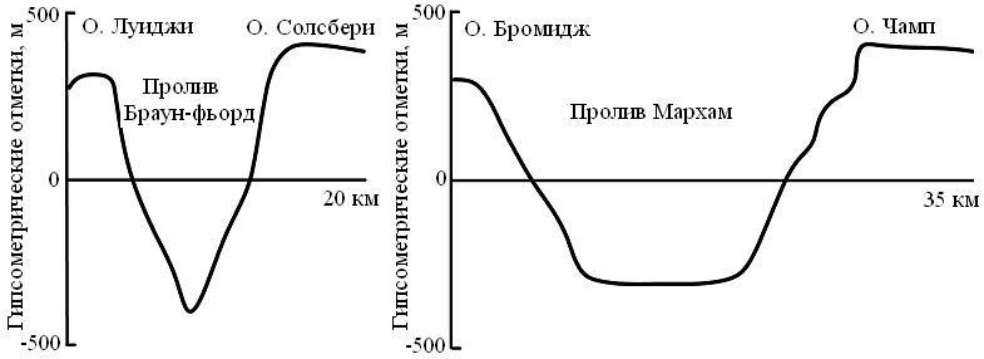


Рис. 9. Типичные поперечные геоморфологические профили проливов арх. ЗФИ

В тектонических проливах резко преобладают крутонаклонные склоновые поверхности, нередко начинающиеся непосредственно на островах. Прямолинейный профиль склонов и крутой угол наклона (десятки градусов) свидетельствуют о молодости поверхностей, на которых еще не сказались деструктивные процессы. С большой долей вероятности можно предположить, что данные склоновые поверхности есть плоскости разломов.

Пологие склоновые поверхности широко распространены в крупных проливах. Имеющийся батиметрический материал не позволяет оценить

природу данных поверхностей (угол естественного откоса осадочных пород, пологонаклонные разломы или иное), так как они сильно осложнены многочисленными перегибами рельефа, локальными впадинами и поднятиями, по-видимому, они имеют полигенетическое происхождение.

В районе архипелага выделяется два типа субгоризонтальных поверхностей. Первый тип – днища проливов, второй тип – выступы коренных пород, формирующие банки и мели нередко с отдельными скалами и мелкими островами. Второй тип субгоризонтальных поверхностей – это структурные уровни, широко распространенные в южной и северной частях архипелага. Глубина расположения выровненных поверхностей от 50 до 100 м. Подводные цоколи островов и погруженные субгоризонтальные поверхности, вероятней всего, имеют одинаковое происхождение.

Перегиб рельефа, отделяющий береговой склон от днища проливов, четко выражен независимо от генезиса проливов. Днища проливов представляют собой выровненные, слегка волнистые поверхности, осложненные локальными депрессиями (относительной глубиной до 150 м) и поперечными поднятиями. Глубины, в которых располагаются локальные депрессии, зависят от абсолютных глубин днищ проливов, но чаще всего они составляют 300–600 м.

Нередко локальные депрессии ограничены поперечными поднятиями морского дна (ригелями) с относительными превышениями более 50 м. Решить вопрос о генезисе поперечных поднятий без геологических данных о четвертичных отложениях невозможно. Можно только предположить, что поперечные поднятия представляют собой выступы коренных пород по следующим геоморфологическим признакам: большие относительные превышения над днищем залива, линейный характер (отсутствие серповидных очертаний), расположение на продолжении цоколей островов. К сожалению, большое сечение изобат (50–100 м) не дает возможности оценить ни крутизну, ни морфологию, ни асимметрию склоновых поверхностей поднятий. В проливе Британский канал можно проследить несколько продольных поднятий морского дна. Наиболее протяженное продольное поднятие фиксируется на западе пролива (от о. Артура до о. Земля Георга). Поднятие имеет серповидный вид, его выпуклая сторона обращена в сторону открытого моря. Оценочная ширина поднятия составляет 10 км, протяженность – 50–60 км, в продольном направлении глубина на поднятии увеличивается от центра к периферии. По морфологии можно предположить, что поднятие имеет ледниковое или водно-ледниковое происхождение (конечно-моренный вал или флювиогляциальная дельта).

Глубоководные участки проливов далеко не всегда занимают осевое положение. Особенно отчетливо это проявлено в Британском канале и Австрийском проливе. Асимметрия поперечного профиля проливов – яркое свидетельство их тектонической предопределенности и связи с блоковыми движениями.

По геоморфологическому строению архипелага отчетливо прослеживается два направления сноса осадочного вещества: первое – в Аркти-

ческий бассейн (на север и северо-восток), второе – на шельф Баренцева моря (на юг и юго-запад). Водораздельная линия имеет серповидное очертание и прослеживается по южным островам от о. Земля Александры на западе до о. Греэм-Белл на востоке.

Древние береговые линии островов архипелага. Начиная с раннего послеледникового времени (примерно 13 тыс. лет назад), восходящие тектонические движения затронули все побережье Баренцева моря, в том числе и арх. ЗФИ (Ковалева и др., 1974; Гросвальд, 1983; Матишов и др., 1994).

Вероятно, впервые два комплекса древнебереговых линий на ЗФИ описал Т.Н. Спижарский (1936). Им было выделено два комплекса террас: верхний, располагающийся на гипсометрических отметках выше 35 м (до 250 м) над уровнем моря и нижний – от 0 до 30 м над уровнем моря. В связи с тем, что на островах архипелага структурные поверхности (как выполненные покровами эффузивных пород, так и осадочными породами) имеют субгоризонтальное залегание, морское происхождение верхних выровненных уровней признается не всеми исследователями. Если исходить из общих представлений о том, что вплоть до конца бореальной стадии голоцена на гляциальных побережьях Баренцева моря формируются только абразионные уровни (Древнебереговые …, 1971; Гросвальд, 1983; Авенариус, Дунаев, 1999; Митяев, Корсун, 2010), то отсутствие на верхних уровнях островов ЗФИ рыхлых отложений вполне укладывается в эти представления. С другой стороны, определение возраста древесины, костей моржей и тюленей из отложений террас островов ЗФИ, расположенных на гипсометрических отметках 45–47 м и 30–33 м над уровнем моря, дали возраст формирования поверхностей от молодого дриаса до пребореала (Матишов и др., 1994). Это ставит под сомнение возможность формирования в раннее послеледниковое время террас на абсолютных отметках более 100 м над уровнем моря (скорость тектонического поднятия, с учетом эвстатического повышения уровня моря должна быть более 40 мм/год (40–110 мм/год)).

В настоящее время большинством исследователей признается факт дифференцированных тектонических движений в поздне- и послеледниковое время на побережьях Баренцева моря. Этому способствовали многочисленные геолого-геоморфологические исследования в этих районах. Не исключение и острова арх. ЗФИ. Особенно отчетливо блоковая тектоника наблюдается между островами (хотя вполне вероятно, что отдельные острова также имеют блоковое строение). Так, высотные отметки террас бореального моря (трансгрессия фолас) на о. Белл расположены на высоте 45–47 м, на о. Гукера – 33 м, на о. Холл – 30 м над уровнем моря. На острове Нансена терраса трансгрессии литторина расположена на высоте 27 м, а аналогичная по возрасту терраса на о. Гукера – на высоте 36 м над уровнем моря.

Рассмотрим лестницу древнебереговых линий и возрастные датировки древесины, остатков костей морских млекопитающих и раковин

моллюсков из отложений террас на островах арх. ЗФИ (рис. 10). Материал был собран в середине 1990-х гг. в экспедиции ММБИ Г.Г. Матишовым, В.И. Мысливцом и С. Форманом и обработан в США С. Форманом (Матишов и др., 1994). Самые древние органические остатки, датируемые концом позднего дриаса, выявлены на террасовых уровнях о. Нансена (10360±115 лет) и о. Гукера (10730±115 лет). На острове Нансена террасы бассейна литторина расположены на высоте 25–27 м, а на о. Гукера – 33–36 м, если их сопоставить с линиями d_5–d_1 Таннера (Tanner, 1930), то они оказываются на 30–50 м ниже аналогичных уровней Фенноскандии. Это может свидетельствовать о запаздывании изостатического поднятия архипелага в связи с незавершенностью дегляциации.

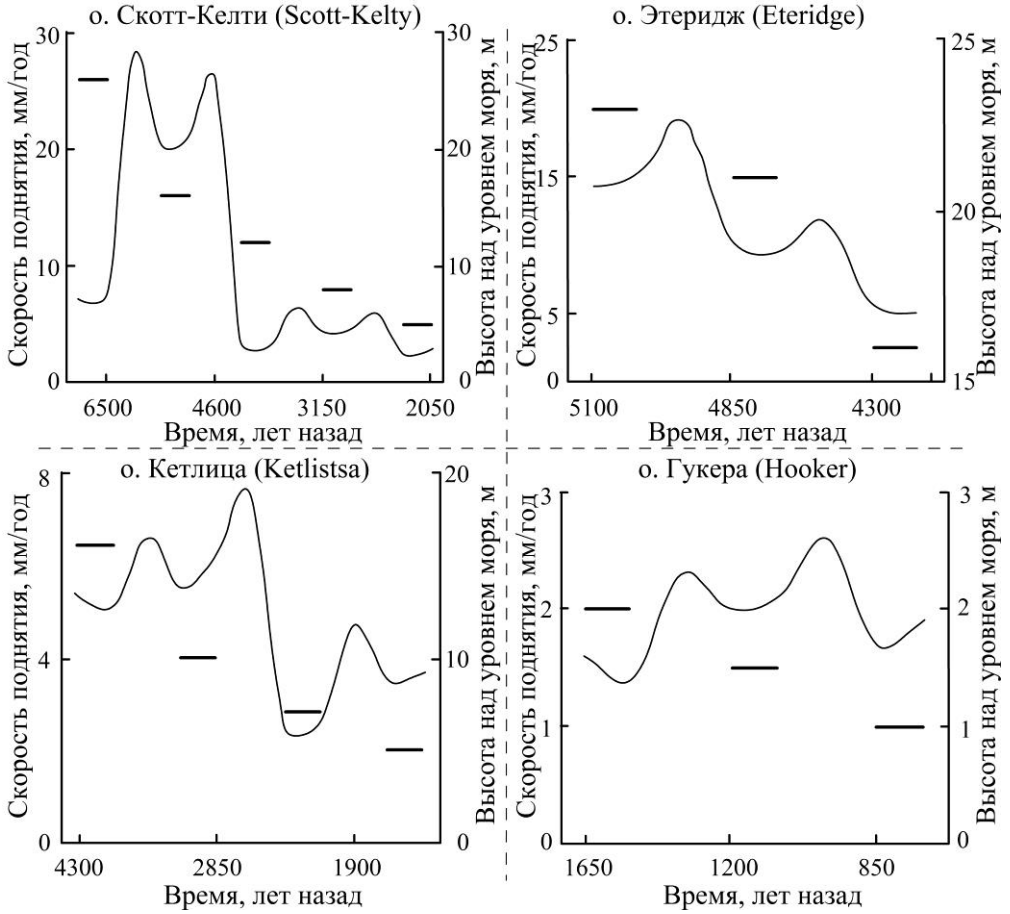


Рис. 10. Лестница морских террасовых уровней и графики скоростей поднятия островов арх. ЗФИ

Более молодые уровни, но расположенные гипсометрически выше, выявлены на о. Белл. Здесь террасы, выявленные на высоте 45–47 м над уровнем моря, содержат древесину и костные остатки морских млекопитающих пребореального возраста (9580±210 и 9705±105 лет). Аналогичные по возрасту органические остатки выявлены на о. Гукера (9620±230 и

9855±125 лет) в отложениях террасы 33–36-метрового уровня. Их можно сопоставить с линиями c_5–c_1 Таннера (Tanner, 1930), которые в Фенноскандии располагаются на высоте 50–55 м. Террасовые уровни бореального времени рассматриваются в Фенноскандии как промежуточные; так как никаких трансгрессивных стадий в это время не выявляется, то высотное положение их устанавливается между 35 и 43 м над уровнем моря. На островах Гукера и Холл в отложениях 23- и 30-метровых уровней выявлены органические остатки бореального времени (8715±100, 8655±145 и 8210±140 лет). Как видно уже в раннеголоценовое время высотные отметки террасовых уровней островов арх. ЗФИ и Фенноскандии выравниваются, хотя незначительное отставание поднятия архипелага еще наблюдается.

Основополагающими уровнями (для корреляции климатических и геологических событий побережий Баренцева моря) служат террасы атлантической стадии голоцена. Это древнебереговые линии c, b, a_9–a_1 Таннера (Tanner, 1930), с радиоуглеродными датировками 7.4–4.5 тыс. лет назад, они формировались в период трансгрессии Тапес и располагаются в Фенноскандии на гипсометрических отметках 16–26 м над уровнем моря. На арх. ЗФИ наиболее полная лестница террас среднеголоценового времени выявлена на о. Скотт-Келти (рис. 10), здесь на высотных отметках 26 (6590±85 лет), 15–16 (4640±75 лет) и 12 м (4485±75 лет) расположены уровни, сложенные валунным и гравийно-галечным материалом, в которых найдены раковины моллюсков, кости китов, моржей, тюленей и обломки древесины (Матишов и др., 1994). На острове Нансена на высоте 25–27 м расположена терраса, содержащая раковины моллюсков с возрастом 6630±60 лет. На острове Этеридж на высоте 21–23 м выявлена терраса, в отложениях которой содержится древесина с возрастом 4890±80 лет. На острове Белл на высоте 26 м расположен уровень, в отложениях которого выявлена древесина с возрастом 6050±60 лет. Как видно, высотные отметки террасовых уровней атлантической стадии голоцена на островах арх. ЗФИ и Фенноскандии сопоставимы. Но при детальном рассмотрении выявляется одна принципиальная разница. Формирование всех трех уровней бассейна Тапес (Тапес-I, Тапес-II и Тапес-III) на арх. ЗФИ протекало с некоторым временным запаздыванием. Верхний террасовый уровень на арх. ЗФИ формируется на 500–600 лет позже, чем аналогичные уровни в Фенноскандии, средний уровень – на 300–400 лет позже и нижний – на 150–200 лет позже.

Древнебереговые уровни позднеголоценового этапа выявлены на многих островах арх. ЗФИ (рис. 10). Они располагаются на высоте 1–11 м и сопоставляются с линиями a_6–a_1 Таннера (Tanner, 1930), имеют радиоуглеродные датировки 4.1±0.85 тыс. лет назад. Два верхних уровня прослежены на островах: Скотт-Келти (8 м – 2970±145 лет), Кетлица (10 м – 2980±125 лет, 7 м – 2410±70 лет) и Мейбел (10 м – 2730±90 лет). Вероятно, они формировались в период трансгрессии Тривия. Нижние уровни

отмечаются на многих островах архипелага: так, на о. Гукера выявлено три уровня (2 м – 1590±40 лет, 1.5 м – 1100±80 лет и 1 м – 775±65 лет). Вероятно, они формировались в период трансгрессии Острия. Не совсем ясно положение уровня, располагающегося на высоте 4–6 м над уровнем моря. На одних островах органические остатки в отложениях, слагающих уровень, датируются субатлантическим временем (о. Скотт-Келти – 2215±65 лет, о. Кетлица – 1500±60 лет, о. Гукера – 1620±75 лет), на других – суббореальным (о. Мейбел – 3310±135 лет, о. Нансена – 2470±70 лет). Отсутствие геоморфологических характеристик уровня не позволяет однозначно решить вопрос о возрасте поверхностей. В Фенноскандии близкий по высоте уровень в большинстве случаев представлен абразионной поверхностью, выработанной в отложениях террас бассейна Тапес и Тривия, но достаточно часто уровень представлен аккумулятивной поверхностью. С большой долей вероятности можно предположить, что на островах Мейбел и Нансена формирование 4–6-метрового уровня связано с абразией берега, а на островах Скотт-Келти, Кетлица и Холл – с аккумуляцией вещества. В целом позднеголоценовые уровни на островах арх. ЗФИ расположены на тех же самых высотных отметках, что и на побережье Фенноскандии.

Таким образом, можно констатировать несколько достаточно спорных моментов послеледниковой истории развития арх. ЗФИ. Во-первых, нет никаких достоверных данных о развитии на берегах островов арх. ЗФИ поверхностей бассейна портландия. Это может свидетельствовать о том, что дегляциация на архипелаге началась позже, чем распад Скандинавского ледникового щита, и вплоть до конца позднего дриаса на архипелаге не было условий для формирования террасовых уровней (вероятней всего, это было связано с тем, что акватория архипелага круглогодично была покрыта сплошными льдами). Остается неясным, какое гипсометрическое положение занимали острова архипелага в позднеледниковое время и как соотносились скорость эвстатического повышения уровня моря и скорость неотектонического поднятия архипелага в это время. Во-вторых, поверхности, сформированные в раннеголоценовое время трансгрессиями литорина и фолас, расположены гипсометрически ниже аналогичных поверхностей в Фенноскандии, что может быть объяснено более слабым изостатическим импульсом архипелага (незавершенность дегляциации и меньшая мощность ледникового щита на архипелаге). В-третьих, в среднеголоценовое время гипсометрические отметки террас на островах ЗФИ и в Фенноскандии выравниваются, хотя можно отметить небольшое временное отставание в наступлении трансгрессивных фаз на архипелаге. Можно констатировать, что на архипелаге в атлантическую стадию голоцена резко активизировались вертикальные движения (возможно, в климатический оптимум голоцена на архипелаге активизировались дегляционные процессы, которые добавили импульс тектоническому поднятию), а временное запаздывание формирования террас вызвано асинхронностью

наступления тектонической стабилизации на архипелаге и в Фенноскандии. В-четвертых, в позднеголоценовое время тектонические движения островов ЗФИ и побережья Фенноскандии однотипны и близки по скорости.

Опираясь на полученные данные и скорость эвстатического повышения уровня Мирового океана (Фейрбридж, 1974), можно оценить скорость поднятия островов арх. ЗФИ в голоцене (рис. 11). В среднем острова поднимаются со скоростью 8.1±1.3 мм/год (n = 36). Выделяется три этапа резкой активизации поднятия островов архипелага: в начале позднего дриаса, в конце атлантической и начале субатлантической стадий. Первые два этапа активизации движений хорошо увязываются с изменениями климата и дегляциацией ледников, так как они наступали сразу после теплых этапов послеледниковья (первый после температурного оптимума в аллереде, второй в конце голоценового климатического оптимума). Третья активизация поднятия архипелага не связана с климатом и, возможно, является собственно тектонической.

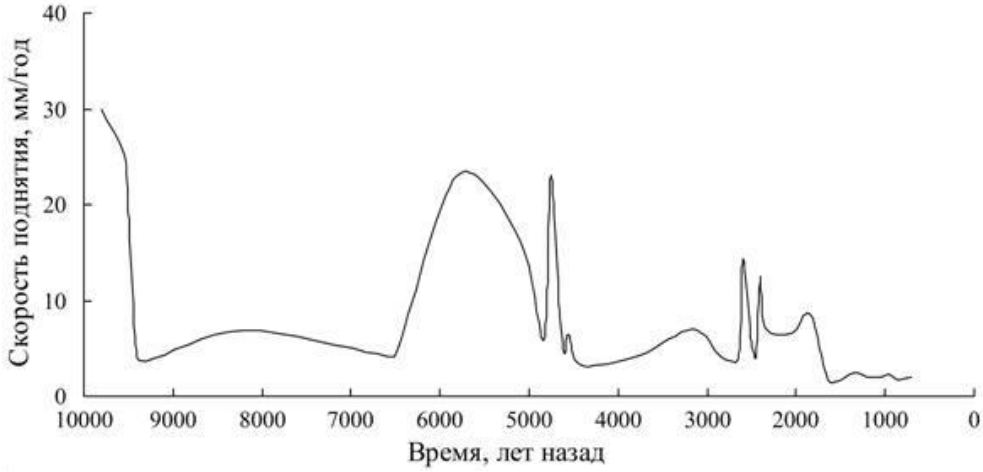


Рис. 11. Сводный график скорости поднятия островов Белл, Скотт-Келти, Нансена, Гукера, Этеридж, Мейбел и Холл

Скорость поднятия островов архипелага в периоды активизации тектонических движений в среднем составляли 11.9±2.2 мм/год (n = 12), замедляясь от первого этапа к третьему (в первый этап 20–25, во второй – 16–23, в третий – 8.5–14.5 мм/год). Скорость поднятия островов архипелага в периоды стабилизации тектонического режима в среднем составляет 4.3±0.5 мм/год (n = 24).

Вычисленные нами скорости поднятия островов ЗФИ значительно выше ранее проведенных оценок (Ковалева и др., 1974), но почти в 2 раза ниже, чем оценки скоростей поднятия побережья Фенноскандии (Авенариус, 2001; Митяев, 2001; Человечество …, 2001; Митяев, Корсун, 2010). Во второй половине субатлантической стадии голоцена скорость поднятия архипелага стабилизируется и до настоящего времени остается постоянной, изменяясь на разных островах от 1.5 до 3.5 мм/год.

Современные условия седиментации. Современные отложения ЗФИ указывают на то, что аккумуляция осадочного вещества в каждой конкретной точке проливов и заливов происходит непрерывно, без существенных изменений условий седиментации. Об этом свидетельствуют структурно-текстурные особенности отложений (нет ленточных структур, не фиксируются перерывы в осадконакоплении или следы размыва). Вещественный состав осадков указывает на возможность наложения нескольких процессов поставки осадочного вещества. Географическое положение и геоморфологическое строение арх. ЗФИ делает необходимым различать в его пределах три фациальные зоны и два типа седиментации. Фациальные зоны обусловлены резким перепадом глубин, что позволяет выделить в проливах и заливах: глубоководную (днища заливов и проливов), мелководную (на цоколях островов и на подводных поднятиях) и склоновую фации. Типы седиментации определяются климатом (географическим положением). Важнейшим фактором современной седиментации в районе архипелага является ледовый режим. Бывали годы, когда акватория архипелага была покрыта льдом круглогодично (1980, 1982–1983, 1986 гг.) (Левитан и др., 2007). Седиментация в подледных условиях в среднем протекает около 10 мес. в году, с большой долей вероятности ее можно сравнить с пелагическим осадконакоплением посредством осаждения авто- и аллохтонных взвесей. Другой тип седиментации – прибрежное осадконакопление в условиях оледенения суши (прибрежно-морские перигляциальные условия аккумуляции вещества), ледового и айсбергового разноса литогенного вещества (ежегодный айсберговый сток с архипелага 2.26 км^3; Левитан и др., 1995) (рис. 12).

При седиментации в подледных условиях все фациальные зоны находятся в одинаковых условиях (или в близких к одинаковым), а различий в характеристиках водных толщ нет.

При седиментации в перигляциальных условиях необходимо различать дистальную и проксимальную зоны ледниково-морского осадконакопления (рис. 12) аналогично другим архипелагам Баренцевоморского шельфа (Ионин и др., 1981; Gorlich et al., 1987; Влияние …, 2004; Митяев и др., 2005а). Здесь в летний период времени формируется стабильная стратификация водной толщи, где шлейф талых ледниковых вод мощностью 5–10 м, постепенно осолоняясь и выполаживаясь, выходит в открытую акваторию проливов (Корсун, 1996). Ниже располагается слой воды с нормальной морской соленостью. Вся прибрежная область пелагиали архипелага в безледный период года характеризуется сильными вертикальными и латеральными градиентами солености и температур воды по типу поверхностных гало- и термоклина. Это свидетельствует о незначительной роли вертикального перемешивания вод в формировании структуры прибрежной пелагиали. Следовательно, турбулентный перенос тепла в нижние слои пелагиали невелик, а придонная толща воды характеризуется спокойной гидродинамической обстановкой (Корсун, 1996).

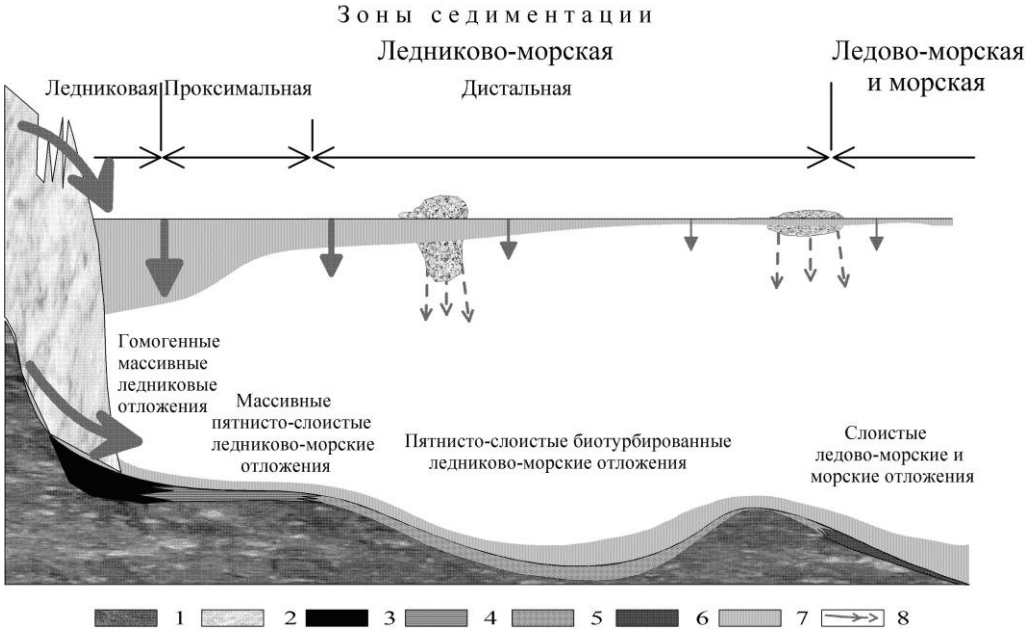


Рис. 12. Модель современной седиментации и фаций современных осадков перед фронтом отступающего ледника (Митяев и др., 2005б):

1 – коренные породы; 2 – ледниковый уступ; 3–6 – фации современных отложений (3 – гомогенные песчано-глинистые отложения донной морены; 4 – слоистые, пятнисто-слоистые алевритоглинистые, алеврит-песчаные отложения; 5 – биотурбированные илистые, алеврит-илистые отложения, слоистых и пятнисто-слоистых текстур; 6 – слоистые илистые отложения); 7 – повышенные содержания суспензионных частиц в морской воде; 8 – поставка осадочного вещества (количество поставляемого вещества аппроксимируется толщиной стрелки)

Наиболее однородные условия как седиментации, так и формирующихся отложений наблюдаются в глубоководной фациальной зоне (глубины более 200 м). В этой зоне формируются отложения, более чем на 80 % состоящие из вещества пелитовой размерности. С большой долей вероятности можно утверждать, что это области аккумуляции суспензионных частиц как в подледных (пелагических), так и в дистальных перигляциальных условиях. Дополнительно в эту область поступает от 15 до 25 % грубообломочных частиц айсбергового, ледового разноса и, возможно, склоновых плотностных потоков.

В противоположность глубоководным отложениям, отложения склоновой и мелководной (глубины менее 200 м) фациальных зон характеризуются полигенными условиями седиментации. В отложениях этих зон доля материала пелитовой размерности в среднем не превышает 25–35 %, что, вероятно, свидетельствует о транзите суспензий и отложении более крупных частиц. Особняком стоит мелководная проксимально-перигляциальная зона – область быстрого осадконакопления, где формируются плотные, вязкие, тугопластичные отложения массивных текстур с содер-

жанием коллоидных частиц в среднем более 95 % (с постоянным присутствием гравийно-галечного материала). Аналогичные отложения формируются в проксимальных зонах активных ледников в фьордах архипелагов Шпицберген и Новая Земля (Gorlich et al., 1987; Герасимова, 1996; Влияние …, 2004; Митяев и др., 2005а,б; Митяев, Герасимова, 2007).

Несмотря на сложное взаимоотношение поставки и аккумуляции осадочного вещества в проливы арх. ЗФИ, можно констатировать, что в формировании современных отложений ведущая роль принадлежит частицам пелитовой размерности, содержание которых изменяется в широких пределах (таблицы 4, 5), но в среднем превышает 50 %.

Рассмотрим распределение взвешенного вещества в проливах ЗФИ. Высокоширотное положение архипелага предопределяет тот факт, что до сих пор данных по пространственно-временным изменениям концентраций взвесей на акватории архипелага очень мало, поэтому приводимые ниже данные (полученные в ходе летних экспедиционных работ ММБИ в 2006–2007 гг.) имеют только оценочный характер.

Не вызывает сомнения, что количество взвешенного вещества, поставляемое в море в районах современного оледенения, в первую очередь зависит от интенсивности абляции ледников. Скорость дегляциации определяется гидрометеорологическими факторами (сезоном года, температурой воздуха и морской воды, количеством атмосферных осадков, солнечной активностью и др.). Вероятно, на арх. ЗФИ в летний период 2007 г. (по сравнению с 2006 г.) абляция ледников, таяние припайных и годовых льдов было более интенсивным. Это предопределило не только различную концентрацию взвесей в эти годы, но и различное соотношение содержаний в придонном и поверхностном слоях воды. Так, среднее содержание взвешенного вещества по данным 2006–2007 гг. составляет 0.87±0.13 мг/л (n = 36), при диапазоне изменений от 0.12 до 3.86 мг/л (табл. 10).

В поверхностном слое воды среднее содержание взвеси по двум годам составляет 1.07±0.21 мг/л (n = 20), в 2006 г. среднее содержание не превышало 0.50 мг/л (ошибка репрезентативности (m = ±0.10, n = 8), в 2007 г. – почти достигало 1.50 мг/л (m = ±0.29, n = 12). Вероятно, выявленное трехкратное увеличение содержания взвеси в 2007 г. несколько завышено, так как анализ пяти станций, выполненных в течение двух лет в одних и тех же точках, фиксирует лишь двукратное повышение концентрации взвеси [в 2006 г. – 0.49 мг/л (m = ±0.17) и в 2007 г. – 1.12 мг/л (m = ±0.36)]. В любом случае летом 2007 г. в проливы ЗФИ поступило больше взвешенного вещества, чем в аналогичный период 2006 г.

В поверхностном слое воды максимальные концентрации взвеси (1.81–3.86 мг/л) были выявлены вблизи активного ледника о. Гукера (пролив между островами Гукера и Скотт-Келти), шлейф повышенного содержания взвеси прослеживается в Британский канал, где сливается с аналогичными шлейфами от активных ледников с островов Земля Георга и Брюса (рис. 13). Сопоставимые средние содержания взвеси в поверхностных водах зафиксированы в фьордах и заливах архипелагов Шпицберген и Новая

Земля (Герасимова, 1996; Количественное …, 1996; Влияние …, 2004; Митяев и др., 2005а,б). Но если средние концентрации взвеси сопоставимы, то содержания в проксимальной зоне активных ледников различаются от полпорядка до более чем на порядок. Так, на арх. Шпицберген вблизи активных ледников зафиксированы следующие концентрации взвеси, мг/л: залив Хорнсунн – 12.1–19.5, залив Грён-фьорд – 25.4, залив Сассен-фьорд – 18.7–45.9, Норд-фьорд – 9.2 мг/л (Митяев и др., 2005а,б); на арх. Новая Земля, мг/л: (западное побережье) залив Иностранцева – 13.1, залив Русская Гавань – 8.3–65.8, (восточное побережье) ледник Рождественского – 7.7, ледник Нансена – 5.8 (Корсун, 1996; Suspended …, 2004). В литературе есть данные о еще более высоких (свыше 100 мг/л) концентрациях взвеси в заливах и фьордах архипелагов Шпицберген и Новая Земля. Если для данных 1980-х гг. (Gorlich et al., 1987; Медведев, Потехина, 1990) завышенные концентрации взвеси были вызваны несовершенством методик (Влияние …, 2004) (в первую очередь использованием мембранных фильтров, поэтому данные тех лет можно использовать только как качественную информацию), то современные сведения, возможно, отражают некую экстремальную ситуацию в заливах (Оценка …, 2001; Svendsen et al., 2002; Тарасов, 2004; Иванов и др., 2007; Zajaczkowski, Włodarska-Kowalczuk, 2007).

Таблица 10

Содержание взвеси в проливах островов арх. ЗФИ в 2006–2007 гг.

Номер станции	Координаты		Глубина моря, м	Содержание взвеси, мг/л		Запас взвеси, мг/м^3
	с. ш.	в. д.		поверхность	дно	
			2006 г.			
39	80°20.1’	52°46.5’	31	0.75	0.49	599
40	80 °44.4’	53°36.3’	227	0.96	0.48	709
41	80°31.7’	52°30.3’	81	0.39	0.54	470
42	80°23.9’	51°22.6’	400	0.21	1.75	1014
43	80°13.3’	50°24.9’	60	0.12	0.34	239
44	79°51.8’	51°48.9’	105	0.48	0.56	524
45	79°53.4’	51°25.5’	44	0.53	0.40	458
46	79°52.4’	49°29.7’	160	0.36	0.20	270
			2007 г.			
39	80°44.3’	53°36.6’	261	0.66	0.55	603
40	80°36.8’	58°06.3’	39	1.10	1.03	1065
41	80°32.4’	56°17.3’	413	1.21	0.46	826
42	80°35.6’	55°04.6’	295	0.69	0.54	612
43	80°31.7’	52°34.1’	76	0.72	0.30	496
44	80°23.5’	51°27.8’	344	2.18	0.47	1288
45	80°13.3’	50°28.9’	71	1.12	0.95	1029
46	80°20.2’	52°52.7’	< 10	3.86	–	3860
47	80°20.2’	52°54.1’	< 10	2.56	–	2560
48	80°19.9’	52°55.2’	< 10	2.74	–	2740
49	80°19.2’	52°47.3’	< 10	1.81	–	1810
50	80°20.2’	52°46.2’	12	1.03	0.80	865

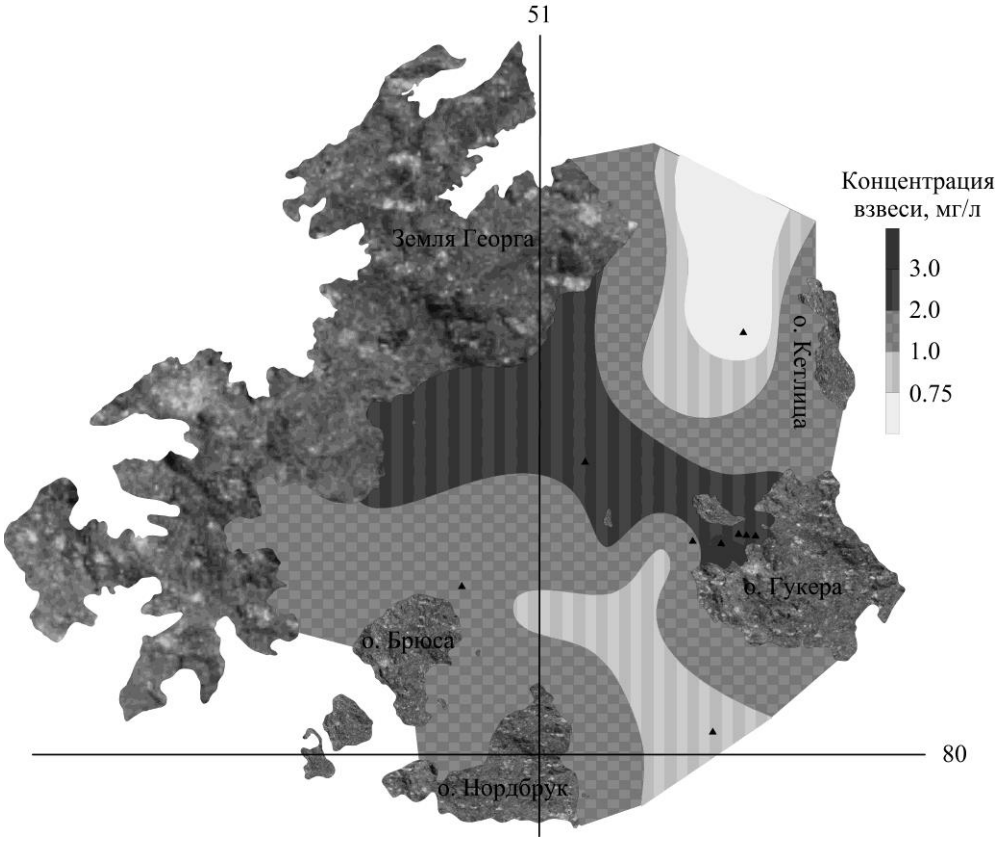


Рис. 13. Содержание взвеси в поверхностном слое воды (арх. ЗФИ, август 2007 г.)

С большой долей вероятности можно предположить, что в настоящее время на ЗФИ дегляциация протекает значительно медленнее, чем на других архипелагах, чему способствует географическое положение архипелага.

Минимальные концентрации взвеси (менее 0.75 мг/л) в поверхностном слое воды зафиксированы в центральной части Британского канала (к востоку и к северо-востоку от островов Земля Георга и Артура, к западу и северо-западу от островов Солсбери и Луиджи). Вполне вероятно, что аналогичные концентрации взвеси могут быть в осевых частях крупных проливов Австрийский и Северо-Восточный, потенциально, в более узких проливах концентрации взвеси могут быть более высокими.

В придонном горизонте воды диапазон латеральных изменений содержания взвесей значительно меньше (от 0.20 до 1.75 мг/л), чем в поверхностном горизонте (табл. 10). Средние содержания взвеси в придонном слое воды как по двум годам вместе (0.62 мг/л, m = ±0.10, n = 16), так и по каждому году (2006 г. – 0.60 мг/л, m = ±0.18, n = 8; 2007 г. – 0.64 мг/л, m = ±0.10, n = 8) практически не отличаются. Можно предположить, что содержание взвеси в нефелоидном слое воды не столько зависит от скорости дегляциации ледников, сколько от гидродинамики придонных вод. Косвенно на этот факт указывает то, что в 2007 г. диапазон латерального

изменения концентрации взвеси в придонном слое воды был в 3 раза уже, чем в предыдущем году. Возможно, активное поступление взвесей в поверхностный слой воды влечет за собой и быстрое их осаждение, а в придонном слое воды суспензии перераспределяются гидродинамическими процессами (одна часть взвеси выносится в глубоководные области, а другая – аккумулируется).

Имея данные по содержанию взвеси в поверхностном и придонном горизонтах (табл. 10), можно оценить "валовой" запас взвеси W (gross particulate standing crop) в миллиграммах на метр кубический над 1 $м^2$ морского дна (необходимо подчеркнуть, что это только оценка, а не точные цифровые данные), по формуле

$$W\{f(\rho_h)\} = \int_{H_0}^{H_h} \frac{\rho_i \Delta H}{V},$$

где W – "валовой" запас взвешенного вещества; ρ_i – концентрация взвешенного вещества на i-м горизонте; ΔH – мощность слоя воды; H_0 и H_h – глубина верхнего и нижнего горизонта отбора проб; V – объем воды, $м^3$ над 1 $м^2$ дна в точке наблюдения.

Так, средний "валовой" запас взвеси по двум годам составляет 1005±198 $мг/м^3$ над 1 $м^2$ дна (n = 16). Максимальный общий "валовой" запас взвеси фиксируется в глубоководных частях проливов до 400–460 г над 1 $м^2$ дна, что однозначно свидетельствует о выносе взвешенного осадочного вещества из проксимальной зоны ледниковой аккумуляции (по оценочным данным, может выноситься более 50 % взвесей). В 2007 году по сравнению с 2006 г. "валовой" запас взвеси (или общее количество осадочного вещества, поступившего в проливы арх. ЗФИ) увеличился всего на 25–35 %. С большой долей вероятности можно утверждать, что "валовой" запас взвеси (а не отдельно взятые концентрации взвеси) более достоверно указывает на масштаб поступления осадочного вещества.

Количество взвешенного осадочного вещества, сконцентрированного в южной части пролива Британский канал, можно оценить в 45–65 тыс. т. Несомненно, что только часть вещества аккумулируется в данном районе, а большая часть будет вынесена в район континентального склона. Но если такое количество осадочного вещества мгновенно осадить, то на морском дне между островами Гукера, Земля Георга, Брюса, Нортбрук сформируется слой отложений мощностью 0.4 мм (при плотности 1.2–1.5 $г/см^3$).

Таким образом, изучение взвешенного вещества позволяет сделать некоторые предположения:

1. Дегляциация ледников арх. ЗФИ в 2007 г. была более интенсивной, чем в 2006 г., что привело к поступлению на акваторию архипелага большего количества взвешенного осадочного вещества (на 25–35 % больше).

2. Дегляциация ледников арх. ЗФИ протекает медленнее, чем на архипелагах Шпицберген и Новая Земля, что отражается в более низких концентрациях взвеси в поверхностных водах вблизи активных ледников.

3. Количество взвешенного осадочного вещества, сконцентрированного в южной части пролива Британский канал (400–460 г/м^2 дна), достаточно для формирования слоя отложений мощностью 0.4 мм (при плотности 1.2–1.5 г/см^3).

4. Содержание взвешенного вещества в поверхностных водах зависит от интенсивности дегляциации ледников, а содержание взвеси в нефелоидном слое воды зависит от гидродинамики придонных вод.

5. Географическое положение арх. ЗФИ предопределяет действие двух типов современного седиментогенеза – седиментация в подледных условиях, сравнимая с пелагическим осадконакоплением, и прибрежно-морская перигляциальная седиментация в условиях оледенения суши, ледового и айсбергового разноса литогенного вещества.

6. Геоморфологические особенности строения акватории арх. ЗФИ позволяют выделить три фациальные зоны: глубоководную (днища заливов и проливов), мелководную (на цоколях островов и на подводных поднятиях) и склоновую.

История седиментации в проливах архипелага. Эволюция осадконакопления за последние 20 тыс. лет на акватории арх. ЗФИ была тесно связана с историей климатических изменений в Арктике. Можно выделить три этапа седиментации: ледниковый (эрозионный), марино-гляциальный (гляциально-морской) и морской (ледово-морской). Во время каждого этапа существовал свой набор параметров поставки и аккумуляции вещества (мощность ледника, механизмы подготовки, транспортировки и аккумуляции, открытость питающей провинции, первичная продукция).

В настоящее время в проливах и заливах арх. ЗФИ верхневалдайские ледниковые отложения (диамиктон) не вскрыты. Они описаны в сопредельных желобах-впадинах: Франц-Виктория (Фациальные …, 2001; Murdmaa et al., 2006), Святой Анны (Левитан и др., 2007), Альбанова и Вильчековская (Murdmaa et al., 2006; Левитан и др., 2007). Ледниковые отложения представлены темно-серыми плотными, тягуче-пластичными отложениями пониженной естественной влажности (менее 18 %) и неупорядоченной массивной текстуры (Murdmaa et al., 2006). Отложения по гранулометрическому составу представляют собой хаотическую смесь фракций от галек до пелита (Левитан и др., 2007). Предполагается субконтинентальный генезис отложений как донной морены. Возможно, 20–18 тыс. лет назад в максимум поздневалдайского оледенения, ледниковый щит на арх. ЗФИ имел непосредственный контакт с дном. Если исходить из положения, что на Баренцевоморском шельфе в позднем плейстоцене оледенением были охвачены только архипелаги и поднятия морского дна (умеренное развитие оледенения) (Матишов, 1984, 1986), то ледниковый щит на ЗФИ не мог быть большой мощности. Следовательно, для того чтобы маломощный ледник имел контакт с дном в глубоких современных проливах, необходимы их меньшие глубины. Меньшие глубины в максимум последнего оледенения обеспечивались более низким уровнем Ми-

рового океана и “вдавленным” положением дневной поверхности архипелага. Суммарный эффект эвстатического повышения уровня моря и неотектонического (гляциоизостатического) поднятия суши для Баренцевоморского шельфа оценивается в 180–250 м (Древнебереговые …, 1971; Ковалева и др., 1974; Мусатов, 1995; Авенариус, 2001; Митяев, 2001; Митяев, Корсун, 2010). Таким образом, в период оледенения (вероятно 24–18 тыс. лет назад) осадконакопление в районе архипелага не происходило, а отложения основной (донной) морены формировались в дистальных частях ледникового щита.

В начальный этап дегляциации, растянувшийся на 6 тыс. лет (возможно, до конца беллинга или первой фазы аллереда), произошло несколько важных событий. Во-первых, мощность ледникового щита резко уменьшилась, и он потерял связь с морским дном, в подледных условиях начинают формироваться марино-гляциальные отложения. Во-вторых, начинается сводовое (гляциоизостатическое) поднятие архипелагов и активизация дизъюнктивных структур. В этот период седиментация протекала в импульсном режиме, когда огромные массы талой воды поступали в бассейн седиментации и, смешиваясь с морскими водами, освобождались от осадочного вещества (Левитан и др., 2007). В массовом количестве образовываются айсберги. Формируются голубовато-серые, серые песчано-алевритовые глины, содержащие рассеянную гальку и гравий. В отложениях преобладают массивные (очень редко с неясно выраженной слоистостью) пятнистые текстуры. В отложениях нередко наблюдаются прослои песка и алеврита, изредка гравия с галькой. От диамиктона отложения отличаются меньшей плотностью, более тонким составом, наличием бентосных и планктонных фораминифер. Максимально вскрытая мощность отложений – 380 см (Murdmaa et al., 2006). В конце этапа в приокеанических прогибах и на океанических поднятиях морского дна формируется слой хард-граунд, на континентальных склонах – гляциотурбидиты мощностью до 100 м.

Собственно морской (ледово-морской) этап седиментации наступил в конце беллинга–начале аллередовской климатической стадии, примерно 12–12.5 тыс. лет назад. Он связывается с первой позднеледниковой трансгрессией портландия. В этой связи важно, что береговых линий этого времени на островах архипелага не выявлено, возможно, архипелаг был покрыт единым ледяным щитом вплоть до трансгрессии литорина. В послеледниковое время среди механизмов аккумуляции резко преобладает подледное осадконакопление из нефелоидного слоя, развиваются процессы биотранспорта и биоаккумуляции (хотя роль биотранспорта не велика, роль биоаккумуляции суспензий трудно переоценить). Формируются отложения коричневатого, зеленоватого (оливкового) цвета, гомогенной текстуры, энергично биотурбированные. Очень редко наблюдаются полосчатые и пятнистые текстуры. Активно развивается раннедиагенетический гидротроилит, бентосные фораминиферы характеризуются широким

разнообразием, появляются раковины моллюсков, трубки полихет. Максимальная вскрытая мощность не превышает 2.5 м (Murdmaa et al., 2006). Венчают разрез морских отложений современные осадки мощностью до 25 см. В настоящее время оформились фациальные зоны (ледовая, ледниково-морская, морская и ледово-морская), последовательно сменяющие друг друга в латеральном направлении. По мере дальнейших климатических изменений можно предположить два варианта развития процесса осадконакопления на акватории архипелага:

1) усиление дегляциации ледниковых массивов приведет к сокращению зон ледниковой седиментации и усилению прибрежного осадконакопления по отношению к подледной аккумуляции суспензий;

2) рост ледниковых массивов приведет к расширению зоны ледниковой аккумуляции при резком доминировании нефелоидного осадконакопления в подледных условиях.

Литература

Авенариус И.Г. Береговые линии второй половины голоцена как модель развития береговой зоны в условиях поднимающегося уровня Мирового океана // Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI веке. М.: ГЕОС, 2001. С. 266–274.

Авенариус И.Г., Дунаев Н.Н. Некоторые аспекты развития рельефа в позднем Валдае в восточной части Баренцева моря и прилегающей суши // Геоморфология. 1999. № 3. С. 57–62.

Баренцевская шельфовая плита / Ред. И.С. Грамберг. Л.: Недра, 1988. 263 с.

Богданов Н.А., Хайн В.Е., Шипилов Э.В. Раннемезозойская геодинамика Баренцево-Карского региона // Докл. РАН. 1997. Т. 357, № 4. С. 511–515.

Влияние ледников Новой Земли на современное осадконакопление на примере залива Русская гавань (Северный остров архипелага Новая Земля) / Н.В. Политова, В.П. Шевченко, Н.А. Айбулатов и др. // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. Архангельск: Изд. АГТУ, 2004. Т. 2. С. 172–176.

Геология СССР. Острова Советской Арктики. М.: Недра, 1970. Т. 26. 547 с.

Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Моря Советской Арктики. Л.: Недра, 1984. Т. 9. 280 с.

Герасимова М.В. Закономерности распределения позднеголоценовых донных осадков вблизи активных ледников Новой Земли // Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала. Мурманск: Русская Лапландия, 1996. С. 23–24.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Т–37–40 – Земля Франца-Иосифа (южные острова). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. 170 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Т–41–44 – мыс Желания. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 150 с.

Гриценко И.И. Особенности распространения верхнекайнозойских отложений в Баренцевоморском регионе // Проблемы кайнозойской палеоэкологии и палеогеографии морей Северного Ледовитого океана. М.: Наука, 1992. С. 100–109.

Гросвальд М.Г. Оледенение континентальных шельфов // Итоги науки и техники. Сер. палеогеография. М., 1983. Т. 1. 165 с.

Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. М.: Науч. мир, 2002. 135 с.

Гуревич В.И., Мусатов Е.Е. Новейшее осадконакопление и фанерозойская конседиментация на Западно-Арктическом шельфе // Проблемы кайнозойской палеоэкологии и палеогеографии морей Северного Ледовитого океана. М.: Наука, 1992. С. 47–53.

Древнебереговые образования северного и северо-восточного побережья Кольского полуострова / Б.И. Кошечкин, А.Л. Кудлаева, Н.А. Первунинская, Л.Я. Самсонова // Вопросы формирования рельефа и рыхлого покрова Кольского полуострова. Л.: Наука, 1971. С. 17–85.

Дружинина Н.Н., Мусатов Е.Е. Новые данные по микропалеонтологии и сейсмостратиграфии донных отложений Баренцева моря // Геол. журн. НАН Украины. 1992. № 9. С. 76–85.

Зархидзе В.С. Палеогеновая и неогеновая история развития Северного Ледовитого океана // Геологическая история Арктики в мезозое и кайнозое. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1992. Кн. 2. С. 6–28.

Зархидзе В.С. Мусатов Е.Е. Основные этапы развития Западной Арктики в позднем кайнозое // Критерии прогноза минерального сырья в приповерхностных образованиях Западной Сибири и Урала. Тюмень: Изд. ЗапСибНИГНИ, 1989. С 123–140.

Иванов Б.В., Павлов А.К., Орбек Й.-Б. Исследования концентраций взвешенных частиц в заливе Конг-фьорд, архипелаг Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. Вып. 7. С. 156–164.

Ионин А.С., Медведев В.С., Павлидис Ю.А. Типы морфолитогенеза на шельфах Мирового океана // Континентальные и островные шельфы: рельеф и осадки. М.: Наука, 1981. С. 125–189.

Киселев И.И. Основные вопросы плейстоцена на Кольском полуострове // Геоморфология и геология четвертичного периода севера европейской части СССР. Петрозаводск, 1976. С. 100–108.

Ковалева Г.А., Голубков В.С., Гусев Б.В. Современные движения острова Земля Александры (архипелаг Земля Франца-Иосифа) // Геотектонические предпосылки к поискам полезных ископаемых на шельфах Северного Ледовитого океана. Л.: Наука, 1974. С. 87–92.

Количественное распределение и состав водной взвеси в зоне влияния ледников Северного острова архипелага Новая Земля / В.П. Шевченко, М.В. Герасимова, С.А. Корсун и др. // Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала. Мурманск: Русская Лапландия, 1996. С. 71–72.

Корсун С.А. Научный отчет экспедиции ММБИ “Ясногорск-95”. Морские биологические исследования у ледников Новой Земли и в желобе Святой Анны. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 72 с.

Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М.: ГЕОС, 2007. 404 с.

Левитан М.А., Митяев М.В., Иванов В.В. Фациальная изменчивость голоценовых отложений плато Ермак по данным изучения фракции более 0.063 мм // Литология и полезные ископаемые. 2000. № 3. С. 235–245.

Левитан М.А., Нюрнберг Д., Штайн Р. О роли криозолей в накоплении современных осадков Северного Ледовитого океана // Докл. РАН. 1995. Т. 344, № 4. С. 506–509.

Матишов Г.Г. Дно океана в ледниковый период. М.: Наука, 1984. 176 с.

Матишов Г.Г. Краевые ледниковые образования дна океана // Океанология. 1986. Т. 26, № 6. С. 967–975.

Матишов Г.Г. Мировой океан и оледенения Земли. М.: Мысль, 1987. 270 с.

Матишов Г.Г., Мыслевец В.И., Форман С. Геологическое строение и условия седиментации // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 7–18.

Медведев В.С., Потехина Е.М. Вынос терригенной взвеси ледниками Новой Земли в Баренцево море // Современные процессы осадконакопления на шельфах Мирового океана. М.: Наука, 1990. С. 103–110.

Митяев М.В. Морфотектоника и позднечетвертичная история формирования Мурманского побережья и прилегающего шельфа Баренцева моря: Дис. … канд. геол.-минер. наук. М., 2001. 178 с.

Митяев М.В., Герасимова М.В. Геохимия взвешенного вещества вблизи активного ледника Павлова (залив Иностранцева, архипелаг Новая Земля) // Вестн. Южного научного центра. 2007. Т. 3, № 3. С. 51–62.

Митяев М.В., Корсун С.А. Геолого-геоморфологическое и неотектоническое строение восточной части острова Кильдин // Геоморфология. 2010. № 1. С. 77–86.

Митяев М.В., Погодина И.А., Герасимова М.В. Фациальная изменчивость современных отложений в заливе Хорнсунн, Западный Шпицберген // Литология и полезные ископаемые. 2005а. № 5. С. 465–471.

Митяев М.В., Погодина И.А., Герасимова М.В. Фациальная изменчивость современных донных отложений в Грён-фьорде, Западный Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005б. Вып. 5. С. 190–2002.

Мусатов Е.Е. Неотектоника Западно-Арктической континентальной окраины: Дис. … докт. геол.-минер. наук. СПб., 1995. 598 с.

Мусатов Е.Е. Распространение кайнозойского чехла на Баренцевоморском шельфе между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа // Океанология. 1996. Т. 36, № 3. С. 444–450.

Мусатов Е.Е. Развитие рельефа Баренцево-Карского шельфа в кайнозое // Геоморфология. 1989. № 3. С. 76–84.

Мусатов Е.Е. Литостратиграфия четвертичных отложений в центральной части Баренцевоморского шельфа // Литология и полезные ископаемые. 1992. № 2. С. 120–125.

Осадочный чехол Западно-Арктической метаплатформы / Ред. Е.Ф. Безматерный, Б.В. Сенин, Э.В. Шипилов. Мурманск: Север, 1993. 184 с.

Особенности современного осадконакопления / В.В. Алексеев, Г.Г. Матишов, Г.А. Тарасов, Ю.П. Хрусталев // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 18–25.

Оценка распределения взвешенного вещества в водах Баренцева моря на основе данных SeaWiFS цветового сканирования океанской воды / В.И. Буренков, С.В. Ершова, О.В. Копелевич и др. // Океанология, 2001. Т. 41, № 5. С. 622–628.

Параметрические скважины на островах Баренцева и Карских морей / И.С. Грамберг, И.В. Школа, Е.Г. Бро и др. // Сов. геология. 1985. № 1. С. 95–98.

Романовский С.И. Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.

Седиментология / Ред. Р.В. Градзинский, А.Е. Костецкая, А.А. Радомский, Р.В. Унрук. М.: Недра, 1980. 646 с.

Сенин Б.В., Шипилов Э.В., Юнов А.Ю. Тектоника Арктической зоны перехода от континента к океану. Мурманск, 1989. 179 с.

Спижарский Т.Н. Некоторые данные по геоморфологии Земли Франца-Иосифа // Тр. Аркт. ин-та. 1936. Т. 41. С. 21–45.

Тарасов Г.А. Новые данные по потокам вещества в заливе Грён-фьорд (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования архипелага Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. Вып. 4. С. 151–159.

Фациальные особенности позднеплейстоцен-голоценовых отложений Баренцевоморского шельфа / И.А. Андреева, Ю.В. Волкова, А.Г. Зинченко и др. // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. Кн. 2. С. 19–29.

Фейрбридж Р.В. Морские осадки // Океанографическая энциклопедия. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. С. 22–65.

Хаин В.Е., Балуховский А.Н. Историческая геотектоника. Мезозой и кайнозой. М.: Недра, 1993. 451 с.

Человечество и береговая зона Мирового океана / Ред. Н.А. Айбулатов. М.: ГЕОС, 2001. 492 с.

Шипилов Э.В. Тектоника осадочного чехла и фундамента северо-запада Баренцевоморской континентальной окраины (шельф архипелага Шпицберген) // Комплексные исследования архипелага Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. Вып. 2. С. 86–100.

Шипилов Э.В. К тектоногеодинамической эволюции континентальных окраин Арктики в эпохи молодого океанообразования // Геотектоника. 2004. № 5. С. 26–52.

Шипилов Э.В., Карякин Ю.В. Баренцевоморская магматическая провинция: геолого-геофизические свидетельства и новые результаты определения $^{40}Ar:^{39}Ar$-возраста // Докл. РАН. 2011. Т. 439, № 3. С. 376–382.

Шипилов Э.В. Сенин Б.В. Глубинное строение Баренцева моря // Геотектоника. 1988. № 6. С. 96–100.

Шипилов Э.В., Тарасов Г.А. Региональная геология нефтегазоносных осадочных бассейнов Западно-Арктического шельфа России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. 304 с.

Шипилов Э.В., Шкарубо С.И. Современные проблемы геологии и тектоники осадочных бассейнов Евразийско-Арктической континентальной окраины. Т. I. Литолого- и сейсмостратиграфические комплексы осадочных бассейнов Баренцево-Карского шельфа). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 266 с.

Шипилов Э.В., Матишов Г.Г., Хасанкаев В.Б. Америазийская генерализация океанообразования в Арктике и ее влияние на эволюцию Баренцевоморской континентальной окраины // Докл. РАН. 2003. Т. 391, № 1. С. 85–88.

Folk R.L. A review of grain size parameters // Sedimentology. 1966. V. 6. P. 73–93.

Friedman G.M. Distribution between dune, beach, and river sand from their textural characteristics // Sedimentology and Petrology. 1961. V. 70. P. 737–753.

Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and eustatic cicles // Sea-level changes: an integrated approach. Tulsa, Okla. (USA). 1988. Sp. publ. № 42. P. 71–124.

Gorlich K., Weslawski J.M., Zajaczkowski M. Suspension settling effect on macrobenthos biomass distribution in the Hornsund fjord, Spitsbergen // Polar Research. 1987. V. 5, № 2. P. 175–192.

Kassens H. Verfestigte Sedimentlagen und seismische Reflektoren: Fluehdiagenes und Paleo-Ozeanographie in der Norwegischen See // Ber. S.-Forschungsbereich. Univ. Kiel., 1990. V. 313, № 24. 117 p.

Murdmaa I., Ivanova E., Levitan M. Facies System of the Central and Easten Barents sea since the last Glaciations to Recent // Marine Geol. 2006. V. 230. P. 275–303.

Nowell A.R., Jumars P.A., Eckman J.E. Effects of biological activity on the entrainment of marine sediments // Marine Geol. 1981. V. 42, № 1/4. P. 133–153.

Ross C.A., Ross J.R. Late Paleozoic transgressive-regressive deposition // Sea-level changes: an integrated approach. Tulsa, Okla. (USA): Ed. by Society of economic paleontologists and mineralogists, 1988. Sp. publ. № 42. P. 227–248.

Suspended sediment distribution and vertical particle fluxes in western bays of the Novaya Zemlya archipelago and Vaigach Island / V.P. Shevchenko, N.V. Politova, G.I. Ivanov et al. // Berichte zur Polar- und Meeresforschung. 2004. № 482. P. 134–141.

Svendsen H., Beszczynska-Møller A., Haden J.O. The physical environment of Kongsfjorden-Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard // Polar Research. 2002. V. 21(1). P. 133–166.

Tanner V. Studier ofven kvartarsystemet i Fennoskandias nordliga delar // IV Bull. de la comission geologique de Finlande. Helsingfors, 1930. V. 88. P. 31–45.

Zajaczkowski M., Włodarska-Kowalczuk M. Dynamic sedimentary environments of an Arctic glacier-fed river estuary (Adventfjorden, Svalbard). I. Flux, deposition, and sediment dynamics // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2007. V. 74, № 1–2. P. 285–296.

УДК 551.58 (268.52)

С.Л. Дженюк
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

Рассмотрены факторы, формирующие климат арх. Земля Франца-Иосифа: широтное положение, влияние атлантических водных масс, рельеф и наземное оледенение. Дана оценка информационной базы по климату, включающей ряды наблюдений метеорологических станций, результаты анализа и картирования климатических данных. Приведены наиболее значимые климатические показатели, и показаны особенности их пространственно-временного распределения. Сделаны выводы о достоверности климатических оценок и их практической значимости.

S.L. Dzhenyuk
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

CLIMATE-FORMING FACTORS AND CLIMATIC SPECIFIC FEATURES OF THE FRANZ-JOSEF LAND REGION

Abstract

This article examines factors determining climatic conditions of the Franz-Josef Land Archipelago: latitudinal position, influence of Atlantic water masses, relief and land glaciation. Then it estimates a database on climate which includes time-series of observations from meteorological stations, results of data analysis and maps of climatic data. It also analyzes the most important climatic indices and features of their spatial and temporal distribution. The article ends with conclusions on the reliability of climatic assessments and their practical importance.

Введение. Актуальность специализированных исследований и подробных описаний климата Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) не очевидна. Влияние ЗФИ на климатическую систему Северного Ледовитого океана невелико по сравнению с такими массивами суши, как Шпицберген и Новая Земля, в силу небольшой площади, расчлененности морскими проливами и отсутствия протяженных горных барьеров. Здесь нет ярко выраженных отклонений от широтной зональности, характерных для других районов Арктики. Ресурсный потенциал ЗФИ невелик по сравнению с другими участками шельфа и побережий Западной Арктики.

Вместе с тем климатическая характеристика ЗФИ представляет интерес как пример формирования метеорологического режима под действием разнонаправленных и разномасштабных внешних факторов. Рельеф и микроклимат играют ведущую роль в формировании почвенного покрова, растительных сообществ и экологических ниш для наземной и морской фауны. Поэтому для таких географических объектов следует не ограничиваться традиционными метеорологическими описаниями (в которых

к настоящему времени нет недостатка), а оценивать качество данных с учетом положения метеорологических станций, продолжительности рядов и современных климатических трендов.

Климатообразующие факторы. Архипелаг Земля Франца-Иосифа расположен на северо-западной окраине арктического шельфа Евразии и полностью относится к полярно-арктической географической зоне (Северный …, 1985). По этим признакам его аналогами могут служить о. Северо-Восточная Земля арх. Шпицберген и арх. Северная Земля, тогда как другие острова Шпицбергена и Новая Земля находятся за ее пределами.

Климат ЗФИ определяется совокупностью факторов, которые могут быть ранжированы в следующем порядке.

1. Высокоширотное положение в пределах пояса 80–82^{o} с. ш. Острова ЗФИ – самые северные участки суши в евразийском секторе Арктики. Полярная ночь здесь длится более 120 сут., полярный день – около 140. Высота Солнца на протяжении всего светлого периода не превышает 33^{o}. Следствием этого является низкий приток солнечной радиации (тем не менее, благодаря стабильно высокой теплоотдаче водной толщи Арктического бассейна и Баренцева моря радиационный баланс в годовом осреднении близок к нулю).

2. Относительная близость к субарктическому климатическому поясу, который охватывает незамерзающую юго-западную часть Баренцева моря и акваторию Норвежско-Гренландского бассейна к югу от Шпицбергена. Для ЗФИ характерна высокая, по сравнению с районами Арктики, лежащими к востоку на тех же широтах, повторяемость циклонов и атмосферных фронтов.

3. Отепляющее воздействие подповерхностных атлантических вод, распространяющихся с запада вдоль континентального склона и проникающих в Баренцево море по подводным желобам, к системе которых могут быть отнесены и глубокие (до 600 м) проливы между островами ЗФИ.

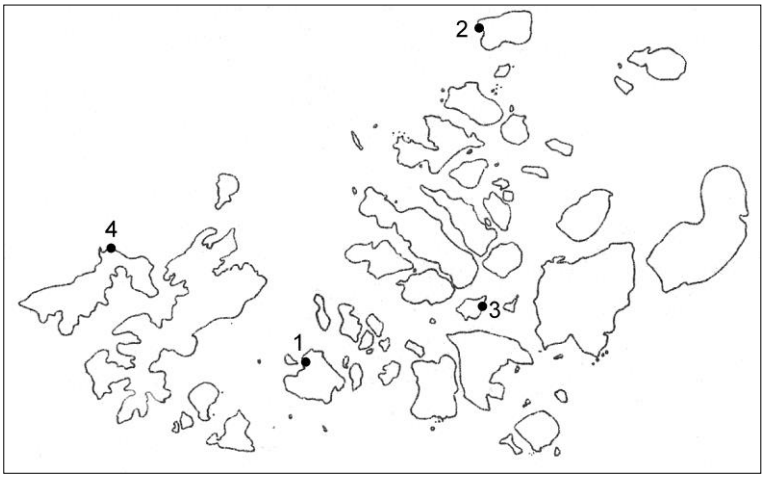
4. Рельеф и характер подстилающей поверхности. Архипелаг невелик по площади и сильно расчленен морскими проливами, поэтому закономерных изменений метеорологических параметров от периферии к центру здесь нет, тогда как микроклиматические различия (по режиму ветра, осадков, снежного покрова) могут быть заметными. Контрасты рельефа по сравнению с другими архипелагами Западной Арктики здесь невелики (высоты островов достигают 500–600 м, максимальная высотная отметка – 620 м на о. Винер-Нейштадт). Однако при средней температуре летних месяцев, близкой к 0 ^{o}C, даже такие небольшие различия могут разграничивать условия побережья, при которых возможна вегетация, и климат “вечного мороза” на возвышенностях (Советская …, 1970).

Все большие и средние острова покрыты ледяными куполами с выводными ледниками. Свободны от льда только небольшие участки прибрежных равнин. Площадь оледенения составляет 85 % общей площади архипелага. Если учесть, что прибрежные участки и морские проливы освобождаются от снега и льда только на 2–3 мес. в году (как правило,

не полностью), альбедо подстилающей поверхности составляет 70–90 %, где верхний предел характерен для свежевыпавшего снега, а нижний – для паковых льдов. Альбедо открытой воды близко к 10 %, поэтому в условиях современного сокращения площади арктических льдов прибрежная зона ЗФИ может внести некоторый дополнительный вклад в "потепление Арктики".

Информационная база. Однородность климатообразующих факторов позволяет выполнять описания климата ЗФИ и прилегающей акватории на основе данных наземных гидрометеорологических станций (ГМС). Попутные судовые наблюдения, которыми освещаются открытые морские акватории, в районе ЗФИ крайне малочисленны и проводились только в очень короткие навигационные периоды. Поэтому все данные морских метеорологических карт для этого района представляют собой результаты экстраполяции наземных наблюдений или экспертных оценок.

В разное время на островах ЗФИ работали четыре ГМС, данные которых приходятся на разные и частично перекрывающиеся периоды: бухта Тихая на о. Гукера (1929–1960 гг.), о. Рудольфа (1947–1995 гг.), о. Хейса, она же – обсерватория им. Э.Т. Кренкеля (1957 г.–настоящее время), Нагурская (1962–1992 гг.). Положение станций показано на рисунке. Очевидно, что они в разной степени испытывают влияние рельефа и морфометрии береговой линии. Бухта Тихая и о. Хейса представляют собой закрытые участки со сложной морфометрией, нарушающей однородность полей ветра и облачности. Нагурская и о. Рудольфа открыты со всех направлений, кроме юго-восточного, и более репрезентативны для прибрежной акватории. При этом ГМС о. Рудольфа находится вблизи высокого (461 м) покровного ледника, тогда как Нагурская – на низком и свободном от льда перешейке, в 10–15 км от ближайших ледников. Ее период наблюдений близок к эталонному 30-летию, для которого была характерна климатическая стабильность в Арктике.



Пункты метеорологических наблюдений на ЗФИ:
1 – бухта Тихая; 2 – о. Рудольфа; 3 – о. Хейса; 4 – Нагурская

В обширной литературе по климату Арктики острова ЗФИ редко выделяются как самостоятельный объект описания. В монографии (Советская …, 1970) ей посвящен большой географический очерк, включающий климатическую характеристику. Сведения об основных климатических параметрах архипелага приведены выше по нескольким пунктам, однако без указания периодов наблюдений. В монографии (Среда …, 1994) есть небольшой климатический раздел, в котором преимущественное внимание уделено атмосферным процессам, формирующим климат островов. Более подробное описание метеорологических условий с использованием данных всех ГМС представлено в недавно изданной монографии (Земля …, 2013), однако многие показатели приведены выборочно, что затрудняет их сопоставление и анализ. Так, например, климатические розы ветров построены по данным ГМС Нагурская и о. Рудольфа для января и июля, а на о. Хейса – в годовом осреднении.

В "Атласе Арктики" (1985) содержится большой объем информации, необходимой для научного анализа (показателям солнечной радиации и радиационного баланса, макросиноптическим процессам и их связи с метеорологическими аномалиями), и вместе с тем собственно климатические данные не во всех случаях приведены с достаточным разрешением. В частности, розы ветров и сведения об их средней скорости для ЗФИ не показаны вообще. Данные о приземной температуре воздуха и других метеорологических элементах приведены только для центральных месяцев – января и июля.

В научно-справочных пособиях по гидрометеорологическому режиму Баренцева моря (Гидрометеорологические …, 1985; Гидрометеорология …, 1990) климат северной части моря освещен по данным ГМС Нагурская, для описания режима ветра использованы также данные ГМС бухта Тихая.

В целом упомянутые выше источники позволяют получить характеристику климата за период его относительной стабильности с конца 1930-х до начала 1980-х гг., достаточно полную для практических целей и теоретического анализа условий среды (далее мы будем повторно ссылаться на эти источники только при необходимости пояснений или комментариев к опубликованным данным).

Общая характеристика климата. Рассмотрим основные метеорологические характеристики в последовательности, принятой в климатических описаниях.

Приземное давление. Сезонные изменения среднемесячных величин давления на ЗФИ незначительны (от 1008 мб в январе до 1012 мб в июле), но за ними кроются значительные различия в пространственных распределениях. Зимой архипелаг находится на границе областей циклогенеза (менее 1000 мб в районе Исландского минимума) и периферии Сибирского антициклона (свыше 1025 мб над материком). Летом осредненное поле давления над всей Арктикой выравнивается. Это является следствием как общего снижения циклонической активности, так и более равномерного распределения траекторий циклонов над Баренцевым морем и Арктическим бассейном.

Температура воздуха. Основные закономерности режима температуры показаны в таблице.

Статистические характеристики температуры воздуха (^{o}C) по ст. Нагурская (Гидрометеорологические …, 1985; Гидрометеорология …, 1990)

Месяц	T_a	T_{max}	T_{min}	σ
Январь	–24.0	2	–45	5.6
Февраль	–23.5	1	–50	6.0
Март	–23.7	0	–50	5.9
Апрель	–18.1	1	–41	3.5
Май	–9.4	4	–28	2.1
Июнь	–1.8	10	–13	0.6
Июль	0.9	13	–4	0.4
Август	0.2	13	–7	0.7
Сентябрь	–3.8	9	–22	1.8
Октябрь	–11.9	6	–36	3.3
Ноябрь	–18.1	4	–44	5.7
Декабрь	–21.5	2	–45	4.9
Год	–18.8	13	–50	1.7

ПРИМЕЧАНИЕ. T_a – экстремум; T_{max}, T_{min} – максимальные и минимальные температуры воздуха; σ – среднее квадратическое отклонение.

Наиболее примечательными особенностями годового хода температуры воздуха являются выравненность средних месячных температур с декабря по март и значительные изменения σ от зимы к лету. Для арктических островов характерны “безъядерные” (с отсутствием отчетливо выраженного минимума в годовом ходе) и “теплоядерные” (с аномально повышенной температурой в один из месяцев) зимы. Как показано в работе (Гидрометеорология …, 1990), вероятность теплоядерной зимы на севере Баренцева моря достигает 80 %, на ГМС Нагурская она равна 65 %.

Данный феномен объясняют аномалиями атмосферной циркуляции, создающими продолжительные затоки тепла в те или иные зимние месяцы (О природе …, 2014). Это выражается и в исключительно высокой межгодовой изменчивости среднемесячных зимних температур по сравнению с летними. Так, при отклонении 2σ, что в грубом приближении можно приравнять к повторяемости аномалий противоположных знаков 1 раз в 40 лет; условия теплой зимы в отдельные месяцы приближаются к климату Центральной России, а суровой – удаленных от побережий районов Якутии. В летние месяцы изменчивость среднемесячных значений выглядит пренебрежимо малой по сравнению с зимней. Важным следствием этого является практически гарантированный переход температуры через 0 ^{o}C в июле с большой вероятностью его сохранения в августе.

Данные о сезонном ходе средней, максимальной и минимальной температуре на о. Хейса, приведенные в монографии (Земля …, 2013), свидетельствуют об отсутствии закономерных различий между побережьем

океана и внутренней областью ЗФИ. Абсолютные минимумы на о. Хейса несколько выше (–46 °С), но это может быть следствием выборочной изменчивости экстремумов.

Ветер. Арктические острова отличаются от материковых побережий повышенными средними скоростями ветра и слабее выраженным их годовым ходом. Так, на ГМС Нагурская при среднегодовой скорости ветра 5.8 м/с максимум в годовом ходе приходится на февраль (6.7 м/с), а размытый минимум – на июнь–август (от 5.2 до 5.3 м/с). Розы ветров почти симметричны как при годовом осреднении, так и по сезонам. Только летом выявляется преобладание ветров в секторе от Ю до СЗ, на эти направления приходится около 65 % случаев. В течение всего года южные ветры резко преобладают над ветрами смежных румбов (ЮЗ и ЮВ), что можно объяснить либо микроклиматическими особенностями станции, либо сложившейся практикой наблюдений. Сопоставления с данными других станций не могут быть вполне корректными из-за различий в периодах наблюдений. Тем не менее, можно отметить, что расхождения по средним скоростям ветра невелики и не носят закономерного характера, тогда как розы ветров могут существенно различаться. Так, в бухте Тихая в течение всего года преобладают ветры С, СВ, В, ЮВ (в январе более 75 % случаев). Это свидетельствует об относительной равномерности атмосферных переносов (отсутствии ярко выраженных типовых траекторий циклонов) и значении рельефа для формирования розы ветров.

Оценки максимальных скоростей ветра редкой повторяемости могут существенно различаться в зависимости от методов измерений. Так, по более ранним данным ГМС бухта Тихая (флюгер) получены расчетные годовые экстремумы от 32 (1 раз в год) до 45 (1 раз в 50 лет) м/с (Гидрометеорологические …, 1985). В работе (Гидрометеорология .., 1990), где использованы данные анемометрических или приведенных к ним наблюдений, экстремумы той же повторяемости в районе ЗФИ составляют от 22 до 28 м/с для средней скорости ветра и от 35 до 40 м/с – для максимальных порывов.

Повторяемость слабых ветров (≤ 5 м/с) в районе ЗФИ составляет осенью и зимой 40–45 %, летом достигает 70 %, в среднем за год – около 55 %. Этому несколько противоречит статистика штилей в бухте Тихая: по данным работы (Гидрометеорологические ..., 1985) их повторяемость убывает от 7.6 % в январе до 4.2 % в июле. Возможно, это объясняется спецификой визуальных наблюдений, при которых различия между полным штилем и слабым ветром в темное время года менее заметны.

Влажность воздуха. Для ЗФИ, как и для всей Арктики, характерны низкие значения абсолютной влажности, измеряемой в единицах парциального давления водяного пара, и высокие – относительной. То и другое объясняется низкой температурой воздуха на протяжении всего года. В годовом ходе абсолютная влажность изменяется от 0.6–1.0 мб в зимние месяцы до 6 мб в июле, относительная – от 84–86 % в январе до 90–93 % в июле–августе. Пониженная относительная влажность зимой объясняет-

ся различием процессов конденсации в формах воды и льда. При пересчете данных по отношению к льду зимние значения приближаются к 100 % (Атлас …, 1985).

Осадки и снежный покров. Годовые суммы осадков, почти исключительно твердых, составляют 250–300 мм, что существенно ниже, чем на юге Баренцева моря, и не намного выше, чем в Арктическом бассейне. Годовой ход выражен слабо, месячные суммы зимой и летом близки к 25 мм. Как правило, интенсивность осадков низка, обильные осадки (свыше 10 мм/сут.) наблюдаются реже 1 раза в год. С этим связано и относительно большое количество дней с осадками – 12–15 как в зимние, так и в летние месяцы.

Формирование снежного покрова регулируется рельефом. На ровных участках его средняя мощность в прибрежной зоне близка к 0.5 м, на высоких плато достигает 1.5 м. При этом он может полностью отсутствовать на открытых возвышенностях и накапливаться в понижениях, образуя снежники-перелетки. Устойчивый снежный покров на равнинных участках формируется во второй декаде сентября, разрушается к началу июля (Советская …, 1970).

Облачность. Средний годовой балл общей облачности составляет 7.5–8.0, нижней – 5.5–6.0. Летом и осенью эти показатели сближаются, тогда как зимой и весной доля нижней облачности составляет менее 50 %. Максимальная повторяемость общей и нижней облачности приходится на теплое время года, с июня по сентябрь общая облачность близка к 9 баллам, нижняя – к 8 баллам. В январе и феврале эти показатели снижаются соответственно до 5–6 и 3–4 баллов.

Природные условия островов более наглядно характеризуются числом ясных и пасмурных дней (в первом случае средний балл за сутки менее 2, во втором – более 8). Для ЗФИ характерно резкое преобладание пасмурной погоды: в среднем более 200 дней в году, тогда как ясных дней насчитывается менее 30. Оба показателя отличаются сильной межсезонной изменчивостью: в январе–феврале в среднем насчитывается 4–6 ясных и 9–10 пасмурных дней, в каждый из летних месяцев – не более одного ясного дня при 24–26 пасмурных.

Туманы и ограниченная видимость. Для арктических морей характерны туманы испарения, которые образуются в холодном воздухе над открытой морской поверхностью, и адвективные туманы охлаждения, возникающие при адвекции теплого воздуха на холодную подстилающую поверхность. Условия, способствующие образованию туманов, складываются преимущественно в летние месяцы, поэтому количество дней с туманом резко возрастает от зимы к лету. В январе и феврале туманы в среднем наблюдаются не более 1 дня, в июле и августе – по 16 дней, при максимуме соответственно в январе и феврале по 3, в июле и августе – соответственно 27 и 26 дней. Суммарная продолжительность, выраженная в часах, составляет в январе и феврале от 2 до 3, в июле и августе – 70–90 ч (это означает, что летом туманы образуются часто, но длятся недолго).

Понижение видимости, помимо тумана, может быть вызвано другими факторами, среди которых для ЗФИ наиболее важны метели. Они возможны в любом месяце года, но в июле и августе их суммарная продолжительность в среднем составляет по 2 ч в месяц, в феврале – 170 ч. Суммарная годовая продолжительность превышает 1100 ч, что почти в 4 раза больше числа дней с туманом. Следует отметить, что в условиях сильно расчлененного рельефа ЗФИ статистические параметры туманов, метелей, как и ряда других метеорологических элементов, могут значительно различаться даже на небольших расстояниях.

Климатические тенденции и достоверность их оценок. В многочисленных публикациях по изменениям климата Арктики ЗФИ не выделяется как объект самостоятельного анализа. Некоторые оценки вековой изменчивости температуры воздуха и осадков в контексте исследования колебаний ледового режима Баренцева моря приведены в работе (Зубакин, Бузин, 2009). Показано, что в период климатической стабильности (между "потеплениями Арктики" в первой половине XX и начале XXI веков) тренд среднегодовой температуры был отрицательным, причем наибольшее понижение пришлось на месяцы холодного полугодия с октября по февраль. Отмечено статистически значимое уменьшение годовых сумм осадков, что может сказаться на состоянии наземного оледенения и морского ледового покрова.

Вместе с тем, как свидетельствуют примеры выделения линейных трендов, приведенные в данной работе, результат, иногда вплоть до смены знака, существенно зависит от выбора периода оценки. Многолетние изменения гидрометеорологических параметров в регионе Баренцева моря могут быть интерпретированы как линейные тренды проявления климатической цикличности или однократные смещения климатических норм (Дженюк, 2012).

Современное потепление Арктики, которое наблюдается на фоне глобальной тенденции к потеплению (Изменения …, 2010), отмечено и на ЗФИ (Земля …, 2013; О природе …, 2014). Однако продолжительность периода потепления (15–20 лет) еще недостаточна для того, чтобы принять его в качестве базового для расчета новых климатических норм. С начала 2010-х гг. в Северном полушарии отмечен ряд аномальных явлений противоположных знаков: жаркое лето 2011 г. на европейской территории России, холодные зимы на юге Европы в 2012 г. и в Северной Америке в 2014 г., усиление штормовой активности в Европе и на Дальнем Востоке, беспрецедентные наводнения на Северном Кавказе в 2012 г. и в бассейне Амура в 2013 г. При всей разномасштабности этих процессов и неочевидности связей между ними они свидетельствуют о смещениях климатических норм и требуют выработки новых подходов к оценкам экстремумов с учетом нестационарности временных рядов.

Заключение. Информационная база по климату ЗФИ достаточна и даже избыточна для любых практических задач, возникающих в настоящем и обозримом будущем. Погодные условия архипелага настолько неблагоприятны для жизнедеятельности и хозяйственной деятельности, что уточнение и детализация оценок тех или иных параметров едва ли повлияют на принятие каких-либо управленческих решений. Тенденция к потеплению,

даже сильная и устойчивая, практически не меняет зимние типы погоды и лишь незначительно смягчает условия короткого лета. Изменчивость других метеорологических параметров (ветра, видимости, осадков) не может быть охвачена даже густой сетью пунктов стационарных наблюдений, и в тех случаях, когда ее учет необходим (например, для авиации), должны быть организованы продолжительные наблюдения и проведены модельные расчеты. Важно и то, что имеющиеся климатические данные по ЗФИ хорошо согласованы между собой и не противоречат всем известным закономерностям климата Арктики.

Литература

Атлас Арктики. М.: ГУГК, 1985. 204 с.

Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 6. Баренцево море. Вып. 1, 2 / Под ред. Б.Х. Глуховского и др. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 264 с.

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

Дженюк С.Л. К оценке океанологической изученности Баренцева и Белого морей // Вестн. МГТУ. 2012. Т. 15, № 4. С. 739–748.

Земля Франца-Иосифа / Под ред. В.П. Боярского. М.: Paulsen, 2013. 680 с.

Зубакин Г.К., Бузин И.В. Характеристика многолетних изменений параметров климатической системы Баренцева моря и возможный механизм ее развития // Тр. ААНИИ. 2009. Т. 450. С. 59–80.

Изменения климата в морской Арктике в начале XXI века / Г.В. Алексеев, В.Ф. Захаров, А.В. Пнюшков, А.А. Балакин // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 3 (86). С. 22–34.

О природе крупных гидрометеорологических аномалий в арктических и южных морях России / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, Д.В. Моисеев, А.П. Жичкин // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 1. С. 36–46.

Северный Ледовитый и Южный океаны. Л.: Наука, 1985. 501 с. (Сер. География Мирового океана).

Советская Арктика. М.: Наука, 1970. 526 с.

Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. 256 с.

УДК 551.465

Г.Г. Матишов, Д.В. Моисеев
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОХАЛИННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОД В РАЙОНЕ ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

На основании литературных и экспедиционных данных представлены изученность и описание термохалинных условий в районе Земли Франца-Иосифа. Показано, что наименее изученной частью являются проливы внутри архипелага. Выявлены основные типы водных масс в летний период.

G.G. Matishov, D.V. Moiseev
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

RESEARCH OF WATER THERMOHALINE FEATURES IN THE AREA OF THE FRANZ-JOSEF LAND

Abstract

This article analyzes the availability of data on thermohaline conditions of seawaters in the Franz-Josef Land region and describes them on the basis of published data and field studies. It has been found out that inner straits of the archipelago are less studied in respect of the thermohaline regime. The article reveals the main types of water masses for the summer period in the region.

Введение. Высокоширотный арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) в силу своего удаленного географического положения и почти круглогодичного ледового покрова достаточно плохо изучен с океанографической точки зрения. В современной литературе освещены в основном термохалинные характеристики акваторий вокруг ЗФИ (Loeng, 1991; Mass …, 2004; Matishov et al., 2009; Климатические …, 2010; Климат …, 2011; Climate …, 2012; Учет …, 2013; О природе …, 2014). Гидрологические условия в проливах архипелага представлены только в двух работах ММБИ (Матишов и др., 1992; Денисов и др., 1994). Основные черты гидрологического режима ЗФИ обусловлены его высокоширотным положением (и как следствие, низким уровнем солнечной радиации), адвекцией холодных арктических и теплых атлантических вод, распреснением поверхностного слоя вследствие таяния ледников, снега и морского льда, охлаждением от ледников, осолонением в ходе ледообразования (Матишов и др., 1992; Денисов и др., 1994).

Материалы и методы. Оценка изученности гидрологических условий на акватории ЗФИ сделана на основе баз данных открытого доступа (World …, 2013) и информации, собранной в рейсах ММБИ в 2006–2009 гг. (Комплексные …, 2008, 2009; Совместные …, 2013).

Оценка изученности гидрологических условий на акватории ЗФИ сделана на основе баз данных открытого доступа (World …, 2013a) и информации, собранной в рейсах ММБИ в 2006–2009 гг. (Комплексные …, 2008, 2009; Совместные …, 2013).

В рейсах ММБИ вертикальное профилирование водной толщи производилось с помощью СТД-зонда SEACAT SBE 19plus. Данные обработаны с помощью программного обеспечения и по методикам от производителя зонда (SBE …, 2005). Статистические характеристики рассчитаны в программе MS Excel. Карты построены в ГИС-пакетах Ocean Data View (Schlitzer, 2013) и ArcGIS (http://www.arcgis.com). Профили вертикального распределения температуры и солености воды на разрезе сделаны в программе Surfer (http://www.goldensoftware.com/products/surfer).

Результаты. ***Изученность гидрологических условий в районе ЗФИ.*** *WOD 2013.* Одной из наиболее полных баз океанологических данных от-

крытого доступа является World Ocean Database 2013 (World …, 2013a). Она содержит наборы данных нескольких типов, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Типы наборов данных представленных в WOD 2013 (World …, 2013b)

Тип данных	Характеристика данных
OSD	Данные, полученные с помощью батометров, СТД-зондов и батитермосалинографов низкого разрешения, а также планктонные данные
CTD	Данные, полученные с помощью СТД-зондов и батитермосалинографов высокого разрешения
MBT	Данные, полученные с помощью механических батитермографов (МБТ), цифровых батитермографов (ЦБТ), микробатитермографов (микро-БТ)
XBT	Данные, полученные с помощью отрывных батитермографов
SUR	Данные из поверхностного слоя (ведро, термосалинограф)
APB	Данные, полученные с помощью автономных батитермографов, установленных на ластоногих животных
MRB	Данные буйковых станций из проектов TAO (Tropical Atmosphere-Ocean), PIRATA (moored array in the tropical Atlantic), MARNET и TRITON (Japan-JAMSTEC)
PFL	Данные, полученные с помощью дрейфующих буев-профилографов, прежде всего, из проекта ARGO
DRB	Данные, полученные с помощью дрейфующих поверхностных буев с цепочками термисторов
UOR	Данные, полученные с помощью СТД-зондов, установленных на буксируемых буксируемых погружных платформах
GLD	Данные, полученные с помощью глайдеров

На веб-портале атласа (http://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/dbsearch/dbsearch.html) существует возможность выборки данных по географическим координатам. Мы выбрали все имеющиеся данные для района ЗФИ, ограниченного параллелями 79 и 83^{o} с. ш. и меридианами 40 и 70^{o} в. д. Для данной области в WOD 2013 имеется 1938 станций, выполненных в период с 1873 по 2013 гг. (табл. 2). С помощью программы Ocean Data View (Schlitzer, 2013) мы визуализировали распределение станций в районе ЗФИ по типам данных, годам и сезонам. Результаты представлены на рисунках 1–3. Наиболее полно покрыты станциями акватории вокруг ЗФИ, преимущественно по разрезам. В проливах архипелага гидрологические исследования носили спорадический характер.

Наибольшее число станций (1137) сделано с помощью батометров, СТД-зондов и батитермосалинографов низкого разрешения (OSD) с 1873 по 1998 гг. (табл. 2). Основное количество OSD-станций приходится на вторую половину XX века (рис. 2). Станции сконцентрированы в районах стандартных разрезов (рис. 1).

Таблица 2

Объем гидрологических данных разных типов в WOD 2013 для района ЗФИ

Тип данных	Период времени, годы	Количество станций (профилей)
OSD	1873–1874, 1901,1923, 1929–1932, 1934–1938, 1940, 1946, 1948, 1952–1961, 1965–1973, 1976–1981, 1983–1993, 1997–1998	1137
CTD	1980–1983, 1989, 1991–1996, 2005–2007, 2009, 2013	319
MBT	1965–1966, 1973–1974, 1984–1990	173
XBT	1984, 1989–1991	48
APB	2010	130
DRB	1989	131
Всего		1938

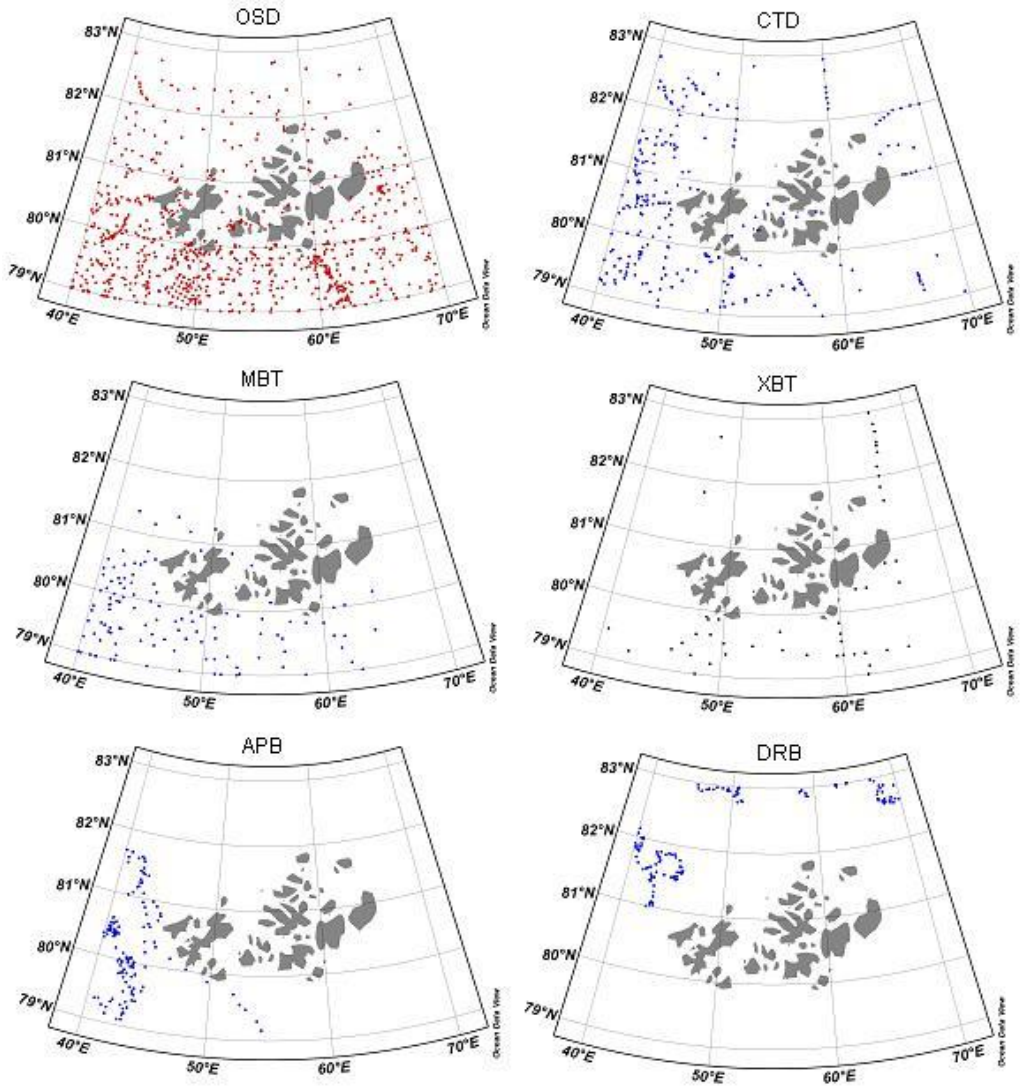


Рис. 1. Пространственное распределение станций в районе ЗФИ по типам данных

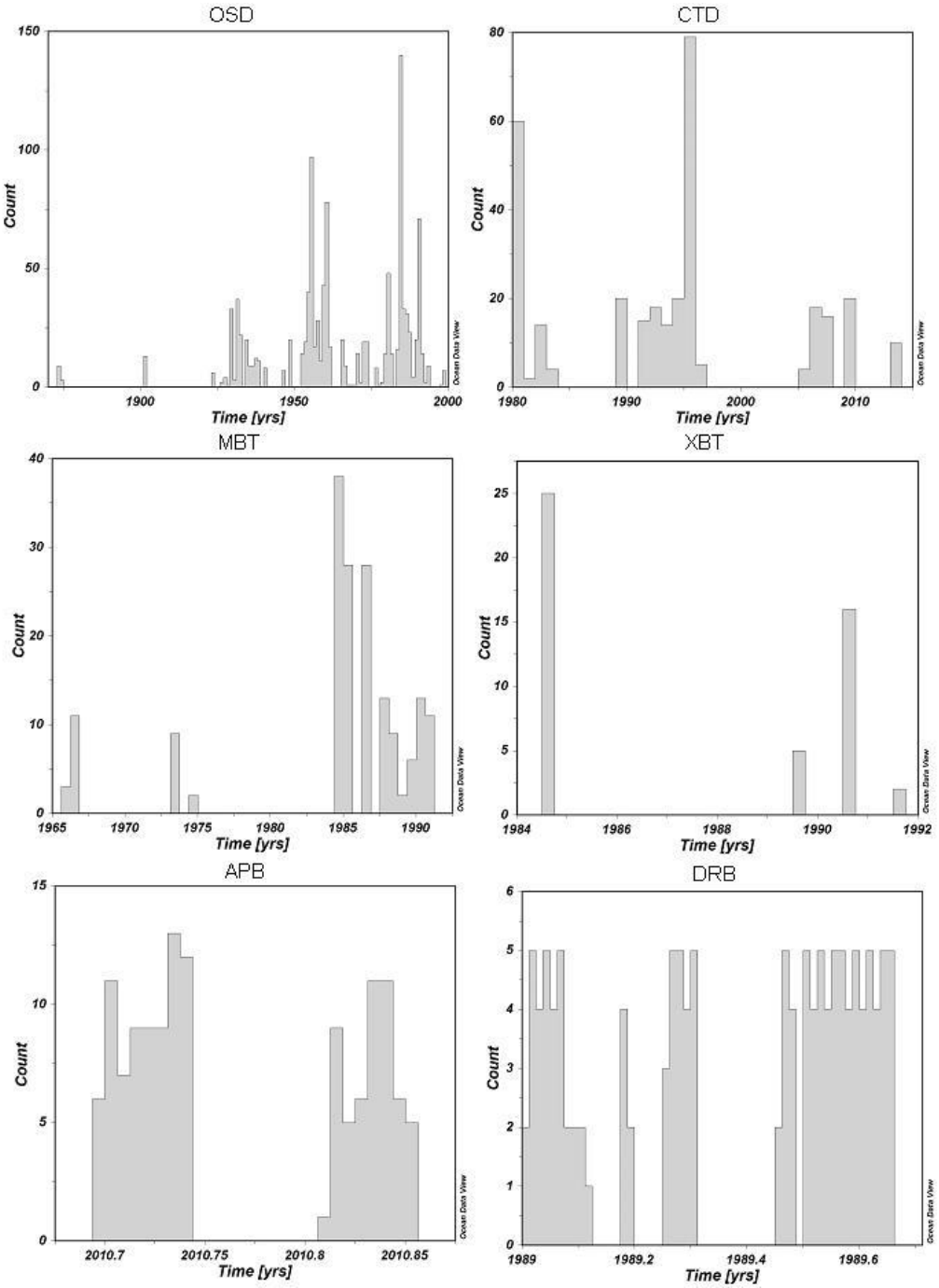


Рис. 2. Временно́е распределение станций в районе ЗФИ по типам данных

В современный период (1980–2013 гг.) с использованием СТД-зондов и батитермосалинографов высокого разрешения (CTD) в исследуемом районе выполнено 319 станций (табл. 2). Большая часть CTD-станций выполнена в 1990-е гг. (рис. 2). Так же как и в случае с OSD, CTD-станции сосредоточены на разрезах по акватории вокруг ЗФИ (рис. 2).

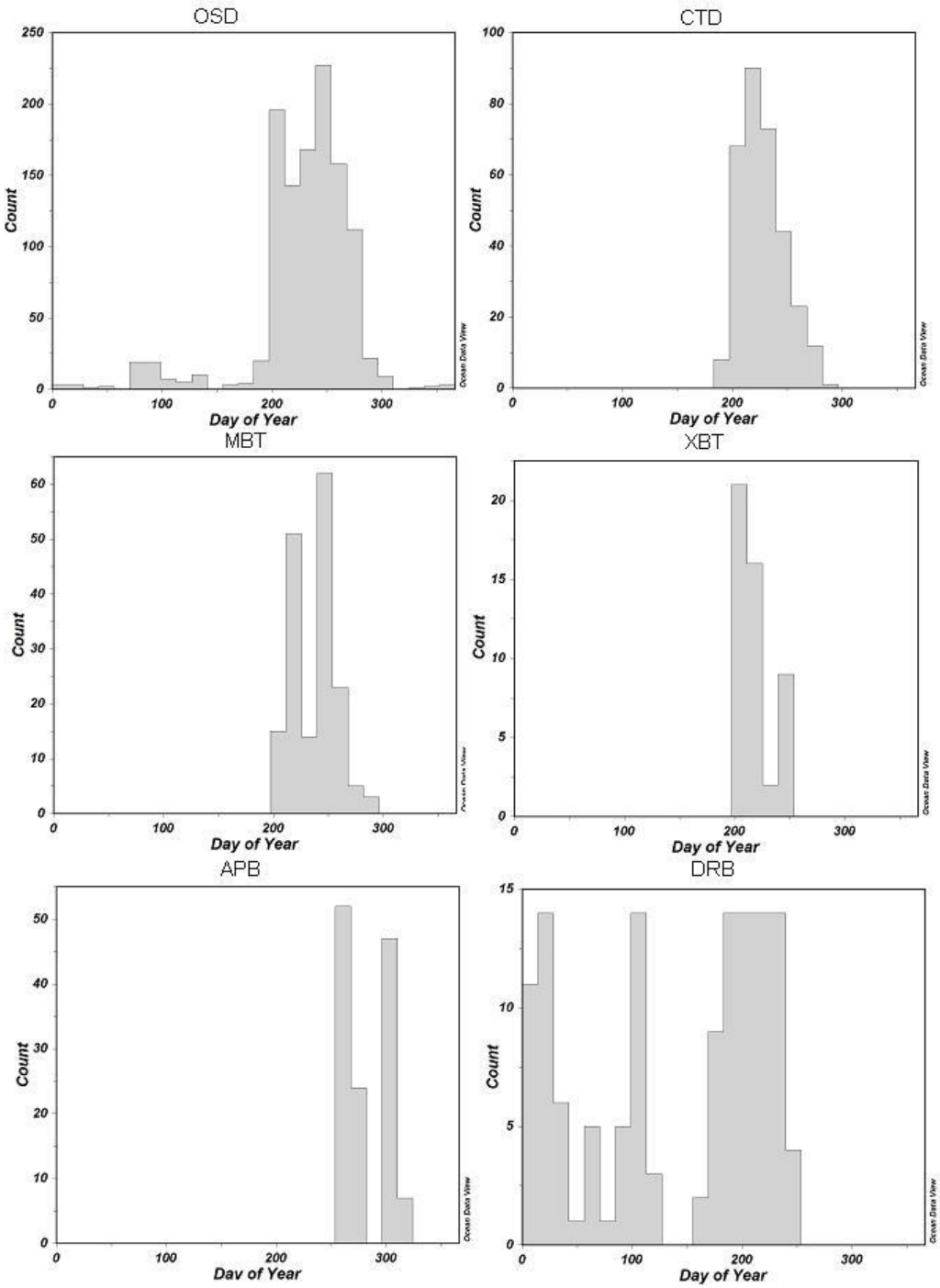


Рис. 3. Сезонное распределение станций в районе ЗФИ по типам данных

Кроме этого в 1960–1980-е гг. (рис. 2) на данной акватории сделано 173 станции с помощью механических и цифровых батитермографов (МВТ) и 48 станций отрывными батитермографами (XBT) (табл. 2). Эти станции распределены случайным образом вокруг ЗФИ (рис. 1).

В западной части акватории (рис. 1) в июле–августе 2010 г. (рисунки 2, 3) сделано 130 профилей с помощью автономных батитермографов, установленных на ластоногих животных (APB) (табл. 2). На севере, в Северном Ледовитом океане (рис. 1), обнаруживаются траектории дрейфующих поверхностных буев с цепочками термисторов (DRB), в результате работы которых в январе–июне 1989 г. (рисунки 2, 3) в базу данных попал 131 профиль (табл. 2).

За исключением DRB, все данные на исследуемой акватории были получены преимущественно в безледный период с августа по октябрь (рис. 3).

Экспедиции ММБИ. Как отмечалось выше, измерения термохалинной структуры вод в районе архипелага проводятся в основном в летний безледный период. Данные об исследованиях, выполненных ММБИ в начале 1990-х гг., представлены в работах (Матишов и др., 1992; Денисов и др., 1994). В течение более чем 10 лет ММБИ не проводил гидрологических исследований в районе ЗФИ. Экспедиционные работы ММБИ в этом районе возобновились лишь в 2006 г. и продолжались каждый летний сезон до 2009 г. (рис. 1). За это время в районе, ограниченном параллелями 79 и 83^{o} с. ш. и меридианами 40 и 70^{o} в. д., выполнено 43 СТД-профилирования (табл. 3). При этом в проливах исследования выполнялись по одной и той же сетке станций примерно в одно время. На прилегающих к ЗФИ акваториях выполнено 3 стандартных разреза: 22 (через желоб Франц-Виктория), 23 (к юго-западу от ЗФИ) и 26 (между ЗФИ и Новой Землей) (рис. 4). Анализ полученных на этих разрезах данных нами опубликован (Matishov et al., 2009).

Таблица 3

Количество гидрологических станций, выполненных ММБИ в районе ЗФИ

Год	Даты	Количество профилей
2006	22–24 августа	6
2007	27–30 августа	16
2008	27–30 августа	11
2009	09–11 августа	10
Всего		43

Особенности термохалинной структуры вод в проливах ЗФИ. В ряде публикаций (Loeng, 1991; Mass …, 2004; Matishov et al., 2009; Климатические …, 2010; Климат …, 2011; Climate …, 2012; Учет …, 2013; О природе …, 2014) хорошо освещены результаты гидрологических исследований на прилегающих к ЗФИ акваториях. Выше отмечалось, что только в двух работах ММБИ 1990-х гг. (Матишов и др., 1992; Денисов и др., 1994) имеется описание термохалинных условий внутренних акваторий ЗФИ, поэтому проанализируем, прежде всего, термохалинные данные в малоисследованных проливах. Ежегодные гидрологические станции экспедиций ММБИ располагались в нескольких районах: о. Брюса, пролив Британский канал у о. Итон и о. Кетлица, пролив Маркама и бухта Тихая

на о. Гукера (рис. 5). Местоположение станций выбрано с учетом рельефа дна на банках и в желобах. Для станций в пяти районах были рассчитаны статистические характеристики температуры и солености воды по слоям (таблицы 4, 5), построены среднемноголетние за 2006–2009 гг. профили распределения температуры и солености воды на разрезе в проливе Британский канал (рис. 6).

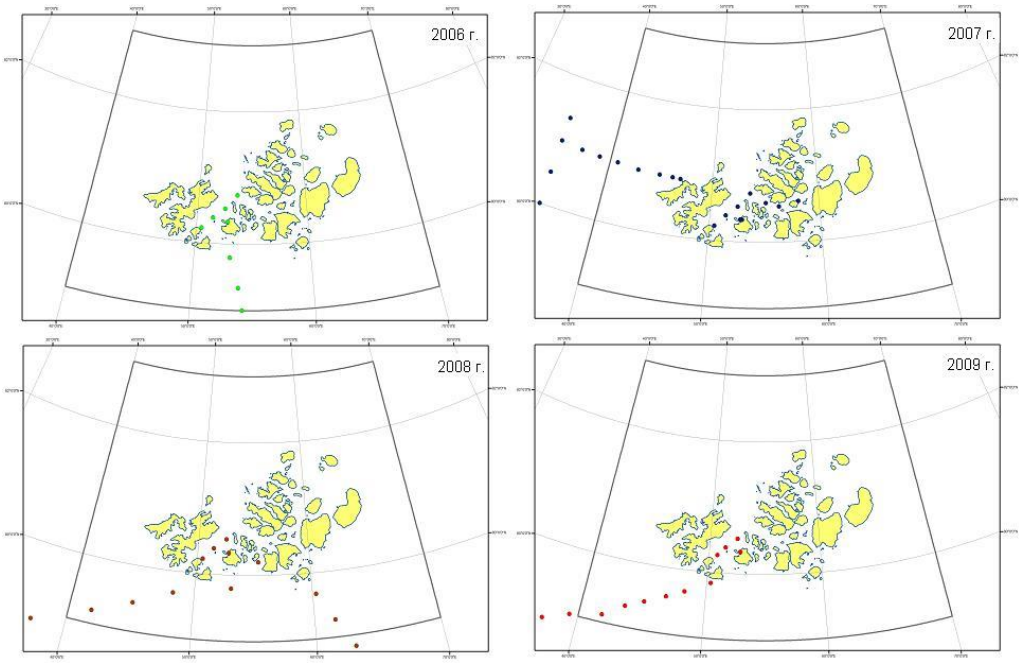


Рис. 4. Карта-схема расположения станций, выполненных ММБИ .

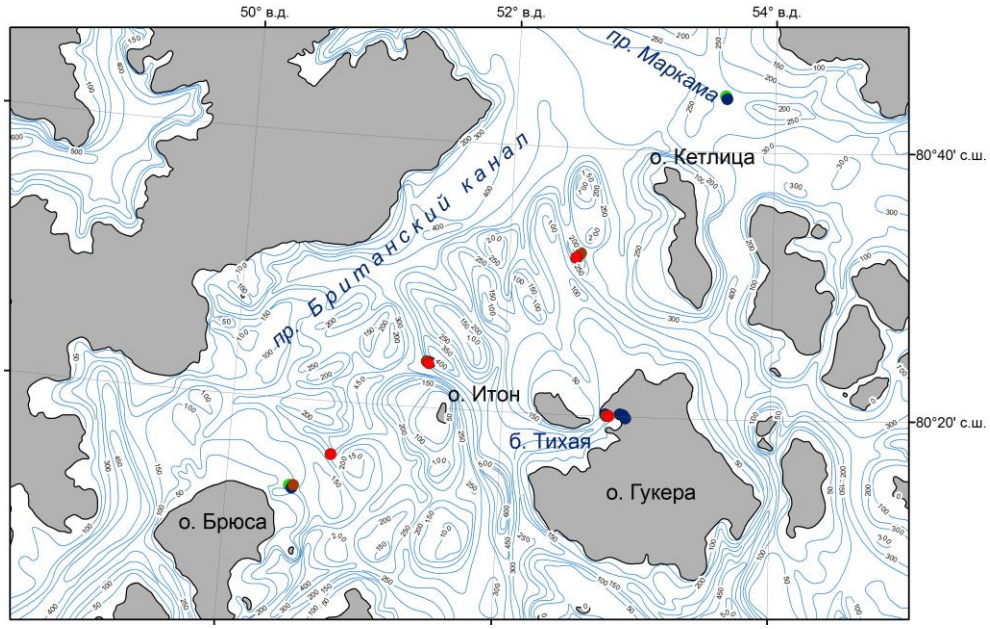


Рис. 5. Расположение ежегодных гидрологических станций в проливах ЗФИ

Таблица 4

Статистические характеристики температуры воды в районе ЗФИ в 2006–2009 гг.

Район	Слой, м	Год	Температура, °С
О. Брюса	0–5	2006	–0.11 (–0.12…–0.10)
		2007	0.29 (0.29–0.30)
		2008	0.17 (0.12–0.25)
		2009	0.25 (0.24–0.27)
	0–20	2006	–0.09 (–0.18…0.01)
		2007	0.27 (0.06–0.31)
		2008	0.14 (0.06–0.25)
		2009	0.25 (–0.16…0.43)
	21–50	2006	–0.28 (–0.58…0.03)
		2007	–0.14 (–0.32…0.05)
		2008	–0.22 (–0.39…0.07)
		2009	–0.73 (–0.84…–0.22)
	0–57 (дно)	2006	–0.25 (–0.60…0.03)
		2007	–0.03 (–0.41…0.31)
		2008	–0.10 (–0.29…0.25)
		2009	–0.40 (–0.84…0.43)
Пролив Британский канал (у о. Итон)	0–5	2006	0.33 (0.33–0.33)
		2007	0.62 (0.62–0.62)
		2008	0.19 (0.19–0.19)
		2009	0.38 (0.37–0.39)
	0–20	2006	0.31 (0.05–0.43)
		2007	0.26 (–0.34…0.62)
		2008	0.13 (–0.42…0.19)
		2009	0.34 (0.13–0.40)
	21–50	2006	–0.87 (–1.27…–0.09)
		2007	–0.71 (–1.01…–0.40)
		2008	–0.89 (–1.08…–0.65)
		2009	–0.71 (–1.13…0.08)
	0–365 (дно)	2006	–1.19 (–1.43…0.43)
		2007	–1.08 (–1.32…0.62)
		2008	–1.05 (–1.25…0.19)
		2009	–1.19 (–1.55…0.40)
Пролив Британский канал (у о. Кетлица)	0–5	2006	0.10 (0.10–0.10)
		2007	0.47 (0.47–0.47)
		2008	0.35 (0.35–0.35)
		2009	0.27 (0.27–0.27)
	0–20	2006	0.10 (0.09–0.10)
		2007	0.47 (0.47–0.48)
		2008	0.31 (0.20–0.35)
		2009	0.25 (0.14–027)
	21–50	2006	–0.40 (–0.88…0.09)
		2007	–0.11 (–1.12…0.47)
		2008	–0.43 (–0.71…0.13)
		2009	–0.64 (–0.97…0.11)

Окончание табл. 4

Район	Слой, м	Год	Температура, °С
Пролив Британский канал (у о. Кетлица)	0–71 (дно)	2006	–0.44 (–1.07…0.10)
		2007	–0.25 (–1.15…0.48)
		2008	–0.32 (–0.84…0.35)
		2009	–0.52 (–1.18…0.27)
Пролив Маркама	0–5	2006	0.24 (0.24–0.24)
		2007	0.17 (0.17–0.17)
		2008	–
		2009	–
	0–20	2006	0.21 (0.15–0.24)
		2007	–0.02 (–0.29…0.18)
		2008	–
		2009	–
	21–50	2006	–0.32 (–0.68…0.15)
		2007	–0.55 (–0.71…0.36)
		2008	–
		2009	–
	0–213 (дно)	2006	–0.99 (–1.43…0.24)
		2007	–1.00 (–1.39…0.18)
		2008	–
		2009	–
Бухта Тихая (о. Гукера)	0–10 (дно)	2006	–0.09 (–0.10…–0.06)
		2007	0.00 (–0.06…0.08)
		2008	0.07 (0.02–0.10)
		2009	–0.35 (–0.45…–0.29)

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в табл. 5: цифры без скобок – среднее значение, цифры в скобках – минимальное и максимальное.

Таблица 5

Статистические характеристики солености воды в районе ЗФИ в 2006–2009 гг.

Район	Слой, м	Год	Соленость, ‰
О. Брюса	0–5	2006	33.28 (33.27–33.28)
		2007	33.45 (33.45–33.45)
		2008	34.00 (33.98–34.03)
		2009	33.53 (33.62–33.66)
	0–20	2006	33.60 (33.27–34.10)
		2007	33.49 (33.45–33.70)
		2008	34.12 (33.98–34.23)
		2009	33.87 (33.62–34.13)
	21–50	2006	34.30 (34.12–34.40)
		2007	33.88 (33.71–34.03)
		2008	34.29 (34.24–34.36)
		2009	34.34 (34.14–34.40)
	0–57 (дно)	2006	34.07 (33.27–34.41)
		2007	33.77 (33.45–34.10)
		2008	34.24 (33.98–34.39)
		2009	34.19 (33.62–34.44)

Окончание табл. 5

Район	Слой, м	Год	Соленость, ‰
Пролив Британский канал (у о. Итон)	0–5	2006	33.87 (33.87–33.87)
		2007	33.86 (33.76–33.77)
		2008	33.97 (33.97–33.97)
		2009	34.08 (34.08–34.08)
	0–20	2006	34.01 (33.87–34.20)
		2007	33.92 (33.76–34.13)
		2008	34.00 (33.97–34.11)
		2009	34.10 (34.08–34.18)
	21–50	2006	34.43 (34.23–34.53)
		2007	34.30 (34.15–34.42)
		2008	34.33 (34.15–34.44)
		2009	34.44 (34.19–34.57)
	0–365 (дно)	2006	34.64 (33.87–34.81)
		2007	34.61 (33.76–34.80)
		2008	34.60 (33.97–34.76)
		2009	34.66 (34.08–34.78)
Пролив Британский канал (у о. Кетлица)	0–5	2006	34.00 (34.00–34.00)
		2007	33.82 (33.82–33.82)
		2008	34.15 (34.15–34.15)
		2009	34.05 (34.05–34.05)
	0–20	2006	34.02 (34.00–34.07)
		2007	33.82 (33.82–33.83)
		2008	34.17 (34.15–34.24)
		2009	34.06 (34.05–34.11)
	21–50	2006	34.32 (34.09–34.50)
		2007	34.06 (33.83–34.50)
		2008	34.37 (34.26–34.46)
		2009	34.39 (34.12–34.53)
	0–71 (дно)	2006	34.30 (34.00–34.57)
		2007	34.13 (33.82–34.58)
		2008	34.35 (34.15–34.53)
		2009	34.35 (34.05–34.63)
Пролив Маркама	0–5	2006	33.93 (33.93–33.93)
		2007	33.71 (33.71–33.72)
		2008	–
		2009	–
	0–20	2006	33.94 (33.93–33.97)
		2007	33.80 (33.71–33.91)
		2008	–
		2009	–
	21–50	2006	34.28 (33.98–34.43)
		2007	34.11 (33.91–34.20)
		2008	–
		2009	–
	0–213 (дно)	2006	34.53 (33.93–34.75)
		2007	34.42 (33.71–34.76)
		2008	–
		2009	–
Бухта Тихая (о. Гукера)	0–10 (дно)	2006	34.25 (34.24–34.26)
		2007	33.54 (33.46–33.63)
		2008	34.26 (34.24–34.30)
		2009	34.17 (34.13–34.22)

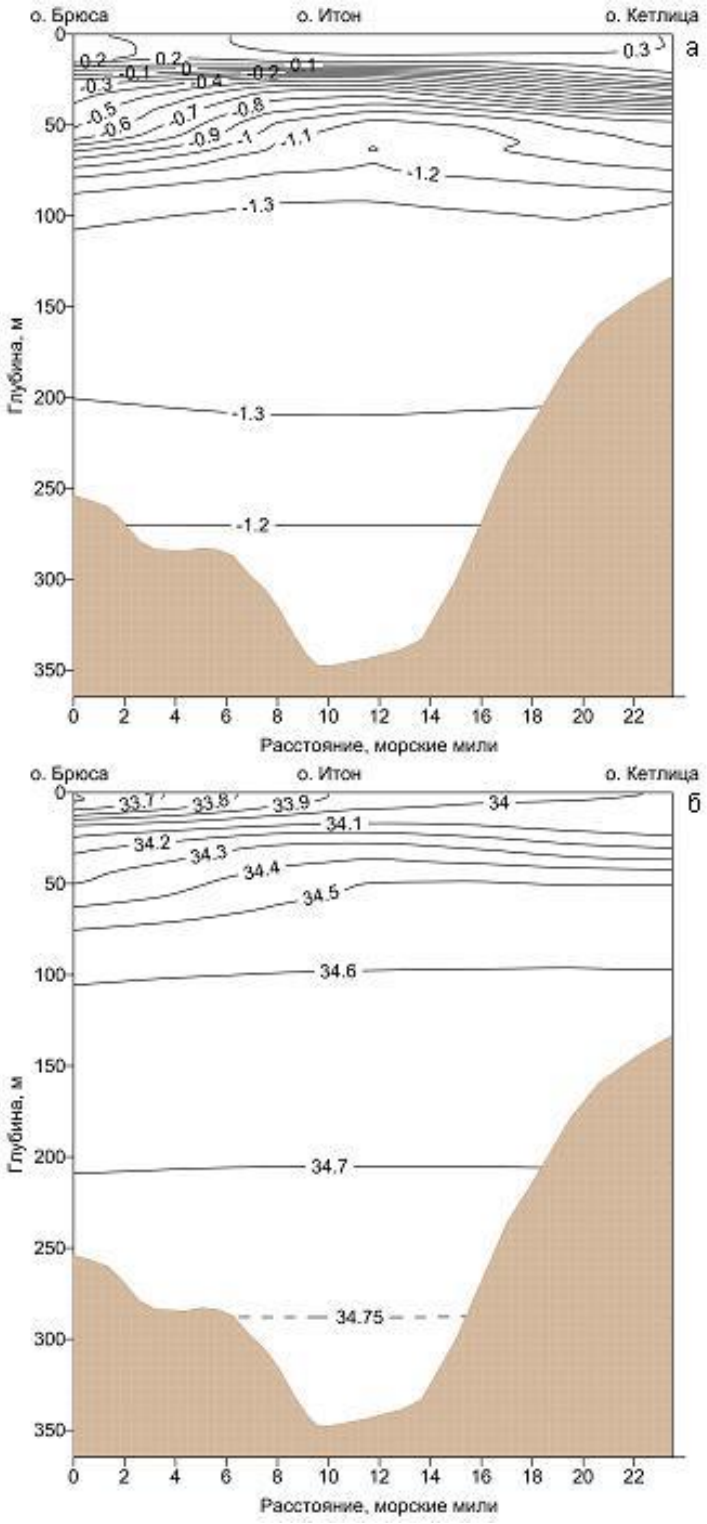


Рис. 6. Распределение температуры (а, ^{o}C) и солености (б, ‰) на разрезе в проливе Британский канал

По осредненным за 2006–2009 гг. данным на разрезе в проливе Британский канал наблюдался прогретый свыше 0 °С поверхностный слой (0–20 м). Под ним до глубины примерно 100 м температура снижалась до –1.3 °С, затем до дна повышалась. В поверхностном слое возле о. Брюса зарегистрировано охлаждающее и опресняющее влияние ледника.

В слое 0–20 м наблюдались распресненные прогретые свыше 0 °С воды местного происхождения. Эти водные массы сформировались в проливах в результате летнего прогрева, таяния морского и материкового льда. Они характеризуются положительной температурой и соленостью, в основном менее 34 ‰. Под ними, в слое 20–210 м, находились арктические воды с температурой в пределах 0…–1.3 °С и соленостью 34–34.7 ‰. Во впадинах, от глубины 210 м до дна, регистрировались трансформированные баренцевоморские воды с температурой выше –1.3 °С и соленостью более 34.7 ‰.

Заключение. На основе крупнейшей базы данных WOD 2013 и архивов морских экспедиций ММБИ проведен анализ изученности термохалинных условий в районе ЗФИ. Сделано описание характеристик температуры и солености воды, выявлены основные типы водных масс в проливе Британский канал в летний период 2006–2009 гг.

Литература

Денисов В.В., Матишов Д.Г., Соколов В.Т. Гидрометеорологические условия архипелага // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты, 1994. С. 25–38.

Матишов Г.Г., Шабан А.Ю., Матишов Д.Г. Новые данные о роли желобов в биоокеанологии шельфа Земли Франца-Иосифа и Новой Земли. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1992. 51 с.

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

Климат морей Западной Арктики в начале XXI века / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, А.П. Жичкин, Д.В. Моисеев // Изв. РАН. Сер. геогр. 2011. № 3. С. 17–32.

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

Комплексные экспедиции в Баренцево море и Северный Ледовитый океан в рамках МПГ 2007/08 на НИС “Дальние Зеленцы” / Д.В. Моисеев, Е.А. Гарбуль, Д.Г. Ишкулов и др. // Новости МПГ 2007/08. Международный полярный год 2007/08 в Российской Федерации и мире. № 9–10 (ноябрь–декабрь 2007 г.): Информ. бюл. СПБ.: Изд. ААНИИ, 2008. С. 21–28.

Комплексные экспедиции в Баренцево и Гренландское моря на НИС “Дальние Зеленцы” / Д.В. Моисеев, Е.А. Гарбуль, О.Ю. Кудрявцева и др. // Экспедиционная деятельность в рамках Международного полярного года 2007/08. СПб.: Изд. ААНИИ, 2009. Т. 2. Экспедиции 2008 года. С. 25–30.

О природе крупных гидрометеорологических аномалий в арктических и южных морях России / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, Д.В. Моисеев, А.П. Жичкин // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 1. С. 36–46.

Совместные подходы ММБИ, ЮНЦ и Лаборатории климата океана НОАА (США) к организации океанографических и гидробиологических баз данных арктических и южных морей России / Г.Г. Матишов, Д.В. Моисеев, С.В. Бердников и др. // Тр. КНЦ РАН. 2013. № 1(14). С. 135–152.

Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, В.В. Денисов и др. // Тр. КНЦ РАН. 2013. № 1(14). С. 56–71.

Climate and cyclic hydrobiological changes of the Barents Sea from the twentieth to twenty-first centuries / G. Matishov, D. Moiseev, O. Lyubina et al. // Polar Biol. 2012. V. 35, № 12. P. 1773–1790.

Loeng H. Features of the physical oceanographic conditions of the Barents Sea // Polar Research. 1991. V. 10(1), P. 5–18.

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

Mass, Heat and Salt Balances in the Eastern Barents Sea Obtained by Inversion of Hydrographic Section Data / G. Panteleev, I. Motoyoshi, A. Grotov et al. // J. Oceanography. 2004. V. 60. P. 613–623.

SBE 19plus SEACAT PROFILER // User Manual, Version 012, Bellevue. Washington (USA), 2005.

Schlitzer R. Ocean Data View, 2013 (URL: http://odv.awi.de).

World Ocean Database 2013 / S. Levitus (Ed.), A. Mishonov (Techn. Ed.). NOAA Atlas NESDIS 72. 2013a.

World Ocean Database 2013 User's Manual / S. Levitus (Ed.), A. Mishonov (Techn. Ed.). NODC Internal Report 22, NOAA Printing Office, Silver Spring, MD, 2013. 172 p. (URL: http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD13/).

УДК 551.467.3(268.45)

А.П. Жичкин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ В РАЙОНЕ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

Представлены результаты исследования особенностей климатических колебаний распределения льдов в районе арх. Земля Франца-Иосифа в 1977–2011 гг. Показана динамика межгодовой и сезонной изменчивости основных элементов ледового режима (площадь ледового покрова, положение кромки льда, продолжительность ледового периода). На основе электронной базы данных по ледовитости Баренцева моря выполнен сравнительный анализ среднегодовых значений параметров ледового режима в районе Земли Франца-Иосифа и всего Баренцева моря.

A.P. Zhichkin
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

ICE CONDITIONS IN THE FRANZ-JOSEF LAND REGION

Abstract

The article discusses results of studies on climatic fluctuations of the ice conditions in the Franz-Josef Land region in 1977–2011. It examines the dynamics of inter-annual and seasonal variations of the main elements of the ice regime (area covered with ice, position of the ice edge, duration of ice cover). The article also presents a comparative analysis of average annual parameters of the ice regime in the area of the Franz-Josef Land Archipelago and the whole Barents Sea based on an electronic database on the Barents Sea ice regime.

Введение. В соответствии с географическим положением, преобладающими морскими течениями и воздушными переносами в районе арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) имеются свои региональные особенности ледовых условий. Основную специфику ледовых условий в районе определяет его высокоширотное (79–82^{o} с. ш.) положение и потоки холодных вод, которые в течение всего года выносят льды из Карского моря (Зубакин, 1987; Гидрометеорология …, 1990). В то же время заметную роль на ледовые условия архипелага оказывает отепляющее воздействие подповерхностных атлантических вод, распространяющихся с запада вдоль континентального склона и проникающих в Баренцево море по подводным желобам, к системе которых могут быть отнесены и глубокие (до 600 м) проливы между островами архипелага.

Ледовый покров существует при среднемноголетних условиях на протяжении всего года, а сезонные изменения ледовых условий во многом схожи с режимом арктических морей сибирского шельфа. Важной особенностью района является наличие припая в проливах архипелага и вдоль побережья, а также развитие заприпайных полыней в весенне-летний период. Наибольшая многолетняя изменчивость ледовых условий отмечается в теплый период годового цикла. В мае–июле могут возникать устойчивые заприпайные полыньи как на южном, так и на северном побережьях ЗФИ (Среда …, 1994).

Главной особенностью возрастного состава ледового покрова является преобладание однолетних толстых льдов (примерно 75 %) и наличие в течение всего года небольшого количества многолетних льдов (5–10 %), выносимых из Арктического бассейна (Миронов, 2004).

Несмотря на большое количество научных публикаций, посвященных Арктике, ее высокоширотные районы еще недостаточно изучены. В условиях расширяющейся экономической деятельности в морях Западной Арктики возрастает важность комплексных природных исследований, среди которых особое значение имеет изучение региональных особенностей ледовых условий и их климатической изменчивости, в частности в районе арх. ЗФИ.

Материалы и методы. Анализ особенностей пространственно-временного распределения льдов на акватории Баренцева моря и динамики межгодовой и сезонной изменчивости основных элементов ледового режима в настоящей работе проведен на основе электронной базы данных по ледовитости Баренцева моря, сформированной в Мурманском морском биологическом институте (ММБИ). База содержит временные ряды ежемесячных значений общей ледовитости (площадь моря, покрытая льдом относительно всей площади моря) за 1960–2011 гг., а также 420 ежемесячных ледовых карт за 1977–2011 гг.

Расчеты площадей ледового покрова за 1977–2011 гг. выполнены в лаборатории океанографии и радиоэкологии ММБИ с помощью ГИС-

программы MapViewer. При этом вычисления общей ледовитости района ЗФИ производились относительно расчетной площади 120 тыс. км^2. Расчетная область включает в себя как проливы между островами архипелага, так и акваторию прилегающего шельфа, расположенного в основном между 79 и 82^o с. ш. и ограниченного с востока и запада глубоководными желобами Святой Анны и Франц-Виктория соответственно (рис. 1).

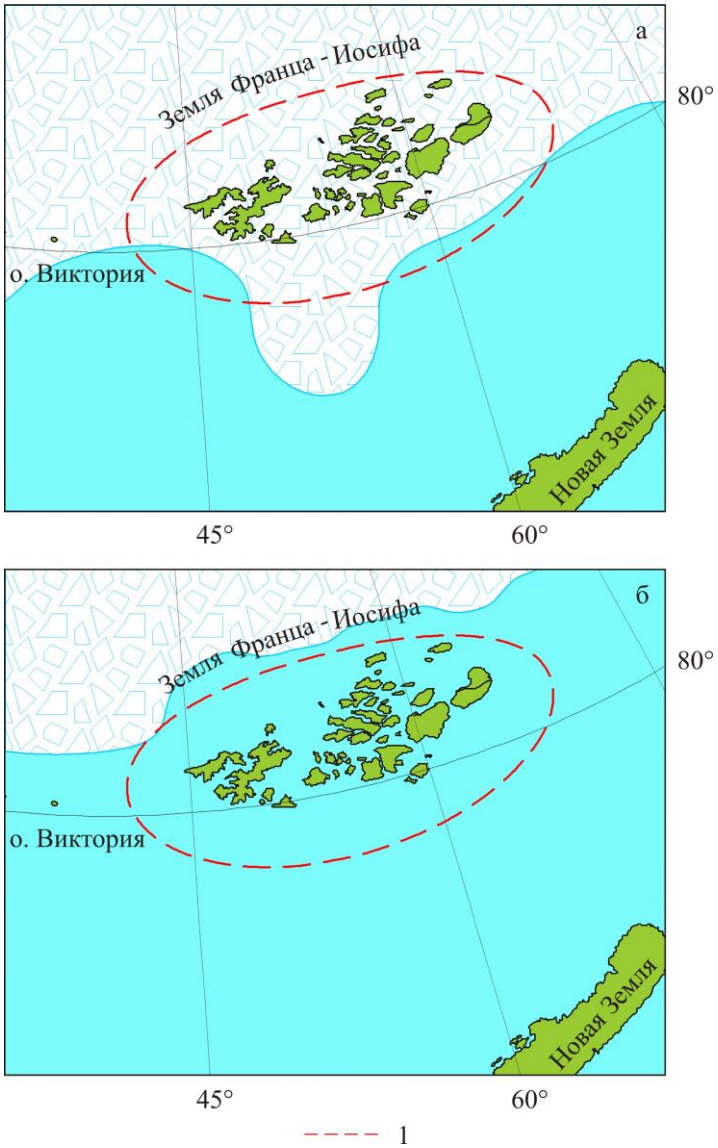


Рис. 1. Положение кромки льда в районе арх. ЗФИ в сентябре 1994 (а) и 2000 (б) гг.:
1 – расчетная область

Результаты и обсуждение. В соответствии с географическим положением, преобладающими морскими течениями и воздушными переносами в различных районах Баренцева моря имеются свои особенности ледового

режима. В таблице 1 приведены значения некоторых параметров ледового режима района ЗФИ за последние 35 лет, рассчитанные на основе нашей электронной базы данных по ледовитости Баренцева моря.

Таблица 1

Преобладающие среднегодовые значения параметров ледового режима в районе ЗФИ и всего Баренцева моря (1977–2011 гг.)

Район	Максимальная ледовитость, %	Минимальная ледовитость, %	Продолжительность ледового периода, мес.
ЗФИ	100 (ноябрь–апрель)	45 (сентябрь)	12
Все море	54–57 (март–апрель)	3–6 (август–сентябрь)	12

Анализ пространственного распределения льдов на акватории района ЗФИ показывает, что ледовый покров существует здесь на протяжении всего года, за исключением аномально легких лет. Даже в самый малоледовитый для этого района месяц (сентябрь) площадь льда составляет около 50 % (табл. 1). В октябре значительная часть акватории покрывается льдами, в ноябре–апреле ледовитость достигает 100 %. Тяжелые ледовые условия сохраняются до июня, когда начинаются процессы таяния и разрушения льда.

Таким образом, с октября по июнь архипелаг постоянно окружен льдом, однако в короткий теплый период ледовая обстановка в его прибрежных водах чрезвычайно изменчива. Максимальная изменчивость ледовитости отмечается в августе–сентябре, когда наступает интенсивное разрушение льда и ледовитость в сентябре достигает сезонного минимума. Размах многолетних изменений площади льда здесь в эти месяцы составил 90–95 %. В августе–сентябре возможно возникновение ситуаций от полного закрытия льдом всех островов до полного очищения района ЗФИ (рис. 1). Такие ситуации резко участились с 1997 г.

Наименьшая изменчивость площади льда в районе ЗФИ наблюдается в холодный период, с декабря по февраль стандартное отклонение равно нулю.

Частичное освобождение прибрежной зоны ЗФИ от льда обычно длится 2–3 мес., с июля или августа по сентябрь. Примечательным исключением был период с 1993 по 1999 г. В 1993, 1996 и 1999 годах такие условия наблюдались только в сентябре, в 1994 г. прибрежная зона была полностью закрыта льдом во все месяцы. Вместе с тем, в 1997 и 1998 гг. те или иные участки были свободны от льда с мая по сентябрь.

Основные статистические характеристики ледовитости района ЗФИ для каждого месяца года приведены в табл. 2.

Полное очищение прибрежных вод ЗФИ случалось в отдельные месяцы лишь в виде исключения: в сентябре 1984 и 1985 гг., в августе и сентябре 2000 г., в сентябре 2005 и 2008 гг. Резко аномальным был октябрь

2009 г., когда кромка льда почти везде устойчиво проходила севернее района ЗФИ. В ноябре–декабре 2009 гг. ледовые условия ЗФИ вернулись к норме, но в целом в Баренцевом море сохранялись аномально легкие условия.

Таблица 2

Статистические характеристики общей ледовитости (%) района арх. ЗФИ в течение годового ледового цикла (1977–2011 гг.)

Характеристика	Месяцы											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Средняя	45	80	100	100	100	100	100	100	95	88	78	57
Минимальная	0	9	87	100	100	100	92	93	68	63	37	5
Максимальная	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Размах	90	91	13	0	0	0	8	7	32	37	63	95
Стандартное отклонение	27	26	2	0	0	0	1	1	9	11	20	27

За этим единственным исключением, полное замерзание прибрежных вод ЗФИ всегда отмечалось в сентябре или октябре. Сроки разрушения льда были более изменчивы и на протяжении рассмотренного периода сместились к более ранним. Если в 1987–1997 гг. разрушение начиналось не раньше июня, то начиная с 2000 г. оно систематически отмечается в мае–июне (правда, это может объясняться и более полным выявлением полыней на спутниковых картах).

В районе ЗФИ в весенний период (май) практически ежегодно (особенно в последнее десятилетие) образуется полынья, развитие которой во многом определяет интенсивность очищения акватории от льдов в летний период. В течение последних 35 лет образование полыньи происходило на различных участках рассматриваемого района, но чаще всего южнее архипелага (особенно в июне), когда атмосферная циркуляция способствовала устойчивому отжиму плавучих льдов к югу и юго-западу. Площадь полыньи варьировала в значительных пределах. Так, например, в июне 1978 и 1992 гг. площадь полыньи составляла 7 и 5 %, а в июне 1991 и 1997 гг. 27 и 28 % соответственно от акватории района ЗФИ (рис. 2).

В отдельные годы здесь могут образовываться одновременно до 3–4 полыней как к югу и северу, так и к западу и востоку от островов. Такие случаи наблюдались в мае 2005 и 2010 гг. (по 4 полыньи), в июне 2000, 2008 и 2010 гг. (по 3 полыньи).

Анализ результатов свидетельствует о значительных межгодовых флуктуациях ледовитости района ЗФИ за последние 35 лет (рис. 3).

Размах межгодовых изменений площади льда за этот период составил 30 %. В целом весь рассматриваемый период можно разделить на две больших части: с 1977 г. до конца 1990-х гг. – холодный период (преоб-

ладание положительных аномалий ледовитости), а после этого и до наших дней – теплый период (значительные отрицательные аномалии). При этом плавного перехода от холодного периода к теплому не наблюдалось. На рубеже 1999 и 2000 гг. произошла резкая смена аномалии ледовитости с достаточно высокой (8 %) положительной на весьма значительную (13 %) отрицательную Высокие значения отрицательных аномалий ледовитости сохранялись (за исключением 2002 и 2003 гг.) на протяжении всего последнего десятилетия.

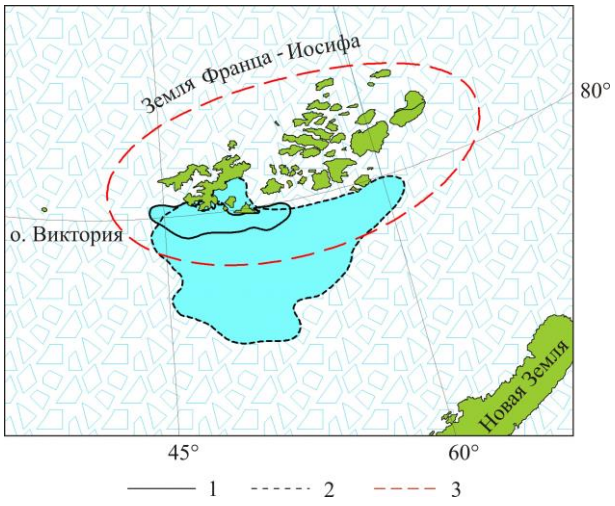


Рис. 2. Полыньи в районе арх. ЗФИ:
1 – июнь 1978 г.; 2 – июнь 1991 г.; 3 – расчетная область

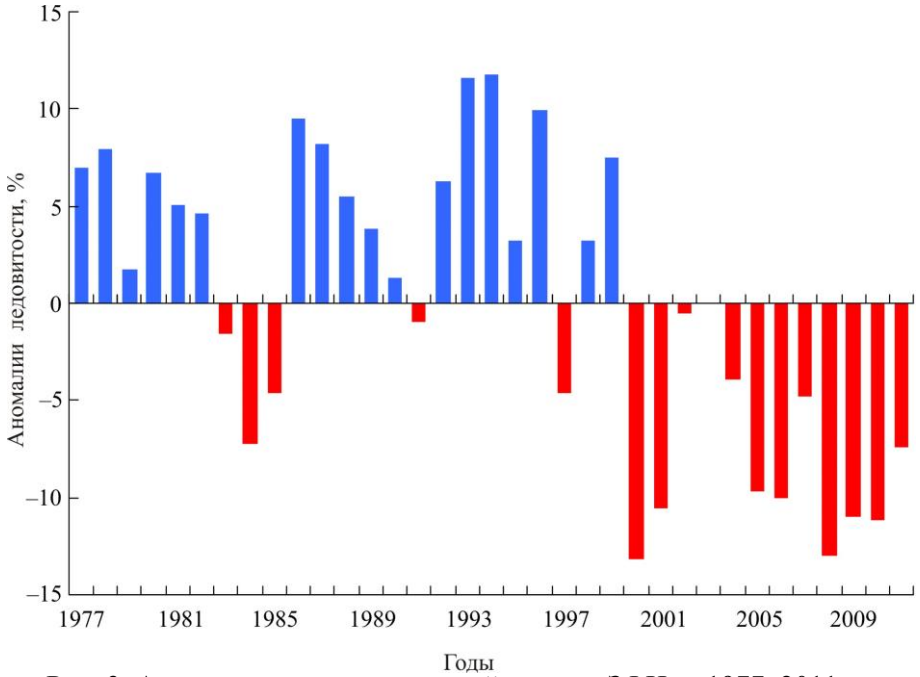


Рис. 3. Аномалии ледовитости в районе арх. ЗФИ за 1977–2011 гг.

Вместе с тем, наиболее яркое проявление теплого периода в целом по Баренцеву морю наблюдалось в первом пятилетии XXI века (Матишов и др., 2007; Климат …, 2011). При этом происходило постепенное уменьшение площади льда до минимальных значений в 2006 г., однако с 2007 г. наметилось увеличение общей ледовитости моря (Жичкин, 2010, 2012). При этом в районе ЗФИ, как и в остальных частях Баренцева моря, в последние годы прослеживалась аналогичная тенденция.

Заключение. Исследования показали, что за последние три с половиной десятилетия в северо-восточной части Баренцева моря наблюдались существенные климатические колебания ледовых условий. С октября по июнь архипелаг постоянно окружен льдом, в короткий теплый период ледовая обстановка в его прибрежных водах чрезвычайно изменчива. Максимальные колебания ледовитости отмечаются в августе–сентябре, когда наступает интенсивное разрушение льда и ледовитость в сентябре достигает сезонного минимума. Размах многолетних изменений площади льда здесь в эти месяцы составил 90–95 %. В августе–сентябре возможно возникновение ситуаций от полного закрытия льдом всех островов до полного очищения района ЗФИ.

В течение исследуемого периода практически ежегодно в теплое время года происходило образование полыньи на различных участках рассматриваемого района, но чаще всего южнее архипелага. В отдельные годы (2005–2010) здесь наблюдалось образование одновременно до 3–4 полыней как к югу и северу, так и к западу и востоку от островов.

Вместе с тем с 2007 г. в Баренцевом море зимой стала возрастать повторяемость антициклональной формы циркуляции, ведущая к уменьшению интенсивности атлантической адвекции тепла, понижению температуры воды, сокращению оттепелей и, как следствие, к увеличению ледовитости (Современные …, 2011). Таким образом, ледовая обстановка отражала динамику теплового состояния вод, т. е. ледовитость росла с уменьшением величин положительных аномалий воды.

Литература

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

Жичкин А.П. Климатические аномалии ледовитости Баренцева моря // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: Матер. Междунар. науч. конф. (Мурманск, 27–30 октября 2010 г.). М.: ГЕОС, 2010. Вып. 10. С. 133–137.

Жичкин А.П. Климатические колебания ледовых условий в различных районах Баренцева моря // Метеорология и гидрология. 2012. № 9. С. 69–78.

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

Климат морей Западной Арктики в начале XXI века / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, А.П. Жичкин, Д.В. Моисеев // Изв. РАН. Сер. геогр. 2011. № 3. С. 17–32.

Матишов Г.Г., Голубев В.А., Жичкин А.П. Температурные аномалии вод Баренцева моря в летний период 2001–2005 годов // Докл. РАН. 2007. Т. 412, № 1. С. 112–114.

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

Современные климатические тенденции в Баренцевом море / Г.Г. Матишов, В.В. Денисов, А.П. Жичкин и др. // Докл. РАН. 2011. Т. 441, № 3. С. 395–398.

Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. 256 с.

УДК 551.46 (268.45) + 574.4:504.05

Г.В. Ильин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ХИМИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В МОРСКОЙ СРЕДЕ ВЫСОКОШИРОТНЫХ АРХИПЕЛАГОВ

Аннотация

Исследован уровень загрязненности морской среды высокоширотной зоны Баренцева моря органическими поллютантами, включая нефтяные углеводороды, ПАУ и стойкие хлорорганические соединения – пестициды, полихлорбифенилы, фенол. Показано, что уровень антропогенного воздействия на среду в регионе и концентрация загрязняющих веществ в воде и в донных отложениях значительно ниже, чем в морской среде центральной, западной и южной частей моря. Определяющими факторами загрязнения являются трансграничный водный и атмосферный перенос поллютантов. Дана характеристика токсичности морских донных отложений в районе архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа.

G.V. Ilyin
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

CHEMICAL POLLUTANTS IN THE SEA ENVIRONMENT OF HIGH-ALTITUDE ARCHIPELAGOES

Abstract

The article analyzes levels of contamination in the northern Barents Sea by organic pollutants including petroleum hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons, and persistent organochlorides: pesticides, polychlorinated biphenyl, and phenol. The level of man-caused impacts on the environment of the region is much lower than in the central, western and southern parts of the Barents Sea, thus the levels of pollutants are much lower as well. The key factors of pollution in the region are transboundary marine and atmospheric transfer of contaminants. The article also characterizes levels of toxicity of bottom sediments off the Svalbard and Franz-Josef Land Archipelagos.

Введение. Морские евро-арктические акватории (и территории) в настоящее время играют важную роль в экономическом и геополитическом развитии страны. Будущее устойчивое развитие экономической активности требует своевременного продвижения в практику принципов экосистемно

ориентированного управления хозяйственной деятельностью в пределах этих территорий. Пока это больше касается прибрежных континентальных зон. Однако в связи с прогрессирующим освоением Арктики этот тезис становится все более актуальным и для отдаленных арктических архипелагов.

Уже к настоящему времени в международной хозяйственной практике складывается "резерватный" тип хозяйственно-экономического использования таких территорий, который имеет в основе организацию на архипелагах и прилегающих к ним водах морских охраняемых территорий (Об особо …, 2009). Такой тип хозяйственного развития высокоширотных областей Арктики в качестве одного из элементов экосистемного управления подразумевает исследование и защиту качества окружающей среды архипелагов (Тишков, 2005; Ecosystem …, 2009).

Местные и удаленные источники загрязняющих веществ. Высокоширотный арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) удален от основных источников техногенного загрязнения и мало освоен. Хозяйственная деятельность на суше и прилегающей акватории слабо выражена. Однако на некоторых островах наблюдаются следы былой военно-хозяйственной активности в виде брошенной техники и многочисленных площадок хранения горюче-смазочных материалов. В настоящее время эти объекты превращаются в источник неконтролируемого загрязнения суши и акватории нефтепродуктами и полихлорбифенилами.

Расположенный западнее, также в границах Баренцева моря, арх. Шпицберген относится к числу исторически наиболее освоенных в Арктике. На самом крупном из островов – Западном Шпицбергене – расположено нескольких урбанизированных поселений и существует промышленное производство, в частности: шахтная добыча каменного угля; порты Баренцбург и Лонгийр; аэропорт. Очаг хозяйственной активности на острове является для высокоширотных районов Баренцева моря источником воздушных выбросов теплоцентралей, шахтных газов, угольной и минеральной пыли от промышленного производства и от выветривания горных пород, содержащих уголь. Эти загрязнители могут переноситься на дальние расстояния в соответствии с господствующими направлениями ветровых потоков (розой ветров), в том числе и в южном направлении, к материку, в зимний период (Ильин, Громов, 2011; Результаты …, 2013).

На акватории Баренцева моря круглогодично ведется активная хозяйственная деятельность. В высокоширотных районах моря хозяйственная деятельность связана, прежде всего, с рыбным промыслом и, отчасти, с транспортным судоходством по трассе Севморпути.

На рыбном промысле в море постоянно находятся десятки судов рыбодобывающих компаний. Это дополняет техногенную нагрузку на морскую среду. Но наиболее значимая часть транспортных потоков формируется в южной части морского региона, на участке от Карских Ворот до Мурманска (Ильин, 2009).

Таким образом, в условиях малой интенсивной хозяйственной деятельности в окрестностях архипелагов основным фактором загрязнения

среды становится воздушный и водный трансграничный перенос техногенных органических и неорганических поллютантов. Местные источники могут рассматриваться как точечные, имеющие локальное в масштабе архипелагов значение. Именно с распространением атлантических вод связывается поступление в Баренцево море стойких хлорорганических загрязнителей, мышьяка, искусственных радионуклидов (Ильин, 2003, 2011).

Однако экологическое состояние морской среды высокоширотных архипелагов исследовано слабо и неравномерно в связи с их труднодоступностью.

Остается неизученной роль водообмена с арктическим бассейном в формировании качества вод архипелагов и всей высокоширотной части Баренцева моря (рис. 1). Основная роль принадлежит постоянным течениям, определяющим водообмен через проливы Шиллинга (желоб Франц-Виктория) и Британский канал. В верхнем слое до 100 м холодные течения полярных вод осуществляют вынос загрязнителей из моря в Арктический бассейн. Течения относительно теплых вод атлантического происхождения в промежуточном слое от 100 до 300 м могут вносить свойственные водам Атлантики загрязняющие вещества в Баренцево море. Эти воды поступают из Арктического бассейна в виде ответвлений потока Fram strait branch, образованного, в свою очередь, Шпицбергенской ветвью Норвежского течения (Никифоров, Шпайхер, 1980; On the intermediate …, 1994). Характерными для них загрязнителями являются алифатические (нефтяные) углеводороды, хлорорганические соединения и мышьяк.

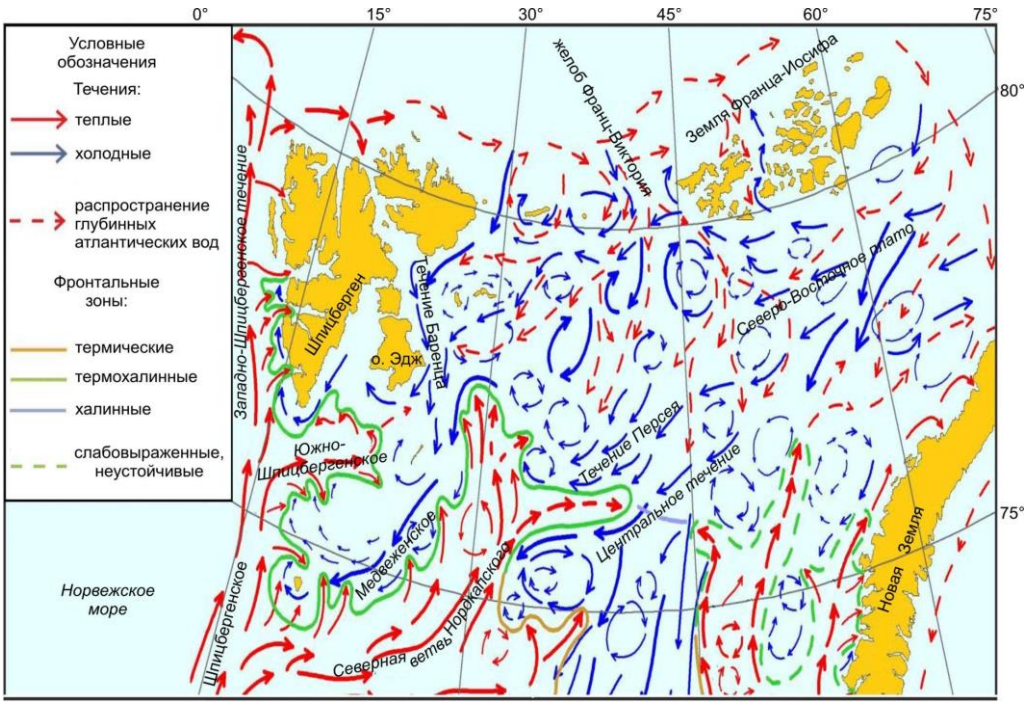


Рис. 1. Схема циркуляции вод в северной части Баренцева моря (Учет …, 2013)

Кроме того, пресноводный сток также вносит вклад в формирование фона загрязняющих веществ в водной среде близ островов ЗФИ и Шпицбергена.

Анализ экологического состояния морской среды в районе архипелагов выполнен по данным экспедиционных исследований ММБИ, проведенных в 2001–2009 гг.

В целом, в водной среде ЗФИ концентрация загрязняющих веществ, как правило, не превышает рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации и варьирует в пределах глобального фонового уровня. Однако закономерности распределения отдельных загрязнителей различаются в зависимости от типа их источника.

Чем же характеризуется распределение загрязнений в высокоширотной части Баренцева моря?

Нефтепродукты и парафины в морской среде. Данных о загрязнении водной среды нефтепродуктами в районе ЗФИ очень мало (рис. 2). В поверхностном слое воды летом на большей части акватории их, как правило, не обнаруживают. Однако местами наблюдаются загрязненные участки. В частности, в водах пролива Шиллинга содержание нефтепродуктов на некоторых станциях составляет примерно 0.02–0.03 мг/л. Характер распределения нефтепродуктов в водах района ЗФИ в целом соответствует характеру пятнистого распределения и концентрациям нефтепродуктов на акватории центральной части Баренцева моря (Химические …, 1997; Ильин и др., 2011).

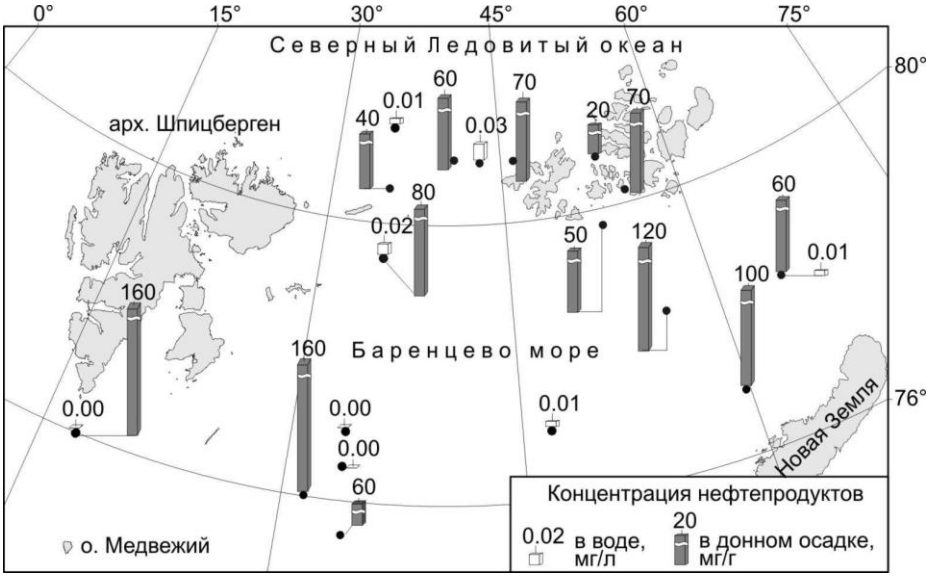


Рис. 2. Распределение нефтепродуктов в воде и донных отложениях северной части Баренцева моря

Появление загрязненных участков в зоне водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном ассоциируется с потоком выходящих баренце-

воморских полярных вод, с ветвями местной локальной циркуляции. Источником загрязнения может быть циркуляционный перенос в высокие широты вод из районов техногенной нагрузки, в том числе загрязненных в результате судоходства. Так, например, в водах южнее архипелага, между ЗФИ и оконечностью о. Северный арх. Новая Земля (пролив Макарова), отмечались участки акватории, загрязненные нефтепродуктами, что, скорее всего, связано с судоходством и имеет эпизодический характер (рис. 2).

Исследования состава алифатических углеводородов в верхнем слое вод свидетельствуют о "бедности" спектра парафинов в этих водах. В целом по району спектр алканов составлен соединениями, содержащими от 10 до 25 атомов углерода (C_{10}–C_{25}). Однако на разных участках акватории наблюдается более узкий спектр парафинов.

Общая концентрация нормальных парафинов не превышает 1.5 мкг/л, что на два порядка ниже, чем в промышленно освоенных южных районах моря (Ильин, 2009; Ильин и др., 2011).

В прибрежных водах ЗФИ и в водах пролива Шиллинга спектр алифатических углеводородов ограничен нормальными парафинами C_{15}–C_{24}. Доминируют алканы C_{18} (28 %) и C_{23} (19 %). Предположительно, наблюдаемый фон алифатических углеводородов вблизи побережья архипелага не связан с нефтяным загрязнением, а создается метаболитами организмов местной морской биоты, по-видимому, планктоном и макрофитами. Длинноцепочных соединений, характерных для наземных растительных остатков и берегового стока (Ильин, 1997, 2011; Ильин и др., 2004), в воде отмечено не было.

С удалением к югу от прибрежья архипелага, в проливе Макарова, общее содержание нормальных алканов снижается до 0.7 мкг/л. Но в отличие от прибрежных вод, в их спектре обнаруживаются в небольшом количестве короткоцепочные соединения C_{10}–C_{15}, характерные для углеводородов нефтяного происхождения (Биогеохимия …, 1982). На этих же станциях было отмечено и повышение общего содержания нефтепродуктов. Но преобладают в спектре по массе все же парафины биогенного происхождения C_{15}–C_{17} (43 %), источниками которых являются планктонные организмы (зоопланктон). Низкую величину отношения нечетных соединений к четным (0.8) на этом участке можно рассматривать как индикатор присутствия в среде техногенных нефтепродуктов.

Источниками нефтяных углеводородов и ПАУ, содержащихся в верхнем слое донных отложений, являются процессы сорбции и седиментации.

Слабое хозяйственное использование этого участка морской акватории и соответственно малая интенсивность поступления загрязнителей в осадок определяют низкий уровень концентрации нефтепродуктов в донных осадках района ЗФИ. Их содержание здесь на 1–2 порядка ниже, чем в южных районах (рис. 2). К примеру, в осадках центральных районов моря концентрация нефтепродуктов составляет примерно 0.14 мг/г сухого осадка, а в относительно незагрязненных участках прибрежья Кольского полуострова – до 1.8 мг/г, местами, в хозяйственно освоенных участках, – до 10 мг/г (Ильин и др., 2011).

Для оценки указанных величин в качестве ориентировочно допустимой концентрации общих нефтепродуктов в незагрязненных морских осадках можно принять норматив Норвежского агентства по контролю за загрязнениями (SFT) – 50 мг/г сух. осадка (Klassifisering …, 1997).

Нефтяную составляющую в углеводородном составе подтверждает присутствие в донных отложениях смол и асфальтенов, хотя и в низких концентрациях (0.03–0.10 мг/кг сух. осадка).

Хотя смолы и асфальтены относят к неуглеводородным компентам нефти (НУК), это все же загрязняющие вещества нефтяного происхождения, продукты видоизменения нефти в техногенезе и в природных процессах (Гурвич, Немировская, 2009).

Относительное повышение содержание НУК (до 0.06–0.1 мг/кг) отмечено в осадках западной части акватории – на склонах и в тальвеге желоба Франц-Виктория. Этому повышению, возможно, способствуют условия осадконакопления в желобе и система течений в проливе Шиллинга. Через пролив осуществляется выход баренцевоморских полярных вод в верхних слоях и адвекция вод атлантического происхождения в промежуточном слое. При этом и те, и другие воды могут содержать нефтепродукты. К тому же здесь может сказываться влияние угольсодержащих пород, подверженных абразии на суше и на морском дне, как это наблюдается на Шпицбергене (Савинов и др., 2003).

В составе парафинов легкокипящие, короткоцепочные алканы составляют более 50 % по массе. Однако значительна и доля биогенных составляющих. В отсутствие прямого нефтяного загрязнения следует предположить, что относительное “обилие” короткоцепочных парафинов формируется под влиянием инвазии летучих компонентов из осадочного чехла, а также вследствие аккумуляции стока терригенного материала.

Полиароматические углеводороды. Углеводороды ароматической структуры присутствуют в воде в очень малых количествах и существенно ниже, чем в центральных и южных районах моря, где их концентрация достигает 70 нг/л (рис. 3). Относительно повышенным содержанием ПАУ, нефтепродуктов и парафинов выделяется район желоба Франц-Виктория.

Композиционный состав ПАУ в воде очень беден, тем не менее существуют территориальные различия в их составе. В водах близ Шпицбергена высока доля петрогенных ПАУ – в частности, фенантрена, около 70 % и пирогенных ПАУ – пиренов, флуорантенов. В районе Новоземельской банки на фоне очень низкой концентрации ПАУ преобладают пирогенные компоненты и продукты морских диагенетических преобразований – пирен и перилен. В районе желоба Франц-Виктория ПАУ на 98 % представлены нафталинами, что характерно для нефтяного загрязнения. Очевидно, что фактором поступления нефтяных ПАУ может стать деятельность рыболовного флота в районе Шпицбергена и адвекция этих соединений с течениями из южных районов моря. Единичные канцерогенные соединения обнаруживаются в следовых количествах. Индекс общей токсичности растворенных ПАУ в регионе незначителен.

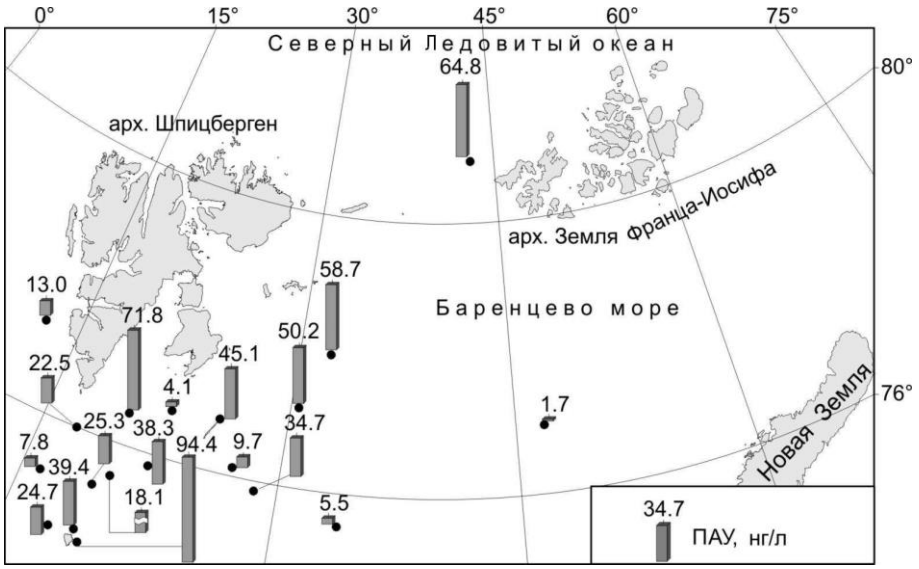


Рис. 3. Суммарное содержание полиароматических углеводородов в водной среде северной части Баренцева моря

Распределение ПАУ в осадках изучено более полно. Это дает возможность анализировать природу фона полиароматических углеводородов в удаленной высокоширотной зоне Баренцева моря. Относительно повышенные концентрации ПАУ сгруппированы в прибрежье Шпицбергена и вблизи его южной оконечности – 3000–7000 нг/г сух. осадка (рис. 4). По величине концентрации ПАУ осадки прибрежья Шпицбергена сходны с осадками района Штокмановской газоконденсатной структуры, что соответствует умеренному (300–2000 нг/г) и среднему уровням (2000–6000 нг/г) загрязнения. В открытых морских районах в пределах Шпицбергенско-Медвежинского участка шельфа концентрации ПАУ в осадках существенно выше, чем в центральных районах моря, и лишь с удалением к востоку содержание ПАУ значительно снижается до уровня, характерного для центральных частей Баренцева моря.

Анализ состава ПАУ показывает относительно высокое содержание фенантрена, нафталина и его метилированных гомологов. В пределах Шпицбергенско-Медвежинского участка шельфа, и особенно у побережья Шпицбергена, доля этих петрогенных углеводородов выше 70 %. Это отражает ведущую роль выветривания и абразии горных пород архипелага, содержащих уголь, воздушное распространение пылевого материала в формировании фона ПАУ в осадках.

Относительно высокая концентрация нафталина и метилнафталинов, наличие короткоцепочных алканов в осадках указывает на менее значимый источник загрязнения – инвазию ПАУ вместе с нефтяными углеводородами из осадочного чехла. Концентрация нафталинов, фенантрена и дибензтиофенов вокруг Шпицбергена в 20–30 раз превосходит их концентрацию в других частях моря (500–2000 нг/г сух. осадка; Савинов и др., 2003).

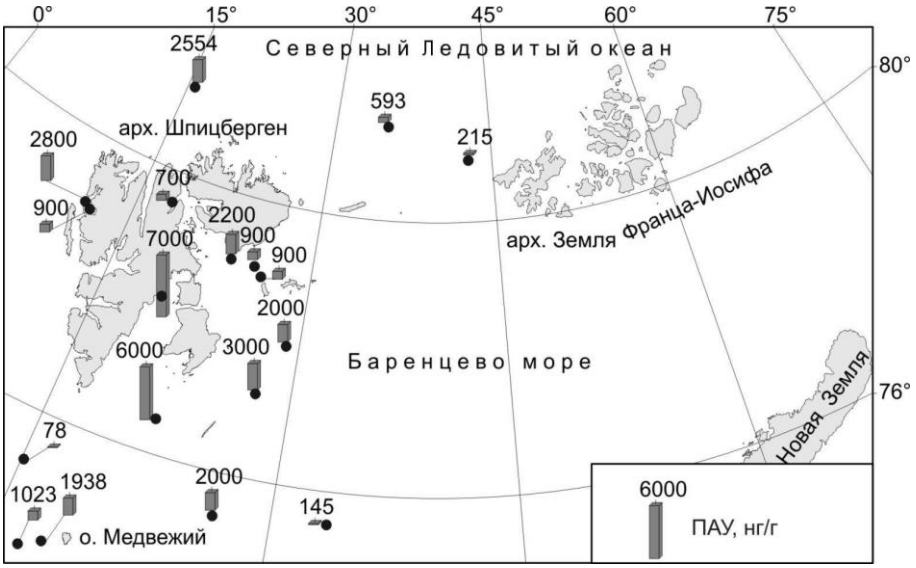


Рис. 4. Суммарное содержание полиароматических углеводородов в донных отложениях северной части Баренцева моря

В составе ПАУ высока доля соединений пиролизного происхождения – от 10 до 25 %. Концентрация пиролизных ПАУ указывает на значимое влияние эолового переноса антропогенных загрязнителей в формировании фона полиароматических углеводородов вокруг арх. Шпицберген. Повышенное соотношение флуорантена и пирена является следствием сжигания угля, использующегося на Шпицбергене. Система ветров переносит дымовые выбросы далеко в море. Но уже в районе желоба Франц-Виктория это соотношение меняется в пользу других источников пирогенных ПАУ, связанных с глобальным воздушным и водным переносом и геохимическим перераспределением ПАУ в процессе переноса.

В районе Шпицбергена доля потенциально канцерогенных ПАУ (ΣКПАУ) варьирует около 1.5 % суммарного содержания ПАУ, при концентрации от 13 до 130 нг/г сух. осадка. В более южных и восточных районах их доля существенно возрастает вместе с обеднением композиционного состава ПАУ и снижением их общей концентрации (рис. 4). В осадках желоба Франц-Виктория концентрация канцерогенных компонентов ПАУ – бенз(a)пирена, бенз(a)антрацена, бенз(b)флуорантена, бенз(k)флуорантена и индено(1,2,3-cd)пирена (40–140 нг/г) – имеет тот же интервал величин, но их суммарная доля в общем составе ПАУ повышена в среднем до 22 %.

С высоким содержанием канцерогенов в донных отложениях связаны токсические свойства осадка для гидробионтов. Токсичность каждого канцерогенного компонента определяется относительно хорошо изученного бенз(a)пирена, выступающего в данном случае в качестве эквивалента токсичности (IARC …, 1987). Суммарная эквивалентная токсичность смеси КПАУ (Total toxic benz(a)pyrene-equivalent, ΣTEQ) рассчитывается по формулам

$$\Sigma TEQ = \Sigma BAP_{eq}dose_i,$$
$$BAP_{eq}dose_i = TEF_i \cdot Dose_i,$$

где TEF_i – коэффициент токсической эквивалентности i-го соединения ПАУ по отношению к бенз(а)пирену; $Dose_i$ – его концентрация, нг/г сух. осадка; $BAP_{eq}dose_i$ – эквивалентная доза токсичности i-го соединения ПАУ.

Значения TEF, принятые для бенз(а)пирена, бенз(а)антрацена, бенз(b)флуорантена, бенз(k)флуорантена и индено(1,2,3-cd)пирена, равны 1.0, 0.1, 0.1, 0.01, 0.1, 1.0 соответственно (U.S. …, 1993).

Расчет условного показателя токсичности показал, что, несмотря на высокую общую концентрацию ПАУ в осадках Медвежинско-Шпицбергенского района, их токсичность невысока – в среднем 19 нг/г сух. осадка, хотя местами она возрастает до 45. Это сопоставимо с токсичностью осадков малозагрязненных норвежских фьордов (Савинов и др., 2003). Токсичность осадков желоба Франц-Виктория при этом варьирует от 9 до 33 нг/г, а в центральных районах моря, где большая плотность судоходства и сильное влияние атлантических вод на состав ПАУ, токсичность осадков может быть заметно выше.

Стойкие хлорорганические соединения и фенолы. Несмотря на удаленность от промышленных и сельскохозяйственных центров, в водах северной периферии моря обнаруживаются метаболиты ядохимикатов ДДТ (0.7 нг/л), ГХЦГ (около 0.6 нг/л) и техногенного загрязнителя ПХБ (1.3 нг/л). Концентрация этих стойких хлорорганических соединений (ХОС) ниже допустимых рыбохозяйственных пределов. Предельно допустимая концентрация хлорорганических загрязнителей для вод рыбохозяйственных водоемов составляет 10 нг/л (Перечень …, 1999). В формировании фонового загрязнения пестицидами принимают участие как трансокеанические течения, так и атмосферный перенос. Разделить степень влияния этих источников при незначительном количестве наблюдений сложно. Но очевидно, что с теплыми течениями в этот морской регион поступают трансформированные препараты, обогащенные устойчивыми метаболитами ДДЕ, α-ГХЦГ, а с атмосферными выпадениями – менее измененные смеси сельскохозяйственных и промышленных пестицидов.

В частности, в водах пролива Шиллинга наблюдали следы поступления хлорорганических поллютантов, уже долго циркулирующих в среде. Концентрация метаболитов ДДТ была очень низкой – 0.7 нг/л, а в композиционном составе обнаружены лишь метаболиты p,p'-ДДЕ и p,p"-ДДТ. Препарат гексахлорциклогексана представлен лишь метаболитом α-ГХЦГ в очень низкой концентрации.

В центральной же части моря, в районе возвышенности Персея и Новоземельской банки, наблюдали следы малотрансформированных препаратов, свойственных воздушным выпадениям. В воде Новоземельской банки и возвышенности Персея, куда подходят атлантические воды ветвей Новоземельского и Нордкапского теплых течений, отмечаются на порядок более высокие концентрации ДДТ – 3.3–7 нг/л и ГХЦГ – 0.6–7 нг/л (рис. 5). В период проведения экспедиционных работ в районе Новоземель-

ской банки (НИС “Михаил Сомов”, 2001 г.) было отмечено обогащение спектра соединений ДДТ метаболитами o,p'-ДДД, p,p''-ДДД и o,p''-ДДТ, а также весьма распространенного, но неустойчивого изомера γ-ГХЦГ, в дополнение к вышеуказанным соединениям. В районе возвышенности Персея композиционный состав гексахлорциклогексана был дополнен легко трансформируемым β-изомером в количестве 50 % от общего содержания ГХЦГ. Фрагментарность распределения концентраций и неравномерность композиционного состава пестицидов подчеркивает связь уровня антропогенной загрязненности высокоширотных районов моря с особенностями трансграничного переноса загрязнителей атлантическими течениями и атмосферными потоками.

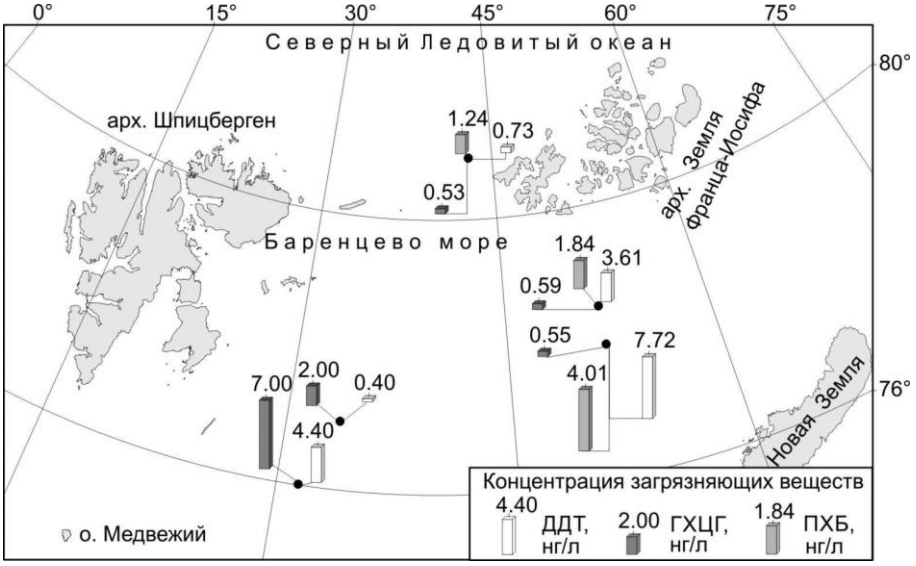


Рис. 5. Накопление стойких хлорорганических соединений в воде северной части Баренцева моря

Это подтверждается наблюдениями, сделанными при анализе снежного покрова ледовых полей в некоторых точках моря. На поверхности ледового покрова накапливаются выпадающие из атмосферы в течение зимы загрязнители, поступающие с атмосферными потоками. В районе Новоземельской банки снежный надледный покров аккумулирует в течение зимы соединений ПХБ 1.8–4 нг/л, а ДДТ – 3.6–7.7 нг/л. В проливах между островами ЗФИ в снежном покрове обнаружено 1.2 нг/л ДДТ.

Аналогичные закономерности свойственны и распределению полихлорбифенилов (ПХБ) в водной среде (рис. 5). Общая концентрация ПХБ и количество конгинеров возрастают с усилением влияния атлантических вод у южной окраины района (Новоземельская банка).

Композиционный состав ПХБ в проливе Шиллинга представлен ПХБ-28, ПХБ-52, ПХБ-101, ПХБ-118, ПХБ-138 и ПХБ-153. Высокомолекулярные соединения не обнаруживаются. В области Новоземельской банки состав конгинеров расширен: с низкомолекулярными прослеживаются более тяжелый, высокомолекулярный ПХБ-180.

Доля диоксинподобного соединения ПХБ-118 во всем районе сохраняется квазипостоянной, составляющей примерно 14 % от общей концентрации ПХБ.

Наличие в осадках хлорорганических пестицидов и ПХБ лишь подчеркивает значение глобального воздушного и водного переноса загрязнителей в высокоширотные области моря (рис. 6). В Баренцевом море хорошо выражен широтный градиент концентраций ХОС. Но если в среде южной периферии района легко определяется влияние воздушного переноса, то в районе желоба Франц-Виктория возможно влияние водного переноса с адвекцией атлантических вод из Арктического бассейна.

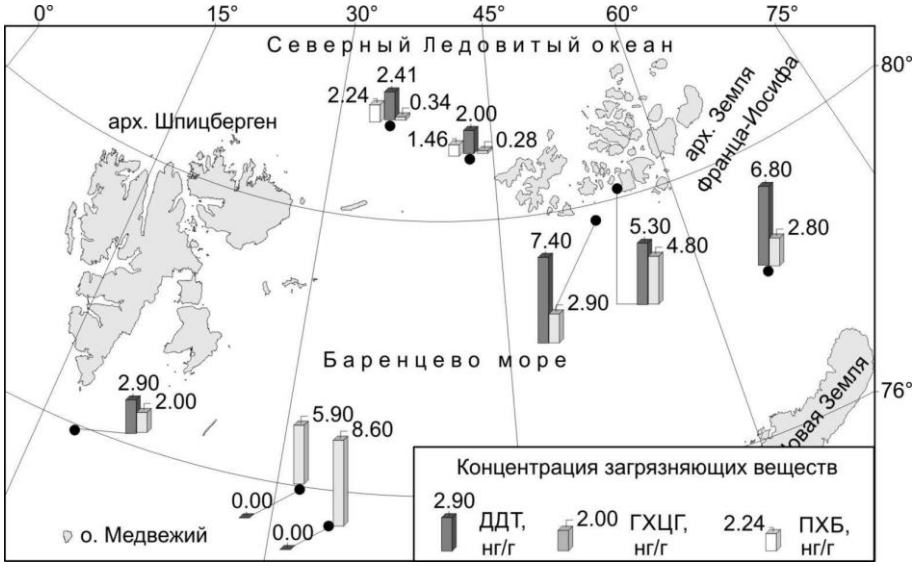


Рис. 6. Накопление стойких хлорорганических соединений в донном осадке высокоширотной зоны Баренцева моря

На этом участке концентрация пестицидов ДДТ и ГХЦГ в осадке относительно равномерная и низкая, а соотношение ДДТ:ГХЦГ в среднем сохраняется как 10:1. Для других участков, включая южную оконечность Шпицбергена, прибрежную зону ЗФИ, желоб Персея, Новоземельскую банку, свойственны иные соотношения хлорорганических пестицидов, что отражает пространственную изменчивость влияния океанографических факторов перераспределения поллютантов в морской среде.

Например, в илисто-песчаных осадках желоба Франц-Виктория ДДТ представлен всеми метаболитами – o,p'-ДДЕ, p,p'-ДДЕ, o,p'-ДДД, p,p''-ДДД, o,p''-ДДТ, p,p''-ДДТ. Массовое преимущество имеют p,p'-ДДЕ и p,p''-ДДД.

В осадках межостровных желобов ЗФИ и Новоземельской банки распространены лишь метаболиты p,p'-ДДЕ, p,p''-ДДД и p,p''-ДДТ, а 75 % суммарного содержания препарата составляет p,p''-ДДТ.

У южной оконечности Шпицбергена в композиционном составе были обнаружены лишь p,p'-ДДЕ и p,p''-ДДТ с относительной массовой долей p,p'-ДДЕ 90 %.

Качественный и количественный состав ГХЦГ также различен на участках высокоширотной зоны. На участке минимальных концентраций (желоб Франц-Виктория) в равной пропорции представлены изомеры α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ. В осадках близ ЗФИ и в проливе Макарова представлены α-, β- и γ-ГХЦГ, однако α- и β-изомеры составляют по массовой доле более 75 % в равных пропорциях. В осадках желоба Персея отмечена повышенная концентрация изомеров, но существенно преобладает по массе β-ГХЦГ. У южной оконечности Шпицбергена фон ГХЦГ на 95 % определяется изомером α-ГХЦГ.

В осадках желоба Франц-Виктория концентрация ПХБ низкая (1.5–2.2 нг/г сух. осадка), а композиционный состав ограничен, как и в водной среде. Преобладают конгинеры № 138 и № 153 (примерно 40 % от суммарного содержания)

В илистых осадках межостровных желобов ЗФИ и Франц-Виктория кроме хлорорганических соединений обнаруживаются фенолы в низкой концентрации – от 0.15 до 0.35 мкг/г сух. осадка. Эта концентрация в несколько раз ниже, чем в осадках прибрежной зоны Мурмана, и обусловлена, по-видимому, естественными процессами диагенеза органического вещества в осадке.

Таким образом, высокоширотная зона Баренцева моря, удаленная от районов хозяйственного развития, также подвержена влиянию антропогенного загрязнения поллютантами глобального распространения – пестицидами, пиро- и канцерогенными ПАУ, полихлорбифенилами, нефтепродуктами.

В целом уровень концентрации антропогенных загрязнителей в водной среде и в донных осадках ниже, чем в центральной, западной и южной частях моря. Основным фактором распространения поллютантов является глобальный воздушный и водный перенос.

Значимым источником загрязнения полиароматическими соединениями является арх. Шпицберген. Абразия слагающих его углесодержащих горных пород и, отчасти, антропогенная деятельность на архипелаге определяют высокую концентрацию ПАУ в морских осадках в районе архипелага и на прилегающей акватории.

Характерной особенностью для района является инфильтрация флюидов нефтяных ПАУ и алканов.

В соответствии с невысоким содержанием канцерогенных полиароматических соединений в донном осадке, уровень их токсичности в высокоширотной зоне Баренцева моря оценивается как низкий.

Литература

Биогеохимия органического вещества арктических морей / Е.А. Романкевич, А.И. Данюшевская, А.Н. Беляева, В.П. Русанов. М.: Наука, 1982. 240 с.

Гурвич Л.М., Немировская И.А. Роль неуглеводородных компонентов нефти в загрязнении гидросферы // Океанология. 2009. Т. 49, № 4. С. 516–522.

Ильин Г.В. Распространение нефтяных углеводородов в экосистемах Баренцева моря: Автореф. дис. … канд. геогр. наук. Апатиты, 1997. 23 с.

Ильин Г.В. Поступление микроэлементов в Баренцево море и их накопление в компонентах морской экосистемы // Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 399–427.

Ильин Г.В. Распространение загрязняющих веществ в шельфовых морях российской Арктики // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. М.: ГЕОС, 2009. Вып. 1. С. 124–163.

Ильин Г.В. Накопление и распространение нефтяных углеводородов и ПАУ в Азовском море // Вестн. Южного научного центра РАН. 2011. Т. 7, № 2. С. 49–53.

Ильин Г.В., Громов М.С. Загрязнение аэрозолей в приводном слое атмосферы Баренцево-Карского морского региона // Глобальные климатические изменения и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов: Тез. докл. Междунар. науч. конф. (г. Мурманск, 9–11 ноября 2011 г.). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. С. 80–82.

Ильин Г.В., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Химическое загрязнение и накопление радионуклидов в элементах экосистемы Баренцева и Белого морей // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. С. 436–459.

Ильин Г.В., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Формирование антропогенного загрязнения и экосистемное здоровье морей российской Арктики // Комплексные исследования больших морских экосистем России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. С. 277–325.

Никифоров Е.Г., Шпайхер А.О. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеоиздат 1980. 259 с.

Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон РФ от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (с изм. на 27 дек. 2009 г.). 2009. UPL: http://docs.kodeks.ru/document/

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. 304 с.

Результаты измерений тяжелых металлов в атмосферных аэрозолях в открытых районах арктических морей в 2009–2010 гг. / Н.И. Голубева, Л.В. Бурцева, Г.Г. Матишов, Г.В. Ильин // Докл. РАН. 2013. Т. 453, № 1. С. 72–75.

Савинов В.М., Дале С., Олссон К. Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях прибрежных районов Шпицбергена: уровни, композиционный состав, источники загрязнения // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. Вып. 3. С. 178–192.

Тишков А.Г. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.

Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, В.В. Денисов и др. // Тр. КНЦ РАН. 2013. № 1(14). С. 56–71.

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

Ecosystem – based management for the oceans / K. McLeod, H. Leslie (Eds.). Washington, DC, USA: Island Press, 2009. 368 p.

IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Suppl. 7. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 1987. 440 p. (Overal evaluation of carcinogenity: an updating of IARC monographs. V. 1–42)

Klassifisering av miljekvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledming / J. Molvaer, J. Knutsen, J. Magnusson et al. // SFT. Veiledming. 1997. V. 97, № 3. 36 p. (in Norwegian).

On the Intermediate depth waters of the Arctic Ocean / B. Rudels, E.P. Jones, L.G. Anderson, G. Kattner // The Polar Oceans and their role in shaping the global environment. Washington, DC, USA: Am. Geophys. Union, 1994. P. 33–46 (Geophysical Monogrraph 85).

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Provisional guidance for quantitative risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons. EPA/600/R/089 / Office of Research and Development. Washington, DC, 1993.

УДК 551.4 (268.45 + 470.118):504.054 + 546.027

И.С. Усягина, Н.Е. Касаткина, Г.В. Ильин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В МОРСКОЙ СРЕДЕ И ЭЛЕМЕНТАХ НАЗЕМНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

Исследована многолетняя динамика состояния радиоэкологического фона морской и наземной экосистем Земли Франца-Иосифа. Приведены данные об активности техногенных радионуклидов в компонентах среды окружающей акватории, в растительности и почвогрунтах архипелага. Даны сравнительные оценки радионуклидного фона в районе Земля Франца-Иосифа и других географических районах моря. Показаны основные факторы, формирующие региональный радиоэкологический фон. Приведены данные о современной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской среде и наземной экосистеме архипелага. Характерные для района в настоящее время низкие концентрации техногенных изотопов практически не отличаются от среднего уровня для всего бассейна Баренцева моря.

I. S. Usiagina, N.E. Kasatkina, G.V. Ilyin
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN THE MARINE ENVIRONMENT AND ELEMENTS OF TERRESTRIAL ECOSYSTEM OF THE FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO

Abstract

The Article analyzes the long-term dynamics of the radioecological status of marine and terrestrial ecosystems of Franz-Josef Land. It adduces data on the activity of artificial radionuclides in components of the marine environment, vegetation, rocks and soils of the archipelago. It also presents comparative assessments of background radionuclide levels in the Franz-Josef Land region and other geographical areas of the Barents Sea. It then depicts major factors forming regional background radionuclide levels. Adduced are also data on current activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the marine environment and terrestrial ecosystem of the archipelago. The article ends with a conclusion that low levels of artificial radionuclides are well correlate with the average levels for the whole basin of the Barents Sea.

Введение. Баренцево море оказалось одним из морских регионов непосредственного воздействия ядерных технологий во второй половине XX века и остается таковым до настоящего времени. Испытания ядерного оружия, захоронения радиоактивных отходов российским атомным фло-

том были основными факторами, повлиявшими на содержание радионуклидов в баренцевоморской экосистеме в 1950–1960-е гг. С 1970-х годов главными причинами загрязнения стали глобальные атмосферные выпадения, трансокеанический перенос сброшенных в Ирландское море отходов западноевропейских радиохимических предприятий. Последствия и динамика радионуклидного загрязнения в южных и центральных районах моря активно изучаются и хорошо освещаются в научных публикациях (Радионуклиды …, 1994; Baklanov et al., 1996; Матишов, Матишов, 2001; Ильин и др., 2004; Оценка …, 2011; Selected …, 2013). Аспекты загрязнения северных высокоширотных районов моря слабо изучены вследствие относительно малой востребованности для хозяйственного освоения и труднодоступности. Между тем эти районы, являясь частью большой морской экосистемы, также определяют закономерности круговорота радионуклидов в Баренцевом море и Арктике в целом. Понимание этого и переоценка хозяйственного и геополитического потенциала Баренцева моря, в том числе района арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ), определяют возросший в настоящее время интерес к изучению радиоэкологического состояния этой высокоширотной области.

Поступление радионуклидов в экосистемы архипелага. Примерно 78 % радиоактивных продуктов взрывов на Новой Земле в мелкодисперсном состоянии пополнили глобальный фонд стратосферных радионуклидов, из которого и происходили радиоактивные выпадения в дальнейшем. Оставшиеся 22 % распределились следующим образом: 12 % радиоактивных продуктов выпали неподалеку от мест испытаний на арх. Новая Земля, 10 % выпадений попали в концентрическое циркумполярное кольцо на широте Новой Земли (АМАП …, 1998).

Относительно хорошо известна динамика поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из атмосферы вблизи южного побережья Баренцева моря (Simulating …, 2004; Техногенные …, 2005; Радиационная …, 2009). В таблице приведена плотность атмосферных выпадений техногенных радионуклидов вблизи г. Мурманска (Оценка …, 2011), соответствующая различным историческим периодам радиоактивного загрязнения.

Динамика годового поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr на подстилающую поверхность Мурманска и ЗФИ, Бк/м^2 в год

Годы	Мурманск		Земля Франца-Иосифа	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
1950–1959	111.5	68.1	55.8	34.1
1960–1969	207.3	124.1	103.7	62.1
1970–1979	28.1	12.4	14.1	6.2
1980–1989*	3.8	3.6	1.9	1.8
1986	702.3	9.6	351.2	4.8
1990–1999	1.0	0.3	0.5	0.15
2000–2009	0.1	0.1	0.05	0.05

*Данные для периода рассчитаны без учета аварийных выпадений 1986 г.

Однако количество атмосферных осадков, а следовательно, и плотность выпадения радионуклидов в Баренцевом море уменьшается с увеличением широты. Если у побережья Кольского полуострова среднемноголетнее количество атмосферных осадков составляет 600 мм в год, то в районе ЗФИ – 350 мм в год (Атлас …, 1980). С учетом этих данных были выполнены ориентировочные оценки плотности атмосферных выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr в районе ЗФИ (таблица).

Трансокеанический перенос радиоактивных отходов западноевропейских радиохимических заводов в Селлафилде (Великобритания) и на мысе Ла Аг (Франция) заметно повлиял на радиоактивное загрязнение всего Баренцева моря. Часть сброшенных радионуклидов с глубинными атлантическими водами поступила в район арх. ЗФИ. Максимальные объемы сброса радиоактивных отходов в Селлафилде имели место в 1974–1978 гг., через 5–6 лет сброшенные радионуклиды – ^{137}Cs, ^{90}Sr и др. – попадали в Баренцево море. Концентрация ^{137}Cs в начале 1980-х гг. в отдельных районах моря достигала 30 Бк/м^3, что в несколько раз выше уровня, обусловленного атмосферными выпадениями (Вакуловский и др., 1988; Радиоактивное …, 1991; Матишов, Матишов, 2001). С конца 1970-х гг., когда радиоактивность, обусловленная ядерными испытаниями, значительно уменьшилась, именно трансокеанический перенос сбросов радиохимического завода в Селлафилде становится основным источником поступления радиоизотопов в Баренцево море в целом.

Удаленность арх. ЗФИ от локальных источников радиоактивного загрязнения, расположенных на побережье южной части Баренцева моря, мест захоронений радиоактивных отходов и стока крупных рек исключает возможность дополнительного поступления техногенных радионуклидов в прибрежные воды архипелага. Основными факторами, определяющими радиоэкологический фон в этом районе, становятся геохимическая рециркуляция изотопов в морской среде и латеральная адвекция местными течениями.

Распределение и динамика содержания техногенных радионуклидов в морской среде архипелага. В научной литературе нет данных о радиоэкологическом состоянии среды на островах архипелага и прилегающей к ним акватории в 1960-х гг. Ориентировочно, среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в баренцевоморской воде в этот период оценивается значениями в диапазоне 5.5–25 Бк/м^3, а активность ^{90}Sr – 8.5–23 Бк/м^3 (Pollution..., 1997; Матишов, Матишов, 2001; Техногенные …, 2005).

В 1970–1980-е годы были получены данные о радиоактивном загрязнении морской воды в северной периферии Баренцева моря. В акватории между архипелагами Шпицберген и ЗФИ объемная активность ^{137}Cs в морской воде варьировала от 8 до 12.8 Бк/м^3, активность ^{90}Sr составляла примерно 4.6 Бк/м^3. У восточной границы Баренцева моря между архипелагами ЗФИ и Новая Земля отмечен примерно близкий к этому уровень активности ^{137}Cs – 8–15 Бк/м^3, ^{90}Sr – 5–9 Бк/м^3 (Radioactive …, 1993; Техногенные …, 2005).

В то же время южнее, в районе Новоземельских проливов, концентрации техногенных радионуклидов были повышены: ^{137}Cs – до 23 Бк/м^3, ^{90}Sr – до 10 Бк/м^3. Превышение может объясняться влиянием как атлантических вод, так и местных локальных источников радиоактивных отходов – стока с территории Новой Земли.

Уже в 1990-е годы произошло резкое снижение концентраций искусственных радионуклидов в водах Баренцева моря. В 1993–1995 годах объемная активность ^{137}Cs у северной границы моря по линии Шпицберген–ЗФИ не превышала 3.0–4.7 Бк/м^3, а активность ^{90}Sr – 1.0 Бк/м^3.

На акватории между архипелагами ЗФИ и Новая Земля в воде содержалось примерно 4.9 Бк/м^3 ^{137}Cs. Уровень загрязнения вод у южных Новоземельских проливов удерживался в таких же значениях. Содержание ^{137}Cs изменялось в диапазоне 3–6 Бк/м^3, а ^{90}Sr – 1.5–3 Бк/м^3 (Baklanov et al., 1996; Юдахин и др., 1998; Smith et al., 1998; Никитин, 2009).

В донных отложениях вблизи ЗФИ и во внутренних проливах архипелага в 1990-х гг. содержалось от 0.2 до 9 Бк/кг ^{137}Cs (рис. 1). В это же время на бровке шельфа в зоне переноса атлантических вод течением Фрама концентрация радиоцезия достигала 10–15 Бк/кг сух. осадка (Радионуклиды …, 1994).

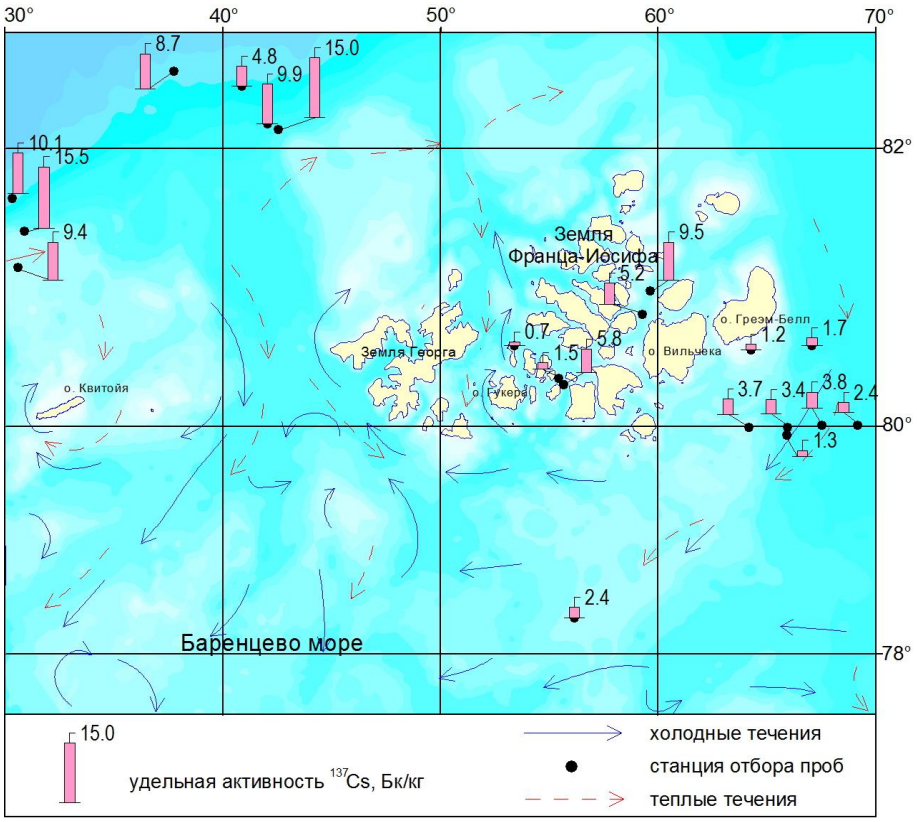


Рис. 1. Удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях Баренцева моря в районе арх. ЗФИ, 1990-е гг.

Данные, полученные в результате серии экспедиций ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в 2000–2010 гг., позволили существенно расширить представления о современном фоне радионуклидов на севере и востоке Баренцева моря.

Современное радиоактивное загрязнение вод, омывающих арх. ЗФИ, характеризуется повсеместным присутствием в поверхностном слое среднеживущих ^{137}Cs и ^{90}Sr в очень низких концентрациях (рисунки 2, 3).

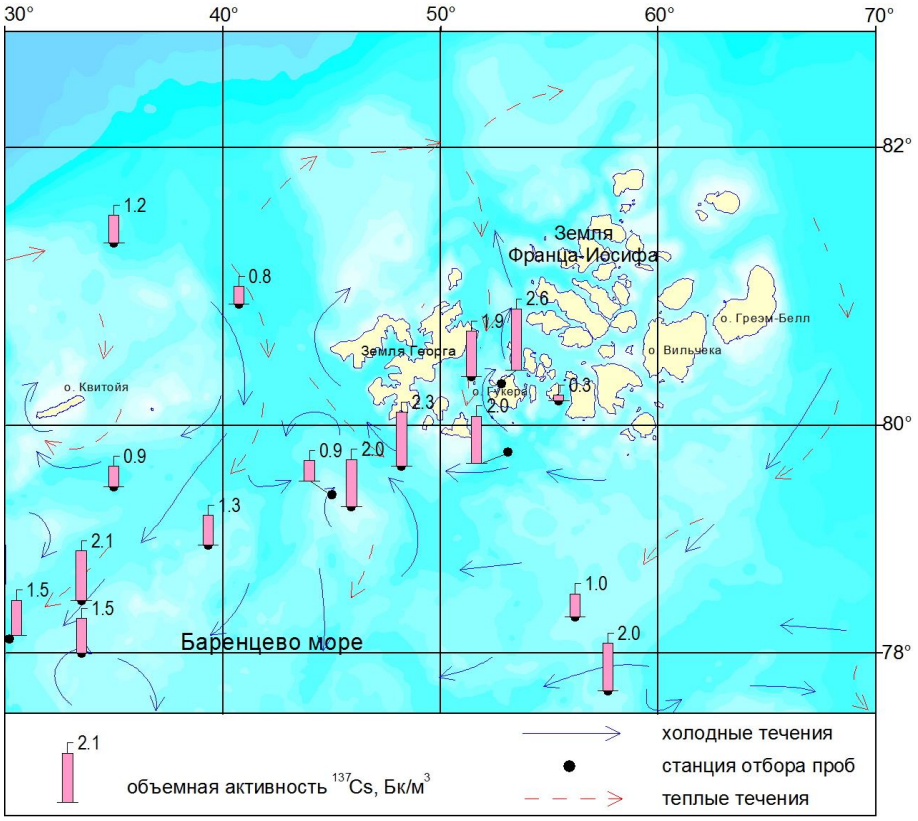


Рис. 2. Объемная активность ^{137}Cs в водной среде в районе арх. ЗФИ, 2000–2010 гг.

Образцы морской воды, отобранные в проливе Британский канал вблизи ЗФИ, содержали радиоактивный цезий в количестве 1.9 Бк/м^3, в проливе Абердэр – 0.3 Бк/м^3. Изотоп ^{90}Sr в проливе Абердэр отмечен в количестве 0.1 Бк/м^3. В водах пролива Макарова объемная активность этого изотопа составляла 1.8 Бк/м^3.

Пространственная изменчивость в поле величин активности мала с учетом доверительного интервала измерений. Однако прослеживается достоверное снижение активности ^{137}Cs в водной среде по сравнению с уровнем 1990-х гг. на 3–4 Бк/м^3.

В среднем объемная активность ^{137}Cs в водах, омывающих арх. ЗФИ, практически не отличается от среднего уровня загрязнения для всего бассейна Баренцева моря – 1.8±0.6 Бк/м^3.

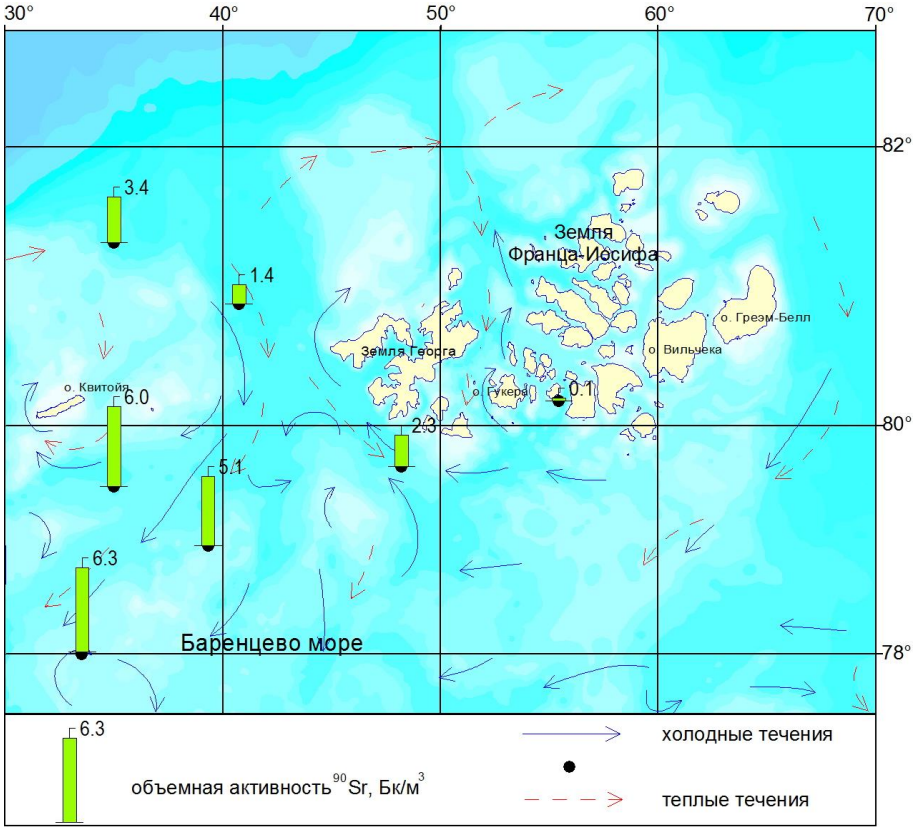


Рис. 3. Объемная активность ^{90}Sr в водной среде в районе арх. ЗФИ, 2000–2010 гг.

В 2000–2007 годах содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в центральных (1.2 и 4.5 Бк/м^3) и южных (0.8–1.1 и 0.7–0.9 Бк/м^3) районах моря было также низким. Аналогичные уровни активности были зафиксированы в прибрежных новоземельских водах. В проливе Маточкин Шар и заливе Норденшельда концентрация ^{137}Cs не превышала 2 Бк/м^3, в губе Крестовая – 3 Бк/м^3. В водах залива Моллера регистрировались более низкие концентрации цезия (0.5–0.7 Бк/м^3) и такие же в среднем концентрации радиоактивного стронция (4.9 Бк/м^3).

На северо-западной периферии моря, в районе арх. Шпицберген, концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr были намного выше – 4.0 и 7.5 Бк/м^3 соответственно. Повышенная концентрация техногенных радиоизотопов в этом районе обусловлена влиянием атлантических вод, переносящих изотопы, сброшенные западноевропейскими радиохимическими предприятиями.

В 2000-е годы изучению загрязнения донных отложений уделялось больше внимания, чем изучению водной среды. По содержанию радионуклидов на разных участках донного рельефа можно определить основные источники загрязнения отложений в районе ЗФИ (рисунки 4, 5). Наиболее показательно в этом отношении распределение активности изотопа ^{137}Cs в верхнем слое донных отложений (0–2 см).

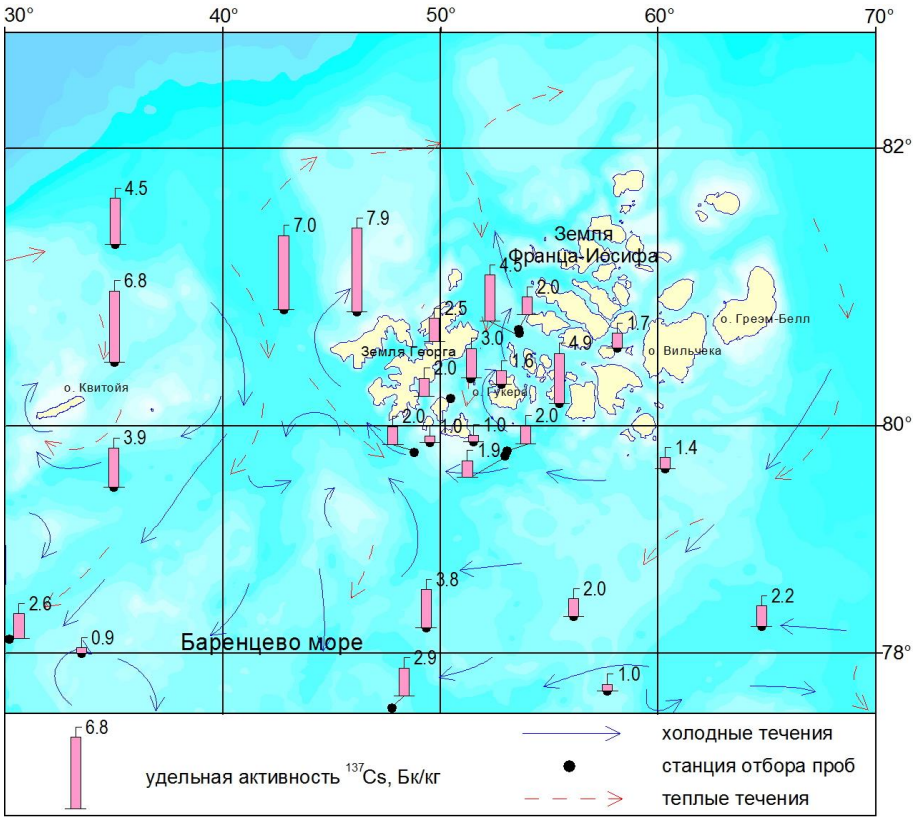


Рис. 4. Удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях в районе арх. ЗФИ, 2000–2010 гг.

На мелководьях вдоль южной окраины архипелага, омываемой холодными арктическими водами, содержание этого изотопа наиболее низкое – от 1 до 2 Бк/кг сух. осадка. В проливах между островами активность ^{137}Cs варьирует от 2 до 4.9 Бк/кг. Повышение концентрации радионуклидов в шхерах архипелага обусловлено, по-видимому, аккумуляцией в желобах твердого стока с островной суши.

Наиболее высокая активность (4–8 Бк/кг) отмечена в тальвеговых понижениях пролива Франц-Виктория, по которым осуществляется адвекция вод атлантического происхождения и где наиболее высока в донных осадках доля глинистой фракции, сорбирующей цезий из водной среды (рис. 4).

Распределение ^{90}Sr в донных отложениях подчиняется тем же закономерностям. В межостровном пространстве наиболее высокая концентрация отмечена в осадках близ о. Гукера и в бухте Тихая – до 1.5 Бк/кг. В осадках желоба Франц-Виктория активность ^{90}Sr повышается до 2.6 Бк/кг, а у внешних границ архипелага снижается до 0.2–0.7 Бк/кг сух. осадка.

К югу от архипелага удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях шельфа составляет 1–3 Бк/кг, а ^{90}Sr – 0.2–2.0 Бк/кг. Для сравнения: в восточном прибрежье арх. Шпицберген, омываемом арктическими водами, в осадках содержится ^{137}Cs и ^{90}Sr соответственно 2.0 и 2.7 Бк/кг – в проливе Стур-фьорд, 1.9 и 0.9 Бк/кг сух. осадка – вблизи о. Эдж.

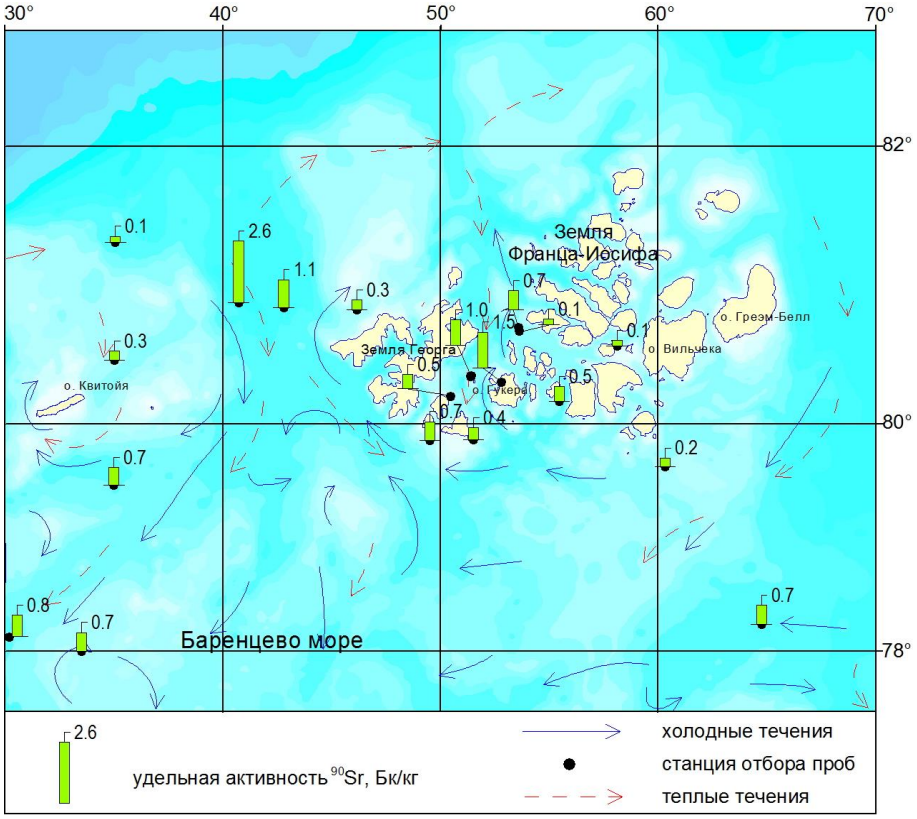


Рис. 5. Удельная активность ^{90}Sr в донных отложениях в районе арх. ЗФИ, 2000–2010 г.

В заливах Западного Шпицбергена отмечены повышенные значения активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в осадках. Содержание ^{137}Cs в заливах Белльсунн и Ис-фьорд составляет 4.3–4.4 Бк/кг, ^{137}Cs и ^{90}Sr в осадках залива Грен-фьорд – 5.4 и 5.5, залива Хорнсунн – 3.8–4.5 и 4.2–5.6 Бк/кг сух. осадка.

Вдоль юго-западного побережья Шпицбергена осадки содержат ^{137}Cs и ^{90}Sr 0.9–6.2 и 0.8–2.6 Бк/кг сух. массы соответственно.

Содержание радионуклидов в компонентах островных ландшафтов. До начала 1990-х г. радиоактивное загрязнение прибрежной зоны и островных ландшафтов арх. ЗФИ оставалось практически неисследованным. Первые экспедиционные радиоэкологические исследования были проведены в 1991–1994 гг. В элементах наземной среды ЗФИ обнаружено повсеместное присутствие техногенных радионуклидов. Удельная активность ^{137}Cs в почве и почвогрунтах варьировала в диапазоне от 25 до 547 Бк/кг. Исследуемый на радиоактивность грунт состоял в основном из мелкозема, основой которого является песок, практически не содержащий гумуса. Данный факт может быть одной из причин преимущественно невысоких уровней накопления радиоактивных элементов в поверхностном слое почвогрунта. Среди островов архипелага (Мейбел, Скотт-Келти, Нансена и Гукера) наибольшей активностью ^{137}Cs в почвах выделяется

о. Мейбел – до 547 Бк/кг. Кроме ^{137}Cs в почвах в незначительном количестве (0.5–1.9 Бк/кг сух. осадка) присутствовал изотоп ^{155}Eu (Радионуклиды …., 1994).

В лишайниках южных островов ЗФИ в 1991 г. были обнаружены ^{137}Cs и ^{134}Cs. Концентрация ^{134}Cs была низкой (0.5–21 Бк/кг), а ^{137}Cs в пробах характеризовалась значительной изменчивостью – от 31 до 375 Бк/кг (Радионуклиды …, 1994).

В полярных областях существует специфическая причина "пятнистости" в накоплении искусственных изотопов. Она состоит в том, что ЗФИ расположена в зоне арктических пустынь. Растительность и почвенный покров, которые могли бы аккумулировать поступающие из атмосферы искусственные изотопы, расположены фрагментами в ложбинах и впадинах, имеющих свой микроклимат и условия аккумуляции наносов. Обнаружение в почвах и лишайниках повышенных концентраций ^{137}Cs и короткоживущих продуктов ядерного деления – ^{155}Eu и ^{134}Cs – свидетельствуют о значительной роли атмосферных выпадений в радиоактивном загрязнении архипелага.

В 2001 году работы по изучению радиоэкологического фона на островах ЗФИ проводились Институтом экологических проблем Севера УрО РАН (Разработка …, 2011). По их данным, радиоактивность воздушной среды на территории архипелага в период исследований составляла 5 имп/с. Радиационный фон не превышал 3–5 мкР/ч, что значительно ниже, чем в материковой части России.

В ходе работ были установлены уровни γ-фона естественных и техногенных изотопов в почвах, горных породах, мхах и лишайниках (отобрано более 110 проб) некоторых островов архипелага.

Суммарная γ-активность в почвах и горных породах архипелага представлена в основном радионуклидами природного происхождения (^{40}K, ^{232}Th, ^{226}Ra) и составляет примерно 28 имп/с. Местами на локальных участках γ-фон грунта достигал 45–47 имп/с. Исследование горных пород показало, что повышенной фон радиоактивности обусловлен гравелитами кислых изверженных пород. В гравелитах концентрация ^{40}K, ^{232}Th, ^{226}Ra выше, чем в лавах, составляющих подавляющую часть горных пород архипелага. Активность же техногенного ^{137}Cs в аномальных участках меньше, чем за их пределами.

В лишайниках и мхах, произрастающих на ЗФИ, установлено присутствие ^{137}Cs, получившего глобальное распространение. Короткоживущие изотопы – ^{60}Co и ^{134}Cs – ни в одной пробе растений обнаружены не были. Следовательно, на территории архипелага в 2000-х гг. не происходило дополнительных атмосферных выпадений радиоактивных продуктов на подстилающую поверхность (Разработка …, 2011).

Заключение. Таким образом, исследования показывают, что уровень радионуклидного загрязнения акватории высокоширотных архипелагов в Баренцевом море до 1990-х гг. определялся главным образом атмосфер-

ными выпадениями радиоизотопов. Водный трансокеанический перенос техногенных радионуклидов не имел большого значения вследствие ограниченного поступления атлантических вод, особенно в районе ЗФИ. Благодаря этому содержание радионуклидов в среде вблизи архипелага остается низким в сравнении с центральными и западными участками моря.

Прекращение испытаний ядерного оружия привело к уменьшению атмосферных выпадений радионуклидов, снижению радиоэкологического фона в целом и выравниванию различий его активности между частями Баренцева моря.

В настоящее время радиоэкологическая обстановка в межостровной акватории и прилегающем морском пространстве ЗФИ характеризуется низкой концентрацией техногенных изотопов, характерной для всего бассейна Баренцева моря.

Невысокий уровень загрязнения почв, почвогрунтов и лишайников на островах ЗФИ свидетельствует об отсутствии значительных атмосферных выпадений техногенных радионуклидов в регионе.

Литература

АМАП: Загрязнение Арктики: Доклад о состоянии окружающей среды Арктики. СПб., 1998. 186 с.

Атлас океанов. Т. 3. Северный Ледовитый океан. М.; Л.: ГУНиО МО СССР, 1980. 184 с.

Вакуловский С.М., Никитин А.И., Чумичев В.Б. Загрязнение Белого моря радиоактивными отходами западноевропейских стран // Атомная энергия. 1988. Т. 65, вып. 1. С. 66–67.

Ильин Г.В., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Химическое загрязнение и накопление радионуклидов в элементах экосистемы Баренцева и Белого морей // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. С. 436–459.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. 418 с.

Никитин А.И. Натурные исследования последствий сброса и захоронения радиоактивных отходов в моря Северного и Дальневосточного регионов Российской Федерации: Дис. … докт. геогр. наук. Обнинск, 2009. 204 с.

Оценка потоков ^{137}Cs и ^{90}Sr в Баренцевом море / Г.Г. Матишов, Д.Г. Матишов, И.С. Усягина и др. // Докл. РАН. 2011. Т. 439, № 6. С. 822–827.

Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2008 г.: Ежегодн. / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: Тайфун, 2009. 298 с.

Радиоактивное загрязнение Северного Ледовитого океана по результатам наблюдений в 1985–1987 гг. / А.И. Никитин, И.Ю. Катрич, А.И. Кабанов и др. // Атомная энергия. 1991. Т. 71, вып. 2. С. 169–172.

Радионуклиды в экосистеме региона Баренцева и Карского морей / Г.Г. Матишов, Д.Г. Матишов, Е. Щипа, К. Риссанен. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. 235 с.

Разработка программы и проекта производства работ по ликвидации источников негативного воздействия на загрязненных территориях островов Земли Франца-Иосифа: Отчет / Гос. науч.-иссл. учр. “Совет по изучению производительных сил”. М., 2011. 132 с. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/3e0/otchet_1.doc

Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в арктические и дальневосточные моря (Белая книга-2000) / Ю.В. Сивинцев, С.М. Вакуловский, А.П. Васильев и др.. М.: АТ, 2005. 624 с.

Юдахин Ф.Н., Киселев Г.П., Киселева И.М. Техногенные радиоактивные изотопы в морях Западной Арктики в период 1972–1996 гг. // Изв. РГО. 1998. Т. 130, вып. 5. С. 13–21.

Baklanov A., Bergman R., Segerstahl B. Radioactive sources in the Kola Region: Actual and potential radiological consequences for man // Radiation Safety of the Biosphere. 1996. P. 46–51.

Pollution Issues: a state of the Arctic Environment Report AMAP. Oslo, 1997. 120 p.

Radioactive contamination of russian Arctic Seas from results of observation during the years 1960–1992 / S. Vakulovsky, A. Nikitin, V. Chumichev, I.Yu. Katrich // Environmental radioactivity in the Arctic and Antarctic. Osteras, 1993. P. 177–179.

Selected anthropogenic and natural radioisotopes in the Barents Sea and off the western coast of Svalbard / A.-P. Leppänen, N. Kasatkina**,** K. Vaaramaa et al. // J. Environmental Radioactivity. 2013. V. 126. P. 196–208.

Simulating transport of non-Chernobyl ^{137}Cs and ^{90}Sr in the North Atlantic–Arctic region / Y. Gao, H. Drange, M. Bentsen, O. Johannessen // J. Environmental Radioactivity. 2004. V. 71, iss. 1. P. 1–16.

Smith J.N., Ellis K.M., Kilius L.R. ^{129}I, ^{137}Cs tracer measurements in the Arctic Ocean // Deep-Sea Res. 1998. № 6. P. 959–984.

УДК 574.583 (268.45)

И.В. Берченко, Е.И. Дружкова, А.А. Олейник, Т.Г. Ишкулова, М.П. Венгер
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕЛАГИАЛИ В РАЙОНЕ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Аннотация

Наши исследования были сфокусированы на гидрологических и гидрохимических параметрах среды, бактерио-, нанофито-, микрофито- и мезозоопланктоне арх. Земля Франца-Иосифа. Результаты исследований свидетельствуют о наличии зоны стабильной высокой продуктивности на внутренней акватории архипелага, значительно отличающейся по количественным и качественным показателям от прилегающих вод открытого шельфа. Обилие нанофитопланктона во внешней части акватории составляло 20–100·10^3 кл/л и биомасса – 2–8 мкг/л. Те же параметры во внутренней части достигали 2·10^6 кл/л в поверхностных водах и до 4·10^6 кл/л над пикноклином с биомассой 130 и 320 мкг/л соответственно. Численность микрофитопланктона во внешней части акватории варьировала от 13·10^3 до 600·10^3 кл/л с биомассой от 30 до 70 мкг/л и в основном была представлена *Dinobryon balticum* и мелкими динофлагеллятами. Доля динофитовых водорослей в общей биомассе составляла 70–80 %. Во внутренней части акватории ЗФИ в ряде случаев обилие микрофитопланктона превышало 1.5·10^6 кл/л (84 % – *Dinobryon balticum*) с биомассой более 560 мкг/л. Количественные показатели развития диатомовых водорослей достигали 80 % общей биомассы сообщества. Численность мезозоопланктона во внутренней части архипелага в 2006–2007 гг. варьировала в пределах 650–3220 экз/м^3 (Dvoretsky, 2011) и находилась в пределах, описанных ранее. Однако в 2008 г. данный параметр достигал 48 тыс. экз/м^3 в верхнем 25-метровом слое, что значительно выше, чем во внешней части акватории Земли Франца-Иосифа и других районах Западной Арктики. Показано, что широтная локализация (температурные характеристики среды, уровень инсоляции и т. д.) не оказывают существенного влияния на реализацию продукционного потенциала. Причина данного феномена, по нашему мнению, кроется в особенностях локальной циркуляции вод на акватории архипелага.

I.V. Berchenko, E.I. Druzhkova, A.A. Oleynik, T.G. Ishkulova, M.P. Venger
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

FEATURES OF THE PELAGIC ZONE ORGANIZATION IN THE FRANZ-JOSEF LAND REGION IN SUMMER

Abstract

The investigations described in the article were focused on bacterio-, nanophyto-, microphyto- and mesozooplankton as well as on hydrology and hydrochemistry in coastal waters of Franz-Josef Land. The results obtained indicate stably high productivity of inner waters of the Franz-Josef Land Archipelago which significantly differs by qualitative and quantitative parameters from waters off the archipelago. The abundance of nanophytoplankton in outer coastal waters comprised 20–100·10^3 cells/l with a biomass of 2–8 μg/l. The same parameters in inner waters of Franz-Josef Land reached 2·10^6 cells/l in the surface layer and up to 4·10^6 cells/l above the picnocline layer with biomasses of 130 and 320 μg/l accordingly. The abundance of microphytoplankton in outer waters varied from 13·10^3 to 600·10^3 cells/l with a biomass of 30 to 170 μg/l and was formed mainly by *Dinobryon balticum* and small dinoflagellates. The share of dinophyte algae in the total biomass of the community counted for 70–80 %. In inner waters of Franz-Josef Land the abundance of microphytoplankton in some cases was more than 1.5·10^6 cells/l (84 % – *Dinobryon balticum*) with a biomass of 560 μg/l. Abundance of diatoms reached up to 80 % of the total biomass of the community. Mesozooplankton abundance in inner waters of Franz-Josef Land varied from 650 to 3220 ind/m^3 in 2006–2007 (Dvoretsky, 2011), within the limits described earlier. In 2008 this parameter reached up to 48000 ind/m^3 in the upper 25-meter layer what is much higher than both in coastal waters off the archipelago and in other areas of the Western Arctic. It has been found out that conditions of high latitudes (temperature characteristics of the environment, insolation level and etc.) have little effect on productivity of phytoplankton. High abundance in inner waters of the archipelago is supposed to be caused by specific features of local water circulation.

Введение. Исследования планктонного сообщества арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) имеют почти вековую историю. Однако в сравнении с другими архипелагами Западной Арктики, такими как Шпицберген, Новая Земля, изученность морской биоты ЗФИ ничтожно мала и содержит огромное количество “белых пятен”. Данный факт связан с труднодоступностью акватории архипелага.

Весь период планктонных исследований может быть условно разделен на три этапа. Первый этап, длившийся с 1920-х по 1980-е гг., характеризовался началом исследовательской активности советских ученых в данном районе, появлением первых качественных и количественных данных о различных компонентах планктонного сообщества, использованием различных методов исследований. Результатом его стал ряд работ, посвященных исследованию фито- и зоопланктонного сообщества на акватории ЗФИ (Бернштейн, 1932; Шувалов, Павштикс, 1977; Бульон, 1985). Однако использование различных орудий лова и методов отбора проб практически исключает возможность сравнительного анализа этих работ с последующими.

Второй этап, приуроченный к первой половине 1990-х гг. характеризовался не только комплексным подходом, но и значительной коопе-

рацией ученых из различных стран. В 1990–1992 годах был организован ряд совместных российско-польско-норвежских экспедиций, в сферу изучения которых попал целый комплекс как биотических, так и абиотических компонентов среды, включая и наземную ее часть. Результатом данной активности стал ряд монографий, выпущенных на различных языках (Environmenal …, 1992; Среда …, 1994).

Третий этап связан с экспедициями ММБИ КНЦ РАН в 2006–2009 гг. Область исследований включала в себя как внутреннюю акваторию архипелага, так и прилегающие воды. Часть отобранного материала до сих пор находится в обработке, однако многое уже доступно для анализа, что и является главной целью нашей работы.

Общая характеристика исследованной акватории. Архипелаг ЗФИ расположен на границе Карского, Баренцева морей и Северного Ледовитого океана. Продолжительность безледного периода от момента взлома припая во второй половине июля до начала устойчивого ледообразования в конце сентября составляет 30–80 дней, что обусловлено высокоширотным положением ЗФИ и особенностями локальной циркуляции вод.

В структуре водной толщи на акватории ЗФИ присутствуют различные типы водных масс. Баренцевоморские воды поступают с юга через пролив Де-Брюйне и распространяются в приповерхностном слое (10–20 м) на север до о. Кетлица. Трансформированные атлантические воды проникают на акваторию через глубоководные желоба и занимают придонный слой. Основной пласт водной толщи представлен водами местного осенне-зимнего происхождения. Верхний 10-метровый слой формируется в процессе смешения местных вод с баренцевоморскими, распресненными активным ледотаянием во время летнего прогрева.

Циркуляция вод на акватории ЗФИ характеризуется значительной изменчивостью как скоростей, так и направлений течений. К сожалению детально картина локальных перемещений водных масс практически не изучена, ныне существующие представления вытекают из общих положений о циркуляции вод Арктического бассейна и окраинных морей (Environmenal …, 1992; Среда …, 1994).

Материалы и методы. Отбор проб производился с борта НИС “Дальние Зеленцы” в августе 2006–2009 гг. Расположение и характеристики станций отбора проб представлены на рисунках 1–4 и в табл. 1.

Орудиями лова служили пластиковые батометры Hydro-BIOS различного объема и сеть Джеди с диаметром входного отверстия 37 см и размером ячеи 168 мкм. Гидрологические данные получены с помощью CTD-зонда SBE 19 plus SEACAT.

Анализ растворенных форм биогенных элементов проводили сразу после отбора проб и фильтрации через фильтры типа “Нуклеопор” с порами сечением 0.45 мкм (Дубна, Россия). Концентрацию растворенного кислорода определяли объемным методом Винклера (Руководство …, 1993). Нитриты определяли методом Бендшнайдера и Робинсона, аммонийный

азот – методом Грассхоффа-Юхансена, фосфаты – методом Морфии-Райли (Справочник …, 1991). Определение растворенных силикатов основано на восстановлении кремнемолибдата в кислой среде аскорбиновой кислотой с добавлением щавелевой кислоты. Для определения оптической плотности биогенных элементов использовали КФК-2 (Руководство …, 1993) и SKALAR SAN++, применяя методики, адаптированные специалистами фирмы SKALAR к прибору (Мишина, 2008, 2010).

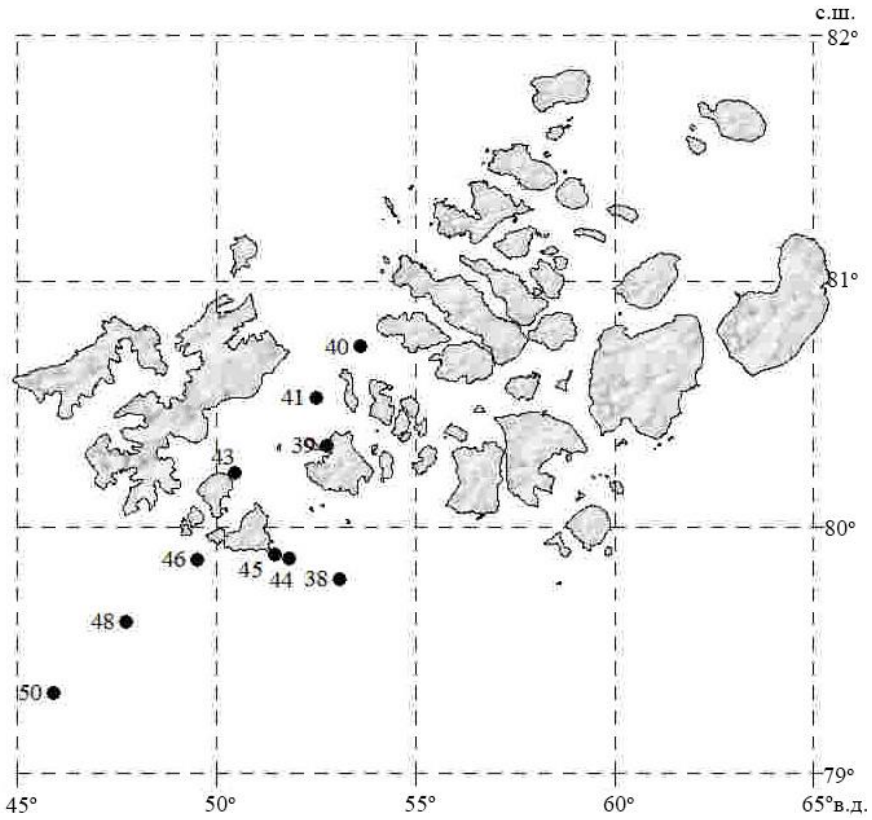


Рис. 1. Карта-схема расположения станций в 2006 г.

Пробы бактерио- и фитопланктона отбирались батометром по горизонтам, выбранным в зависимости от плотностной структуры водного столба.

Основные показатели бактериопланктона определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома DAPI (Porter, Feig, 1980). Клетки учитывали под микроскопом МИКМЕД-2, при ув. 1000. Биомассу рассчитывали по углероду (Norland, 1993).

Нанофитопланктон учитывался под эпифлуоресцентным микроскопом МИКМЕД-2 (вар. 12) при ув. 300 и 1500 в пробах, фиксированных 1 %-м раствором глютарового альдегида и окрашенных раствором примулина. Клетки нанопланктона измерялись индивидуально и учитывались по максимальному диаметру с интервалом в 1 мкм (в соответствии с ценой деления окуляр-микрометра). При анализе результатов полученные данные группировались по трем размерным фракциям (2–5, 6–10, 10–20 мкм).

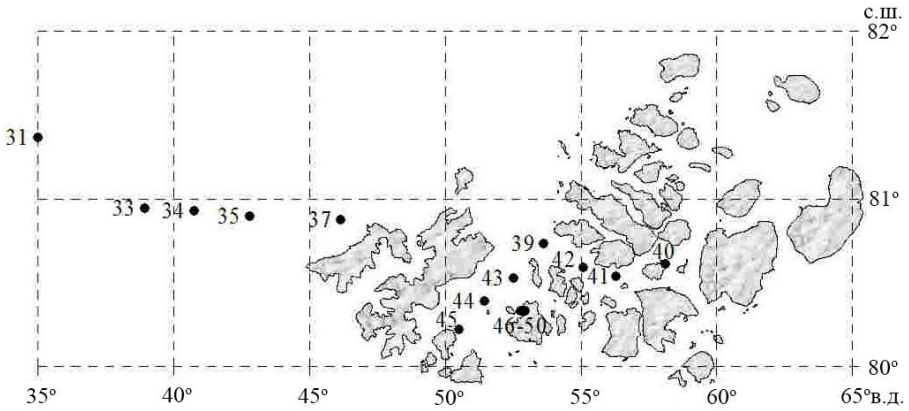


Рис. 2. Карта-схема расположения станций в 2007 г.

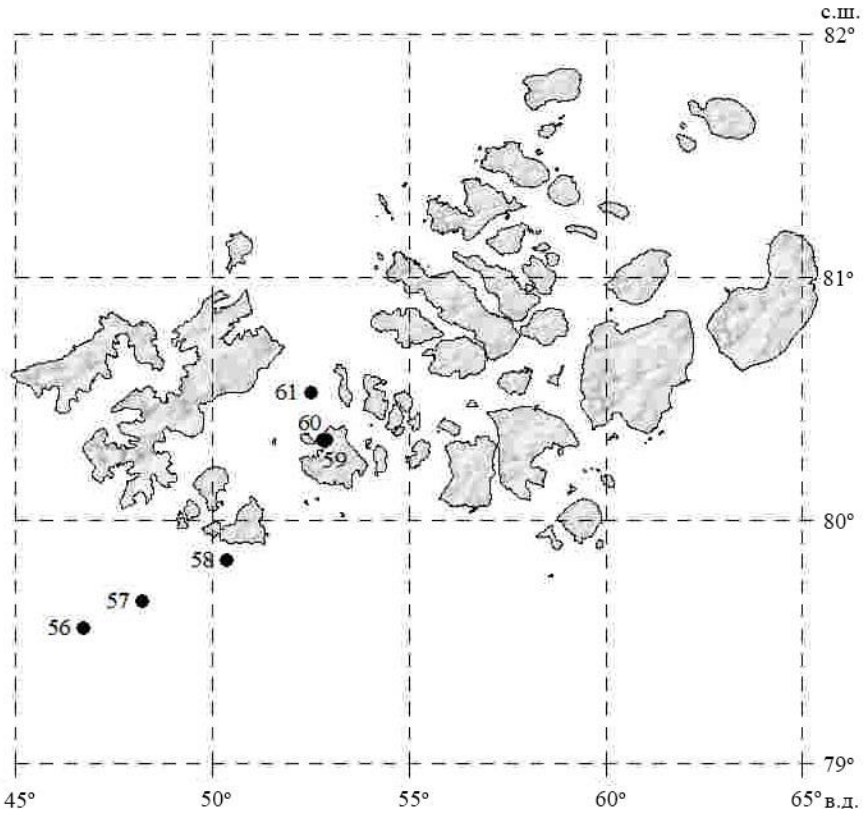


Рис. 3. Карта-схема расположения станций в 2008 г.

Пробы микрофитопланктона фиксированного объема концентрировались методом обратной фильтрации (Суханова, 1983) и фиксировались 40 %-м раствором нейтрального формалина (до конечной концентрации 2 %). Таксономическое определение микроводорослей проводилось под световым микроскопом Amplival при ув. 400 в камере Нажотта объемом 0.05 мл (Сорокин, 1979). Расчет численности проводился по стандартной методике (Федоров, 1979). Биомасса вычислялась по таблицам средних клеточных

весов баренцевоморских микроводорослей (Makarevich et al., 1993). Учет редких крупных видов проводился в полном объеме пробы в счетной камере Богорова под бинокулярным микроскопом при ув. 30.

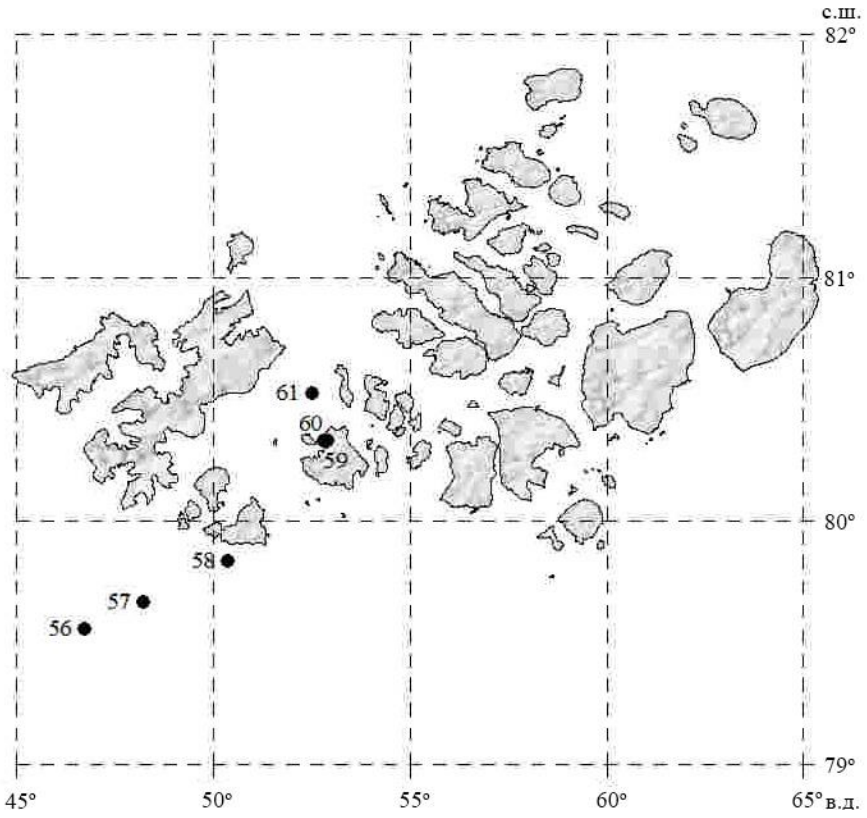


Рис. 4. Карта-схема расположения станций в 2009 г.

Таблица 1

Характеристика станций отбора проб в августе 2006–2009 гг.

Номер станции	Дата	Координаты		Глубина, м	Характеристика работ					
		с. ш.	в. д.		1	2	3	4	5	6
				2006 г.						
38	23	79.7919°	53.0825°	445.0	+	+	–	+	+	–
39		80.3341°	52.7751°	30.8	+	+	–	+	+	+*
40		80.7364°	53.6141°	250.0	+	+	–	+	+	+*
41	24	80.5302°	52.5148°	77.7	+	+	–	+	+	+*
42		80.2251°	50.4655°	400.0	+	–	–	–	–	+*
43		79.8760°	51.8287°	75.0	+	+	–	+	+	+*
44		79.8900°	51.4475°	100.0	+	+	–	+	+	+*
45		79.8709°	49.5089°	44.4	+	+	–	+	+	+*
46	25	79.6193°	47.7154°	170.0	+	+	–	+	–	+*
48		79.3299°	45.9123°	303.8	+	+	–	+	+	+*
50		79.7919°	53.0825°	85.4	+	+	–	+	–	+*

Окончание табл. 1

Номер станции	Дата	Координаты		Глубина, м	Характеристика работ					
		с. ш.	в. д.		1	2	3	4	5	6
				2007 г.						
31	26	81.3650°	35.0017°	175	+	–	–	+	+	–
33		80.9463°	38.9333°	218	+	+	–	+	+	–
34	27	80.9315°	40.7433°	570	+	+	–	+	+	–
35		80.8959°	42.8037°	473	+	+	–	+	+	+*
37	28	80.8745°	46.1594°	211	+	+	–	+	+	+*
38		80.7332°	53.6238°	48	+	+	–	–	+	–
39		80.6125°	58.1039°	264	+	+	–	+	–	+*
40	29	80.5389°	56.2884°	39	+	–	–	+	–	+*
41		80.5937°	55.0762°	413	+	–	–	+	–	–
42		80.5292°	52.5061°	295	+	+	–	+	+	–
43		80.3898°	51.4446°	87	+	–	–	+	–	+*
44	30	80.2221°	50.4827°	381	+	–	–	+	–	+*
45		80.3367°	52.8781°	71	+	–	–	+	–	+*
46		80.3357°	52.9007°	0**	+	–	–	+	–	–
47		80.3317°	52.9202°	0**	+	–	–	+	–	–
48		81.3650°	35.0017°	0**	+	–	–	+	–	–
49		80.3190°	52.7887°	0**	–	–	–	+	–	–
50		80.3359°	52.7697°	12	–	+	–	+	+	–
				2008 г.						
42	28	79.7936°	53.0876°	463	+	+	–	–	+	+
43		80.2254°	50.4945°	90.7	+	+	–	–	+	+
44		80.3909°	51.4196°	400.5	+	+	–	–	+	+
45	29	80.5353°	52.5391°	111	+	+	–	–	+	+
46		80.3341°	52.7790°	33.3	+	+	–	–	+	+
47		80.1989°	55.4350°	530	+	+	–	–	+	+
48	30	79.6810°	60.2975°	168.5	+	–	–	–	–	+
51		78.2646°	64.7832°	376.9	+	–	–	–	–	+
				2009 г.						
56	10	79.5617°	46.7165°	311	+	–	+	–	–	–
57		79.6705°	48.2106°	318	+	–	+	–	–	–
58		79.8386°	50.3478°	55	+	–	+	–	–	–
59		80.3339°	52.8821°	23	+	–	+	–	–	–
60		80.3340°	52.7946°	30.5	+	–	+	–	–	–
61		80.5297°	52.5059°	87	+	–	+	–	–	–

*По: Dvoretsky, 2011.
**Работы выполнены в поверхностном горизонте.

ПРИМЕЧАНИЕ. 1 – гидрологическое зондирование, СТД; 2 – гидрохимия; 3 – бактериопланктон; 4 – нанофитопланктон; 5 – микрофитопланктон; 6 – зоопланктон.

Для анализа мезозоопланктона производились послойные ловы: 0–25, 25–50, 50–100, 100–200 м и 200 м–дно. Обработка проб проводилась по стандартной методике (Методические …, 1989). У наиболее массовых форм (*Calanus* sp., *Pseudocalanus minutus* и *Oithona similis*) определялись возраст-

ные стадии. Следует отметить, что разделение видов рода *Calanus* (*C. finmarchicus* и *C. glacialis*) в данной работе производилось только для IV–VI копеподитных стадий. Стадии I–III не различались, поскольку бóльшая часть I–III копеподитов, которые могли бы быть отнесены к *C. finmarchicus*, находились в пределах погрешности измерений.

Результаты и обсуждение. ***Гидрохимия.*** Баренцево море в районе ЗФИ имеет своеобразный гидрохимический режим, обусловленный взаимодействием множества различных составляющих: рельефом дна, гидрологией и биохимией, климатическими факторами и др. Влияние последних выражается в значительной межгодовой изменчивости ледовитости моря и погодных условий. Поэтому необходимо учитывать эпизодичность и сезонную разрозненность в исследованиях, затрудняющую отображение реальной картины гидрохимической обстановки.

В настоящей работе на основании результатов экспедиционных исследований 2006–2008 гг. и ранее опубликованных литературных данных приведена обобщающая характеристика содержания и распределения гидрохимических параметров в водных массах района арх. ЗФИ.

В августе 2007 г. на акватории арх. ЗФИ в фотическом слое отмечено значительное содержание растворенного кислорода – свыше 8.27 мл/л. Максимальные величины зафиксированы в поверхностном слое воды на ст. 39, где содержание O_2 достигало 112 % при концентрации 9.08 мл/л, что указывает на активную фотосинтетическую деятельность фитопланктона. Вертикальное распределение растворенного кислорода на всех станциях сходно – уменьшение его количества с увеличением глубины. Самое низкое значение O_2 (7.00 мл/л при насыщении 85 %) зафиксировано у дна на наиболее глубокой ст. 44 (373 м).

Величина водородного показателя в районе арх. ЗФИ в августе 2007 г. изменялась в неширoких пределах и в среднем составила 8.56, что также косвенно подтверждает наличие продукционных процессов. На ст. 44 в фотическом слое его значение достигало 8.64. По вертикали величина pH незначительно уменьшается, достигая минимальных значений в придонном водном слое на ст. 39 (8.47).

Распределение фосфатов, нитратов и кремния в водных массах ЗФИ довольно однородно. Концентрация фосфатов в фотическом слое изменяется от 1.9 до 4.1 мкг P/л, что согласуется с литературными данными (Норина, 1965). На ст. 44 в слое от поверхности до скачка плотности отмечены самые низкие для исследованной акватории значения данного биогенного элемента – 1.9–2.1 мкг P/л. Над слоем скачка плотности концентрация фосфатов возрастает примерно до 6.0 мкг P/л. Для всех перечисленных биогенных элементов характерно увеличение содержания от поверхности ко дну. Однако количество кремния в придонном водном слое примерно в 2 раза (в среднем 225.0 мкг Si/л), а нитратов – в 6 раз больше (в среднем 63.0 мкг N/л), чем в поверхностном. Для фосфатов по вертикали содержание возрастает более интенсивно и может увеличиться более чем в 10 раз

(станции 39, 44). Такие различия в концентрациях главных биогенных элементов связаны со скоростью разложения опускающихся из зоны фотосинтеза органических остатков (скорость деструкции органических соединений фосфора максимальна по сравнению с органическими соединениями других элементов) (Биогеохимия …, 1982). Максимально насыщен биогенами придонный водный слой на ст. 44. Количество фосфатов в нем составляет 27.6 мкг P/л, нитратов – 66.3 мкг N/л, кремния – 282.0 мкг Si/л.

Содержание кремния в фотическом слое невелико и изменяется в нешироких пределах – 95.0–113.0 мкг Si/л, что соответствует концентрации насыщения морской воды его соединениями. По литературным данным, среднемноголетние величины Si для лета в атлантических водах в центральных районах Баренцева моря в водном слое 0–50 м несколько ниже (Химические …, 1997). Наблюдаемое нами в августе 2007 г. повышенное содержание кремния, возможно, связано с таянием дрейфующих в этом районе обломков льда (Мишина, 2008). Над скачком плотности, на глубине примерно 35 м, его концентрация увеличивается приблизительно до 175.0 мкг Si/л. Такие показатели характерны для северной и северо-восточной частей Баренцева моря (Норина, 1965).

Аммоний в водных массах арх. ЗФИ изменяется незначительно, и в среднем его концентрация составляет 28.0 мкг N/л. Азот нитритный и аммонийный имеют схожее распределение на исследованной акватории. Максимальные количества этих биогенов наблюдаются в фотическом слое в проливе Британский канал на ст. 39, а именно: в поверхностном водном слое нитритов – 12.6 мкг N/л, аммония – 67.2 мкг N/л; на глубине 8 м аммония – 37.8 мкг N/л. На горизонте 36 м нитриты имеют максимальные значения на ст. 43 – 8.4 мкг N/л. В верхнем деятельном слое воды высокое содержание аммонийного и нитритного азота наблюдается в начале лета, на востоке в зоне кромки льдов (Гидрометеорология …, 1992). Аммоний и нитриты энергетически более выгодны для потребления фитопланктоном, поэтому самые высокие биомассы на этих станциях вполне ожидаемы. Распределение по вертикали рассматриваемых биогенных элементов также имеет сходные черты: их концентрация понижается от поверхности к дну. Количество аммония в придонном водном слое составляет в среднем 18.2 мкг N/л. Содержание нитритов у дна падает до нулевых значений за счет перехода нитритов в нитраты, что ранее было описано в литературе (Норина, 1965).

Для водных масс арх. ЗФИ в августе 2008 (рис. 3), по данным Н.Н. Мишиной (2010), насыщенность кислородом на всех станциях в поверхностном слое и над пикноклином составляла 100–107 % при концентрации 7.62–8.55 мл/л, уменьшаясь с глубиной до 95–85 %. При этом минимальные значения у дна наблюдались на глубоководных станциях в открытой части и в проливе Абердер. Исключением являлась ст. 46 в бухте Тихая, где значение этого параметра изменялось в пределах 99–91 % от поверхности к дну.

Значения pH в районе арх. ЗФИ в августе 2008 г. в поверхностном слое изменялись в пределах 8.19–8.63, в водном слое над пикноклином – 8.39–8.60, в придонном – 8.21–8.47. Такие величины водородного показателя наблюдались в поверхностном слое северной части Баренцева моря в летний период из-за интенсивно протекающих продукционных процессов и восстановления нормального газообмена с атмосферой при освобождении моря от льда (Гидрометеорология …, 1992). Вертикальное распределение pH для всех станций было сходно. В среднем величины этого показателя уменьшались от поверхности к дну на 0.2–0.3 ед. Однако придонная концентрация водородных ионов в период исследования значительно выше указанной в литературе – около 8 (Норина, 1965).

Концентрация нитритов на всех станциях в исследованном районе не превышала 1.4 мкг N/л, что соответствует среднему содержанию этого элемента в летний период (июль–сентябрь) в северной части Баренцева моря (Норина, 1965). Минимальные количества данной формы азота наблюдались в придонном водном слое на станциях 44–46 – 0.3–0.5 мкг N/л.

В водах пролива Британский канал (станции 44, 45) содержание фосфатов от поверхности до слоя скачка плотности (14–15 м) изменялось от 2.0 до 12.1 мкг P/л. Максимальное значение отмечено в поверхностном водном слое на ст. 44, минимальное – в поверхностном водном слое ст. 45. Количество нитратов до глубины 14–15 м возрастало от 7.2–8.3 (ст. 44) до 49.9–50.9 мкг P/л (ст. 45). При этом концентрация кремния в поверхностном слое и над пикноклином в этом районе значительно отличалась от таковых на всех остальных станциях исследованного района: 88.0–108.0 мкг P/л – ст. 44 и 120.0–133.0 мкг P/л – ст. 45. У дна содержание всех компонентов увеличивалось и составляло на ст. 44 (глубина 365 м) и ст. 45 (глубина 95 м): фосфатов 32.2 и 25.5 мкг P/л, нитратов – 190.0 и 136.6 мкг N/л и кремния – 166.0 и 201.0 мкг Si/л соответственно (Мишина, 2010).

У острова Брюса (ст. 43) от поверхности до глубины 18 м концентрация фосфатов и нитратов увеличилась от 8.7 до 12.1 мкг P/л и от 13.1 до 34.9 мкг N/л соответственно. У дна (64 м) содержание этих компонентов было значительно больше: фосфаты – 20.2 мкг P/л, нитраты – 84.5 мкг N/л. Количество кремния при этом от поверхности до дна изменялось незначительно (от 20.0 до 36.0 мкг Si/л) и, в сравнении с количеством данного элемента на станциях 44 и 45, было невелико.

В бухте Тихая (ст. 46) от поверхности до глубины 9 м концентрация фосфатов составила 8.7 мкг P/л, нитратов – 55.6–64.5 мкг N/л, а кремния – от 46.0 до 87.0 мкг Si/л. У дна (23 м) концентрация фосфатов увеличилась до 22.2 мкг P/л, нитратов – до 202.8 мкг N/л, кремния – до 123.0 мкг Si/л.

На глубоководных станциях 42 и 47 в придонном горизонте значения всех компонентов варьировали в нешироких пределах: фосфаты – 35.6–38.3 мкг P/л, нитраты – 218.1–225.4 мкг N/л, кремний – 113.0–136.0 мкг Si/л. В проливе Абердер в поверхностном слое до глубины 8 м

(ст. 47) и в открытой части до глубины 32 м (ст. 42) концентрация биогенов отличалась значительно. На ст. 42 от поверхности до глубины 32 м содержание фосфатов снижалось от 12.1 до 6.7 мкг Р/л, нитратов – от 12.6 до 5.6 мкг N/л. Количество кремния составляло 15.0–16.0 мкг Si/л. В проливе Абердер концентрации были выше. От поверхности до глубины 8 м концентрация фосфатов не менялась и составляла 12.1 мкг Р/л, содержание нитратов изменялось в пределах 21.8–25.2 мкг N/л, кремния – 19.0–27.0 мкг Si/л (Мишина, 2010).

Гидрохимический режим, характеризующий район акватории ЗФИ, наиболее полно изучен по кислороду. В осенне-зимний период в связи с интенсивной отдачей тепла в атмосферу и ледообразованием возникает конвективное перемешивание вод, нарушающее их стратификацию и приводящее к выравниванию гидрохимических характеристик от поверхности до глубины конвективного перемешивания (Биогеохимия …, 1982). Зимой содержание кислорода на акватории арх. ЗФИ довольно низкое, что вызвано наличием ледового покрова, затрудняющего газообмен с атмосферой. В весенне-летний период отсутствует конвективное перемешивание, поэтому содержание кислорода определяется соотношением продукционных и окислительных процессов. Влияние ледового покрова сказывается и в летний период, что проявляется в уменьшении содержания кислорода в толще вод ниже слоя фотосинтеза (Норина, 1965; Химические …, 1997). Особенно заметны сезонные изменения содержания кислорода в поверхностных водах района островной отмели арх. ЗФИ. В таблице 2 приведены летние и зимние величины содержания кислорода в этом районе. Как видно из приводимых данных, насыщение поверхностных вод кислородом летом в этом районе близко к 100 %.

Таблица 2

Содержание и насыщенность кислорода в водах арх. ЗФИ (Русанов, 2007)

Горизонт, м	Август		Апрель	
	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%
5	0.75	98	0.70	93
10	0.74	99	0.68	90
25	0.73	101	–	–

В отдельные годы в зоне фотосинтеза пресыщение вод кислородом может достигать 30 % от нормального (Биогеохимия …, 1982). Однако зимой, с понижением температуры воды, расход кислорода на окислительные процессы при минерализации поступающего сюда детрита настолько велик, что не успевает пополняться за счет его адсорбции из атмосферы, и в прибрежной зоне отмечается устойчивый дефицит кислорода, достигающий 10 % (Русанов, 2007). С увеличением глубины до 25 м количество O_2 может возрастать, по сравнению с поверхностью, за счет жизнедеятельности планктона и уменьшения диффузных потерь, что бо-

лее характерно для арктических водных масс. В глубинных водах у ЗФИ отмечается достаточно высокое содержание растворенного кислорода – редко ниже 90 % (Норина, 1965).

При анализе осредненных данных, полученных в 2006–2008 гг., специалистами ММБИ выявлено, что содержание кислорода колебалось от 8.0 до 9.0 мл/л в поверхностном слое, около 8.5 мл/л – в фотическом, от 6.8 до 8.1 мл/л – в придонном. По литературным данным, среднемноголетнее распределение растворенного кислорода летом в поверхностном слое в районе ЗФИ от 8.5 до 9.0 мл/л O_2, а в придонном – от 7.0 до 7.5 мл/л O_2 (Норина, 1965; Химические …, 1997), что согласуется с полученными нами данными. Насыщенность вод кислородом, по результатам исследований ММБИ в 2007–2008 гг., в среднем превышает 105 %, что объясняется повышенной температурой водных масс и высокой биологической активностью. Полученные данные соответствуют среднемноголетним величинам процентного содержания O_2 в северной части Баренцева моря (Норина, 1965; Гидрометеорология …, 1992; Русанов, 2007).

Для северной части Баренцева моря в период гидрологического лета А.М. Норина (1965) приводит следующее распределение средней концентрации водородных ионов: поверхностный слой – от 8.10 до 8.20, придонный – 7.91–8.00. По данным ММБИ за август в 2006–2008 гг., эти величины для поверхности выше примерно на 4 % [вероятнее всего, сказывается теплая фаза климатических колебаний (Учет …, 2013) и усиление развития фитопланктона]. У дна содержание водородных ионов тоже значительно больше, чем приведено в литературе. Максимальные зарегистрированные в островной зоне арх. ЗФИ показатели pH – 8.46 (Норина, 1965). В целом значения pH, полученные в ходе наших исследований, соответствуют таковым для северных районов Баренцева моря в летний период, где продукционные процессы после освобождения акватории от льда идут наиболее интенсивно и концентрация водородных ионов может достигать 8.50–8.60 (Гидрометеорология …, 1992).

По данным ММБИ, в районе ЗФИ в августе 2006–2008 гг. концентрация биогенов варьировала в довольно широких пределах и для каждого года имеет характерное распределение. А именно: 2007 г. отличается самым высоким содержанием кремния от поверхности до дна, нитратов (в среднем 30 мкг N/л) и нитритов (в среднем 3.5 мкг N/л) в фотическом слое и низкими средними концентрациями фосфатов (около 3.1 мкг P/л); 2008 г., напротив, характеризуется более высоким содержанием фосфатов (в среднем 15.5 мкг P/л) и более низким остальных биогенных элементов. Только придонные концентрации нитратов в августе 2008 г. превышают величину этого параметра гидрохимического комплекса предыдущего года примерно в 3 раза. Данные отличия, очевидно, связаны с тем, что в 2007 г. вегетационный период только начался. В августе 2008 г. процессы фотосинтеза уже менее интенсивны (подтверждается исследованиями по фитопланктону специалистами ММБИ), что привело к заметному увеличению концентраций фосфатов, нитратов и нитритов в придонном горизонте.

В августе 2006 г. сотрудником ММБИ С.И. Барданом проведены исследования по распределению органического вещества (ОВ) в водных массах арх. ЗФИ (Бардан, 2011). По его оценке, в период окончания летнего сезона в районе архипелага для $\Sigma C_{ОВ}$ (показателя, эквивалентного запасу биологически доступных форм ОВ) также выявлено стратифицированное распределение. Средневзвешенные концентрации $\Sigma C_{ОВ}$ на акватории арх. ЗФИ оцениваются в 2.15 мг С/л, с вариациями в диапазоне 1.8–3.0 мг С/л. При этом сам тип вертикального распределения $\Sigma C_{ОВ}$ можно рассматривать как характерный для летнего режима Баренцева моря в целом. Средние концентрации $\Sigma C_{ОВ}$ в водах ЗФИ примерно в 1.5 раза ниже, чем для данного сезона в центральной, открытой части Баренцева моря. Общая концентрация и доля легко окисляемых форм ОВ для вод ЗФИ принимает максимальные значения в поверхностных водах фотической зоны, примыкающей к архипелагу, снижаясь как в область, занимаемую промежуточными смесями, так и в глубинных водах из открытой части моря с зимними модификациями баренцевоморских и арктических вод (Бардан, 2011).

При изучении качественного состава ОВ вод разного генезиса С.И. Бардан выявил ряд особенностей, так средневзвешенные во всей акватории ЗФИ стехиометрические соотношения Виноградского-Редфилда-Ричардса для форм растворенного органического вещества [$(C:N:P)_{РОВ}$] составили 570:200:1 (массовые). В ходе трансформации вещественного состава вод происходит относительный рост только для фосфоросодержащих ОВ (на порядок величин), при практически неизменном содержании органического углерода, и существенно меньшем диапазоне для азотсодержащих ОВ. Средние для акватории ЗФИ стехиометрические соотношения для взвешенного вещества [$(N:P)_{ВВ}$] составляют 150:1 (массовые). При переходе к зимним и арктическим формам вод, в области ЗФИ происходит относительный рост содержания в структуре взвешенного вещества азота, что определяется большей длительностью его оборота в арктических водных экосистемах (Бардан, 2011).

В августе 2007 г. специалистами ММБИ были проведены исследования гидрохимического комплекса также на акватории желоба Франц-Виктория. В результате этого было выделено три водных слоя: поверхностный, который характеризуется положительной температурой и низким содержанием биогенов; промежуточный – отрицательной температурой и низким содержанием биогенных элементов; придонный, в котором при положительной температуре концентрации биогенных элементов максимальны (Мишина, 2008). Содержание кислорода у поверхности не превышало 7.7 мл/л (около 99 % насыщения), что указывает на отсутствие активной жизнедеятельности фитопланктона. При этом концентрации биогенных элементов были невысокими: фосфаты – 3.1–6.2 мкг Р/л, нитраты – 14.0 мкг N/л, силикаты – 56.0 мкг Si/л. Полученные величины практически не отличаются от литературных данных, описывающих октябрь 1998 г. (Мордасова и др., 2001). Слой холодных (до –1.1 ^{o}C) вод

на глубине от 15 до 70 м содержал 84.0 мкг N/л нитратов и 84.0 мкг Si/л кремния, а насыщенность кислородом не превышала 90 %. С увеличением глубины количество биогенных элементов возрастало и достигло в придонном горизонте, в самой глубоководной части желоба, максимальных значений: фосфаты – 52.7 мкг P/л, нитраты – 280.0 мкг N/л, кремний – 280.0 мкг Si/л. Невысокие, по сравнению с другими районами Мирового океана, величины придонных концентраций этих биогенных элементов, возможно, являются следствием интенсивного вертикального и горизонтального обмена вод, что не способствует накоплению биогенных элементов на промежуточных и больших глубинах, и отсутствия водообмена с районами высоких концентраций биогенов (Мордасова и др., 2001). В районе желоба Франц-Виктория в придонном водном слое, характеризующемся положительной температурой, содержание кислорода составило менее 6.5 мл/л. По литературным данным, в годы усиления мощности северной ветви Нордкапского течения наблюдалось уменьшение кислорода в придонных горизонтах вдоль желоба Франц-Виктория за счет менее аэрированных, чем арктические, атлантических вод (Норина, 1965; Биогеохимия …, 1982). Поэтому по величине содержания O_2 придонный водный слой – атлантического происхождения. Таким образом, по полученным данным, на разрезе через желоб Франц-Виктория в августе 2007 г. определена схожесть величин и характера распределения биогенных элементов с параметрами гидрохимического комплекса для открытой части Баренцева моря в летний период (Жизнь …, 1985; Химические …, 1997) .

Фитопланктон. В составе первичных продуцентов пелагиали выделяются две экологические группы – нано- (от 2 до 20 мкм) и микрофитопланктон (от 20 до 200 мкм).

Нанофитопланктон. В 2006 году отбор и дальнейшая обработка проб нанопланктона производилась по стандартной методике, т. е. в составе сообщества выделялись три размерные группы. Однако в ходе обработки материала выяснилось, что вклад размерной группы 10–20 мкм не только в численность, но и в биомассу нановодорослей крайне незначителен. Таким образом, при дальнейшем изложении мы сочли целесообразным остановиться на анализе пространственного распределения двух младших размерных фракций – 2–5 и 6–10 мкм.

В поверхностном горизонте на участке акватории, расположенном непосредственно между островами архипелага (в дальнейшем – “внутренний”), диапазон колебаний численности нанопланктона составил от 500 тыс. до 1.85 млн кл/л при биомассе $6.5–11 \cdot 10^{-3}$ мг C/л. Численность нановодорослей в большинстве случаев на 60–90 % была сформирована размерной группой 2–5 мкм, при этом преобладания клеток определенного диаметра не наблюдалось и весь размерный ряд в пределах младшей размерной фракции был представлен достаточно полно. Биомасса сообщества, напротив, на 55–93 % была сформирована водорослями размерного диапазона 6–10 мкм, причем в составе последних доминирующее положение занимали клетки диаметром 8 и 10 мкм.

На участке открытого Баренцевоморского шельфа к югу от архипелага (в дальнейшем – “внешний”) численность нанопланктона колебалась от 30 до 100 тыс. кл/л при биомассе 0.4–0.8·10^{-3} мг С/л. При этом размерная структура сообщества была весьма сходна с вышеописанной. То есть численность сообщества на 80–86 % формировалась за счет младшей размерной фракции, в составе которой был в равной степени представлен весь размерный ряд нановодорослей. Относительная доля старшей размерной фракции (в основном клеток диаметром 8 и 10 мкм) в совокупной биомассе нанопланктона составила 50–90 % (рис. 5а,в).

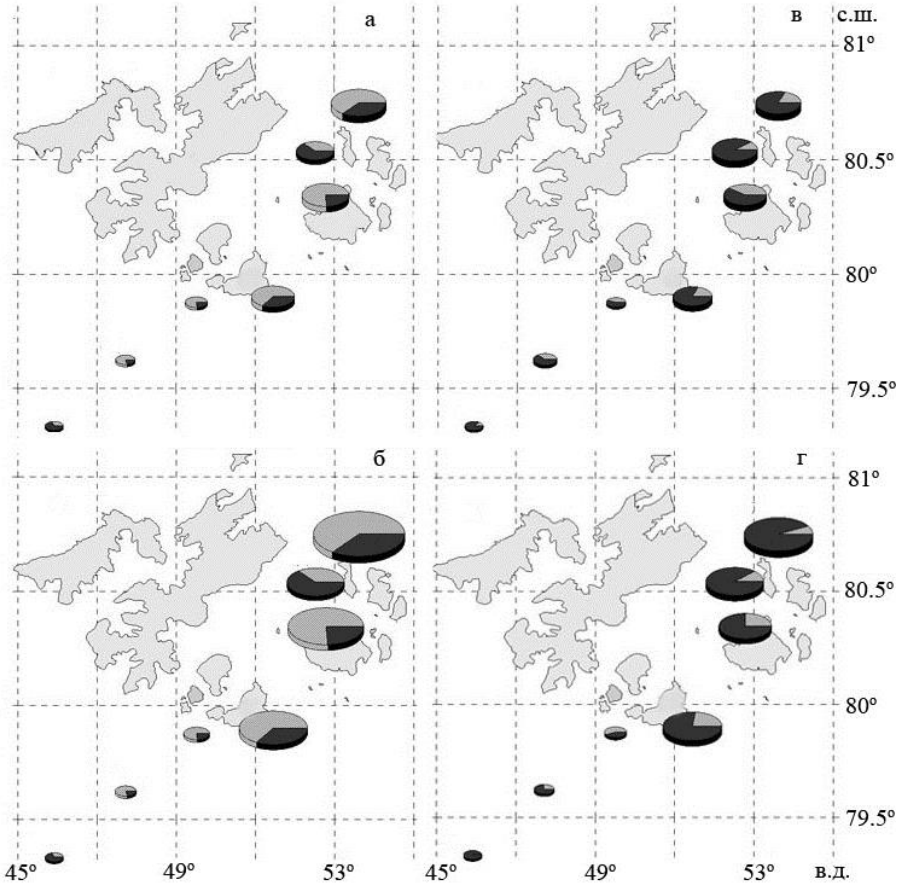


Рис. 5. Распределение численности (а, б) и биомассы (в, г) нанофитопланктона в поверхностном горизонте (а, в) и над слоем скачка плотности (б, г). Серый цвет – размерная фракция 2–5 мкм, черный – размерная фракция 6–10 мкм

Максимальные показатели развития нанопланктона были зарегистрированы во “внутренней” области над слоем скачка плотности: численность изменялась от 1.2 до 4 млн кл/л при колебаниях биомассы от 13·10^{-3} до 27·10^{-3} мг С/л. Относительный вклад младшей размерной фракции в численность сообщества составил 40–77 %. При этом в точках с максимальными концентрациями нановодорослей более 50 % всей численности

сообщества приходилось на долю клеток диаметром 2 мкм. Биомасса нанопланктона на 72–92 % была сформирована за счет старшей размерной фракции, в основном клеток диаметром 6 и 8 мкм.

Во “внешней” области численность нановодорослей над слоем скачка плотности изменялась от 10 до 50 тыс. кл/л, значения биомассы не превышали $0.15–0.3 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. При этом в непосредственной близости от островов архипелага доля младшей размерной фракции в совокупной численности сообщества составляла 80 %, а на наиболее мористой станции – только 30 %. Та же тенденция прослеживалась и в распределении биомассы: по мере продвижения к открытым участкам акватории на фоне снижения общих значений доля старшей размерной фракции возрастала с 55 до 95 % (рис. 5б,г).

Сообщество нановодорослей придонного горизонта отличалось относительно высокими количественными показателями: 30–150 тыс. кл/л при биомассе $0.4–1.4 \cdot 10^{-3}$ мг С/л для “внутренней” области, и 2–90 тыс. кл/л при биомассе $0.05–0.2 \cdot 10^{-3}$ мг С/л для “внешней”, причем в последнем случае эти значения вполне сопоставимы со значениями, зафиксированными на двух верхних горизонтах.

Таким образом, в 2006 г. на всей исследованной акватории нанофитопланктон по своей структурной организации представляет собой единое сообщество, однако его количественные характеристики во “внутренней” (прибрежной) и “внешней” (открытой) областях существенно различаются. В открытой части численность нановодорослей измерялась десятками тысяч клеток в 1 л, биомасса не превышала $1.5 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. В прибрежье ЗФИ оба показателя возрастали как минимум на два порядка: численность до 4 млн кл/л, биомасса до $27 \cdot 10^{-3}$ мг С/л, т. е. достигали значений, характерных для летнего периода в прибрежной зоне Центрального Мурмана (4 млн кл/л и $70 \cdot 10^{-3}$ мг С/л соответственно). Интересно отметить, что при равных показателях численности биомасса нанопланктона в районе Кольского полуострова примерно в 2.5 раза выше таковой в районе ЗФИ, где из состава нановодорослей практически полностью выпадает старший размерный класс (10–20 мкм), что, возможно, является отражением общей тенденции к “измельчению” нанопланктонного сообщества в условиях высокой Арктики по сравнению с субарктическими широтами.

В 2007 году, в отличие от предыдущего года, анализ проводился по всем размерным фракциям (2–5, 6–10, 11–20 мкм).

На “внутренней” акватории арх. ЗФИ в поверхностном слое диапазон колебаний численности нанопланктона составил от 25 тыс. до 3.7 млн кл/л при биомассе $0.35–26 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. Численность нановодорослей в большинстве случаев на 60–90 % была сформирована размерной группой 2–5 мкм. При этом размерная структура сообщества на различных участках акватории была весьма неоднородна и, как следствие, значительно варьировала относительная биомасса отдельных размерных фракций. В бухте Тихая непосредственно у кромки ледника численность нановодорослей составила 200–450 тыс. кл/л, биомасса – $2–7 \cdot 10^{-3}$ мг С/л.

Над слоем скачка плотности как количественные, так и качественные показатели развития нановодорослей были сходны с таковыми в поверхностном слое. В придонном слое численность нанопланктона изменялась от 0 до 480 тыс. кл/л, биомасса – от 0 до $7.5 \cdot 10^{-3}$ мг С/л, причем эти показатели были непосредственно связаны с глубиной: максимальные значения были отмечены на мелководных участках акватории. Мозаичность распределения нанопланктона на "внутренней" акватории арх. ЗФИ является, по-видимому, отражением так называемого "островного эффекта", который заключается в неравномерном концентрировании биоты у побережий островов в зависимости от направления течений и господствующих ветров.

На "внешней" части акватории, в районе желоба Франц-Виктория, в поверхностном слое численность нановодорослей колебалась от 6 до 170 тыс. кл/л при биомассе $0.1–4 \cdot 10^{-3}$ мг С/л, причем минимальные значения были приурочены к северо-западной части разреза. Размерная структура сообщества была достаточно стабильной: основная роль в формировании численности принадлежала младшей размерной фракции (2–5 мкм), в формировании биомассы – средней размерной фракции (6–10 мкм). В зоне скачка плотности количественные характеристики нановодорослей изменялись в более узком диапазоне: численность – от 50 до 140 тыс. кл/л, биомасса – от 1.8 до $4 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. Размерная структура сообщества в общих чертах повторяла таковую поверхностного слоя. Наиболее интересные результаты были получены при исследовании придонного слоя, где численность нанофитопланктона колебалась от 20 до 108 тыс. кл/л, причем максимальные значения были отмечены на самой глубокой (570 м) станции разреза. В то же время биомасса оставалась достаточно низкой и не превышала $0.7 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. Лидирующее положение в сообществе занимала младшая размерная фракция, на долю которой приходилось от 70 до 95 % численности и от 65 до 75 % биомассы.

Смена доминирования происходит только в восточной части разреза у о. Земля Александры, где биомасса сообщества формируется в основном за счет двух старших размерных фракций. Описанная картина вертикального распределения нанопланктона отражает, по-видимому, особенности глобальной циркуляции водных масс в данном районе и может рассматриваться как косвенное свидетельство заглубления поверхностного слоя.

Таким образом, в результате исследований, проведенных в районе арх. ЗФИ в 2006–2007 гг., было выявлено, что изученный район четко разграничивается на две области – внутреннюю (непосредственно между островами) и внешнюю (участок открытого Баренцевоморского шельфа к югу от архипелага), которые различаются между собой по показателям количественного развития нанопланктона более чем на два порядка.

Как было отмечено ранее, одним из существенных факторов, определяющих развитие нанопланктонного сообщества, служит степень гидродинамической активности водных масс. Наиболее благоприятными для

нановодорослей являются условия низкой турбулентной активности водного столба (Дружкова, 1999). Будет логичным предположить, что летом 2006–2007 гг., когда достаточно теплые погодные условия вызвали отступление к северу ледовой кромки и интенсивное таяние ледников, это способствовало стабилизации водной толщи и привело, в свою очередь, к созданию благоприятных гидродинамических условий для интенсивного развития мелких жгутиковых на внутренней акватории архипелага.

Микрофитопланктон. По результатам исследований 2006 г. на акватории арх. ЗФИ в поверхностном слое вод совокупная численность сообщества микроводорослей изменялась в пределах от 155 тыс. кл/л (самая северная точка в Британском канале, где 97 % численности пелагического фитоцена было сформировано представителями р. *Dinobryon*) до 12 тыс. кл/л (мелководная станция в бухте Тихая, где доля рода *Dinobryon* не превышала 50 %). Необходимо отметить, что относительная численность дино-бриона на всех исследованных станциях стабильно составляла 80–97 %. Только на акватории бухты Тихая золотистые и диатомовые водоросли были представлены примерно в равных соотношениях и в составе последних доминировали *Chaetoceros decipiens* и *Thalassiosira baltica.*

В терминах совокупной биомассы микрофитопланктона как максимальные ($10 \cdot 10^{-3}$ мг С/л), так и минимальные ($1.75 \cdot 10^{-3}$ мг С/л) значения были отмечены на участках акватории к югу от архипелага. Непосредственно в проливах между островами биомасса микроводорослей изменялась незначительно – от 3 до $8 \cdot 10^{-3}$ мг С/л, однако вместе с тем на акватории достаточно четко выделяются участки, различающиеся по структурной организации фитоцена. В прибрежных водах у островов Хейса и Нортбрук относительная биомасса диатомовых превышала 70 %, в сообществе доминировали *Chaetoceros decipiens, C. borealis*, представители рода *Thalassiosira*. На северных станциях Британского канала вклад диатомовых снижается при сохранении доминирования внутри группы и, на этом фоне, возрастает доля динофлагеллят (до 50 %), в составе которых лидируют представители рода *Protoperidinium*. На участках акватории с минимальными биомассами динофлагеллятами было сформировано уже более 70 % совокупной биомассы микроводорослей при устойчивом доминировании мелких невооруженных форм.

В слое скачка плотности, несмотря на то, что показатели количественного развития микрофитопланктона несколько выше таковых поверхностного горизонта (25–166 тыс. кл/л при биомассе $2.4–19.5 \cdot 10^{-3}$ мг С/л), основные черты структурной организации сообщества сохраняются. Так, численность микроводорослей практически на всей акватории сформирована за счет рода *Dinobryon* (64–95 %), биомасса – за счет диатомовых родов *Chaetoceros* (*C. decipiens, C. borealis*) и *Eucampia*. Минимальные биомассы приурочены к тем участкам, где диатомовые исчезают из пелагиали, и на этом фоне лидирующее положение переходит к динофлагеллятам рода *Protoperidinium*.

Таким образом, в 2006 г. (24–25 августа) на акватории арх. ЗФИ доминировали диатомовые рода *Chaetoceros*, subsp. *Chaetoceros* (*C. borealis, C. concavicornis, C. convolutus*), subsp. *Hyalochaete* (*C. decipiens*), перидинеи *Protoperidinium islandicum и P. pellucidum*; общая биомасса составила в среднем около $5 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. Весенние виды были представлены как вегетирующими (суммарной численностью порядка 10^2 кл/л), так и споронесущими клетками (в основном *C. furcillatus* численностью порядка 10^2–10^3 кл/л).

Кроме вышеупомянутых, в составе альгоценоза от поверхности до 40 м регулярно отмечались виды, указанные в табл. 3.

Таблица 3

Характерные виды микроводорослей в планктоне вод ЗФИ в 2006 г.

Вид	Встречаемость, %
Bacillariophyta	
Nitzschia longissima/*Lennoxia faveolata* aff.	94
Asterionella formosa	69
Attheya longicornis	63
Dinophyta	
Prorocentrum sp. *minimum* aff.	94
Protoperidinium pellucidum	94
Protoperidinium brevipes	88
Protoperidinium bipes	63
Ceratium arcticum+*C. longipes*	63

Съемки, проведенные в районе арх. ЗФИ в 2007 и 2008 гг., практически повторяют съемку 2006 г. и по календарным срокам, и по выполненной сетке станций (рисунки 1–3), что делает осмысленным сравнение полученных результатов и позволяет (в определенных пределах) оценить масштаб межгодовой изменчивости в развитии пелагического фитоцена.

В 2008 году в поверхностном горизонте исследованной акватории численность микрофитопланктона характеризовалась широким диапазоном значений от 1.5 до 800 тыс. кл/л, причем практически на всех исследованных станциях она была сформирована золотистыми водорослями рода *Dinobrion,* доля которых составила 70–99 %. Исключением стали только прибрежные воды у островов Хейса и Галля, где были отмечены минимальные показатели количественного развития пелагического альгоценоза (1.5 и 8 тыс. кл/л) и, как следствие, не было выражено преобладание отдельных групп первичных продуцентов.

В отличие от численности, в рамках незначительного диапазона колебаний значений совокупной биомассы (1–$7.6 \cdot 10^{-3}$ мг С/л) структурная организация сообщества была весьма неоднородна. Максимальные значения (с высокой долей динофлагеллят родов *Protoperidinium, Gymnodinium*) были отмечены в Британском канале. Средние значения биомассы зарегистрированы на самых южных участках акватории ЗФИ. В этом случае лидирующее положение в сообществе занимали центрические диатомовые, в частности *Chaetoceros decipiens*. В точках с минимальными биомассами

(самая северная точка Британского канала и бухта Тихая) доминирование не выражено. Над слоем скачка плотности вышеописанная картина полностью повторяется.

Таким образом, в 2008 г. (28–29 августа) фитопланктон по составу доминантов был сходен с 2006 г., доминировали *Chaetoceros decipiens, Protoperidinium islandicum* и *Protoperidinium pellucidum*, уровень общего обилия микроводорослей был несколько ниже, чем в 2006 г., в среднем примерно $4 \cdot 10^{-3}$ мг С/л. Весенние виды также были представлены вегетирующими и споронесущими клетками, численностью примерно вдвое меньшей, чем в 2006 г. Кроме упомянутых в составе альгоценоза в слое 0–32 м регулярно отмечались виды, представленные в табл. 4.

Таблица 4

Характерные виды микроводорослей в планктоне вод ЗФИ в 2008 г.

Вид	Встречаемость, %
Bacillariophyta	
Nitzschia longissima/*Lennoxia faveolata* aff.	75
Diatoma elongatum	67
Dinophyta	
Prorocentrum sp. *minimum* aff.	92
Protoperidinium pellucidum	92
Protoperidinium brevipes	83
Ceratium arcticum+C. longipes	67
Dinophysis arctica	67

В 2007 году (28–30 августа) в проливах архипелага был массово развит комплекс поздневесенних видов, по биомассе доминировали диатомовые *Thalassiosira gravida, T. nordenskioeldii*, неидентифицированные *Thalassiosira*, за счет развития этих видов общая биомасса микроводорослей составила несколько граммов в 1 м^3. В значительном количестве присутствовали микроводоросли ранневесенней (*Chaetoceros furcillatus, Fragilariopsis oceanica*) и летней (*Chaetoceros borealis, C. decipiens*) фаз сукцессионного цикла. Кроме упомянутых видов в составе альгоценоза регулярно отмечались виды, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Характерные виды микроводорослей в планктоне вод ЗФИ в 2007 г.

Вид	Встречаемость, %
Bacillariophyta	
Synedropsis hyperborea	86
Attheya longicornis	71
Nitzschia longissima/*Lennoxia faveolata* aff.	71
Rhizosolenia hebetata f. *semispina*	71
Dinophyta	
Prorocentrum sp. *minimum* aff.	100
Protoperidinium brevipes	100
Micracanthodinium claytonii+M. setiferum	71
Protoperidinium pellucidum	71

Таким образом, в результате наблюдений в 2006–2008 гг. были выявлены значительные межгодовые вариации в составе альгоценоза в районе арх. ЗФИ.

Необходимо отметить, что в ходе 3-летних наблюдений наиболее масштабные исследования прилегающего шельфа были предприняты в 2007 г., когда был выполнен разрез через желоб Франц-Виктория.

Наиболее интересным при рассмотрении полученных данных представляется тот факт, что разброс значений абсолютной численности микрофитопланктона, во-первых, исключительно велик и достигает трех порядков (от 4.5 тыс. до 1 млн 250 тыс. кл/л) и, во-вторых, показатели количественного развития микроводорослей не связаны с глубиной. Так, численности одного порядка были зарегистрированы как на максимальных глубинах (более 400 м), так и в верхнем 10-метровом слое наиболее мористых станций разреза (31, 33, 34). При анализе структурной организации сообщества четко выделяются три области. В фотическом слое доминирование голых динофлагеллят и мелких жгутиковых неопределенного систематического положения приурочено к участкам акватории с положительной температурой воды – это верхний 10-метровый слой центральной части разреза (станции 33, 34). На остальной части исследованной акватории, где температура воды отрицательна, сообщество на 50–97 % сформировано золотистыми водорослями рода *Dinobryon*, причем минимальные численности как сообщества в целом, так и доли динобриона в нем отмечены в самой мористой точке разреза. В то же время максимальные значения (более 1 млн кл/л с долей динобриона около 97 %) зарегистрированы на глубине 35 м на ст. 35, т. е. в слое термоклина в точке с минимальной температурой. Таким образом, в целом по разрезу прослеживается тенденция к возрастанию роли динобриона в совокупной численности сообщества микрофитопланктона по направлению к островам архипелага, где его доля достигает 96–97 %.

Под фотическим слоем на всей исследованной акватории основным компонентом сообщества (до 93 % по численности) являются диатомовые водоросли, в частности, споры рода *Chaetoceros*.

Диапазон колебаний биомассы не менее значителен, чем для численности, – $0.4–20 \cdot 10^{-3}$ мг С/л, причем распределение биомассы по разрезу носит мозаичный характер. В качественном отношении доминирование мелких динофлагеллят, в основном гимнодиниид, приурочено к верхнему 10-метровому слою мористой части разреза. У острова Земля Александры в формировании совокупной биомассы велико долевое участие центрических диатомовых (*Chaetoceros decipiens, C. borealis*). На глубине 35 м на ст. 35 ядро биомассы образовано другим видом центрических диатомовых – *Eucampia groenlandica*. На остальной акватории разреза биомасса распределена достаточно равномерно и преобладание отдельных групп микроводорослей выражено незначительно.

Таким образом, по всем трем годам отмечалось развитие *Dinobryon balticum* и *Eucampia groenlandica*. Эти два вида, особенно первый, в зна-

чительной степени определяют физиономический облик фитопланктонного ценоза, хотя и не достигают высоких уровней биомассы из-за малых размеров клетки. Для *D. balticum* характерна сильно выраженная мозаичность распределения, когда на сравнительно ограниченной акватории численность меняется в диапазоне $10–10^6$ кл/л. Во все три года у этого вида наблюдались локальные максимумы обилия величиной порядка $10^5–10^6$ кл/л, что соответствует биомассе $0.4–4\cdot10^{-3}$ мг С/л.

Необходимо отметить, что в чистом виде в водах архипелага ни один из описанных комплексов, как правило, не встречается, т. е. на фоне одной группы доминантов всегда отмечаются в той или иной степени доминанты других комплексов. Однако ранее (Олейник, 2011) было показано, что на акватории открытого моря каждый из выделенных комплексов представлен вполне отчетливо и имеет приуроченность к совершенно определенным структурным элементам водной толщи. Чтобы проверить отсутствие в пробах из вод арх. ЗФИ согласованности в появлении разных видов или иных учетных групп микроводорослей, проведен анализ ранговой корреляции τ Кендалла. Интерпретация значений τ следующая: два анализируемых ряда имеют (в долях) совпадений – $(1+\tau):2$, несовпадений – $(1–\tau):2$. Выбрано минимальное значение уровня $\tau \approx 0.5$, что соответствует соотношению "совпадения:несовпадения" как 3:1.

В результате анализа парных корреляций между доминантными видами или группами видов выявлена статистическая связь между парами:

Protoperidinium islandicum–P. pellucidum, $\tau \approx 0.48$, $\alpha \approx 0.00008$;

Chaetoceros decipiens–Chaetoceros subsp. *Chaetoceros* (*C. borealis*+ +*C. concavicornis*+*C. convolutus*), $\tau \approx 0.53$, $\alpha \approx 0.00001$;

Dinobryon balticum–Eucampia groenlandica, $\tau \approx 0.45$, $\alpha \approx 0.0006$;

Thalassiosira sp. (суммарно)–ранневесенние виды (суммарно), $\tau \approx 0.45$, $\alpha \approx 0.0006$.

Корреляции между видами или группами видов разных комплексов отсутствовали ($\tau \approx 0$) или были слабо отрицательными.

Три из четырех комплексов могут быть интерпретированы как сезонные, т. е. соответствующие фазам сезонной сукцессии, однако более или менее полный видовой состав каждого сукцессионного комплекса (т. е. доминирующие и эксплерентные виды) в настоящее время выявить затруднительно. В развитии *Dinobryon balticum* сезонность не прослеживается, что, возможно, свидетельствует о его ценофобности (невключенности в сукцессионную систему данной акватории).

Таким образом, во внутренних водах арх. ЗФИ и ближайшем прибрежье в позднелетний календарный период обилие фитопланктона определяется развитием ограниченного круга видов-доминантов, которые представляют собой элементы определенных сезонных или экологических комплексов микроводорослей (табл. 6) и, в отличие от акватории открытого моря, не разделены во времени.

Результаты анализа архивных данных, в частности полученных в 1993–1998 гг. в различные гидрологические сезоны, позволили четко выделить области с аномально высокими количественными показателями

биоценоза микроводорослей, локализованные во внутренних водах ЗФИ и ближайшем прибрежье. Среднемноголетняя биомасса этих организмов в июле–сентябре составляла здесь примерно 0.1 мг С/л, тогда как в открытой части близлежащей акватории – менее $0.5 \cdot 10^{-3}$ мг С/л.

Таблица 6

Комплексы микроводорослей в планктоне вод ЗФИ

Комплекс	Фаза сукцессионного цикла	Характерный уровень биомассы, мг С/л
Thalassiosira	Вторая весенняя	$0.5–1 \cdot 10^{-1}$
Chaetoceros	Первая летняя	$0.5–1 \cdot 10^{-2}$
Protoperidinium	Вторая летняя	$0.1–0.2 \cdot 10^{-2}$

Анализ качественного состава пелагической альгофлоры на различных участках исследованной акватории выявил следующее: в проливах между островами и внешних (непосредственно омывающих их) водах в фитоценозе преобладали диатомовые водоросли (отдел Bacillariophyta), значительно превосходя по биомассе все остальные группы. На некотором расстоянии от архипелага постепенно повышалась доля динофлагеллят (отдел Dinophyta), которые в отдельных точках занимали лидирующее положение.

Таким образом, сообщество микропланктона высокоширотных вод, омывающих острова ЗФИ, не только демонстрирует сходство количественных показателей с таковыми южных высокопродуктивных прибрежных зон Баренцева моря, но и характеризует всю биоту данного района как типичную прибрежную арктическую экосистему.

Одна из важных характеристик водных масс – соотношение двух рассмотренных экологических групп первичных продуцентов – нано- и микрофитопланктона. По литературным данным, воды открытого океана характеризуются низкими биомассами фитопланктона с устойчивым доминированием нанопланктонной фракции по численности; 70 % клеток фитопланктона в открытом море представлены фракцией диаметром 2–3 мкм и 100 % – фракцией диаметром менее 8 мкм (Phototrophic …, 1985). Распределение клеток нанопланктона подчиняется тем же закономерностям: с удалением от берега клетки мельчают. По мере продвижения от океанических вод к прибрежным относительная доля нанопланктона снижается (Mommaerts, 1973; Davis, Sieburth, 1982; Odebrecht, Dijurfeldt, 1996) на фоне увеличения абсолютных характеристик (численности и биомассы) всех таксономических групп планктонного сообщества (включая нанопланктон) (Semina et al., 1976; Composition …, 1996). Общее значение микропланктона резко возрастает не только в прибрежной зоне, но и в других районах с интенсивным перемешиванием водной толщи и(или) стабильным притоком биогенов – во фронтальных зонах, зонах апвеллингов, на мелководных шельфовых банках и в эстуариях крупных рек (McCarthy et al., 1974; Revelante, Gilmartin, 1976a,b; Hesse et al., 1989). Кроме того, считается, что мелкие подвижные формы характерны для стратифицированных, олиготрофных вод, более крупные клетки домини-

руют в эвтрофных, перемешанных водах. Однако в тех случаях, когда глубина перемешанного слоя намного превышает глубину эвфотического слоя, начинает сказываться недостаток света и доминирование сдвигается в сторону мелких форм. Вспышки цветения микрофитопланктона и в пространственном и во временном аспекте всегда приурочены к переходному периоду между перемешанным и стратифицированным состоянием водного столба (Kiørboe, 1993). Следовательно, доминирование жгутиковых, составляющих основу нанофитопланктонного сообщества, приходится на периоды стратификации и соответственно достаточной стабилизации поверхностного слоя (Parsons et al., 1978; Kiørboe, 1993).

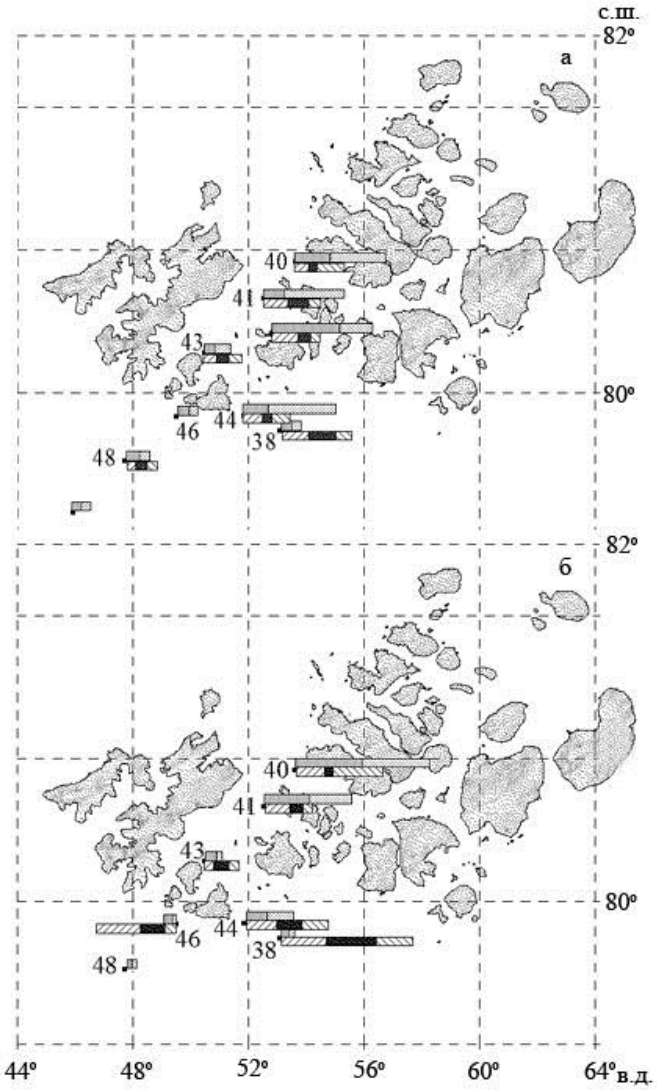


Рис. 6. Соотношение биомассы нано- (верхний композит: ⁘ – размерная группа 2–5 мкм, ∴ – 6–10 мкм,) и микрофитопланктона (нижний композит: ▨ – диатомовые, ▧ – золотистые, ■ – динофлагелляты) на акватории ЗФИ в поверхностном горизонте (а) и над слоем скачка плотности (б). Длина сегментов пропорциональна биомассам указанных групп планктонных водорослей

При анализе материала, полученного нами в районе ЗФИ в 2006–2007 гг., именно на “внутреннем” участке акватории с интенсивным перемешиванием водной толщи, где присутствует весь набор факторов, обеспечивающих доминирование микрофитопланктона (зоны локальных апвеллингов, фронтальные зоны различного генезиса и т. д.), выделяется обширная область, где не только численность, но и биомасса нанопланктона значительно превышает таковую микроводорослей (рис. 6). На “внешнем” участке акватории на всех исследованных станциях наблюдалась картина обратная – преобладание по биомассе размерной группы водорослей от 20 до 200 мкм (рис. 7). Выявление причин этого явления – тема для дальнейших, более подробных исследований.

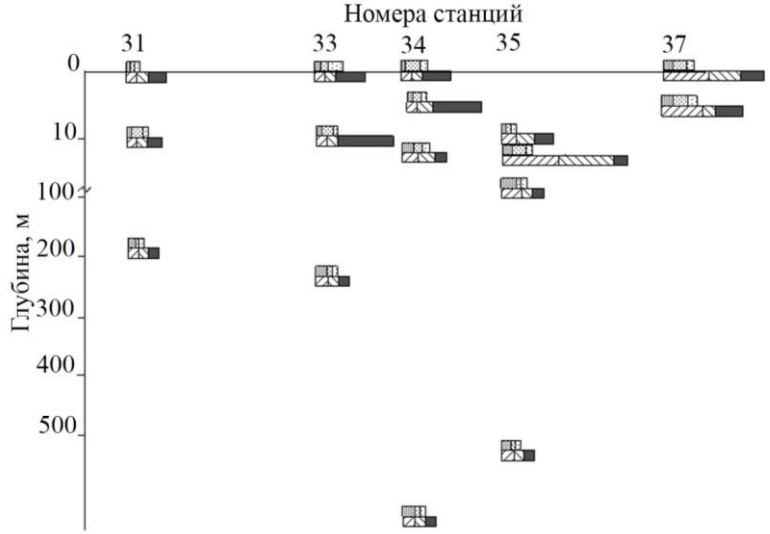


Рис. 7. Соотношение биомассы нано- и микрофитопланктона на разрезе через желоб Франц-Виктория. Условные обозначения см. рис. 6

Одновременное существование высоко- и низкопродуктивных районов в арктических широтах может являться исключительно следствием разной скорости сукцессионного развития в них пелагических альгоценозов, что, в свою очередь, обусловливается совокупностью биотических (соотношением различных размерных классов фитопланктона) и абиотических (локальными особенностями гидрологического и гидрохимического режима водной толщи) факторов. Так, узкая прибрежная область и внутренняя акватория архипелага характеризуются активными гидродинамическими процессами и взаимодействием фронтальных зон различного генезиса, приводящими к интенсификации обмена вод и обогащению их биогенными элементами. Последний фактор и обеспечивает пролонгирование периода вегетации микроводорослей и быстрое нарастание их биомассы. При этом в более поздние сезоны максимум ее концентрации обнаруживался не в поверхностном слое, где он находился весной, а глубже, в слое над скачком плотности, в котором к этому времени сосредоточены

наибольшие концентрации биогенов. Этой же причиной можно объяснить высокую мозаичность распределения нанофитопланктона: неоднородность гидролого-гидрохимических параметров сильнее всего отражается на организмах наименьшей размерной группы, с самым коротким жизненным циклом.

Мезозоопланктон. В 2008 году на исследованной акватории было отмечено 35 таксономических единиц, относящихся к голо- и меропланктону:

Aeginopsis laurentii	*Gaidius tenuispinus*[*]	*Clione limacina*
Aglantha digitale	*Heterorhabdus norvegicus*[*]	*Oikopleura* sp.
Eyphysa flammea	*Oithona similis*	*Fritillaria borealis*
Calanus finmarchicus	*Oithona atlantica*	Polychaeta (larvae)
Calanus glacialis	*Microsetella norvegica*	Echinodermata ((larvae)
Calanus hyperboreus	*Oncaea borealis*	Bivalvia (larvae)
Pseudocalanus sp.	*Cyclopina gracilis*[*]	Bryozoa (larvae)
Metridia longa	Harpacticoida spp.	Cirripedia (larvae)
Metridia lucens	*Harpacticus uniremis*[*]	Gastropoda (larvae)
Microcalanus sp.	*Tisbe furcata*[*]	Calanoida (nauplii)
Chiridius obtusifrons	*Conhoecia elegans*	Cyclopoida (nauplii)
Pareuchaeta glacialis	*Sagitta elegans*	Euphausiacea (nauplii)
Aetideopsis rostrata	*Beroe cucumis*	Isopoda spp.
Scolecithricella minor[*]	*Demophes arctica*	Amphipoda spp.
Xanthocalanus hirtipes[*]	*Limacina helicina*	

[*]По: Dvoretsky, Dvoretsky, 2011.

Фауна пелагиали была представлена типичными для подобных широт видами и соответствовала ранее проведенным наблюдениям.

Вклад различных таксономических групп в общую численность сообщества был достаточно однороден на всей акватории, за исключением ст. 51. На всех станциях доминировали представители веслоногих ракообразных, чья доля составляла от 88 до 95 %. Количество науплиев колебалось в пределах 31–58 % и лишь на ст. 51 составляло 12 % общей численности. На этой же станции была отмечена и максимальная доля организмов, находящихся на копеподитных стадиях развития, – 82 %, в то время как на остальных станциях – 34–64 %. Второй по значимости группой являлись личиночные формы донных беспозвоночных (меропланктон). Во внутренней части акватории архипелага (станции 43–47) их вклад в общую численность составлял 7–11 %, в то время как во внешней части (станции 42, 48, 51) – лишь 1–2 %. Оставшиеся виды вносили в суммарный показатель обилия сообщества 1 % на станциях 43–47 и 3–5 % на станциях 42, 48, 51.

Общая численность зоопланктона варьировала в зависимости от места отбора проб и колебалась в пределах от $239–1531 \cdot 10^3$ экз/м^2, в среднем составляя $728 \cdot 10^3$ экз/м^2. Условно исследованную область можно разделить на два участка: с численностью более $500 \cdot 10^3$ экз/м^2 (станции 43, 44,

45, 46, 47, расположенные на внутренней акватории архипелага) и с численностью менее $500 \cdot 10^3$ экз/м^2 (станции 42, 48, 51, расположенные за его пределами) (рис. 8).

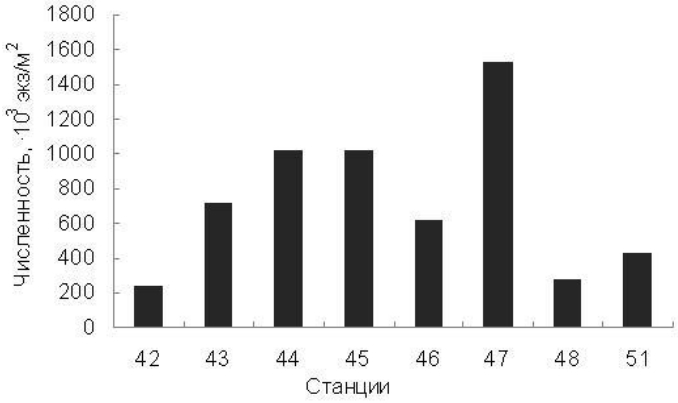


Рис. 8. Общая численность зоопланктона на станциях

С целью исключения ошибки при отборе и обработке проб, так как даже на первый взгляд численность зоопланктона на станциях 43–47 кажется аномально большой, для сравнения с сетными ловами нами было подсчитано количество науплиев копепод в батометрических пробах (рис. 9). Несмотря на несовпадение количественных показателей, что и естественно при такой огромной разнице исследуемых объемов воды (батометр – литры, планктонная сеть – кубические метры), общая картина распределения численности науплиев на исследованной акватории была в значительной степени схожей. На станциях 43–47 количество науплиев превышало таковое на других станциях.

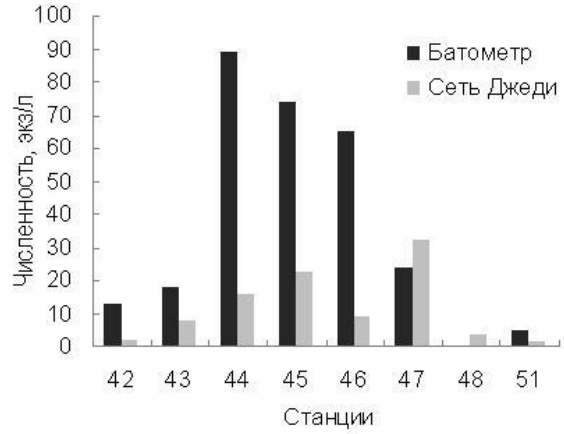


Рис. 9. Количество науплиев в сетных и батометрических пробах

Численность зоопланктона на различных участках акватории Арктического океана оценивается сотнями-тысячами экземпляров в 1 м^3 в зависимости от сезона и локальных особенностей водной среды. Так, в бас-

сейне Арктического океана среднее обилие зоопланктона составляет порядка 400 экз/м^3 (Auel, Hagen, 2002), иногда достигая 5000 экз/м^3 (Кособокова, 2012). Для Баренцева и Норвежского морей характерны более высокие значения – примерно 1000–3000 экз/м^3, в отдельные годы достигают 10000–12500 экз/м^3 (Østvedt, 1955; Дегтярева, 1979; Spatial …, 1999; Тимофеев 2000). Сопоставимые максимальные показатели также отмечались в водах Западно-Шпицбергенского течения – более 13000 экз/м^3 (Characteristic …, 2004), в шельфовой зоне севернее арх. Шпицберген – 12300 экз/м^3 (Daase, Eiane, 2007*)* и в Конгсфьорде – более 10000 экз/м^3 (Characteristic …, 2004). В среднем для фьордов Шпицбергена и прилегающих вод характерны показатели численности зоопланктона в пределах 2000–5000 экз/м^3 (Summer …, 1991; Zooplankton …, 2003; Characteristic …, 2004; Arnkværn et al., 2005; Daase, Eiane, 2007). Непосредственно для акватории арх. ЗФИ и прилегающих вод в литературных источниках отмечаются значения общей численности зоопланктона от 600 до 5800 экз/м^3 (Шувалов, Павштикс, 1977; Koszteyn, Kwasniewski, 1992; Тимофеев, Широколобова, 1994; Dvoretsky, 2011).

Согласно нашим данным, в августе 2008 г. на внутренней акватории ЗФИ обилие зоопланктона достигало 47700 экз/м^3 в поверхностном 25-метровом слое, где было сосредоточено более 80 % сообщества, в среднем составляя 34360 экз./м^3, что на порядок больше описанных выше значений. Причем прилегающая акватория (станции 42, 48, 51) вполне вписывалась в общие рамки. Сколько-нибудь сравнимое значение численности отмечалось ранее в устье р. Яна (море Лаптевых) – 38000 экз/м^3 (Lischka et al., 2001). Однако оно было обусловлено бурным развитием *Drepanotus bungei* в эстуарном районе со специфическими гидрологическими условиями, отличными от наблюдаемых на акватории ЗФИ, что делает бесполезными попытки сравнительного анализа материала.

Достаточно четкое разделение исследованной акватории на внутреннюю (станции 43–47) и внешнюю части (станции 42, 48, 51) прослеживается не только в общих количественных показателях сообщества зоопланктона (рис. 8), но и в его структуре, а также в характеристиках популяций наиболее многочисленных видов (рисунки 10, 11). Так, например, меропланктон, составляющий 7–11 % общей численности на внутренней акватории, практически полностью отсутствует (1–2 %) на внешней. По науплиям копепод наблюдается несколько иная картина. Доля науплиев во внутренней акватории не отличалась от таковой на станциях 42, 48, но была в среднем в 3 раза выше, чем на ст. 51. Вероятно, станции 42 и 48 являются своего рода переходными между станциями 43–47 (внутренняя акватория ЗФИ) и 51 (условно назовем ее “баренцевоморская”), причем ст. 48 испытывает больше влияния со стороны внутренней акватории ЗФИ, в то время как ст. 42 – со стороны Баренцева моря. Данное предположение хорошо подтверждается возрастной структурой популяций *C. glacialis* и *Pseudocalanus* sp. Преобладание I копеподитной стадии

в популяции *C. glacialis* на станциях 43–47 и 48 сменяется доминированием II на ст. 42 и III–IV на ст. 51. Аналогичная картина характерна и для *Pseudocalanus* sp. (рис. 12) с небольшой поправкой на разницу в жизненных циклах этих двух видов. Поскольку мероланктон, науплии и младшие копеподитные стадии развития копепод обитают преимущественно в поверхностном слое, достаточно четко прослеживается неоднородность в вертикальном распределении сообщества зоопланктона на исследованной акватории. Так, доля организмов, обитающих в поверхностном 25-метровом слое, постепенно снижается в ряду станции 43–47→ст. 48→ст. 42→ст. 51, а количество животных в нижележащих слоях возрастает (рис. 13).

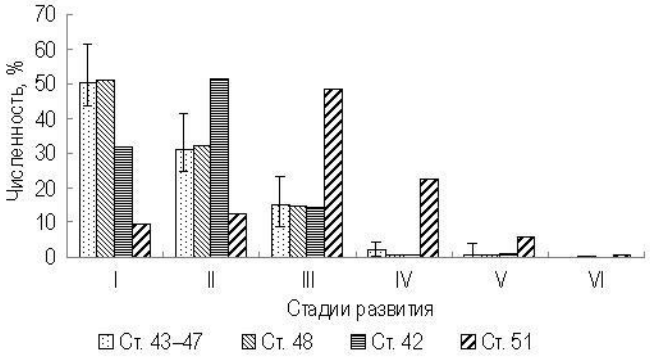


Рис. 10. Возрастная структура популяции *C. glacialis*

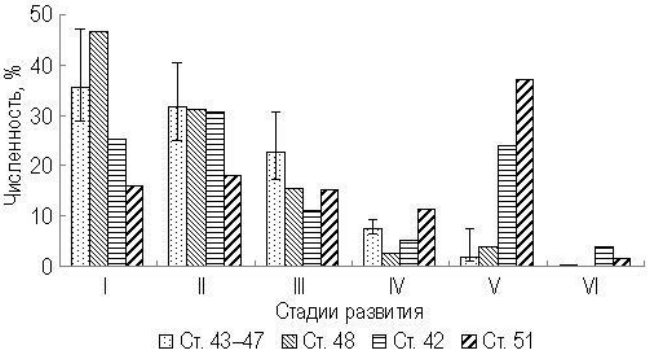


Рис. 11. Возрастная структура популяции *Pseudocalanus* sp.

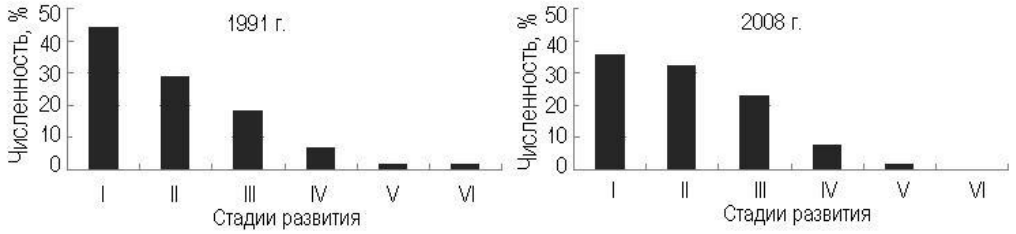


Рис. 12. Возрастная структура популяции *Pseudocalanus* sp. в 1991 и 2008 гг. во внутренней акватории ЗФИ

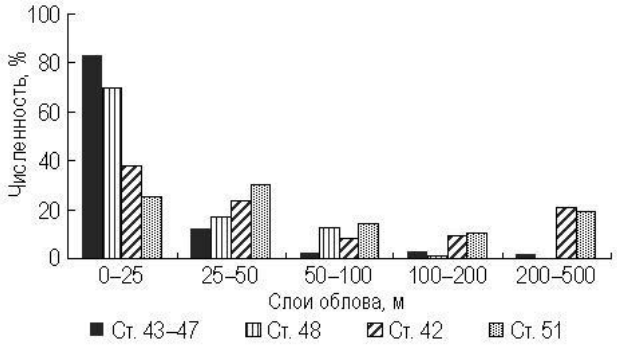


Рис. 13. Вертикальная структура распределения численности зоопланктона

Типично весеннее состояние зоопланктона на внутренней акватории ЗФИ может частично объяснять высокую численность пелагических животных, сформированную в основном науплиями, мероланктонными формами и младшими копеподитными стадиями массовых копепод. В свете изложенных выше данных по развитию нано- и микрофракций фитопланктона интересно отметить, что, по литературным данным, большинство копепод в периоды минимума обилия микропланктона способны выживать на нанопланктонной диете (Joint, Williams, 1985; Joint et al., 1986). По результатам экспериментов, проведенных в мезокосмах, нанопланктон способен удовлетворять до 60 % потребности в пище не только мезо-, но и макропланктона (Yitto, Hallford, 1997).

Вышеперечисленные различия свидетельствуют о достаточно четкой пространственной дифференциации зоопланктонного сообщества, что, в свою очередь, говорит об ограниченности водообмена между внутренней и внешней акваториями ЗФИ и несущественном влиянии приноса организмов из северо-восточной части Баренцева моря. Это также подтверждается и нанофитопланктонными данными, полученными в 2006–2007 гг. и описанными выше.

Сравнение полученных результатов с ранее проведенными работами в бухте Тихая о. Гукера в 1991 г. (Koszteyn, Kwasniewski, 1992) и на сходной с исследованной нами акваторией в 2006–2007 гг. (Dvoretsky, 2011) позволило выявить помимо пространственной значительную межгодовую вариабельность структуры сообщества.

Наиболее ярко выраженными оказались изменения в возрастной структуре популяции *C. glacialis*. Так, в 2006 г. популяция *C. glacialis* находилась на значительно более поздней стадии развития в южной части акватории, о чем свидетельствует преобладание в популяции старших копеподитных стадий IV–V, в то время как на внутренней акватории доли младших и старших копеподитов были практически равны. В 2007 году наблюдалась сходная картина: отсутствие доминирования каких-либо возрастных стадий, популяция характеризовалась наличием особей всех возрастов в сходных пропорциях, с небольшим преобладанием I, II, и VI стадий. Структура популяции *C. glacialis* в 1991 г. была практически идентичной таковой в 2008 г.

К сожалению, определение копеподитной структуры в популяции *Pseudocalanus* sp. в работах В.Г. Дворецкого не проводилось (Dvoretsky, 2011), поэтому для сравнения доступны лишь данные по 1991 и 2008 гг. Как и в случае с *C. glacialis* возрастная структура *Pseudocalanus* sp. была практически идентичной (рис. 12).

Интересными, с точки зрения формирования и функционирования зоопланктонного сообщества ЗФИ, представляются также популяции менее многочисленных видов, являющиеся неотъемлемой частью сообщества арктических акваторий. *Metridia longa* и *Microcalanus* sp. встречаются практически во всех работах, посвященных морскому планктону, обитающему от Гренландии до Новосибирских островов.

Если количественные показатели и возрастной состав видов *C. glacialis* и *Pseudocalanus* sp. позволяют охарактеризовать пространственные взаимоотношения между различными участками исследованной акватории преимущественно в верхнем 50–100-метровом слое воды, то данные по *M. longa* и *Microcalanus* sp. дают возможность сделать то же самое для придонных слоев.

К сожалению, в 1991 г. зоопланктон отбирался исключительно в поверхностном 50-метровом слое, что не позволяет использовать это исследование для сравнения, ввиду того, что преимущественные глубины обитания как *M. longa*, так и *Microcalanus* sp. располагаются ниже.

Распределение численности *M. longa* и *Microcalanus* sp. в 2006–2008 гг. на акватории ЗФИ представлено на рисунках 14, 15.

В 2008 году популяция *M. longa* не распространялась далее южной оконечности архипелага (станции 42, 47) и в подавляющем своем большинстве находилась в слое 100–500 м. В 2006 году наблюдалась противоположная картина (рис. 14). *Metridia longa* была обильна во внутренней акватории и практически отсутствовала во внешней. Подобная пространственная гетерогенность в распределении популяции *M. longa* говорит в пользу ограниченности глубоководного водообмена между внутренней акваторией и прилегающей южной частью открытого моря. Вероятно, проникновение *M. longa* во внутреннюю акваторию ЗФИ происходит преимущественно с севера, вместе с трансформированными атлантическими водами, поступающими по желобам. В 2007 году наблюдалась картина, свидетельствующая в пользу такого предположения: *M. longa* была обильна как во внутренней акватории, так и на станциях 35, 37, расположенных в желобе Франц-Виктории, по которому также отмечается приток трансформированных атлантических водных масс на акваторию Баренцева моря. К сожалению, отсутствие прямых наблюдений в северной части архипелага, а также разрозненность данных в 2006–2008 гг. оставляют данный вопрос открытым.

Распределение *Microcalanus* sp. характеризовалось практически полным его отсутствием во внутренней акватории в течение всего периода исследований, при том что во внешней акватории он был достаточно обилен. В пределах полученной нами информации сделать какие-либо предполо-

жения не представляется возможным. Надеемся, что особенности пространственного распределения *Microcalanus* sp. станут в ближайшее время предметом отдельных исследований.

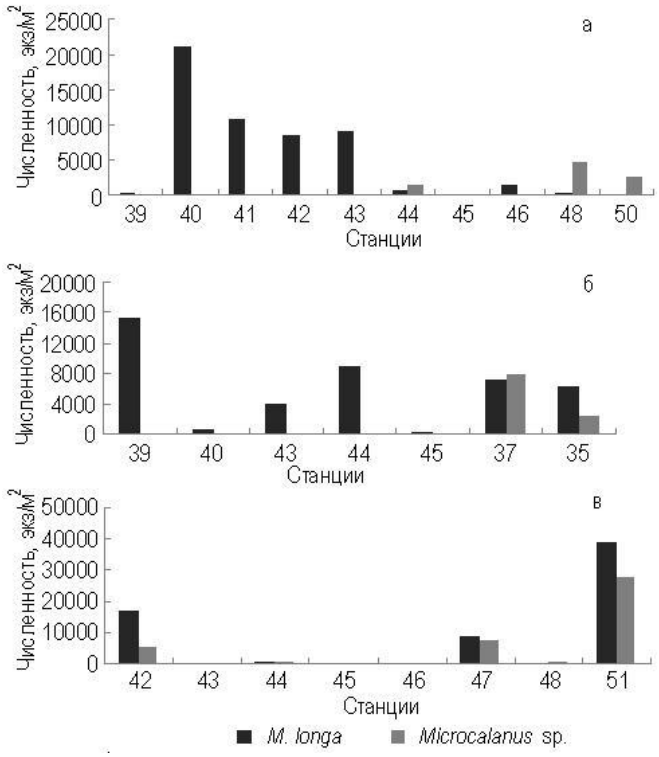


Рис. 14. Распределение численности *M. longa* и *Microcalanus* sp. на акватории ЗФИ в 2006(а), 2007 (б) и 2008 (в) гг.

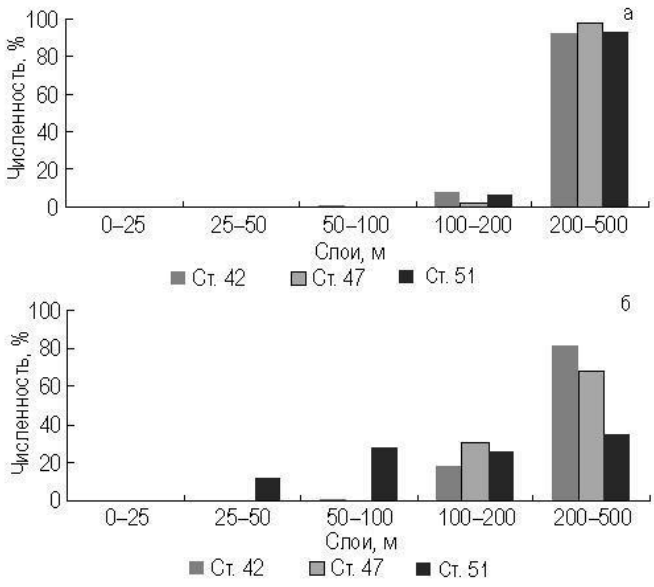


Рис. 15. Вертикальное распределение *M. longa* (а) и *Microcalanus* sp. (б) в 2008 г.

Бактериопланктон. Микробиологические исследования проводились на акватории арх. ЗФИ в августе 2009 г. Качественный состав бактериопланктона представлен клетками нескольких морфологических типов: кокки (самая многочисленная), палочки, эллипсоиды, нити, а также их агрегаты в микроколониях и на детрите. Главным компонентом бактериопланктона являлись одиночные, неприкрепленные клетки, с диаметром и длиной менее 2 мкм. Диапазон изменений их средних объемов составлял 0.02–0.05 мкм^3.

В составе данной размерной фракции ультрамикроорганизмы (объемом ≤ 0.04 мкм^3) формировали основу общей численности (в среднем 40–70 %) и биомассы (в среднем 20–60 %) всего микробного сообщества.

Дополняли основные показатели бактериопланктона высокоширотной акватории крупные палочковидные клетки (длиной ≥ 2 мкм). В их группе бактерии в среднем составляли 2–11 % от численности и 4–36 % от биомассы всех микроорганизмов, при средних объемах клеток 0.17–1.11 мкм^3.

Нитевидные бактерии, наиболее крупный морфологический тип одиночных клеток, присутствовали в водной толще в минимальных количествах, их размеры в пробах составляли 0.14–1.03 мкм^3. На всех станциях вклад нитей в общую численность и биомассу изменялся в пределах 1–9 и 2–21 % соответственно.

В пелагиали большинства водоемов бактериальные клетки, прикрепленные к детритным частицам и образующие микроколонии, составляют менее 5 % общей численности (Turley, Stutt, 2000). Агрегированный бактериопланктон в водах ЗФИ являлся постоянным компонентом сообщества, размеры его клеток варьировали от 0.14 до 0.47 мкм^3. Их доля в среднем по акватории достигала 30 % от общего числа бактерий и 49 % от их суммарной биомассы.

Локальное присутствие микроколоний в водах ЗФИ определяло их низкий вклад в основные количественные показатели микробного сообщества. Исключение представляет материал со ст. 56 (горизонт – 0 м), где бактерии составляли значительную долю от численности и биомассы всех клеток, однако общей тенденции в районе исследований это не отражало.

Бактериальное сообщество в период исследования характеризовалось невысокими биомассами. Сходные показатели были характерны для центральных (в среднем 20.4 мг С/м^3) и северных (от 4.3 до 30.9 мкг С/м^3) районов Баренцева моря в летний период (Distribution …, 2002; Bacterial …, 2008). Тенденции распределения биомассы микроорганизмов в основном совпадали с распределением их численности.

В конце летнего периода 2009 г. общая численность бактерий изменялась от сотен тысяч до миллионов клеток в 1 мл, биомасса – от единиц до десятков миллиграммов углерода в 1 м^3. При этом значения показателей убывали с глубиной. Если по водной толще мелководных станций бактерии распределялись относительно равномерно, то их обилие в поверхностных и придонных слоях глубоководных станций статистически значимо различались ($p < 0.05$).

В исследованиях, проводимых в прилежащих к арх. ЗФИ водах, выявлена особенность пространственного распределения бактерий. Поверхностные воды (0–5, 0–10 и 0–22 м станций мелководных участков и 0–45 м глубоководных участков) отчетливо подразделялись на устойчивые области пониженных и повышенных показателей бактериопланктона. Первые из них регистрировали у конуса выноса ледника (станции 59–60) и прилегающего к архипелагу шельфа (станции 56–57), вторые – во внутреннем бассейне архипелага на станциях 58 и 61–63. Низкие значения численности и биомассы бактериальных клеток у ледника и на шельфе были сопоставимы между собой, а их средние значения не имели существенных различий. Минимальные для акваторий количественные показатели микробных сообществ были зарегистрированы в придонных водах на глубинах свыше 200 м (станции 56, 62 и 63).

Выявленная во внутренних водах архипелага значительная численность микроорганизмов, вероятнее всего, определялась активной деятельностью планктонных альгосообществ в период исследования. Ранее для августа было показана наибольшая интенсивность процессов жизнедеятельности нано- и микрофитопланктона, приуроченная к этому району (Кузнецов, Шошина, 2003; Дружкова, 2009).

Таким образом, по результатам исследований установлено, что в конце летнего гидрологического сезона в пелагиали ЗФИ развитие бактериальных сообществ было значительным. Максимумы численности в основном приурочены к верхним участкам фотического слоя. Обилие бактериопланктона, определяемое активностью первичных продуцентов, было сопоставимо с выявленными для лета показателями как в открытых районах моря (возвышенность Персея, Медвежинское мелководье, Святоносский разрез), так и в прибрежных (губа Дальнезеленецкая, эстуарная зона Кольского залива) (Теплинская, 1990; Мишустина и др., 1997; Байтаз, 1998; Широколобова, 2009; Венгер, 2011, 2013).

Заключение. В ходе анализа пространственного распределения минеральных форм биогенных элементов проведено районирование пелагиали в районе арх. ЗФИ и установлено, что прибрежные и внутренние воды архипелага, с одной стороны, и пелагиаль открытого моря – с другой, значимо различаются своими гидрохимическими характеристиками по всему вертикальному профилю, что позволяет рассматривать выделенные районы как самостоятельные пелагические биотопы.

Действительно, по результатам исследований планктонной биоты в районе арх. ЗФИ в период открытой воды выявлена зона стабильно высокой продуктивности, приуроченная к внутренней акватории архипелага.

Одновременное существование высоко- и низкопродуктивных районов в высоких широтах – следствие разной скорости сукцессионного развития в них пелагических альгоценозов, которая, в свою очередь, обусловливается локальными особенностями гидрологического и гидрохимического режима водной толщи. Так, узкая прибрежная область и внут-

ренняя акватория архипелага характеризуются активными гидродинамическими процессами в условиях взаимодействия фронтальных зон различного генезиса. Это приводит к интенсификации обмена вод и обогащению их биогенными элементами, что обеспечивает пролонгирование периода вегетации планктонных водорослей и быстрое нарастание их биомассы. Эти процессы приобретают решающее значение для такой пластичной, реактивной группы, как нанопланктон, особенно если вспомнить точку зрения некоторых авторов на пелагиаль как на мозаику короткоживущих "бассейнов", в каждом из которых виды имеют различные ростовые характеристики. Другими словами, неоднородность гидрологогидрохимических параметров сильнее всего отражается на организмах наименьшей размерной группы, с самым коротким жизненным циклом.

Разница в показателях развития автотрофов проявляется и в сообществах более высоких трофических уровней: численность организмов мезозоопланктона во внутренней области акватории превышала таковую в прилегающих водах в 3–4 раза. Сообщество зоопланктона на этих участках находилось в разных сезонных состояниях, что, возможно, и явилось, как и для пелагических фитоценозов, основной причиной указанных различий. Во внутренних водах архипелага возрастная структура ключевых видов четко свидетельствовала о типично весенней стадии развития планктоценоза, поскольку была представлена большим количеством на-уплиальных форм веслоногих ракообразных и личинок донных беспозвоночных. Во внешней акватории состав сообщества был традиционным для летнего периода в Арктическом бассейне.

Все отмеченные выше закономерности справедливы и для бактериопланктона. Максимумы интегральных величин численности и биомассы микроорганизмов были четко приурочены к областям взаимодействия вод различного генезиса – арктических, атлантических, местных прибрежных и др. – и таким пограничным участкам, как зоны вблизи ледовой кромки или места пресного стока покровных ледников. Отсутствие межгодовой изменчивости всех количественных показателей свидетельствует о стабильности структуры пелагических бактериоценозов арктических широт и высокой степени их зависимости от абиотических факторов.

В заключение мы можем предположить, что на акватории ЗФИ влияние абиотических факторов усиливается так называемым "островным эффектом". Это явление было описано в литературе для тропических и субтропических атоллов, островов и архипелагов умеренной зоны и Антарктиды (Boden, 1998; Sea-surface …, 2002; The island …, 2007; Apparent …, 2008). "Островной эффект" проявляется в увеличении концентраций биогенных элементов, фитопланктона, зоопланктона, в частности меропланктонных форм, и, как следствие, бентосных сообществ вблизи островов, особенно на некотором расстоянии от берега с подветренной стороны. Все исследователи единодушно сходятся в том, что влияние островов на пелагические экосистемы огромно, это явление того же масштаба, что и

“эффект суши” у континентов, концентрирование жизни во фронтальных зонах и районах глобальных апвеллингов. Необходимо отметить, что каждый из перечисленных факторов сам по себе является мощным механизмом концентрирования планктонной биоты. В зонах, где эти факторы накладываются друг на друга, – в районах архипелагов независимо от широтной локализации – их синергетическое действие приводит к формированию высокопродуктивных областей, таких как (в конкретном рассмотренном случае) внутренняя область акватории арх. ЗФИ.

Литература

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

Бардан С.И. Гидрохимическая характеристика вод архипелага Земля Франца-Иосифа (Баренцево море) и условия их формирования в конце летнего сезона // Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата: Матер. Междунар. науч. конф. (6–11 июня 2011 г., Ростов-на-Дону). Ростов н/Д.: Изд. ЮНЦ РАН, 2011. С. 231–234.

Бернштейн Т.П. Зоопланктон района Земли Франца-Иосифа // Тр. Аркт. ин-та. 1932. Т. 2. С. 3–30.

Биогеохимия органического вещества арктических морей. М.: Наука, 1982. 240 с.

Бульон В.В. Активность микрофлоры в прибрежных водах Земли Франца-Иосифа // Биологические основы промыслового освоения открытых районов океана. М.: Наука, 1985. С. 101–108.

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

Венгер М.П. Результаты исследования микропланктонных сообществ в губе Дальнезеленецкая летом 2012 г. // Материалы XXXI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 135-летию со дня рождения К.М. Дерюгина “Океанография и биология арктических морей” (Мурманск, май 2013 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2013. С. 38–45.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрохимические и океанографические основы формирования биологической продуктивности. Л.: Гидрометеоиздат, 1992. 182 с.

Дегтярева А.А. Закономерности количественного развития зоопланктона в Баренцевом море // Тр. ПИНРО. 1979. Вып. XLIII. С. 22–53.

Дружкова Е.И. Нанофитопланктон прибрежной зоны морей Северной Европы (Баренцево и Северное моря): Автореф. дис. … канд. биол. наук. М., 1999. 23 с.

Дружкова Е.И. Особенности пространственного распределения нанофитопланктона в районе архипелага Земля Франца-Иосифа в летний период // Докл. РАН. 2009. Т. 427, № 5. С. 707–709.

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

Кособокова К.Н. Зоопланктон Арктического бассейна. Структура сообществ, экология, закономерности распределения. М.: ГЕОС, 2012. 272 с.

Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. 308 с.

Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1989. 129 с.

Мишина Н.Н. Гидрохимические исследования в северной части Баренцева моря в 2007 г. // Материалы XXVI конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института (2008, май). Мурманск, 2008. С. 96–100.

Мишина Н.Н. Гидрохимические исследования в северной части Баренцева моря в 2008 г. // Материалы XXVIII конференции молодых учены Мурманского морского биологического института. Мурманск, 2010. С. 154–157.

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

Мордасова Н.В., Зубаревич В.Л., Зозуля Н.М. Гидрохимические исследования северной части Баренцева моря // Опыт системных исследований в Арктике. М.: Науч. мир, 2001. С. 196–204.

Норина А.М. Гидрохимическая характеристика северной части Баренцева моря // Тр. ГОИН. 1965. Вып. 83. С. 243–271.

Олейник А.А. Сезонное развитие фитопланктона в водах желоба Франц-Виктория и на прилегающей акватории архипелага Земля Франца-Иосифа // Наземные и морские экосистемы. М.: Paulsen, 2011. С. 166–180.

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

Русанов В.П. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Арктического бассейна // Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 2007. С. 173–182.

Сорокин Ю.И. К методике концентрирования фитопланктона // Гидробиол. журн. 1979. Т. 15, № 2. С. 71–76.

Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство / Под ред. В.В. Сапожникова. М.: Агропромиздат, 1991. 224 с.

Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 1994. 256 с.

Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе. Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. М.: Наука, 1983. С. 97–108.

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

Тимофеев С.Ф., Широколобова О.В. Зоопланктон и его биоценотическое значение // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 104–109.

Тимофеев С.Ф. Экология морского зоопланктона. Мурманск: Изд. МГПИ, 2000. 216 с.

Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности / Г.Г. Матишов, С.Л. Дженюк, В.В. Денисов и др. // Тр. КНЦ РАН. 2013. № 1(14). С. 56–71.

Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 167с.

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

Широколобова Т.И. Бактериопланктонные сообщества эстуарных зон и прибрежных экосистем Баренцева моря: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Мурманск, 2009. 28 с.

Шувалов В.С., Павштикс Е.А. Состав и распределение приповерхностного зоопланктона (гипонейстона) в районе Земли Франца-Иосифа // Исследования фауны морей. 1977. Вып. 14(22). С. 55–71.

Apparent phytoplankton bloom due to island mass effect / D. Hasegawa, H. Yamazaki, T. Ishimaru et al. // J. Mar. Syst. 2008. V. 69, № 3–4. P. 238–246.

Arnkværn G., Daase M., Eiane K. Dynamics of coexisting *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* populations in a high-Arctic fjord // Polar Biol. 2005. V. 28. P. 528–538.

Auel H., Hagen W. Mesozooplankton community structure, abundance and biomass in the central Arctic Ocean // Marine Biol. 2002. V. 140. P. 1013–1021.

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

Boden B.P. Observations of the Island Mass Effect in the Prince Edward Archipelago // Polar Biol. 1998. V. 9. P. 61–68.

Composition and biomass of plankton in spring on the Cape Hatteras shelf, with implication for carbon flux / P.G. Verity, G.-A. Paffenhøfer, D. Wallace et al. // Contin. Shelf Res. 1996. V. 16. P. 1087–1116.

Characteristic of the Arctic and Antarctic mesozooplankton in the neritic zone during summer / W. Walkusz, S. Kwasniewski, K. Dmoch et al. // Polish Pol. Res. 2004. V. 25, № 3–4. P. 275–291.

Daase M., Eiane K. Mesozooplankton distribution in northern Svalbard waters in relation to hydrography // Polar Biol. 2007. V. 30, № 8. P. 969–981.

Davis P.G., Sieburth J.McN. Differentiation of phototrophic and heterotrophic nanoplankton populations in marine waters by epifluorescence microscopy // Ann. Inst. Oceanogr. (Paris). 1982. V. 58(S). P. 249–260.

Dvoretsky V.G. Distribution of Calanus species of Franz-Josef Land (Arctic Barents Sea) // Polar Sci. 2011. V. 5. P. 361–373.

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

Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island / Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. 130 p.

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

Hesse K.-J., Lui I.L., Schaumann K. Phytoplankton and fronts in the German Bight // Topics Mar. Biol. 1989. V. 53(2–3). P. 187–196.

Kiørboe T. Turbulence, phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food webs // Adv. Mar. Biol. 1993. V. 29. P. 1–72.

Kosteyn Y., Kwasniewski S. The near shore zooplankton of the Tikhaia Bay (Franz-Josef Land) in August 1991 // Environmental Studies from Franz Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island / Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. P. 23–34.

Lischka S., Knickmeier K., Hagen W. Mesozooplankton assemblages in the shallow Arctic Laptev Sea in summer 1993 and autumn 1995 // Polar Biol. 2001. V. 24. P. 186–199.

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

McCarthy J.J., Taylor W.R., Loftus M.E. Significance of nanoplankton in the Chesapeake Bay estuary and problems associated with the measurement of nanoplankton productivity // Marine Biol. 1974. V. 24. P. 7–16.

Mommaerts J.-P. The relative importance of nannoplankton in the North Sea primary production // Brit. Phycol. 1973. V. 8. P. 13–20.

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

Odebrecht C., Dijurfeldt L. The role of nearshore mixing on phytoplankton size structure off Cape Santa Marta Grande, southern Brazil (spring 1989) // Arch. Fish. Mar. Res. 1996. V. 43. P. 217–230.

Østvedt O.J. Zooplankton investigations from weathership "M" in the Norwegian Sea // Hvalråd Skr. 1955. V. 40. P. 1–93.

Parsons T.R., Harrison P.J., Waters R. An experimental simulation of changes in diatom and flagellate blooms // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1978. V. 32. P. 285–294.

Phototrophic and apochlorotic components of picoplankton and nanoplankton in the North Atlantic: geographic, vertical, seasonal and diel distributions / P.G. Davis, D.A. Caron, P.W. Johnson, J.McN. Sieburth // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1985. V. 21. P. 15–26.

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

Revelante N., Gilmartin M. Temporal succession of phytoplankton in the Northern Adriatic // Neth. J. Sea Res. 1976a. V. 10, № 3. P. 377–396.

Revelante N., Gilmartin M. The effect of Po River discharge on phytoplankton dynamics in the northern Adriatic Sea // Marine Biol. 1976b. V. 34. P. 259–271.

Sea-surface signatures of the island mass effect phenomena around Madeira Island, Northeast Atlantic / R.M.A. Caldeira, S. Groom, P. Miller et al. // Remote Sensing of Environment. 2002. V. 80, № 2. P. 336–360.

Semina H.J., Tarkhova I.A., Truong Ngoc An. Different patterns of phytoplankton distribution, cell size, species composition and abundance // Marine Biol. 1976. V. 37. P. 389–395.

Spatial distribution and life-cycle timing of zooplankton in the marginal ice zone of the Barents Sea during the summer melt season in 1995 / S. Falk-Petersen, G. Pedersen, S. Kwasniewski et al. // J. Plankton Res. 1999. V. 21(7). P. 1249–1264.

Summer hydrology and zooplankton in two Svalbard fjords / J.M. Weslawski, A. Jankowski, S. Kwasniewski et al. // Polish Pol. Res. 1991. V. 12, № 3. P. 445–460.

The island mass effect and biological carbon uptake for the subantarctic Crozet Archipelago / D.C.E. Bakker, M.C. Nielsdottir, P.J. Morris et al. // Deep-Sea Research II. 2007. V. 54, № 18–20. P. 2174–2190.

Turley C.M., Stutt E.D. Depth-related cell-specific bacterial leucine incorporation rates on particles and its biogeochemical significance in the Northwest Mediterranean // Limnol. Oceanogr. 2000. V. 45. P. 419–425.

Yitto F., Hällford S. Grazing by mesozooplankton and metazoan microplankton on nanophytoplankton in a mesocosm experiment in the northen Baltic // J. Plankton Res. 1997. V. 19. P. 655–673.

Zooplankton community structure; a comparison of fjords, open water and ice stations in the Svalbard area / W. Walkusz, K. Storemark, T. Skau et al. // Polish Polar Res. 2003. V. 24, № 2. P. 149–165.

УДК (574.583 + 591.524.12) (268.45)

В.Г. Дворецкий
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

СТРУКТУРА ЛЕТНИХ СООБЩЕСТВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА У БЕРЕГОВ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА И В ПРИЛЕГАЮЩИХ ВОДАХ

Аннотация

Изучено распределение зоопланктона у берегов арх. Земля Франца-Иосифа. Численность изменялась от 567 до 5750 экз/м^3, биомасса (в пересчете на сухую массу) – от 59 до 1112 мг/м^3. В сообществах преобладали копеподы *Calanus glacialis* и *Oithona similis*. Выявлены корреляции обилия массовых групп зоопланктона с гидрологическими факторами. Обсуждаются причины мозаичного распределения зоопланктона.

V.G. Dvoretsky
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

STRUCTURE OF SUMMER MESOZOOPLANKTON COMMUNITIES NEAR FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO AND ADJACENT WATERS

Abstract

Distribution patterns of zooplankton were studied off the Franz-Josef Land Archipelago. Over the period of observations, the abundance of zooplankton varied from 567

to 5750 ind/m^3 while biomass ranged from 59 to 1112 dry weight mg/m^3. The copepods *Calanus glacialis* and *Oithona similis* dominated the zooplankton communities. The studies have revealed correlations between abundance of common taxa and hydrological factors. The article also discusses causes of zooplankton patchiness.

Введение. Зоопланктон играет важную роль в цикле углерода в пелагических экосистемах арктических морей (Тимофеев, 1997, 2000; Ecosystem ..., 2009). Он связывает между собой первичных продуцентов (фитопланктон) с последующими трофическими уровнями (рыбы, морские млекопитающие, птицы) (Raymont, 1983). Кроме того, отмершее органическое вещество зоопланктона потребляется донными организмами, что определяет его значение в бенто-пелагической трофической цепи океана (Food ..., 2006).

Зоопланктон Баренцева моря исследуется на протяжении длительного времени. К настоящему моменту накоплен большой объем информации о составе, количественном распределении и биологии наиболее массовых видов (Зеликман, Камшилов, 1960; Зеликман, 1977; Melle, Skjoldal, 1998; Climate ..., 2007; Тимофеев, 2000; Dalpadado et al., 2003; Magnitude ..., 2008; Дворецкий, Дворецкий, 2008, 2009а,б,в, 2010а,б,в,г, 2011а,б, 2012, 2013а,б,в,г; Dvoretsky, Dvoretsky, 2009a,b,c,d,e, 2010a,b, 2011a,b, 2012, 2013a,b,c,d; Dvoretsky, 2011, 2012; Дворецкий, 2011а,б, 2012а,б,в). В то же время следует отметить, что основная часть данных получена для южного и центрального секторов моря (Тимофеев, 2000). Северный район моря наименее изучен, что связано с существованием на его акватории ледового покрова, который затрудняет доступ исследователей в эту зону. Архипелаг Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) расположен на границе Баренцева моря и Северного Ледовитого океана, что обусловливает особенности состава и распределения планктонных сообществ в пределах данной акватории (Среда ..., 1994). Имеется лишь несколько работ, в которых в той или иной мере рассмотрены некоторые вопросы организации зоопланктонных сообщества в районе архипелага (Горюнова, Шувалов, 1964; Шувалов, Павштикс, 1977; Kosteyn, Kwasniewski, 1992; Тимофеев, Широколобова, 1994).

С начала XXI века в арктических районах регистрируются процессы потепления, связанные с затоком теплых атлантических вод (Комплексные ..., 2011). Одним из последствий климатических изменений стало резкое уменьшение количества льда в районах, которые обычно были покрыты ледовым покровом. За счет этого появилась возможность изучить летнее состояние основных элементов пелагической экосистемы в северной части Баренцева моря. В данной главе представлены результаты исследований сообществ мезозоопланктона у берегов арх. ЗФИ и смежных шельфовых районах.

Материалы и методы. Пробы мезозоопланктона были отобраны в ходе рейсов НИС “Дальние Зеленцы” в августе 2006 (станции 33, 35, 38, 39–46, 48, 50), 2007 (станции 34, 35, 37, 39, 40, 43–45) и 2009 (станции 53,

56, 58, 60, 62) гг. (табл. 1). На каждой станции при помощи сети Джеди (диаметр входного отверстия 37 см, размер ячеи фильтрующего полотна 0.168 мм) облавливали слой 100–0 м или дно–0 м (если глубина была меньше 100 м). Пробы фиксировали 40 %-м раствором формалина, нейтрализованного тетраборатом натрия, конечная концентрация в пробе составляла 4 %. На берегу в лабораторных условиях осуществляли обработку проб. Камеральная обработка проб проводилась по стандартным методикам (Руководство …, 1977, 1980): из каждой пробы отбирали по три подпробы объемом 2–3 мл (объем подпробы зависел от количества организмов), которые просматривали в камере Богорова или чашке Петри (в зависимости от размеров зоопланктеров) при помощи стереоскопического микроскопа МБС-10 (при увеличениях 16, 32 и 56). При идентификации видового и возрастного состава массовых форм мезозоопланктона использовали определители (Определитель ..., 1948; Бродский, 1950; Ломакина, 1978; Виноградов и др., 1982; Веслоногие ..., 1983). Особое внимание уделялось определению возрастных стадий массовых представителей копепод – *Calanus glacialis, C. finmarchicus, C. hyperboreus* и *Oithona similis* (Дворецкий, Дворецкий, 2011а; Дворецкий, 2012б). Результаты количественного анализа трех подпроб осредняли и пересчитывали с учетом объема профильтрованной воды (экз/м^3). Остаток пробы просматривали целиком для определения редких видов. Биомассу организмов вычисляли с использованием таблиц стандартных весов зоопланктеров, номограмм и размерно-весовых зависимостей в миллиграммах сухой массы на 1 м^3 (Канаева, 1962; Перцова, 1967; Численко, 1968; Mumm, 1991; Richter, 1994; Hydrodynamic ..., 2008). Для этого использовали соотношения: 1 мг сырой массы = 0.16 мг сухой массы (Виноградов, Шушкина, 1987) – для рачкового планктона и прочих форм и 1 мг сырой массы = 0.04 мг сухой массы – для желетелого планктона (медузы и гребневики).

Математическая обработка данных была проведена методами описательной статистики (Закс, 1976). Для оценки сходства отдельных станций по численности массовых видов использовали кластерный анализ, мерой сходства служили индексы Брэя-Куртиса, объединение станций в группы проведено по методу ближайшего соседа (Clarke, Warwick, 1994). Для представления расположения станций в двухмерном пространстве переменных использовали непараметрическое многомерное масштабирование (NMDS-анализ), входными данными служила матрица сходства станций по Брэю-Куртису. Различия между кластерами и годами проверяли при помощи однофакторного дисперсионного анализа или по критерию Краскела-Уоллиса (когда распределение данных отличалось от нормального) (Zar, 1999). Для выявления наличия связей между гидрологическими факторами (средняя температура и соленость воды в слое облова) и количественными показателями мезозоопланктона (численность и биомасса) использовали регрессионный анализ (Zar, 1999). Для оценки биоразнообразия рассчитывали пять показателей – индексы Маргалефа (Margalef,

1957), Менхиника (Menhinick, 1964), Шеннона (Shannon, Weaver, 1963), выравненность Пиелу (Pielou, 1977) и меру доминирования Симпсона (Simpson, 1949). Все средние значения в работе представлены со стандартной ошибкой (±SE).

Таблица 1

Характеристика станций отбора проб в районе арх. ЗФИ в августе 2006, 2007 и 2009 гг.

Номер станции	Координаты		Слой отбора, м	Средняя температура, °С	Средняя соленость, ‰
	с. ш.	в. д.			
			2006 г.		
33	78º21’	56º11’	100–0	0.44	34.08
35	78º40’	54º51’	100–0	0.76	34.14
38	79º48’	53º05’	100–0	–0.45	34.29
39	80º20’	52º47’	25–0	–0.12	34.26
40	80º44’	53º37’	100–0	–0.59	34.34
41	80º32’	52º31’	70–0	–0.44	34.30
42	80º23’	51º27’	100–0	–0.90	34.43
43	80º14’	50º28’	70–0	–0.25	34.07
44	79º53’	51º50’	95–0	–0.15	34.25
45	79º53’	51º27’	40–0	0.01	34.19
46	79º52’	49º31’	100–0	–0.55	34.31
48	79º37’	47º43’	100–0	0.43	34.44
50	79º20’	45º55’	80–0	1.32	34.40
			2007 г.		
34	80º56’	40º45’	100–0	–0.66	33.77
35	80º54’	42º48’	100–0	0.20	34.18
37	80º52’	46º10’	100–0	–0.32	34.07
39	80º44’	53º37’	100–0	–0.65	34.18
40	80º37’	58º06’	34–0	–0.71	33.52
43	80º32’	52º30’	80–0	–0.26	34.14
44	80º23’	51º27’	100–0	–0.77	34.33
45	80º13’	50º29’	65–0	–0.09	33.82
			2009 г.		
53	79º07’	41º51’	100–0	0.54	34.43
56	79º34’	46º43’	100–0	0.55	34.37
58	79º50’	50º21’	48–0	0.60	33.94
60	80º20’	52º48’	25–0	–0.42	34.21
62	80º23’	51º26’	100–0	–0.74	34.45

Результаты. ***Структура сообщества в 2006 г.*** В августе 2006 г. в пробах было обнаружено 42 таксономические единицы мезозоопланктона. Наибольшим разнообразием характеризовались копеподы и меропланктонные организмы (включая сцифозоидных медуз), на долю которых приходилось 68 % таксономического богатства. Наибольшую частоту встречаемости имели представители рода *Calanus*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus minutus*, *Triconia borealis*, науплии веслоногих ракообразных, птеро-

поды *Limacina helicina*, щетинкочелюстные *Parasagitta elegans*, аппендикулярии *Oikopleura vanhoeffenni* и наркомедуза *Aeginopsis laurentii*, а также личинки полихет и иглокожих. Количество видов в пробах варьировало от 14 до 24 (рис. 1а). При этом наиболее бедный планктон встречен в юго-восточной части исследованной акватории, а наиболее богатый – в центральной и южной частях.

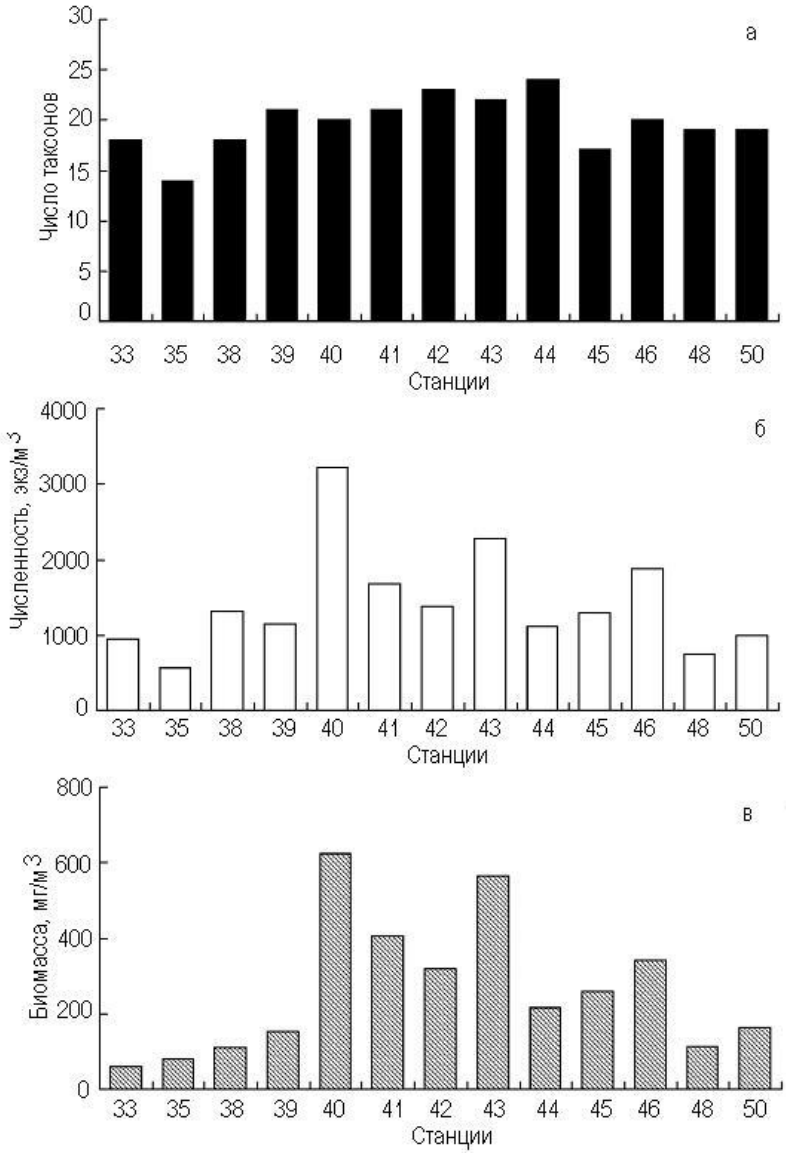


Рис. 1. Видовое богатство (а), численность (б) и сухая биомасса (в) мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2006 г.

Численность мезозоопланктона изменялась от 567 до 3217 экз/м^3, в среднем составляя 1428±196 экз/м^3 (рис. 1б). Максимальное обилие отмечено на самой северной станции, минимальное – к юго-востоку от архи-

пелага. Доминирующей группой были веслоногие ракообразные, среди которых преобладали *Calanus glacialis* (39.1±5.6 % от общей численности), *O. similis* (21.0±6.5 %), науплии Copepoda (14.4±5.7 %) и *P. minutus* (10.6±2.6 %). Второе место по обилию занимали крылоногие – меропланктон с медузами, среди которых наибольший вклад обеспечивали личинки иглокожих (2.0±0.8 %). Молодь *L. helicina* составляла 2.8±0.5 %. Вклад остальных таксономических групп в общую численность был невелик. Высокое обилие молоди веслоногих рачков (науплии и копеподиты I–III) позволяет говорить о том, что мезозоопланктонное сообщество находилось на весенней или раннелетней стадии сукцессионного цикла.

Биомасса мезозоопланктона достигала наибольших значений (623 мг/м^3) на ст. 40 (рис. 1в), наименьшие показатели были зарегистрированы на ст. 33 (61 мг/м^3) (рис. 1в). Средняя величина составила 262±50 мг/м^3. Лидирующее положение по биомассе занимали копеподы, при этом представители рода *Calanus* обеспечивали 93.2±8.6 % от общих показателей. Другой крупный вид *Metridia longa* составлял 0.8 %, а на долю щетинкочелюстных *P. elegans* приходилось 1.5 %, птеропод – 0.9 %.

Показатели биоразнообразия сообщества мезозоопланктона суммированы в табл. 2. Наиболее адекватно разнообразие отражают индексы Шеннона и мера доминирования Симпсона. Наименьшее разнообразие, исходя из численности отдельных видов, было отмечено у о. Брюса, максимальное – в юго-западной части акватории, прилегающей к архипелагу. Выравненность фауны мезозоопланктона по численности для всего района была достаточно высокой, максимум отмечен на ст. 48, минимум – на ст. 43.

Таблица 2

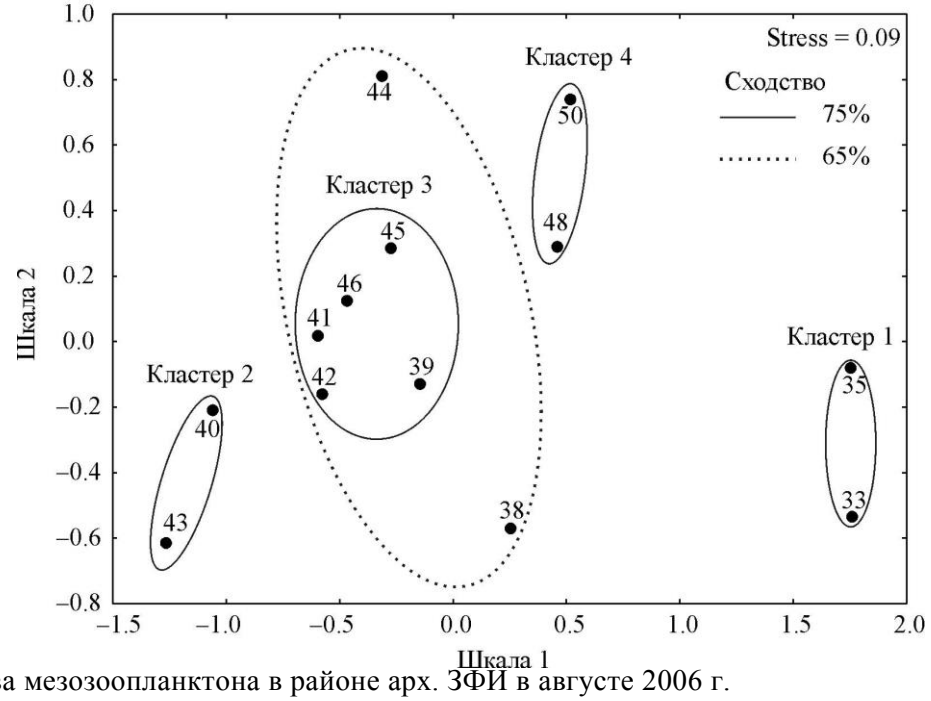
Показатели биологического разнообразия сообщества мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2006 г.

Станция	D_{mg}	D_{mn}	H'	D	J
33	2.48	0.58	1.04	0.54	0.36
35	2.05	0.59	1.09	0.52	0.41
38	2.37	0.50	1.70	0.23	0.59
39	2.84	0.62	1.32	0.38	0.43
40	2.35	0.35	1.62	0.33	0.54
41	2.69	0.51	1.69	0.27	0.56
42	3.04	0.62	1.50	0.38	0.48
43	2.72	0.46	1.02	0.60	0.33
44	3.28	0.72	1.78	0.23	0.56
45	2.23	0.47	1.75	0.25	0.62
46	2.52	0.46	1.59	0.31	0.53
48	2.72	0.69	2.19	0.15	0.74
50	2.61	0.60	1.92	0.20	0.65
Среднее	2.61±0.09	0.55±0.03	1.56±0.10	0.34±0.04	0.52±0.03

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в таблицах 5, 7: D_{mg}, D_{mn}, H’ – индексы Маргалефа, Менхиника и Шеннона соответственно; D – мера доминирования Симпсона; J – выравненность Пиелу.

В ходе кластерного и NMDS-анализа было выделено четыре группы станций (рис. 2). Первая группа включала в себя две станции, расположенные к юго-востоку от архипелага. Они характеризовались относительно высокой средней температурой воды в слое облова (0.6±0.2 °С). Отличительной особенностью данной группы станций была низкая доля меропланктона (0.2±0.1 %) в общей численности мезозоопланктона. По чис-ленности в пределах данного кластера преобладали веслоногие ракообраз-ные (96.4±0.6 %). По биомассе также доминировали копеподы (94.7±2.3 %), вклад щетинкочелюстных составлял 2.4±4.4 % (табл. 3). Наиболее массовыми видами были *C. glacialis* и *C. hyperboreus* (91.2±41.4 %). Здесь была зарегистрирована самая низкая средняя численность и биомасса мезозоопланктона.

Рис. 2. Результаты кластерного и NMDS-анализа численности сообще-



ства мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2006 г.

Вторая группа объединяла две станции, которые располагались на внутренней акватории архипелага. Здесь была зарегистрирована самая низкая средняя температура и соленость в слое облова (–0.2±0.1 °С и 34.08±0.06 ‰). Показатели общей численности и биомассы мезозоопланк-тона были самыми высокими среди выделенных кластеров. Среди остальных кластеров группа 2 также отличалась значительной долей меропланктона и птеропод, составлявших 4.4±1.1 и 3.3±0.8 % суммарной численности мезозоопланктона. По биомассе в пределах данного кластера преобладал *C. glacialis* (94.3±1.9 %), на долю прочих групп приходилось менее 2 % суммарной биомассы, эта величина была наименьшей среди выделенных групп станций (табл. 3).

Таблица 3

Состав, средняя численность и биомасса мезозоопланктона в районе ЗФИ в августе 2006 г. в пределах групп, выделенных кластерным анализом

Таксон	Численность, экз/м^3				Биомасса, мг/м^3			
	Кластер				Кластер			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Themisto libellula	–	–	< 1	<1	–	–	< 0.1	< 0.1
Themisto abyssorum	–	< 1	< 1	–	–	< 0.1	< 0.1	–
Fritillaria borealis	–	16	–	2	–	< 0.1	–	< 0.1
Oikopleura vanhoeffenni	10	38	11	18	< 0.1	3.0	1.0	2.0
Beroe cucumis	< 1	< 1	< 1	–	< 0.1	< 0.1	< 0.1	–
Pleurobrachia pileus	–	< 1	< 1	<1	–	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Mertensia ovum	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Calanus finmarchicus	2	18	21	12	< 0.1	2.0	3.0	2.0
Calanus glacialis	**94**	**1742**	**621**	**213**	**23.0**	**520.0**	**198.0**	**76.0**
Calanus hyperboreus	**5**	**4**	**2**	**1**	**10.0**	**10.0**	**4.0**	**1.0**
Copepoda (nauplii)	54	291	279	57	< 0.1	2.0	2.0	< 0.1
Cyclopina gracilis	–	< 1	< 1	–	–	< 0.1	< 0.1	–
Harpacticus uniremis	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Tisbe furcata	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Metridia longa	**–**	**170**	**47**	**1**	**–**	**7.0**	**2.0**	< 0.1
Microcalanus pussilus	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Microcalanus pygmaeus	2	–	4	40	< 0.1	–	< 0.1	< 0.1
Microsetella norvegica	< 1	–	< 1	–	< 0.1	–	< 0.1	–
Oithona atlantica	7	–	–	8	< 0.1	–	–	< 0.1
Oithona similis	**541**	**147**	**146**	**193**	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Triconia borealis	8	23	15	28	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Paraeuhaeta norvegica	–	< 1	< 1	–	–	< 0.1	< 0.1	–
Paraeuhaeta glacialis	–	–	< 1	< 1	–	–	< 0.1	< 0.1
Pseudocalanus acuspes	1	6	16	10	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Pseudocalanus minutus	18	87	165	187	< 0.1	1.0	1.0	1.0
Scolecithricella minor	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Xanthocalanus hirtipes	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Bivalvia (juv.)	–	–	4	26	–	–	< 0.1	< 0.1
Echinopluteus	**–**	**70**	**14**	**23**	**–**	**1.0**	**< 0.1**	**< 0.1**
Ophiopluteus	**–**	**35**	**6**	**5**	**–**	**< 0.1**	**< 0.1**	**< 0.1**
Polychaeta (larvae)	1	9	8	4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cirripedia (nauplii)	–	–	1	–	–	–	< 0.1	–
Anthozoa (larvae)	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Aeginopsis laurentii	1	1	< 1	< 1	< 0.1	1.0	< 0.1	1.0
Aglantha digitale	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Euphysa spp.	< 1	–	–	–	< 0.1	–	–	–
Sarsia princeps	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Eumedusa birulai	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–	–
Boroecia spp.	–	–	< 1	–	–	–	< 0.1	–
Clione limacina	–	< 1	< 1	–	–	< 0.1	< 0.1	–
Limacina helicina	11	86	37	39	< 0.1	3.0	1.0	1.0
Parasagitta elegans	4	6	2	4	1.0	2.0	2.0	3.0
Сумма	**758**	**2748**	**1401**	**871**	**36.0**	**551.0**	**215.0**	**88.0**

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в табл. 6: жирным шрифтом обозначены статистически значимые отличия между кластерами (p-уровень согласно однофакторному дисперсионному анализу или тесту Краскела-Уоллиса).

Третий кластер объединял семь станций преимущественно в южной части исследуемой акватории. Средняя температура воды в слое облова характеризовалась низким значением (–0.1±0.1 °C), соленость была выше, чем на станциях группы 2 (34.19±0.04 ‰). По количественным показателям здесь доминировали копеподы, которые составляли 94.1±0.7 и 97.1±0.9 % общей численности и биомассы мезозоопланктона соответственно. Суммарная численность была в 2 раза ниже по сравнению с группой 2, а общая биомасса была меньше в 2.5 раза (табл. 3).

Станции последнего кластера располагались на акватории прилегающего шельфа к юго-западу от архипелага. Средняя температура воды (1.3±0.2 °C) и соленость (34.32±0.07 ‰) в слое облова были максимальными среди всех выделенных групп. Вклад копепод в суммарную численность мезозоопланктона здесь был наименьшим (85.9±2.8 %), а доля меропланктона (6.9±2.2 %) – наибольшей (табл. 3). Аппендикулярии обеспечивали 2.0±1.0 % суммарной численности, что примерно в 2 раза выше, чем в пределах кластеров 1–3. По биомассе лидирующее положение занимали веслоногие ракообразные (90.9±3.0 %), на втором месте располагалась *P. elegans* (3.5±1.7 %) (табл. 3).

Таблица 4

Зависимость суммарной численности и биомассы мезозоопланктона и копепод от гидрологических показателей в районе арх. ЗФИ в августе 2006, 2007 и 2009 гг.

Переменная y	$Log_{10}(y + 1) = aT + b$			$Log_{10}(y + 1) = aS + b$		
	a	b	R^2	a	b	R^2
2006 г.						
Общая численность	–0.216	3.153	0.394*	–0.610	23.959	0.108
Численность копепод	–0.230	3.122	0.442*	–0.665	25.795	0.127
Общая биомасса	–0.269	2.370	0.242	–0.783	29.076	0.070
Биомасса копепод	–0.374	2.241	0.268	–0.955	34.814	0.060
2007 г.						
Общая численность	0.364	3.479	0.264	0.216	–3.940	0.040
Численность копепод	0.364	3.458	0.261	0.227	–4.313	0.043
Общая биомасса	0.067	2.058	0.019	0.319	–8.746	0.180
Биомасса копепод	0.090	2.041	0.037	0.343	–9.589	0.226
2009 г.						
Общая численность	–0.070	3.529	0.035	–0.797	30.828	0.498
Численность копепод	–0.069	3.501	0.033	–0.809	31.216	0.507
Общая биомасса	–0.057	2.414	0.007	–1.890	67.191	0.831*
Биомасса копепод	–0.055	2.399	0.006	–1.919	68.170	0.834*

*$p < 0.05$.

ПРИМЕЧАНИЕ. T – средняя температура воды, °C; S – соленость в слое облова, ‰; R^2 – коэффициент детерминации.

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что температура воды в слое облова статистически значимо различалась между кластерами ($p < 0.001$), за исключением второй и третьей групп станций, а также пер-

вой и четвертой (тест множественных сравнений Данна, $p > 0.05$). По солености отличия были недостоверными ($p > 0.05$). Выделенные кластеры отличались по количественным показателям массовых веслоногих ракообразных *C. glacialis, C. hyperboreus, O. similis, M. longa* и личинок иглокожих (табл. 3).

Регрессионный анализ показал, что суммарные количественные показатели мезозоопланктонного сообщества и копепод были обратно скоррелированы со средней температурой воды в слое облова. Этот фактор объяснял более 39 % вариаций численности и более 24 % вариаций биомассы (табл. 4). Статистически значимая связь была обнаружена только в одном случае, средняя соленость в слое облова практически не оказывала влияния на численность и биомассу мезозоопланктона (табл. 4).

Структура сообщества в 2007 г. В августе 2007 г. видовое богатство мезозоопланктона было выше, чем в предшествующем году: было идентифицировано 46 таксонов. Наиболее широко были представлены веслоногие ракообразные и меропланктонные формы (медузы и личинки донных беспозвоночных). Эти две группы обеспечивали 65 % видового разнообразия фауны мезозоопланктона. На всех станциях были обнаружены *C. glacialis, C. hyperboreus, C. finmarchicus, M. longa, O. similis* и науплии копепод, также достаточно часто встречались *T. borealis, A. laurentii, O. vanhoeffenni* и *L. helicina*. Число видов между станциями варьировало от 15 (в самой южной точке исследованной акватории) до 28 (к западу от архипелага) (рис. 3а).

Численность мезозоопланктона колебалась в диапазоне 1249–5750 экз/м^3 при средней величине 2662±511 экз/м^3 (рис. 3б). Наименьшее обилие зафиксировано в районе о. Хейса, наибольшее – в центральной части района. Повсеместно преобладали веслоногие ракообразные: науплии копепод (38.4±3.4 % от общей численности), *O. similis* (32.8±5.5 %) и *C. glacialis* (13.4±3.2 %). Остальные группы характеризовались низкими количественными показателями, их представители составляли каждый в отдельности менее 1 %. Соотношение возрастных групп веслоногих ракообразных с преобладанием ювенильных стадий свидетельствовало о весеннем состоянии мезозоопланктонного сообщества.

Биомасса мезозоопланктона варьировала от 59 до 160 мг/м^3, в среднем составляя 114±13 мг/м^3. Пространственное распределение биомассы демонстрировало такую же картину, что и численность (рис. 3в). Доминирующую роль в формировании суммарной биомассы играли крупные представители копепод *C. glacialis* (64.3±2.7 %), *C. hyperboreus* (22.9±3.2 %), *M. longa* (3.2±0.7 %), а также *P. elegans* (2.6±0.6 %) и *O. vanhoeffenni* (1.4±0.5 %).

Индексы биоразнообразия и выравненность мезозоопланктонного сообщества на отдельных станциях изменялись в небольших пределах (табл. 5). Минимальное разнообразие, рассчитанное по численности, было отмечено в центральной части исследованного района, максимальное – в водах, прилегающих к архипелагу с запада. Наименьшая выравненность отмечена на ст. 43, наибольшая – на ст. 35.

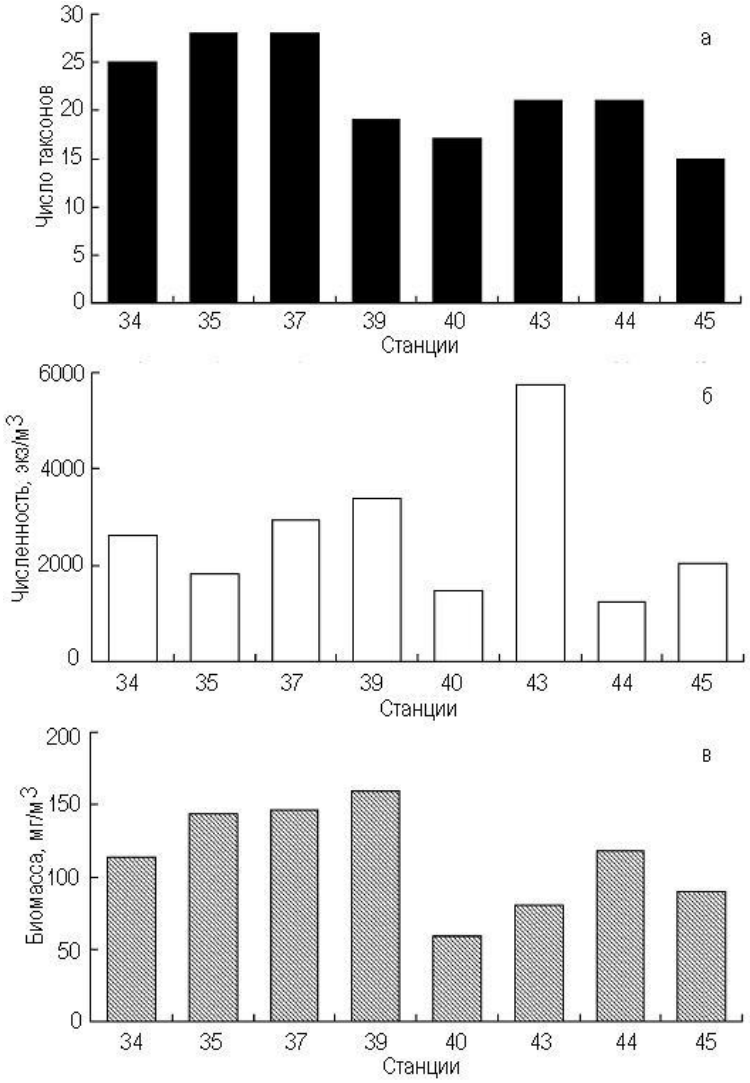


Рис. 3. Видовое богатство (а), численность (б) и сухая биомасса (в) мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2007 г.

Таблица 5

Показатели биологического разнообразия сообщества мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2007 г.

Станция	D_{mg}	D_{mn}	H'	D	J
34	3.05	0.49	1.64	0.31	0.51
35	3.59	0.65	1.91	0.22	0.57
37	3.38	0.52	1.88	0.24	0.56
39	2.21	0.33	1.47	0.33	0.50
40	2.19	0.44	1.30	0.38	0.46
43	2.31	0.28	1.13	0.42	0.37
44	2.81	0.59	1.68	0.25	0.55
45	1.84	0.33	1.22	0.38	0.45
Среднее	2.67±0.22	0.45±0.05	1.53±0.10	0.31±0.03	0.50±0.02

Кластерный анализ показал наличие двух групп станций (рис. 4). Первая группа включала в себя три глубоководные станции, расположенные западнее архипелага. Средняя температура воды в слое облова здесь составляла –0.3±0.2 °С, соленость – 33.75±0.01 ‰. Суммарное обилие мезозоопланктона в пределах данного кластера было ниже по сравнению со второй группой (табл. 6). Средняя величина биомассы превосходила таковую кластера 2 в 1.3 раза. По численности здесь превалировали копеподы (93.3±1.5 %), среди которых преобладал *C. glacialis* (20.0±6.7 %), а также мероплактон с медузами (2.8±1.4 %). По биомассе наибольшую долю имели веслоногие рачки (91.6±0.9 %) и щетинкочелюстные (4.9±1.4 %) (табл. 6).

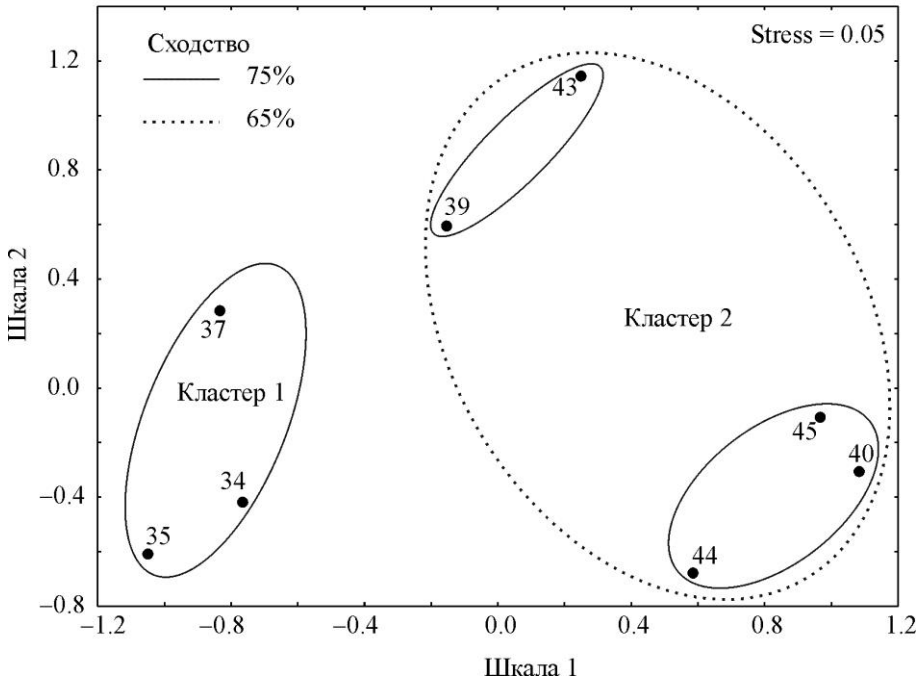


Рис. 4. Результаты кластерного и NMDS-анализа численности сообщества мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2007 г.

Вторая группа станций отличалась более высокой температурой воды и соленостью в слое облова (–0.2±0.1 °С и 33.87±0.11 ‰). Характерной чертой рассматриваемого кластера было выраженное доминирование копепод, которые составляли 97.3±0.5 % общей численности и 96.6±0.7 % суммарной биомассы мезозоопланктона (табл. 6). По обилию преобладала *O. similis* (41.6±5.2 %), по биомассе – *C. glacialis* (62.8±4.1 %) и *C. hyperboreus* (26.2±4.5 %). Вместе с тем, вклад щетинкочелюстных в биомассу был в 3.2 раза меньше, чем в первой группе станций. Статистически значимых отличий между выделенными кластерами по температуре воды и солености в слое облова выявлено не было (однофакторный дисперсионный анализ, $p > 0.05$). Выделенные кластеры отличались по количеству таксонов, численности и биомассе *F. borealis*, *A. laurentii*, щетинкочелюстных, обилию *C. glacialis* и биомассе *P. acuspes*.

Таблица 6

Состав, средняя численность и биомасса массовых видов и групп мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2007 г. в пределах групп, выделенных кластерным анализом

Таксон	Численность, экз/м^3		Биомасса, мг/м^3	
	Кластер		Кластер	
	1	2	1	2
Amphipoda (Gammaridea)	< 1	–	< 0.1	–
Hyperia galba	< 1	–	0.1±0.2	–
Themisto libellula	–	< 1	–	< 0.1
Themisto abyssorum	< 1	< 1	< 0.1	< 0.1
Fritillaria borealis	**19±5**	**4±5**	**< 0.1**	**< 0.1**
Oikopleura labradoriensis	< 1	–	< 0.1	–
Oikopleura vanhoeffenni	43±13	10±8	2.6±0.4	1.2±1.1
Beroe cucumis	< 1	< 1	0.1±0.2	< 0.1
Calanus finmarchicus	7±5	8±1	1.8±1.2	2.1±0.2
Calanus glacialis	**449±88**	**213±36**	90.1±9.3	66.4±15.5
Calanus hyperboreus	16±4	18±5	23.3±2.4	23.6±2.1
Metridia longa	91±25	63±27	4.7±0.5	3.4±1.5
Microcalanus pygmaeus	51±17	–	0.6±0.2	–
Copepoda (nauplii)	985±237	1005±288	0.8±0.2	0.8±0.2
Oithona atlantica	10±6	–	< 0.1	–
Oithona similis	466±176	1298±497	0.3±0.1	0.7±0.3
Triconia borealis	12±11	14±4	< 0.1	< 0.1
Paraeuhaeta glacialis	< 1	< 1	0.3±0.2	0.1±0.1
Pseudocalanus minutus	156±30	77±22	1.3±0.4	0.6±0.2
Pseudocalanus acuspes	28±7	11±4	**0.2±0.1**	**0.1±0.1**
Scolecithricella minor	–	–	–	< 0.1
Gaetanus tenuispinus	< 1	–	< 0.1	–
Chiridius obtusifrons	< 1	–	< 0.1	–
Evadne nordmanni	< 1	–	< 0.1	–
Aeginopsis laurentii	**3±1**	**< 1**	**0.7±0.3**	**0.1±0.1**
Bivalvia (juv.)	–	23±27	–	< 0.1
Eumedusa birulai	–	< 1	–	< 0.1
Euphysa flammea	< 1	< 1	< 0.1	< 0.1
Euphysa spp.	1±1	< 1	< 0.1	< 0.1
Echinopluteus	16±10	2±1	0.1±0	< 0.1
Ophiopluteus	35±24	10±4	0.1±0.1	< 0.1
Polychaeta (larvae)	11±9	5±3	0.1±0.1	< 0.1
Cirripedia (nauplii)	1±2	–	< 0.1	–
Pagurus spp. (larvae)	–	< 1	–	< 0.1
Sarsia spp.	< 1	–	< 0.1	–
Dimophyes arctica	1±1	–	0.1±0	–
Ptychogastrya polaris	< 1	< 1	< 0.1	< 0.1
Halitholus cirratus	–	< 1	–	< 0.1
Perigonimus vesicarius	–	< 1	–	< 0.1
Boroecia borealis	< 1	< 1	< 0.1	< 0.1
Tomopteris sp.	< 1	–	< 0.1	–
Clione limacina	10±5	–	< 0.1	–
Limacina helicina	37±26	19±8	0.7±0.5	0.4±0.1
Eukrohnia hamata	**2±0**	**< 1**	**0.9±0.2**	**< 0.1**
Parasagitta elegans	**6±1**	**2±0**	**5.3±1.1**	**1.7±0.3**
Thyssanoessa (larvae)	< 1	–	0.1±0.1	–
Сумма	2460±328	2784±829	134.5±10.4	101.3±17.4

Регрессионный анализ показал, что численность мезозоопланктона была прямо скоррелирована со средней температурой воды в слое облова (табл. 4). Данный фактор объяснял около 26 % вариаций обилия мезозоопланктона и веслоногих ракообразных. Биомасса мезозоопланктона была слабее связана с температурой воды в слое облова. Соленость не оказывала значимого влияния на колебания показателей мезозоопланктона.

Структура сообщества в 2009 г. В августе 2009 г. таксономическое разнообразие мезозоопланктонного сообщества было ниже, чем в 2006 и 2007 гг. – 32 таксона. Количество видов в пробах изменялось от 18 до 25 (рис. 5а). Максимальное количество таксонов отмечено на акватории архипелага. Самой богатой по числу таксонов группой были веслоногие ракообразные (37.5 %) и мероплактон, включая медуз (34.4 %). Повсеместно встречались *C. finmarchicus, C. glacialis, C. hyperboreus*, науплии Copepoda, *O. similis, T. borealis, P. minutus*, личинки иглокожих, *L. helicina* и *P. elegans.*

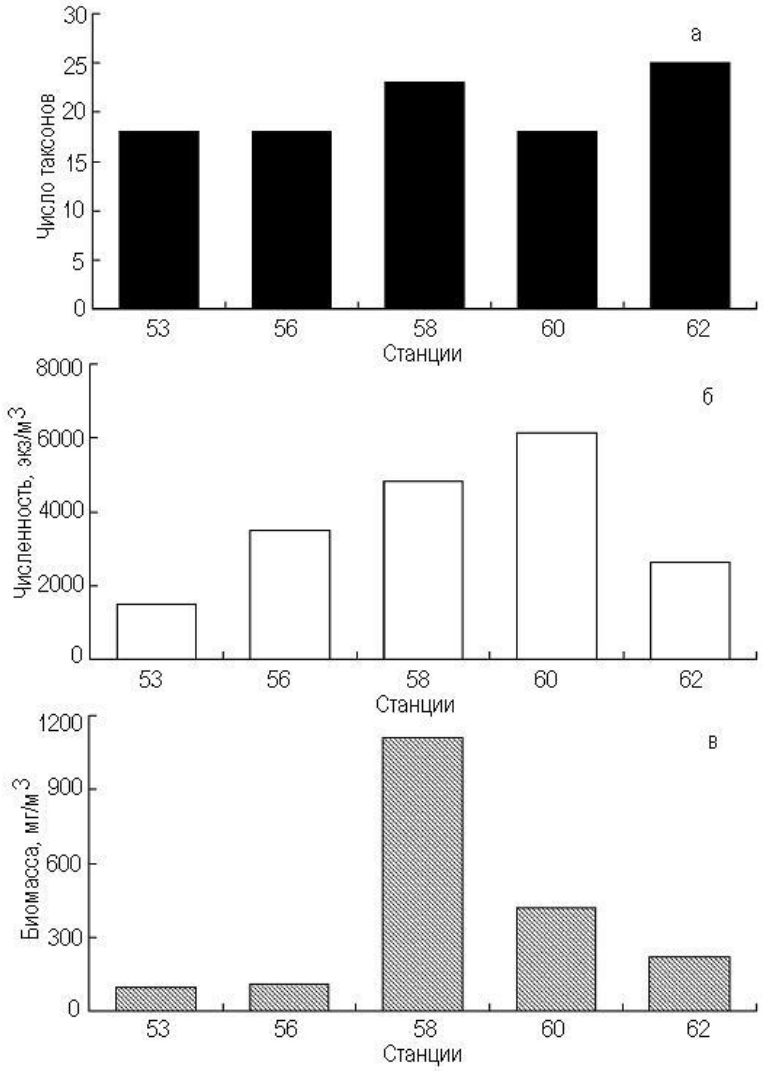


Рис. 5. Видовое богатство (а), численность (б) и сухая биомасса (в) мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2009 г.

Общая численность мезозоопланктона – 1499–6145 экз/м^3, в среднем составляя 3713±815 экз/м^3 (рис. 5б). По обилию в сообществе доминировали копеподы, среди которых лидирующее положение занимали *O. similis* (27.6±3.2 %), *C. glacialis* (23.5±4.3 %), науплии веслоногих ракообразных (22.7±1.2 %) и представители рода *Pseudocalanus* (14.1±3.4 %). Среди прочих групп высокую относительную численность имели личиночные стадии иглокожих (6.5±3.0 %). Поскольку в мезозоопланктоне были широко представлены молодь Crustacea и ювенильные особи донных беспозвоночных, можно сделать вывод о том, что сообщество находилось на весенней стадии сукцессионного цикла.

Совокупная биомасса мезозоопланктона достигала максимума у о. Нортбрук (1112 мг/м^3), минимум отмечен на самой южной станции исследованного района (95 мг/м^3), средняя величина была довольно высокой (391±189 мг/м^3) (рис. 5в). Основной вклад в общую биомассу сообщества мезозоопланктона обеспечивали копеподы (96.5±0.7 %) и крылоногие моллюски (1.2±0.2 %). Наибольшей биомассы достигали *C. glacialis* (71.6±7.8 %) и *C. hyperboreus* (18.9±7.8 %).

Отличительной особенностью сообщества были невысокие уровни биоразнообразия (табл. 7). При этом выравненность по численности мезозоопланктона была довольно высокой. Наименьшие значения индекса Шеннона были обнаружены в бухте Тихая, наибольшие – во внутренней акватории архипелага.

Таблица 7

Показатели биологического разнообразия сообщества мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2009 г.

Станция	D_{mg}	D_{mn}	H'	D	J
53	2.32	0.46	1.70	0.22	0.59
56	2.08	0.30	1.81	0.21	0.63
58	2.59	0.33	1.82	0.22	0.58
60	1.95	0.23	1.65	0.24	0.57
62	3.05	0.49	2.00	0.19	0.62
Среднее	2.40±0.20	0.36±0.05	1.80±0.06	0.22±0.01	0.60±0.01

В ходе кластерного анализа была выделена одна группа станций, кроме того, ст. 53 по составу и количественным характеристикам сильно отличалась от полученного кластера (рис. 6). Мезозоопланктонное сообщество этой станции, которая была расположена к юго-западу от архипелага, характеризовалось преобладанием по численности *O. similis* (27.3 %) и представителей рода *Pseudocalanus* (23.7 %) (табл. 8). По биомассе здесь превалировал *C. glacialis* (81.3 %). Температура воды и соленость в слое облова на ст. 53 были выше, чем в пределах кластера 1 (табл. 8).

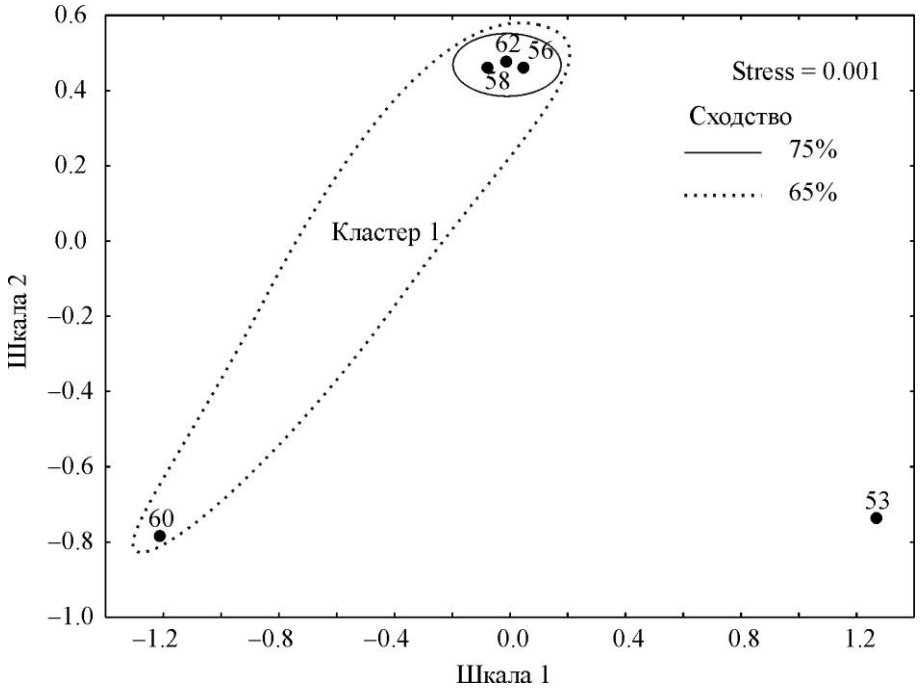


Рис. 6. Результаты кластерного и NMDS-анализа численности сообщества мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2009 г.

Три станции, расположенные непосредственно на акватории архипелага, и одна станция на прилегающем шельфе были объединены в одну группу. Гидрологические условия здесь были более суровыми: средняя температура в слое облова составляла 0.0±0.3 °С, соленость достигала 34.24±0.10 ‰. Веслоногие ракообразные обеспечивали 93.5±1.1 % суммарной численности и 96.5±0.9 % биомассы мезозоопланктонного сообщества (табл. 8). Как и на ст. 53, по обилию доминировала *O. similis* (27.7±4.1 %), второе место занимал *C. glacialis* (24.5±5.5 %). В отличие от ст. 53, вклад *C. glacialis* в суммарную биомассу был меньше (69.1±9.6 %), а доля *C. hyperboreus* (21.0±9.8 %) была в 2 раза выше. Таким образом, роль крупных копепод в сообществе была значительной. По этой причине биомасса мезозоопланктона здесь была в 4.8 раза больше, чем на ст. 53.

В ходе регрессионного анализа было установлено, что средняя температура воды в слое облова не оказывала статистически значимого влияния на количественные показатели мезозоопланктонного сообществ (табл. 4). Вместе с тем с увеличением солености наблюдалось достоверное снижение суммарной биомассы. Данный фактор обусловливал более 80 % вариации биомассы мезозоопланктона и веслоногих ракообразных.

Таблица 8

Состав, средняя численность и биомасса массовых видов и групп мезозоопланктона в районе арх. ЗФИ в августе 2009 г. в пределах групп, выделенных кластерным анализом

Таксон	Численность, экз/м^3		Биомасса, мг/м^3	
	Ст. 53	Кластер 1	Ст. 53	Кластер 1
Themisto libellula	–	< 1	–	0.2±0.3
Themisto abyssorum	–	< 1	–	< 0.1
Fritillaria borealis	10	14±28	0.2	0.2±0.5
Oikopleura vanhoeffenni	9	27±26	1.1	0.7±0.5
Beroe cucumis	–	2±1	–	0.5±0.4
Calanus finmarchicus	10	108±38	1.5	12.2±3.6
Calanus glacialis	298	1034±287	77.4	359.9±221.6
Calanus hyperboreus	7	98±37	10.2	76.1±43.4
Copepoda (nauplii)	353	958±193	0.2	0.7±0.1
Heterorhabdus norvegicus	–	< 1	–	< 0.1
Metridia longa	< 1	15±20	< 0.1	0.8±1.1
Microcalanus pygmaeus	–	7±7	–	< 0.1
Oithona similis	409	1206±358	0.9	2.6±0.8
Triconia borealis	–	45±15	< 0.1	< 0.1
Pseudocalanus acuspes	11	10±5	0.1	0.1±0
Pseudocalanus minutus	19	57±11	0.2	0.7±0.1
Pseudocalanus spp.	326	475±180	1.1	1±0.5
Aeginopsis laurentii	1	< 1	1.0	0.4±0.3
Bivalvia (juv.)	–	9±17	–	< 0.1
Eumedusa birulai	–	< 1	–	0.2±0.2
Cirripedia (nauplii)	–	1±2	–	< 0.1
Dimophyes arctica	–	< 1	–	< 0.1
Euphysa flammea	–	< 1	–	< 0.1
Ascidia (larvae)	–	2±2	–	< 0.1
Echinopluteus	7	22±15	0.1	0.2±0.1
Ophiopluteus	28	95±27	0.2	0.7±0.2
Polychaeta (larvae)	–	< 1	–	< 0.1
Sarsia princeps	–	< 1	–	< 0.1
Limacina helicina	9	79±33	0.9	5.4±2.1
Eukrohnia hamata	–	< 1	–	0.2±0.2
Parasagitta elegans	< 1	1±1	< 0.1	1.7±1
Thyssanoessa (larvae)	< 1	–	< 0.1	–
Сумма	1499	4266±773	95.1	464.7±224.7

Биология массовых видов. В 2006 году структура популяции *C. glacialis* характеризовалась доминированием копеподитов V и молоди (I и II стадии), на долю которых приходилось 27.4±4.5 и 20.3±4.5 % соответственно. Высокая численность науплиев и яиц *C. glacialis* свидетельствовала об активном размножении вида. Половая структура популяции отличалась преобладанием самок, в среднем на 1 самца приходилось 6 самок. В 2007 году в арктических водах также было зарегистрировано интенсивное размножение *C. glacialis.* В составе популяции ведущее положение занимали копеподиты I–III (53.9±8.5 %), копеподиты V и самки насчитывали 29.0±6.1 %. Соотношение полов (самцы:самки) варьировало от 1:3

до 1:47. В 2009 году отличительной чертой популяционной структуры *C. glacialis* было преобладание младших копеподитов (40.0±7.3 %), копеподиты III составляли 14.6±1.4 %, что наряду с присутствием науплиев и яиц *C. glacialis* служило доказательством активного размножения вида. Соотношение полов варьировало от 1:9 до 1:18. В популяции *C. hyperboreus* численно доминировали, копеподиты IV (37.7±5.6 %), хотя присутствие копеподитов I–II (9.5±6.3 %) указывало на возможность нереста *C. hyperboreus*. Среднее соотношение полов (самцы:самки) составило 1:10.

В 2006 году самки *O. similis* были доминирующей группой (9.2–89.3 %). Доля копеподитов IV составляла 5.2 %, самцов – 11.3 %. Соотношение полов было смещено в сторону самок, в среднем на 1 самца приходилось 10 самок. Доля самок *O. similis*, несущих яйцевые мешки, изменялась от 23 до 39 %, в среднем составляя 31.4±1.1 %. Средние размеры яиц *O. similis* изменялись от 64.0 до 69.9 (67.6±0.4) мкм. Средняя величина кладки *O. similis* составляла 19.4–22.4 яйца на самку. Скорость индивидуальной продукции яиц колебалась в диапазоне 0.24–0.53 (0.33±0.02) яйца на самку в сутки, удельная генеративная продукция самок *O. similis* в среднем составляла 1.1±0.1 % в сутки при диапазоне варьирования 0.7–1.6 %. В 2007 году также преобладали самки (35.5±5.8 %), на долю V стадии приходилось 27.2±5.0 %. Соотношение полов колебалось от 1:1 до 1:4. Доля размножающихся самок *O. similis* колебалась от 28 до 44 % (35.3±1.6 %). Средний диаметр яйца *O. similis* варьировал от 65.9 до 69.9 мкм. Абсолютная плодовитость *O. similis* составляла от 16 до 28 яиц на самку (21.3±0.2 яйца на самку). Скорость индивидуальной продукции яиц *O. similis* характеризовалась незначительной изменчивостью (0.24–0.41, 0.31±0.02 яйца на самку в сутки). Аналогичная картина была отмечена для удельной генеративной продукции самок *O. similis*, пределы колебания которой составляли 0.8–1.4 % в сутки. В 2009 году вклад копеподитов V и самок в общую численность был приблизительно одинаковым – 37.5±2.9 и 38.5±3.3 % соответственно. Копеподиты IV составляли 19.8±1.3 %. В среднем на 1 самца приходилось 10 самок.

Сравнение сообществ разных лет. За время исследований было идентифицировано 60 таксонов зоопланктонных организмов. Средняя численность и биомасса мезозоопланктона составили 2247±290 экз/м^3 и 220±46 мг/м^3. Сопоставление мезозоопланктонных сообществ разных лет выявило ряд отличий.

Во-первых, довольно существенно различался состав мезозоопланктона. В 2006 году в пробах отсутствовали некоторые холодноводные медузы (*Dimophyes arctica* и *Ptychogya polaris*), которые были отмечены в 2007 г. В 2006–2007 годах были найдены копеподы *Oithona atlantica, Microcalanus pusillus* и *Scolecithricella minor*. В 2009 году средняя численность *Calanus* spp., *O. similis, Pseudocalanus* spp. и *L. helicina* была выше, чем в предшествующие годы. Сходство фауны мезозоопланктона, оцененное при помощи коэффициентов Брэя-Куртиса, составило 67.1 % (2006 и 2009 гг.) и 74.9 % (остальные две пары лет).

Во-вторых, количественные показатели мезозоопланктона различались между годами: в 2009 г. суммарная численность была в 1.4 и 2.6 раза выше по сравнению с 2007 и 2006 гг., биомассы – в 1.8 и 2.7 раза выше, чем в 2006 и 2007 гг. Различия по данному показателю между годами были статистически достоверными (табл. 9). Кроме того, исследуемые периоды различались по численности *C. finmarchicus*, *C. hyperboreus*, *M. longa*, *O. similis*, *Pseudocalanus* spp., науплиев копепод, личинок офиур. Для этих же таксонов, за редким исключением, выявлены отличия и по биомассе. Важно отметить и тот факт, что температура воды в слое облова была достоверно выше в 2006 г. по сравнению с 2007 г. (тест Краскела-Уоллиса, $H = 112.33$, $df = 1$, $p < 0.001$), хотя при сопоставлении трех лет различий не обнаружено.

Таблица 9

Результаты парных сравнений средней температуры и солености в слое облова, числа таксонов, численности и биомассы мезозоопланктона в 2006, 2007 и 2009 гг. в районе арх. ЗФИ

Таксон	Численность	Биомасса
Fritillaria borealis	> 0.05	> 0.05
Oikopleura vanhoeffenni	> 0.05	> 0.05
Calanus finmarchicus	< 0.05	> 0.05
Calanus glacialis	> 0.05	> 0.05
Calanus hyperboreus	< 0.001	< 0.05
Copepoda nauplii	< 0.001	< 0.05
Metridia longa	< 0.001	> 0.05
Oithona similis	< 0.05	< 0.001
Triconia borealis	> 0.05	> 0.05
Pseudocalanus spp.	< 0.05	> 0.05
Aeginopsis laurentii	> 0.05	> 0.05
Echinopluteus	> 0.05	> 0.05
Ophiopluteus	< 0.001	< 0.001
Limacina helicina	> 0.05	< 0.05
Parasagitta elegans	> 0.05	> 0.05
Сумма	< 0.05	> 0.05
Число таксонов	> 0.05	–
Температура	> 0.05	–
Соленость	< 0.001	–

В-третьих, отличался характер связи массовых групп мезозоопланктона со средней температурой воды и соленостью в слое облова (табл. 4).

Обсуждение. В целом, состав и количественное распределение мезозоопланктона в северной части Баренцева моря во многом были сходны с особенностями локализации, которые были зарегистрированы для других арктических районов Мирового океана, включая Гренландское море, Канадский Арктический бассейн, море Бофорта и Чукотское море (Зенкевич, 1963; Веслоногие ..., 1983; Hirche, Mumm, 1992; Thibault et al., 1999; Coyle, Pinchuk, 2005; Physical ..., 2006; Trophic ..., 2007; Daase, Eiane, 2007;

Zooplankton ..., 2008). Рассмотрим более подробно характерные черты пространственного распределения и состава мезозоопланктонных сообществ применительно к исследуемому району.

Ряд более ранних исследований показал, что зоопланктон вод, прилегающих к арх. ЗФИ и смежной акватории Северного Ледовитого океана, представляет собой комплекс арктической, арктобореальной и бореальной фаун (Горюнова, Шувалов, 1964; Шувалов, Павштикс, 1977; Kosteyn, Kwasniewski, 1992; Тимофеев, Широколобова, 1994; Лебедева и др., 2001). Причем последний компонент, характеризующийся, как правило, невысокой численностью, ассоциирован с более теплыми и солеными северо-атлантическими водами, тогда как два первых – с холодными арктическими и трансформированными баренцевоморскими водами. Кроме того, имеются и специфические прибрежные формы, распространенные преимущественно у берегов архипелага (Kosteyn, Kwasniewski, 1992; Тимофеев, Широколобова, 1994). Было показано, что зоопланктон вод, омывающих архипелаг, включает 54 таксона многоклеточных планктонных животных, причем фауна разных районов существенно отличается друг от друга (Тимофеев, Широколобова, 1994).

Наши результаты в целом хорошо соотносятся с полученными для этого района данными по структуре мезозоопланктона. Особенно это касается состава сообщества, зарегистрированного в 2007 г. Вместе с тем, в 2006 г., как было отмечено ранее, был зарегистрирован ряд малотипичных для высоких широт видов. По всей видимости, появление *O. atlantica, M. pusillus*, а также достаточно высокая численность *C. finmarchicus* может объясняться усиленным притоком теплых атлантических вод в северную часть Баренцева моря в 2006–2007 гг. В частности, с этим можно связать то, что средняя температура воды в слоях 100–0 м или дно–0 м у берегов архипелага в 2006 г. была выше, чем обычно (Комплексные ..., 2011). В 2007 году средняя температура воды в слое облова была ниже, чем в 2006 г., но, тем не менее, несколько превосходила среднемноголетние показатели, характерные для августа (Комплексные ..., 2011). В 2009 году температура в слое облова была выше, чем в 2007 г., однако в данном случае сравнение производить не совсем корректно, так как положение станций не совпадало в исследуемые периоды.

Согласно имеющимся представлениям о сезонном развитии сукцессии зоопланктонных сообществ арктических морей, весенняя фаза сукцессии в высоких широтах приходится на август–начало сентября (Богоров, 1974; Тимофеев, 1997; Food ..., 2006; Ecosystem ..., 2009). Анализ возрастного состава массовых представителей мезозоопланктона свидетельствует о весенней фазе развития, причем в 2006 г. сообщество по многим показателям было ближе к летней стадии. Скорее всего, именно аномально теплые условия 2006 г. способствовали более раннему развитию планктона. Именно за счет этого были сформированы высокие количественные показатели мезозоопланктона в районе ЗФИ в 2006 г.

Другой важный фактор, влияющий на размножение и рост планктонных животных, – концентрация пищи (Raymont, 1983; Food ..., 2006).

Как известно, при высокой температуре воды происходит более раннее таяние льда, что способствует интенсивному развитию фитопланктона (Макаревич, Дружкова, 2010), служащего основным кормовым ресурсом для зоопланктонных организмов. Максимум обилия и биомассы планктонных животных, среди которых преобладают крупные растительноядные формы, тесно связан с цветением фитопланктона. Основной особенностью арктических прибрежных экосистем открытого типа является наличие ледового покрова припайного типа. Сезонная динамика фитопланктона прибрежных систем (особенно в случае полярных архипелагов, где роль континентального стока весьма невелика) в значительной мере определяется динамикой ледового покрова. В высокоширотных районах имеет место наиболее простой тип сезонного развития арктического прибрежного фитопланктона, и в годовом цикле микроводорослей выделяется один пик – весеннее (прикромочное цветение) (Food ..., 2006; Макаревич, Дружкова, 2010; Комплексные ..., 2011). Здесь в течение вегетационного сезона представлены всего три фазы – цветение криофлоры припайных льдов, весенний максимум и сбалансированное развитие. В холодные годы возможен экстремальный вариант годового цикла пелагических водорослей, ограничивающийся развитием только ледовой флоры. Биомасса микроводорослей в северной части Баренцева моря в 2006 г. была выше, чем отмечено ранее (Wiktor, Zajaczkowski, 1992; Кузнецов и др., 1994; Дружкова, 2009), следовательно, и концентрация доступной пищи для зоопланктона также была выше. Таким образом, основным фактором, регулирующим количественное развитие мезозоопланктонного сообщества, является доступность и величина кормовой базы (фитопланктона). Температура оказывает опосредованное влияние, ускоряя или замедляя таяние льда.

Нельзя не отметить сильные пространственные вариации численности и биомассы мезозоопланктона между островами арх. ЗФИ. Такая неоднородность наиболее хорошо прослеживается при рассмотрении данных, полученных в 2006 и 2007 гг.

Немаловажную роль в формировании подобной мозаичности играет система локальной циркуляции. Наибольшее волнение наблюдается в августе–первой половине сентября. Это происходит за счет особого ветрового режима и изменения ледовитости (Денисов и др., 1994). Кроме того, акватория, прилегающая к архипелагу, характеризуется высокой изменчивостью непериодических течений, которая типична для всех окраинных арктических морей (Никифоров, Шпайхер, 1980).

Мы выявили, что массовым представителем зоопланктона вод, омывающих ЗФИ, была крупная копепода *C. glacialis*. Жизненный цикл *C. glacialis* в арктических морях длится от 1 до 3 лет (Melle, Skjoldal, 1998; Climate ..., 2007). В высоких широтах увеличение интенсивности света вызывает короткую, но довольно выраженную вспышку численности ледовых микроводорослей (Макаревич, Дружкова, 2010), цветение фитопланктона начинается после разрушения ледового покрова (Зенкевич, 1963; Lipids ..., 2009). Вид приступает к размножению до или во время ранневесеннего цветения (Reproductive ..., 2002; Timing ..., 2010), при этом

часть энергии запасается в виде нейтральных липидов, которые играют ключевую роль в развитии *Calanus* spp. (Lee et al., 2006). Начало размножения *C. glacialis* приходится на март–сентябрь, в зависимости от условий среды (Hirche, 1989; Seasonal ..., 2008). Особи текущего поколения растут наиболее быстро в год появления, достигая IV копеподитной стадии, которая отличается значительными запасами жира. Затем осенью рачки опускаются в глубоководные слои (на шельфе это 200–300 м), переходят в состояние покоя и зимуют (Kosobokova, 1999). Другие результаты свидетельствуют о том, что вид способен развиваться от яйца до копеподитов III или IV за один год (Lipids ..., 2000). Однако последующее развитие от копеподита IV до копеподита V, соответствующий прирост массы тела и накопление липидов очень редко может достигаться за один (последующий) год, исключая очень благоприятные условия. Следовательно, развитие от стадии IV до стадии V, видимо, присуще двухлетним *C. glacialis*. Сформировавшиеся крупные копеподиты V имеют большой запас липидов. Они зимуют, после чего приступают к размножению на третий год их жизни во время цветения фитопланктона или несколько ранее – за счет имеющихся жировых запасов (Climate ..., 2007).

Существует предположение, что в арктических районах в теплые периоды с высокой величиной кормовой базы *C. glacialis* завершает свой жизненный цикл за 1 год, тогда как в холодные периоды развитие занимает 2 года (Lipids ..., 2000). В большинстве районов, расположенных к северу от полярного фронта, жизненный цикл вида длится 2 года, зимуют копеподиты IV и V (Conover, 1988; Conover, Siferd, 1993; Melle, Skjoldal, 1998; Kosobokova, 1999; Madsen et al., 2001). Более длительное время развития, способность созревать и размножаться ранней весной независимо от наличия источников пищи (MacLellan, 1967; Reproductive ..., 2002) делают *C. glacialis* более приспособленным к непредсказуемым условиям внешней среды высокоарктических районов.

Соотношение возрастных стадий *C. glacialis* (преобладание молоди) позволяет с большой долей уверенности предполагать, что нерест вида в водах, омывающих арх. ЗФИ, в 2006, 2007 и 2009 гг. был приурочен к середине июня–началу июля. Более того, используя экспериментальные зависимости времени развития от яиц до конкретной возрастной стадии (Growth ..., 2001), получаем, что пик репродукции *C. glacialis* приходился на июнь–июль, а начало размножения – на середину марта, полагая, что копеподиты V в планктоне были представлены рачками текущего года. Бимодальное распределение размеров тела III–V копеподитов свидетельствует о том, что группировка данного вида, по всей видимости, состояла из двух популяций разного происхождения, одна из которых могла быть локальной или арктического происхождения, вторая, скорее всего, включала рачков, привнесенных течениями из северо-западной или центральной части Баренцева моря. Подобная картина отмечена и для прибрежных вод арх. Шпицберген (Distribution ..., 2003; Physical ..., 2006).

С другой стороны, с высокой долей уверенности можно утверждать, что наиболее частые размерные спектры соответствовали особям разных

поколений. С учетом этого развитие *C. glacialis* в прибрежных водах ЗФИ, в теплые годы должно занимать 2 года. Также стоит упомянуть, что повышение температуры воды, связанное с усилением притока атлантических вод, ведет к более раннему таянию льда и, как следствие, к удлинению вегетационного сезона. За счет дополнительных кормовых ресурсов и благоприятных температурных условий рачки развиваются быстрее и больше энергии инвестируют в продукцию яиц. В холодные годы, когда ледовый покров может существовать на протяжении всего года, единственным источником пищи для растительноядных копепод остается ледовая микрофлора (Ecosystem ..., 2009; Макаревич, Дружкова, 2010). Итогом недостатка корма и низких температур будет существенное замедление развития, поэтому реализация жизненного цикла *C. glacialis* будет занимать 3–4 года.

Еще одним многочисленным представителем зоопланктонного сообщества является мелкий веслоногий рачок *O. similis*. В северной части Баренцева моря в прибрежных водах арх. ЗФИ схему развития *O. similis* можно представить следующим образом (Дворецкий, Дворецкий, 2011а). На протяжении большей части сезона популяция *O. similis* представлена незначительным количеством копеподитных стадий. Только в начале июля активизируется процесс формирования старших копеподитов и половозрелых особей *O. similis*. Однако процесс этот протекает очень быстро, так что в конце июля отмечается появление самок с яйцевыми мешками, а к началу августа приурочен пик размножения рачков. Соответственно в этот период численность половозрелых стадий максимальна, к середине месяца она существенно падает, а доля науплиев *O. similis* резко повышается. Полностью нерест прекращается в конце сентября. Копеподитные стадии нового поколения появляются в планктоне в октябре, часть из них успевает развиться до старших копеподитов, однако подавляющее количество приостанавливает свое развитие вплоть до августа следующего года. Иными словами, зимующий фонд *O. similis* представлен только копеподитными стадиями. Таким образом, общая продолжительность жизненного цикла *O. similis* в высоких широтах равняется 11 мес.

Одним из важнейших факторов, определяющих особенности жизненного цикла *O. similis* в полярных районах, являются ледовые условия отдельных областей. Ледовый покров препятствует проникновению света в водную толщу и, как следствие, мешает развитию фитопланктона, служащего основой кормовой базы *O. similis* в арктических морях (Богоров, 1974). С другой стороны, проведенные ранее исследования показали, что развитие фитопланктона начинается и на полностью покрытых льдом акваториях. В Баренцевом и Карском морях пик его численности может совпадать по времени с апрельским сезонным максимумом ледовитости. Исходя из имеющихся данных по специфике развития зимнего зоопланктона (Мезозоопланктон ..., 2001), можно предполагать, что в северной части Баренцева моря, видимо, может происходить формирование двух генераций за год. Однако это будет иметь место лишь при благоприятных

ледовых условиях на отдельных акваториях (полынные зоны и участки около кромки льдов). Вероятность подобного сценария подтверждается гибкой жизненной стратегией вида (Дворецкий, Дворецкий, 2011а), который способен в качестве пищи помимо фитопланктона использовать микрозоопланктон, детрит и пеллеты (Nakamura, Turner, 1997; Feeding ..., 2005, 2008).

На рисунке 7 показаны данные по общей численности и сырой биомассе мезозоопланктона, которые были зарегистрированы у берегов ЗФИ и прилегающих водах. Анализ приведенной информации свидетельствует о том, что в целом количественные показатели были достаточно хорошо сопоставимы друг с другом, за исключением величин, отмеченных в 1955 г. (Горюнова, Шувалов, 1964). Выявленные отличия во многом связаны с разницей в исследуемых периодах, методике сбора планктона (в 1970 г. зоопланктон отлавливали только в узком приповерхностном слое), с разным географическим положением станций отбора проб (локальная батиметрия, гидрографические свойства, пищевые условия и т. д.), а также мозаичностью в распределении планктона.

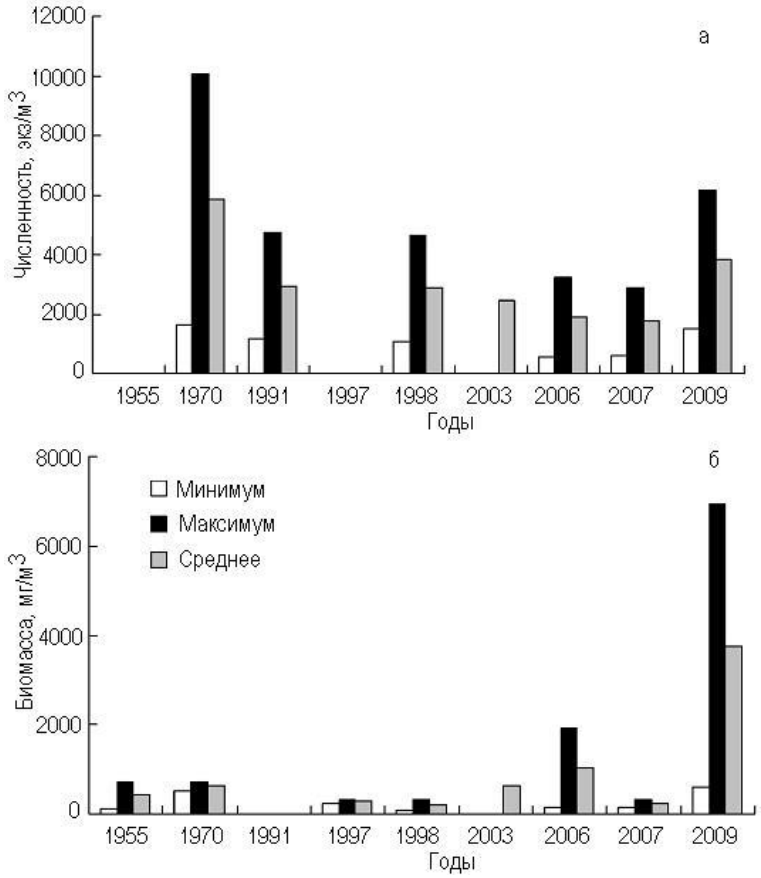


Рис. 7. Численность (а) и сырая биомасса (б) мезозоопланктона в северной части Баренцева моря в летне-осенний период 1955 г. (Горюнова, Шувалов, 1964), 1970 г. (Шувалов, Павштикс, 1977), 1991 г. (Kosteyn, Kwasnewski, 1992), 1997 г. (Мусаева, Гагарин, 2000), 1998 г. (Лебедева и др., 2001); 2003 г. (Дружинина, Марасаева, 2004); 2006, 2007, 2009 гг. (наши данные)

Более или менее корректно мы можем сопоставить наши данные с показателями, зарегистрированными в бухте Тихая в августе 1991 г. (Kosteyn, Kwasniewski, 1992). В этот период в пробах было идентифицировано 30 видов зоопланктона, копеподы доминировали в структуре сообщества, насчитывая 69.8–86.4 % общей численности. Среди веслоногих рачков наибольшую роль в сообществе играли *O. similis, P. minutus, Calanus* spp. и их науплиальные стадии. При этом *C. glacialis* преобладал над *C. hyperboreus*, а у *C. finmarchicus* были отмечены немногочисленные самки (Kosteyn, Kwasniewski, 1992). В нашем исследовании, как уже отмечалось, доля *C. finmarchicus* была относительно велика (таблицы 3, 6, 8). Логично предположить, что данные отличия в составе могут быть связаны с температурой воды. В 1991 году поверхностная температура (–0.2 ^{o}C) была существенно ниже, чем в 2006–2007 гг. (Schaban, Matishov, 1992). Вместе с тем, обилие другого бореального вида – *O. atlantica* – было одинаковым в 1991 и 2006 гг. (0.4–19 и 0.9–14 экз/м^3 соответственно), что, видимо, обусловлено локальной мозаичностью в распределении мезозоопланктона, поскольку данный вид встречался в пробах достаточно редко. Как видно из рис. 7, общая численность мезозоопланктона была сходна в 1991, 2006 и 2007 гг.

Таким образом, структура мезозоопланктона у берегов арх. ЗФИ в летние периоды 2006, 2007 и 2009 гг. характеризовалась преобладанием в сообществе веслоногих ракообразных, среди которых доминировали крупные представители рода *Calanus*. Высокая численность и биомасса были связаны, видимо, с повышенной концентрацией доступных источников пищи (фитопланктона). Температура воды опосредованно влияла на мезозоопланктон. Пространственная неоднородность комплекса зоопланктонных организмов в конкретный исследуемый период, скорее всего, была обусловлена местными гидрологическими условиями и особенностями циркуляции водных масс.

Литература

Богоров В.Г. Планктон Мирового океана. М.: Наука, 1974. 320 с.

Бродский К.А. Веслоногие рачки Calanoida дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 441 с.

Веслоногие ракообразные (Copepoda: Calanoida) морей СССР и сопредельных вод / К.А. Бродский, Н.В. Вышкварцева, М.С. Кос, Е.Л. Мархасева. Л.: Наука, 1983. Т. 1. 358 с.

Виноградов М.Е., Волков А.Ф., Семенова Т.Н. Амфиподы-гипериидеи (Amphipoda, Hyperiidea) Мирового океана. Л.: Наука, 1982. 493 с.

Виноградов М.Е., Шушкина Э.А. Функционирование планктонных сообществ эпипелагиали океана. М.: Наука, 1987. 240 с.

Горюнова З.С., Шувалов В.С. Зоопланктон по сборам экспедиции на л/р “Ф. Литке” в 1955 г. // Тр. ААНИИ. 1964. Т. 259. С. 378–388.

Дворецкий В.Г. Распределение личинок эвфаузиид и десятиногих ракообразных в весеннем планктоне южной части Баренцева моря // Изв. РАН. Сер. биол. 2011а. № 4. С. 463–469.

Дворецкий В.Г. Межгодовые вариации трофической структуры и биоразнообразия зоопланктонных сообществ в южной части Баренцева моря // Изв. ТИНРО. 2011б. Т. 165. С. 185–195.

Дворецкий В.Г. Структура популяции и скорость продукции яиц *Temora longicornis* (Copepoda) в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море) в середине летнего периода // Вестн. Санкт-Петербург. ун-та. Сер. 3. 2012а. Вып. 2. С. 35–43.

Дворецкий В.Г. Размерная структура популяций *Calanus finmarchicus, C. glacialis* и *C. hyperboreus* во внутренних водах архипелага Земля Франца-Иосифа в августе 2006 и 2007 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012б. № 3. С. 28–39.

Дворецкий В.Г. Продукция кормового зоопланктона в Баренцевом море в летний период // Изв. ТИНРО. 2012в. Т. 168. С. 169–183.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Динамика численности и биомассы зоопланктона Кольского залива (Баренцево море) // Докл. РАН. 2008. Т. 422, № 2. С. 273–275.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Летняя продукция копепод в Баренцевом море // Докл. РАН. 2009а. Т. 428, № 3. С. 423–425.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Изменчивость морфологических характеристик *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) в Белом море // Биология моря. 2009б. Т. 35, № 3. С. 229–232.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Продукция поздних стадий развития *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) в Кольском заливе (Баренцево море) // Тр. ЗИН РАН. 2009в. Т. 313, № 4. С. 397–405.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Морфологическая изменчивость массовой планктонной копеподы *Pseudocalanus minutus* в Баренцевом море // Докл. РАН. 2010а. Т. 431, № 6. С. 831–835.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Морфологическая изменчивость *Oithona similis* (Copepoda) в Баренцевом море // Вестн. ЮНЦ РАН. 2010б. Т. 6, № 1. С. 80–88.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение зоопланктона Баренцева моря в августе 2006 г. // Океанология. 2010в. Т. 50, № 6. С. 964–972.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение биомассы зоопланктона в Баренцевом море в 2007 г. // Изв. ТИНРО. 2010г. Т. 161. С. 162–171.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Биология и роль *Oithona similis* в зоопланктоне морей Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011а. 349 с.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Смертность планктонного рачка *Oithona similis* Claus, 1866 (Copepoda: Cyclopoida) в Баренцевом и Белом морях // Биология моря. 2011б. Т. 37, № 2. С. 116–123.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Динамика биомассы зоопланктона и *Cala-nus finmarchicus* в прибрежье Баренцева моря в различных термических условиях // Изв. РАН. Сер. биол. 2012. № 6. С. 667–672.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Зимний зоопланктон юго-западной части Баренцева моря (март 2007 г.) // Рыбн. хоз-во. 2013а. № 2. С. 74–78.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Уровни смертности двух массовых копепод в Баренцевом море // Вестн. МГТУ. 2013б. Т. 16, № 3. С. 460–465.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Генеративная продукция планктонного рачка *Pseudocalanus minutus* в прибрежье Баренцева моря // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2013в. Т. 118, вып. 4. С. 34–38.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Суточная продукция *Acartia longiremis* в Баренцевом море в летний период // Изв. ТИНРО. 2013г. Т. 175. С. 263–269.

Денисов В.В., Матишов Д.Г., Соколов В.Т. Гидрометеорологические условия архипелага // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 25–38.

Дружинина О.В., Марасаева Е.Ф. Зоопланктона Баренцева моря (весна–лето 2003 г.) // Комплексные исследования процессов, ресурсов и характеристик российских морей Северо-Европейского бассейна. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. Вып. 1. С. 204–215.

Дружкова Е.И. Особенности пространственного распределения нанофитопланктона в районе архипелага Земля Франца-Иосифа в летний период // Докл. РАН. 2009. Т. 427, № 5. С. 707–709.

Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.

Зеликман Э.А. Сообщества арктической пелагиали // Океанология. Биология океана. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977. С. 43–55.

Зеликман Э.А., Камшилов М.М. Многолетняя динамика биомассы планктона южной части Баренцева моря и факторы, ее определяющие // Тр. ММБИ АН СССР. 1960. Т. 2(6). С. 68–102.

Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.

Канаева И.П. Средний вес Copepoda Центральной и Северной Атлантики, Норвежского и Гренландского морей // Тр. ВНИРО. 1962. Т. 46. С. 253–266.

Комплексные исследования больших морских экосистем России / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 516 с.

Кузнецов Л.Л., Макаревич П.Р., Макаров М.В. Структурно-продукционные показатели морских фитоценозов // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 89–94.

Лебедева Л.П., Марасаева Е.Ф., Анохина Л.Л. Мезозоопланктон высокоширотных районов Баренцева моря в осенне-зимний период // Океанология. 2001. Т. 41, № 5. С. 736–744.

Ломакина Н.Б. Эвфаузииды (Euphausiacea) Мирового океана. Л.: Наука, 1978. 222 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.

Мезозоопланктон подо льдом Печорского и Карского морей в зимне-весенний период 2000 г. / Г.М. Виноградов, Н.В. Дружков, Е.Ф. Марасаева, В.В. Ларионов // Океанология. 2001. Т. 41, № 5. С. 728–735.

Мусаева Э.И., Гагарин В.И. Распределение биомассы зоопланктона Баренцева моря осенью 1997 г. // Океанология. 2000. Т. 40, № 4. С. 569–673.

Никифоров Е.Г., Шпайхер Р.О. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 269 с.

Определитель фауны и флоры северных морей СССР / Отв. ред. Н.С. Гаевская. М.: Сов. наука, 1948. 740 с.

Перцова Н.М. Средние веса и размеры массовых видов зоопланктона Белого моря // Океанология. 1967. Т. 7, № 2. С. 309–313.

Руководство по гидробиологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 724 с.

Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. А.В. Цыбань. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 191 с.

Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. 256 с.

Тимофеев С.Ф. Зоопланктон Баренцева моря // Планктон морей Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. С. 266–295.

Тимофеев С.Ф. Экология морского зоопланктона. Мурманск: Изд. МГПИ, 2000. 216 с.

Тимофеев С.Ф., Широколобова О.В. Зоопланктон и его биоценотическое значение // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 94–100.

Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. Л.: Наука, 1968. 195 с.

Шувалов В.С., Павштикс Е.А. Состав и распределение приповерхностного зоопланктона (гипонейстона) в районе Земли Франца-Иосифа // Исследования фауны морей. 1977. Вып. 14(22). С. 55–71.

Clarke K.R., Warwick R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 1994. 144 p.

Climate variability and possible effects on arctic food chains. The role of *Calanus* / S. Falk-Petersen, S. Timofeev, V. Pavlov, J.R. Sargent // Environmental Challenges in Arctic-Alpine Regions. Arctic-Alpine Ecosystems and People in a Changing Environment. Berlin: Springer Verlag, 2007. Part 2. P. 147–166.

Conover R.J. Comparative life histories in the genera *Calanus* and *Neocalanus* in high latitudes of the northern hemisphere // Hydrobiologia. 1988. V. 167–168. P. 127–142.

Conover R.J., Siferd T.D. Dark-season survival strategies for coastal zone zooplankton in the Canadian Arctic // Arctic. 1993. V. 46. P. 303–311.

Coyle K.O., Pinchuk A.I. Seasonal cross-shelf distribution of major zooplankton taxa on the northern Gulf of Alaska shelf relative to water mass properties, species depth preferences and vertical migration behavior // Deep-Sea Res. II. 2005. V. 52. P. 217–245.

Daase M., Eiane K. Mesozooplankton distribution in northern Svalbard waters in relation to hydrography // Polar Biol. 2007. V. 30. P. 969–981.

Dalpadado P., Ingvaldsen R., Hassel A. Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea // Polar Biol. 2003. V. 26. P. 233–241.

Distribution of *Calanus* species in Kongsfjorden, a glacial fjord in Svalbard / S. Kwasniewski, H. Hop, S. Falk-Petersen, G. Pedersen // J. Plankton Res. 2003. V. 25. P. 1–20.

Dvoretsky V.G. Distribution of *Calanus* species off Franz-Josef Land (Arctic Barents Sea) // Polar Sci. 2011. V. 5. P. 361–373.

Dvoretsky V.G. Seasonal mortality rates of *Oithona similis* (Cyclopoida) in a large Arctic fjord // Polar Sci. 2012. V. 6. P. 263–269.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Life cycle of *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoida) in Kola Bay (Barents Sea) // Marine Biol. 2009a. V. 156. P. 1433–1446.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Morphological plasticity in the small copepod *Oithona similis* in the Barents and White Seas // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2009b. V. 385. P. 165–178.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Spatial variations in reproductive characteristics of the small copepod *Oithona similis* in the Barents Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2009c. V. 386. P. 133–146.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (south-eastern Barents Sea) // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2009d. V. 84. P. 11–20.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton distribution near Novaya Zemlya (eastern Barents Sea) // Polar Biol. 2009e. V. 32. P. 719–731.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Mesozooplankton structure in Dolgaya Bay (Barents Sea) // Polar Biol. 2010a. V. 33. P. 703–708.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Checklist of fauna found in zooplankton samples from the Barents Sea // Polar Biol. 2010b. V. 33. P. 991–1005.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Mesozooplankton structure in the northern White Sea in July 2008 // Polar Biol. 2011a. V. 34. P. 469–474.

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

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

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Epiplankton in the Barents Sea: Summer variations of mesozooplankton biomass, community structure and diversity // Conti. Shelf Res. 2013a. V. 52. P. 1–11.

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

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Morphometric differentiation of *Pseudocalanus minutus* populations in the Barents Sea // Acta Zoologica. 2013c. V. 94. P. 203–214.

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

Ecosystem Barents Sea. Trondheim: Tapir Academic Press, 2009. 587 p.

Feeding and egg production of *Oithona similis* in the North Atlantic / C. Castellani, X. Irigoien, R.P. Harris, R.S. Lampitt // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2005. V. 288. P. 173–182.

Feeding of *Calanus finmarchicus* and *Oithona similis* on the microplankton assemblage in the Irminger Sea, North Atlantic / C. Castellani, X. Irigoien, D.J. Mayor et al. // J. Plankton Res. 2008. V. 30. P. 1095–1116.

Food webs and carbon flux in the Barents Sea / P. Wassmann, M. Reigstad, T. Haug et al. // Prog. Oceanogr. 2006. V. 71. P. 232–287.

Growth and development rates of the copepod *Calanus finmarchicus* reared in the laboratory / R.G. Campbell, M.M. Wagner, G.J. Teegarden et al. // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2001. V. 221. P. 161–183.

Hirche H.J. Egg production of the copepod *Calanus glacialis* – laboratory experiments // Mar. Biol. 1989. V. 103. P. 311–318.

Hirche H.J., Mumm N. Distribution of dominant copepods in the Nansen Basin, Arctic Ocean, in summer // Deep-Sea Res. 1992. V. 39 (Suppl. issue № 2A). S. 485–505.

Hydrodynamic control of mesozooplankton abundance and biomass in northern Svalbard waters (79–81° N) / K. Blachowiak-Samolyk, J.E. Søreide, S. Kwasniewski et al. // Deep-Sea Res. II. 2008. V. 55. P. 2210–2224.

Kosobokova K.N. The reproductive cycle and life history of the Arctic copepod *Calanus glacialis* in the White Sea // Polar Biol. 1999. V. 22. P. 254–263.

Kosteyn Y., Kwasniewski S. The near shore zooplankton of the Tikhaia Bay (Franz-Josef Land) in August 1991 // Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. P. 23–34.

Lee R.F., Hagen W., Kattner G. Lipid storage in marine zooplankton // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2006. V. 307. P. 273–306.

Lipids and life strategies of *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis*, and *Calanus hyperboreus* in late autumn, Kongsfjorden, Svalbard / C.L. Scott, S. Kwasniewski, S. Falk-Petersen, J.R. Sargent // Polar Biol. 2000. V. 23. P. 510–516.

Lipids and life strategy of Arctic *Calanus* / S. Falk-Petersen, P. Mayzaud, G. Kattner, J.R. Sargent // Mar. Biol. Res. 2009. V. 5. P. 18–39.

MacLellan D.C. The annual cycle of certain calanoid species in west Greenland // Can. J. Zool. 1967. V. 45. P. 101–115.

Madsen S.D., Nielsen T.G., Hansen B.W. Annual population development and production by *Calanus finmarchicus, C. glacialis* and *C. hyperboreus* in Disko Bay, Western Greenland // Marine Biol. 2001. V. 139. P. 75–93.

Magnitude of mesozooplankton variability: a case study from the Marginal Ice Zone of the Barents Sea in spring / K. Blachowiak-Samolyk, S. Kwasniewski, H. Hop, S. Falk-Petersen // J. Plankton Res. 2008. V. 30. P. 311–323.

Margalef R. Information theory in ecology // Gen. Syst. 1957. V. 3. P. 37–71.

Melle W., Skjoldal H.R. Reproduction and development of *Calanus finmarchicus, C. glacialis* and *C. hyperboreus* in the Barents Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1998. V. 169. P. 211–228.

Menhinick E.F. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects // Ecology. 1964. V. 48. P. 392–404.

Mumm N. Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer // Berichte zur Polarforschung. 1991. V. 92. 173 p.

Nakamura Y., Turner J.T. Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: How important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? // J. Plankton Res. 1997. V. 19. P. 1275–1288.

Physical and biological characteristics of the pelagic system across Fram Strait to Kongsfjorden / H. Hop, S. Falk-Petersen, H. Svendsen et al. // Prog. Oceanogr. 2006. V. 71. P. 182–231.

Pielou E.C. Mathematical ecology. New York: Wiley, 1977. 385 p.

Raymont J.E.G. Plankton and productivity in the ocean. 2. Zooplankton. 2nd Ed. Oxford; New York: Pergamon Press, 1983. 824 p.

Reproductive cycles of three dominant *Calanus* species in Disko Bay, West Greenland / B. Niehoff, S.D. Madsen, B.W. Hansen, T.G. Nielsen // Marine Biol. 2002. V. 140. P. 567–576.

Richter C. Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea // Berichte zur Polarforschung. 1994. V. 154. P. 1–90.

Schaban A., Matishov D. On structure of water masses in straits of the Franz-Joseph Land // Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. P. 5–8.

Seasonal feeding strategies of *Calanus* in the high-Arctic Svalbard region / J.E. Søreide, S. Falk-Petersen, E.N. Hegseth et al. // Deep Sea Res. II. 2008. V. 55. P. 2225–2244.

Shannon C.B., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana: Univer. of Illinois Press, 1963. 45 p.

Simpson E.H. Measurement of diversity // Nature. 1949. V. 163. P. 688.

Thibault D., Head E.J.H., Wheeler P.A. Mesozooplankton in the Arctic Ocean in summer // Deep-Sea Res. I. 1999. V. 46. P. 1391–1415.

Timing of blooms, algal food quality and *Calanus glacialis* reproduction and growth in a changing Arctic / J.E. Søreide, E. Leu, J. Berge et al. // Global Change Biol. 2010. V. 16. P. 3154–3163.

Trophic structure of zooplankton in the Fram Strait in spring and autumn 2003 / K. Blachowiak-Samolyk, S. Kwasniewski, K. Dmoch et al. // Deep-Sea Res. II. 2007. V. 54. P. 2716–2728.

Wiktor J., Zajaczkowski M. Suspended matter and phytoplankton in Tikhaia Bay, summer 1991 // Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. P. 14–18.

Zar J.H. Biostatistical Analysis. 4th Ed. New York: Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, 1999. 931 p.

Zooplankton distribution in the western Arctic during summer 2002: Hydrographic habitats and implications for food chain dynamics / P.V.Z. Lane, L. Llinás, S.L. Smith, D. Pilz // J. Mar. Syst. 2008. V. 70. P. 97–133.

УДК 574.5

Е.А. Фролова, О.Ю. Ахметчина, Е.А. Гарбуль, Д.Р. Дикаева, О.Л. Зимина, О.С. Любина, И.О. Нехаев, Н.Н. Пантелеева, А.А. Фролов
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

БЕНТОСНЫЕ СООБЩЕСТВА АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

Представлены результаты исследований бентосной фауны в районе арх. Земля Франца-Иосифа в 2006–2007 гг. Получен видовой список донных беспозвоночных, их количественные характеристики. Выявлены донные биоценозы, исследована их трофическая и биогеографическая структуры. Проанализировано распределение видового богатства, биомассы, плотности поселения донной фауны в зависимости от глубины. Полученные результаты сопоставлены с данными российских и международных исследований 1992 г. в том же районе. Отмечено сходство и отличие видового состава и количественных характеристик.

E.A. Frolova, O.Yu. Akhmetchina, E.A. Garbul, D.R. Dikaeva, O.L. Zimina, O.S. Lyubina, I.O. Nekhaev, N.N. Panteleeva, A.A. Frolov
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

BENTHIC COMMUNITIES OF THE FRANZ-JOSEF LAND REGION

Abstract

This section discusses results of studies on benthic fauna in the Franz-Josef Land region in 2006–2007. The article presents a list of species of bottom invertebrates including their quantitative characteristics and describes bottom biocenoses, their trophic and biogeographical structures. Then it analyzes the distribution of species abundance, biomass, and density of bottom fauna with respect to depth levels. The obtained results were compared with data from national and international research, 1992, in the same area. It was noted the similarity and difference of species composition and quantitative characteristics of bottom fauna.

Введение. 30 августа 1873 г. участниками Полярной австро-венгерской экспедиции на парусно-паровой шхуне “Адмирал Тегетхофф” под руководством Карла Файпрехта и Джулиуса Пайера был открыт неизвестный ранее архипелаг, названный впоследствии Землей Франца-Иосифа (ЗФИ) (Визе, 1930). Начиная с этого времени многочисленные экспедиции, изучающие острова, проводили сборы донных животных. История российских исследований донной фауны в районе ЗФИ берет начало с 1901 г., когда врачом ледокола “Ермак” А.Г. Чернышовым была собрана коллекция морских животных на двух станциях около о. Нортбрук (Anisimova, 2001). Начиная с 1920-х гг. Советский Союз развернул планомерные исследования в этом районе. 29 августа 1929 г. в бухте Тихая на о. Гукера была открыта постоянная научно-исследовательская станция, а в 1932 г. такая же станция была открыта на о. Рудольфа. Комплексные экспедиции, организованные Институтом по изучению Севера (ныне ААНИИ) с ледоколов “Георгий Седов” (1929, 1930 гг.), “Садко” (1935, 1936 гг.) и “Федор Литке” (1955 г.), имели большое значение для изучения донной фауны шельфа и материкового склона архипелага.

Несмотря на богатую историю исследования видового разнообразия донной фауны в районе ЗФИ, количественных данных о ней было получено не так уж много. В 1970 году Зоологическим институтом АН СССР на ЗФИ был направлен гидробиологический отряд под руководством А.Н. Голикова на борту дизель-электрохода “Обь”. Ученые исследовали верхние отделы шельфа с помощью легководолазной техники. В результате был выявлен количественный состав донной фауны и флоры, а также установлены некоторые закономерности вертикального распределения прибрежных биоценозов в различных районах у ЗФИ (Голиков, Аверинцев, 1977). В 1981–1982 годах на о. Хейса работала первая экспедиция ЗИН АН СССР под руководством В.Г. Аверинцева, выполнившая круглогодичный мониторинг. В 1985 году на НТС “Помор” состоялась первая экспедиция Мурманского морского биологического института (ММБИ). В 1990 году

в бухте Тихая на о. Гукера проводила исследования первая российско-норвежско-польская экспедиция с участием ММБИ, в ходе которой также были выполнены количественные сборы бентоса. Эти исследования продолжались в 1991 и 1992 гг. (НИС "Дальние Зеленцы") (Аверинцев, 1994; Донные …, 1994; Anisimova, 2001; Macrobenthic …, 2009), 1994 г. (НИС "Академик Голицын") и 1995 г. (СРБ "Ясногорск", район о. Нортбрук).

Архипелаг ЗФИ представляет собой сложную систему островов и разделяющих их проливов. Проливы имеют ширину от нескольких сотен метров до 30–50 км и глубины от 500–600 м в северной и западной частях архипелага до 250–350 м на юге и востоке. Желоба проливов ЗФИ имеют неровное, часто скалистое дно, в различной степени покрытое осадками. Кроме крупных желобов-проливов, на дне отчетливо выражена система желобов-притоков. Характерная черта подводного рельефа – мелководье вокруг многих островов, в пределах которого можно выделить, по крайней мере, два уровня (верхний – до глубины 30, реже 40–50 м и нижний – на глубине 110–180 м) (Матишов и др., 1994).

По данным М.В. Кленовой (1960), в районе исследований распространены глинисто-илистые, песчанисто-илистые и песчаные грунты с галькой, камнями и валунами, а в прибрежных мелководных районах – с примесью ракуши. С увеличением глубины характер грунта меняется в сторону преобладания илов. Согласно исследованиям 1991–1992 гг., в большинстве случаев верхняя часть разреза донных осадков представлена алевритами и мелкоалевритовыми сильно обводненными илами, пронизанными многочисленными трубками полихет. Содержание гравийно-галечного материала, состоящего из обломков пород различной степени окатанности, не имеет видимой связи с глубиной. Среди современных ведущих факторов осадконакопления на шельфе ЗФИ важнейшее место принадлежит ледовому разносу осадочного материала и поступлению тонкодисперсной взвеси – "ледникового молока". Существенное значение для осадконакопления имеет относительная изолированность проливов архипелага от открытого моря, что определяет заметное снижение волновой активности и формирование нетипичных мелкозернистых осадков на мелководьях (Особенности …, 1994).

Водные массы, омывающие архипелаг, слагаются из вод Арктического бассейна, атлантических, баренцевоморских, Карского моря и шельфовых. Верхний слой воды (0–10 м) образуется в результате летнего прогрева местной водной массы, процессов ледотаяния и взаимодействия с баренцевоморскими водами. Температура воды в этом слое от –0.5 до –0.8 ^{o}C, соленость – 33.2–33.7 ‰. Баренцевоморские воды (с температурой от 0 до 0.4 ^{o}C) проникают внутрь архипелага с юга через пролив Де-Брюйне в слое 10–20 м. Они не распространяются на север далее о. Кетлица в проливы Юнга и Маркама и восточнее бухт Юрия и Тихая, где их распространению препятствуют холодные местные воды. Основной пласт в проливах толщиной в 150–300 м занимают воды местного осенне-зимнего

происхождения с температурой от –0.5 до –1.5 °С и соленостью 34.2–34.7 ‰. Слой воды мощностью 20–50 м у дна в глубоководных желобах проливов занимают сравнительно менее холодные, чем вышележащие воды, поступающие внутрь архипелага с Западно-Шпицбергенским течением и распространяющиеся в проливы по глубоководным желобам (400–600 м) (Денисов и др., 1994).

Материалы и методы. Данная работа основана на материалах научно-исследовательских экспедиций ММБИ 2006 и 2007 гг. (НИС "Дальние Зеленцы"). В районе ЗФИ были собраны, обработаны и проанализированы 42 пробы зообентоса с 14 станций (табл. 1, рис. 1). Исследования в районе ЗФИ выполнены на глубине от 31 до 460 м. Придонная температура воды здесь варьировала от –1.35 до –0.16 °С, а придонная соленость – от 33.73 до 34.91 ‰.

Отбор проб производили дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м^2 в 3-кратной повторности. Собранный дночерпателем грунт промывали через сито с ячеей 0.75 мм и последующей фиксацией в 4 %-м формальдегиде, нейтрализованном тетраборатом натрия. Пробы обрабатывали согласно стандартной гидробиологической методике (Руководство…, 1980). Сбор, первичная сортировка проб, таксономическая обработка материала проведены сотрудниками лаборатории бентоса ММБИ: О.Ю. Ахметчиной, Е.А. Гарбулем, Д.Р. Дикаевой, О.Л. Зиминой, А.М. Илющенко, О.С. Любиной, И.О. Нехаевым, Н.Н. Пантелеевой, В.Н. Паюсовой, А.А. Фроловым, Е.А. Фроловой.

Биоценозы выделяли по доминирующим видам донных беспозвоночных. Показателем доминирования считали поток энергии R через популяции видов, пропорциональный интенсивности метаболизма:

$$R = cN^{0.25}B^{0.75},$$

где N – численность, экз/м^2; B – биомасса, г/м^2; c – специфичный для таксона коэффициент удельной интенсивности метаболизма (Алимов, 1989). Видовое богатство оценивали по количеству видов на станции. В качестве показателя реакции донной фауны на изменение теплосодержания вод было принято изменение соотношения количества бореальных и арктических видов животных (Несис, 1960).

Исследование трофической структуры биоценозов проводили на основании общепринятой классификации способов питания донных беспозвоночных, включающей пять основных пищевых группировок: неподвижные и подвижные сестонофаги, собирающие детритофаги и безвыборочно заглатывающие грунт (грунтоеды), плотоядные (хищники и трупоеды) (Кузнецов, 1980). Трофическую зону, в которой находится станция, определяли по доминирующей на данной станции по биомассе трофической группировке. Поскольку плотоядные – мигрирующий компонент донной фауны, их не учитывали при анализе трофологической структуры.

Таблица 1

Положение и характеристика станций в районе ЗФИ в августе 2006–2007 гг.

Номер станции	Дата	Координаты		Температура, °С	Соленость, ‰	Глубина, м	Грунт
		с. ш.	в. д.				
					2006 г.		
38_6	23	79°47.53’ (79°47.87’)	53°06.79’ (53°04.87’)	–0.2	34.91	460 (415)	Коричневый ил, тяжелая глина, конкреции, галька
39_6		80°20.04’	52°46.51’	–0.16	34.28	30.8	Ракуша, песок, глина
40_6		80°44.19’ (80°44.63’)	53°36.85’ (53°36.16’)	–1.3	34.75	250 (249)	Ил, глина
41_6	24	80°31.73’ (80°31.87’)	52°29.58’ (52°30.70’)	–1.08	34.57	83.4 (79.6)	Мелкий и средний песок, глина, галька
42_6		80°23.56’ (80°23.81’)	51°24.04’ (51°23.00’)	–0.97	34.81	400	Мягкий ил, вязкая глина
43_6		80°13.50’ (80°13.34’)	50°27.93’ (50°25.39’)	–0.6	34.41	75 (60)	Илистый песок, глина, ракуша, камни
44_6		79°52.05’ (79°52.89’)	51°49.13’ (51°48.93’)	–0.8	34.48	110 (100)	Илистый песок
45_6		79°53.40’ (79°53.37’)	51°26.06’ (51°25.67’)	–0.24	34.29	43.3 (44.3)	Мелкий песок, ракуша
46_6	25	79°52.26’ (79°52.34’)	49°29.92’ (49°29.84’)	–1.35	34.71	177 (161)	Илистый песок, галька
					2007 г.		
37_7	28	80°52.64’ (80°52.57’)	46°08.77’ (46°06.97’)	–0.29	34.72	216 (207)	Серый ил, песок, глина, мелкие камни
39_7	29	80°44.24’ (80°44.27’)	53°36.60’ (53°37.84’)	–0.81	34.84	260.6 (254.5)	Илистый песок, камни, мягкая глина
40_7		80°36.75’	58°06.23’	–0.81	33.73	38.8	Серый ил, ракуша, песок, мелкие камни
43_7		80°31.60’ (80°31.64’)	52°33.09’ (52°34.12’)	–1.16	34.58	99 (76)	Ил, ракуша, песок, камни
44_7	30	80°23.48’ (80°23.97’)	51°27.77’ (51°29.92’)	–1.05	34.80	344 (216)	Ил, песок, галька, камни, мягкая глина

ПРИМЕЧАНИЕ. В скобках указаны глубина и координаты конечного положения судна во время работы на станции за исключением случаев, когда эти значения совпадают.

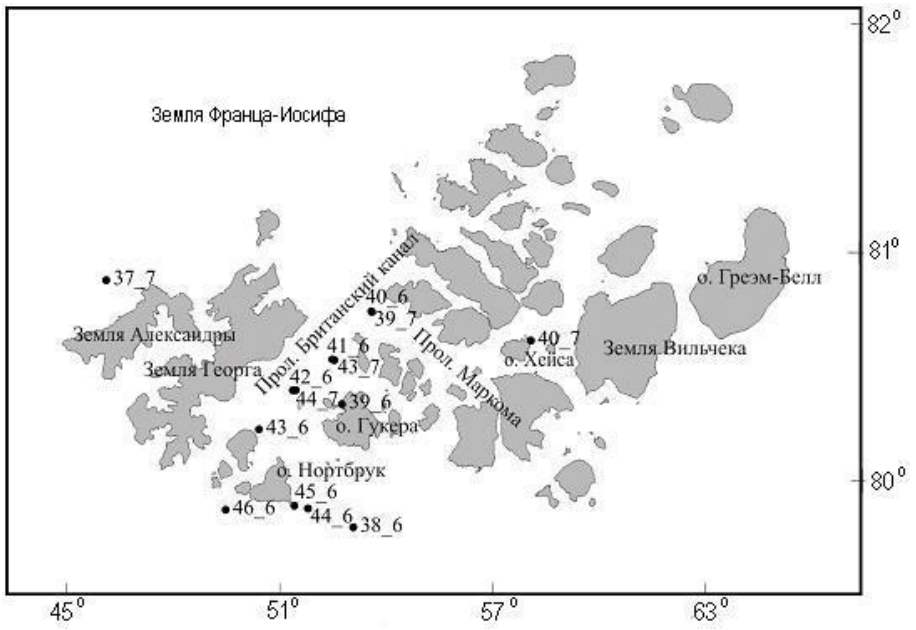


Рис. 1. Карта-схема бентосных станций, выполненных в районе ЗФИ в 2006–2007 гг.

Для статистического анализа закономерностей распределения бентоса, связанных с глубиной, данные по станциям усредняли по глубине: менее 50 м, от 50 до 150 м, от 150 до 300 м, более 300 м. Диапазоны глубин были выбраны в примерном соответствии с распределением водных масс, омывающих архипелаг (Денисов и др., 1994).

Результаты. В результате таксономической обработки собранного материала идентифицировано 456 видов донных беспозвоночных и 52 таксона более высокого ранга (неопределенной видовой принадлежности), относящихся к 12 типам организмов (табл. 2). В составе фауны преобладали мшанки, на втором месте – ракообразные, на третьем – полихеты (рис. 2).

Видовое богатство донных беспозвоночных в районе исследований изменялось от 43 до 187 видов, в среднем составляя 107±12 видов (табл. 3). Максимальное видовое богатство донной фауны (187 видов) отмечено в Британском канале на смешанном грунте (ил, ракуша, песок, камни) на глубине 87 м в биоценозе с доминированием мшанок *Porella compressa*. Наименьшее видовое богатство (43 вида) зарегистрировано в районе самой южной, наиболее глубокой станции (432 м) на коричневом иле с тяжелой глиной, конкрециями и галькой в биоценозе с доминированием двустворчатых моллюсков *Yoldiella lenticula*. Все группы беспозвоночных демонстрируют максимальное видовое богатство в интервале глубин 50–150 м (рис. 3). С увеличением глубины видовое богатство зообентоса постепенно убывает.

Список видов донных беспозвоночных отмеченных в районе арх. ЗФИ в 1992, 2006–2007 гг.

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Тип Porifera			
Класс Demospongiae			
Lissodendoryx indistincta (Fristedt, 1887)	–	+	–
Myxilla incrustans (Johnston, 1842)	–	+	–
Semisuberites cribrosa (Miklucho-Maclay, 1870)	*Phakellia cribrosa*	+	–
Tedania (*Tedania*) *suctoria* Schmidt, 1870	–	–	+
Tentorium semisuberites (Schmidt, 1870)	–	+	–
Thenea muricata (Bowerbank, 1858)	–	+	–
Класс Calcarea			
Scypha (*Sycetta*) *arctica* (Haeckel, 1872)	*Grantia arctica, Sycon arcticum*	+	+
Scypha (*Sycetta*) *utricula* (Schmidt, 1870)	*Sycon utriculus*	+	+
Тип Cnidaria			
Класс Hydrozoa			
Abietinaria abietina (L., 1758)	*Diphasia abietina*	+	–
Abietinaria pulchra Nutting, 1904*	–	–	+
Calycella syringa (L., 1767)	*Campanulina syringa*	+	+
Campanularia crenata Allman, 1876	*Campanularia speciosa, Tulpa crenata*	+	–
Campanularia groenlandica Levinsen, 1893	–	+	–
Campanularia volubilis (L., 1758)	–	+	–
Eudendrium ramosum (L., 1758)	–	+	–
Filellum serpens (Hassal, 1848)	–	+	–
Grammaria abietina (M. Sars, 1850)	*Campanularia abietina*	+	–
Halecium beanii (Johnston, 1838)	*Halecium scutum*	–	+
Halecium corrugatum Nutting, 1899	–	+	–
Halecium curvicaule Lorenz, 1886	–	+	–
Halecium labrosum Alder, 1859	–	–	+
Halecium tenellum Hincks, 1861	–	+	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Lafoea fruticosa (M. Sars, 1850)	*Lafoea fruticosa* f. *gracillima, Toichopoma obliquum*	+	+
Lafoea grandis Hincks, 1874	–	+	–
Lafoeina maxima Levinsen, 1893	–	+	–
Modeeria plicatile (M. Sars, 1863)	*Stegopoma plicatile*	–	+
Monobrachium parasitum Mereschkowsky, 1877	–	+	–
Orthopyxis integra (McGillivray, 1842)	*Campanularia integra, C. i. calyculata*	+	–
Rhizocaulus verticillatus (L., 1758)	*Campanularia verticillata*	+	+
Rhizorhagium roseum M. Sars, 1877	–	+	–
Sertularia mirabilis (Verrill, 1873)	–	+	–
Sertularia plumosa (Clark, 1876)	–	+	–
Sertularia tenera G.O. Sars, 1874	–	+	–
Symplectoscyphus tricuspidatus (Alder, 1856)	*Sertularella tricuspidata*	+	+
Класс Scyphozoa			
Lucernaria quadricornis O.F. Müller, 1776	–	+	–
Класс Anthozoa			
Cerianthus lloydii Gosse, 1859	–	+	+
Drifa glomerata (Verrill, 1869)	*Eunephthya glomerata, Capnella glomerata*	–	+
Duva florida (Rathke, 1806)	*Eunephtia florida*	+	+
Edwardsia andresi Danielssen, 1890	–	+	+
Edwardsia arctica Calgren, 1921*	–	–	+
Gersemia fruticosa (M. Sars, 1860)		+	+
Gersemia rubiformis (Ehrenberg, 1834)	*G.clavata, Grubiformis rubiformis*	–	+
Hormathia digitata (O.F. Müller, 1776)	–	+	+
Hormathia nodosa Fabricius, 1776	*H. digitata* m. *nodosa*	–	+
Paraedwardsia arenaria Carlgren in Nordgaard, 1905*	–	–	+
Urticina felina crassicornis (O.F. Müller, 1776)	*Tealia crassicornis, T. felina crassicornis*	+	+
Virgularia mirabilis (O.F. Müller, 1776)*	–	–	+
Тип Nemertea			
Класс Enopla			
Lineus gesserensis (O.F. Müller, 1774)	–	+	

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Amphiporus angulatus (O.F. Müller, 1774)	–	+	–
Amphiporus groenlandicus Oersted, 1843	–	+	–
Тип Cephalorhyncha			
Класс Priapulida			
Halicriptus spinulosus Siebold, 1849	–	+	–
Priapulopsis bicaudatus (Danielssen, 1868)*	–	–	+
Priapulus caudatus Lamarck, 1816	–	+	+
Тип Annelida			
Класс Polychaeta			
Aglaophamus malmgreni (Théel, 1879)	*Nephtys malmgreni*	–	+
Ampharete finmarchica (M. Sars, 1866)	*A. arctica*	–	+
Amphicteis gunneri (M. Sars, 1835)	–	–	+
Amphitrite cirrata (O.F. Müller, 1771)	–	+	+
Amphitrite groenlandica Malmgren, 1865	*Neoamphitrite groenlandica*	+	–
Anobothrus gracilis (Malmgren, 1866)	–	+	+
Antinoella finmarchica (Malmgren, 1867)*	–	–	+
Apistobranchus tullbergi (Théel, 1879)	–	–	+
Aricidea hartmanae (Strelzov, 1968)*	–	–	+
Aricidea nolani Webster & Benedict, 1887*	–	–	+
Aricidea quadrilobata (Webster & Benedict, 1887)*	–	–	+
Artacama proboscidea Malmgren, 1865	–	+	–
Brada inhabilis (Rathke, 1843)	–	+	+
Brada strelzovi Jirkov et Filippova, 2001*	–	–	+
Branchiomma arctica (Ditlevsen, 1937) Knight-Jones, 1994*	–	–	+
Bushiella (*Jugaria*) *quadrangularis* (Stimpson, 1854)*	–	–	+
Bushiella (*Bushiella*) *verruca* (Moerch, 1863)*	–	–	+
Bylgides elegans (Théel, 1879)*	–	–	+
Capitella capitata (Fabricius, 1780)	–	+	+
Chaetozone setosa Malmgren, 1867	–	+	+
Chitinopoma fabricii Levinsen, 1883	–	+	–
Chone duneri Malmgren, 1867	–	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Chone infundibuliformis Krøyer, 1856	–	+	–
Chone murmanica Lucash, 1910	–	–	+
Circeis armoricana Saint-Joseph, 1894*	–	–	+
Circeis spirillum (L., 1758)	*Spirorbis spirillum*	+	+
Cirratulus cirratus (O.F. Müller, 1776)	–	–	+
Cirrophorus lyra (Southern, 1914)*	–	–	+
Clymenura polaris (Théel, 1879)	*Leiochone polaris, L. polaris polaris*	+	+
Cossura longocirrata Webster & Benedict, 1887*	–	–	+
Dasychone infarcta (Krøyer, 1856)	–	+	–
Diplocirrus hirsutus (Hansen, 1879)	–	+	+
Diplocirrus longisetosus (Marenzeller, 1890)	–	–	+
Ephesiella abyssorum (Hansen, 1878)	*Ephesia peripatus, Sphaerodoridium peripatus*	–	+
Eteone agg. *flava* (Fabricius, 1780)	*Eteone flava, E. longa*	+	+
Eteone spetsbergensis Malmgren, 1865	–	+	+
Euchone analis (Krøyer, 1856)	–	+	+
Euchone papillosa (M. Sars, 1851)	–	+	–
Eunoe nodosa (M. Sars, 1861)	–	–	+
Eunoe oerstedi Malmgren, 1865	–	–	+
Flabelligera affinis M. Sars, 1829	–	+	–
Galathowenia oculata Zachs, 1923	*Myrichele oculata*	+	+
Gattyana cirrosa (Pallas, 1766)	–	+	–
Glycera capitata Oersted, 1843	–	+	+
Glyphanostomum pallescens (Théel, 1873)	–	–	+
Harmothoe imbricata (L., 1767)	–	–	+
Harmothoe impar impar (Johnston, 1839)	–	–	+
Heteromastus filiformis (Claparède, 1864)*	–	–	+
Jugaria quadriangularis (Stimpson, 1854)	*Spirorbis granulatus*	+	–
Laonice cirrata (M. Sars, 1851)	–	+	+
Laphania boecki Malmgren, 1865	–	+	+
Leaena abranchiata Malmgren, 1865	–	+	+
Levinsenia gracilis (Tauber, 1879)*	–	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Lumbriclymene minor Arvidsson, 1906*	–	–	+
Lumbrineris fragilis (Müller, 1776)	*Lumbriconereis fragilis*, *Lumbrineris minuta*	–	+
Lumbrineris scopa scopa (Fauchald, 1974)*	–	–	+
Lumbrineris tetraura (Schmarda, 1861)*	–	–	+
Lysippe labiata Malmgren, 1865	–	+	+
Maldane arctica Detinova, 1985*	–	–	+
Maldane sarsi Malmgren, 1867	–	+	+
Marenzelleria wireni Augener, 1913	–	–	+
Melinna elisabethae McIntosh, 1922	–	+	+
Minuspio cirrifera (Wirén, 1883)*	–	–	+
Myriochele heeri Malmgren, 1867	–	–	+
Nephtys ciliata (Müller, 1779)	–	+	+
Nephtys paradoxa Malm, 1874	–	–	+
Nereimyra aphroditoides (Fabricius, 1780)	*Castalia aphroditoides*	+	+
Nereis zonata Malmgren, 1867	–	+	+
Nicomache lumbricalis (Fabricius, 1780)	–	+	+
Nicomache minor Arwidsson, 1906	–	+	–
Nothria hyperborea (Hansen, 1878)	*Onuphis hyperborea*	+	+
Notoproctus oculatus Arwidsson, 1906*	–	–	+
Ophelina acuminata Oersted, 1843	*Ammotrypane aulogaster*	+	+
Ophelina cylindricaudata (Hansen, 1878)	*Ammotrypane cylindricaudata*	+	+
Owenia gr. *fusiformis* Delle Chiaje, 1842	–	+	+
Paradexiospira vitrea (Fabricius, 1780)	–	+	+
Petaloproctus tenius (Théel, 1879)	–	+	–
Pherusa plumose (O.F. Müller, 1776)	–	+	+
Pholoe longa (Muller, 1776)	*Pholoe minuta*	–	+
Phyllodoce groenlandica Oersted, 1842	–	+	+
Pista maculata (Dallyell, 1853)	–	+	+
Polycirrus arcticus M. Sars, 1865*	–	–	+
Polycirrus medusa Grube, 1850	–	+	+
Polydora caeca (Oersted, 1843)	–	+	–

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Polydora caulleryi Mesnil, 1897*	–	–	+
Polydora socialis (Schmarda, 1861)*	–	–	+
Praxillella gracilis (M. Sars, 1861)	*Euclymene gracilis*	+	+
Praxillella praetermissa (Malmgren, 1865)	*Euclymene praetermissa*	+	+
Praxillura longissima Arwidsson, 1906*	–	–	+
Protula globifera (Theel, 1876)*	–	–	+
Protula tubularia (Montagu, 1803)*	–	–	+
Rhodine gracilior Tauber, 1879	–	+	–
Rhodine loveni Malmgren, 1867	–	+	–
Sabella crassicornis M. Sars, 1851	–	+	–
Scalibregma inflatum Rathke, 1843	–	+	+
Scoloplos acutus (Verrill, 1873)*	–	–	+
Scoloplos armiger (O.F. Müller, 1776)	–	+	–
Sphaerodoropsis minuta (Webster & Benedict, 1887)	–	–	+
Sphaerodorum gracilis (Rathke, 1843)	*Sphaerodoridium gracilis, Ephesia gracilis, Sphaerodorum flavum*	–	+
Sphaerodoropsis philippi (Fauvel, 1911)*	*Sphaerodorum philippi*	–	+
Spio arctica (Söderström, 1920)*	–	–	+
Spio armata (Thulin, 1957)*	–	–	+
Spio malmgreni Sikorski, 1992*	–	–	+
Spiochaetopterus typicus M. Sars, 1856	–	+	+
Spiophanes kroeyeri Grube, 1860*	–	–	+
Terebellides stroemi Sars, 1835	–	+	+
Terebellides williamsae Jirkov, 1989*	–	–	+
Thelepus cincinnatus (Fabricius, 1780)	–	+	+
Travisia forbesii Johnston, 1840	–	+	+
Тип Sipuncula			
Класс Sipunculidea			
Golfingia elongata (Keferstein, 1863)*	–	–	+
Golfingia margaritacea margaritacea (M. Sars, 1851)	–	+	+
Golfingia vulgaris vulgaris de Blainville, 1827*	–	–	+
Nephasoma diaphanes diaphanes (Gerould, 1913)*			

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Nephasoma eremita (M. Sars, 1851)	*Golfingia eremita*	+	+
Nephasoma lilljeborgi (Danielssen & Koren, 1880)	*Golfingia glacialis*	+	+
Nephasoma abyssorum abyssorum (Koren & Danielssen, 1875)*	–	–	+
Phascolion strombus strombus (Montagu, 1804)	*Phascolion strombi*	+	+
Тип Arthropoda			
Класс Pycnogonida			
Boreonimphon robustum (Bell, 1855)	*Nymphon robustum*	+	–
Eurycyde hispida (Krøyer, 1844–45)	–	–	+
Nymphon brevirostre Honge, 1863	–	+	–
Nymphon elegans Hansen, 1886	*Nymphon gracilipes, N. stroemi gracilipes*	+	+
Nymphon grossipes (O. Fabricius, 1780)	*Nymphon mixtum*	+	
Nymphon hirtum (Fabricius, 1780)	*Chaetonymphon spinosum*	+	+
Nymphon leptocheles Sars, 1888*	–	–	+
Nymphon longitarse Krøyer, 1844	–	+	–
Nymphon macronyx G.O. Sars, 1891	–	–	+
Nymphon serratum G.O. Sars, 1879	–	+	–
Класс Cirripedia			
Balanus balanus (L., 1758)	–	+	+
Balanus crenatus Bruguière, 1789	–	+	–
Semibalanus balanoides (L., 1766)*	–	–	+
Tarasovium cornutum (G.O. Sars, 1879)*	–	–	+
Weltnerium nymphocola Hoek, 1883*	–	–	+
Класс Malacostraca			
Отряд Amphipoda			
Acanthonotozoma dunbari Just, 1970	–	+	–
Acanthonotozoma inflatum (Krøyer, 1842)	–	–	+
Acanthonotozoma rusanovae Bryazgin, 1974*	–	–	+
Acanthonotozoma serratum (O. Fabricius, 1780)	–	–	+
Acanthostepheia behringiensis (Lockington, 1877)	–	+	+
Acanthostepheia malmgreni (Goës, 1866)	–	+	–
Aceroides latipes (G.O. Sars, 1882)	–	+	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Aeginina aenigmatica Laubitz, 1972	–	+	–
Aeginina longicornis (Krøyer, 1843)	–	+	+
Ampelisca escrichti Krøyer, 1842	–	+	–
Ampelisca macrocephala Lillijeborg, 1852	–	+	+
Amphilochus manudens Bate, 1862*	–	–	+
Anonyx laticoxae Gurjanova, 1962	–	+	–
Anonyx lilljeborgi Boeck, 1870	–	+	–
Anonyx nugax (Phipps, 1774)		+	+
Anonyx sarsi Steele, Brunel, 1986	–	+	–
Apherusa corbeli Lagardere, 1968	–	+	–
Apherusa glacialis (Hansen, 1887)	–	+	–
Apherusa sarsi Schoemaker, 1930	–	+	–
Arctopleustes rasmyslovi (Gurjanova, 1938)*	–	–	+
Argissa hamatipes (Norman, 1869)*	–	–	+
Aristias tumidus (Krøyer, 1846)*	–	–	+
Arrhis phyllonyx (M. Sars, 1858)	–	–	+
Arrhis phyllonyx arcticus Bryazgin, 1974	–	+	–
Atylus carinatus (Boeck, 1871)	–	+	–
Atylus smitti H. Hansen, 1887*	–	–	+
Boeckosimus affinis Hansen, 1886	*Onisimus affinis*	+	–
Boecosimus caricus Hansen, 1886	*Onisimus caricus*	+	–
Boecosimus edwardsi (Krøyer, 1846)	*Onisimus edwardsi*	+	–
Boecosimus sibiricus Brüggen, 1909	*Onisimus sibiricus*	+	–
Byblis abyssi G.O. Sars, 1879*	–	–	+
Byblis gaimardi G.O. Sars, 1891	–	+	+
Byblis longicornis (G.O. Sars, 1879)	–	+	–
Byblis minuticornis G.O. Sars, 1879	*B. serrata*	–	+
Caprella septentrionalis Krøyer, 1838*	–	–	+
Centromedon calcaratus Sars, 1879*	–	–	+
Centromedon productus (Goës, 1866)	*Triphosa rusanovi, Tryphosella rusanovi*	–	+
Crassicorophium crassicorne Bruzelis, 1859*	–	–	+
Cressa bereskini Gurjanova, 1936			

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Dulichia falcata (Bate, 1857)*	–	–	+
Dyopedos hirticornis (Sars, 1876)*	–	–	+
Dyopedos porrectus Bate, 1857*	–	–	+
Epimeria tuberculata G.O. Sars, 1843	–	+	–
Ericthonius stephenseni (Myers & McGrath, 1984)*	–	–	+
Gammarellus homari (Fabricius, 1779)	–	+	–
Gammarellus ledoyeri Lagardere, 1968	–	+	–
Gammaropsis melanops G.O. Sars, 1882	–	+	–
Gammarus setosus Dementieva, 1931	–	+	–
Gammarus wilkitzkii Birula, 1897	–	+	–
Gitanopsis inermis G.O. Sars, 1882	–	+	–
Goesia depressa (Goës, 1866)*	–	–	+
Halirages elegans Stappers, 1911	–	–	+
Halirages fulvocinctus (M. Sars, 1858)	–	+	–
Halirages nilssoni Ohlin, 1895	–	+	–
Haploops laevis Hoek, 1882	–	+	–
Haploops setosa Boeck, 1871	–	–	+
Haploops sibirica Gurjanova, 1929	–	+	–
Haploops similis Stephensen, 1925*	–	–	+
Haploops tenuis Kanneworff, 1966*	–	–	+
Haploops tubicola Liljeborg, 1855	–	+	+
Harpinia mucronata G.O. Sars, 1879	–	+	+
Harpinia pectinata G.O. Sars, 1891	–	+	–
Harpinia serrata G.O. Sars, 1879	–	+	+
Harpiniopsis similis Strphensen, 1925*	–	–	+
Idunella aequicornis (G.O. Sars, 1876)	–	–	+
Ischyrocerus anguipes Krøyer, 1838	–	+	–
Ischyrocerus latipes Krøyer, 1842*	–	–	+
Megamoera dentata (Krøyer, 1842)	*Melita dentata*	+	+
Melita palmata (Montagu, 1804)	–	+	–
Menigrates spinirami Gurjanova, 1936	–	+	–
Metacaprella horrida (G.O. Sars, 1877)	–	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Metopa bruzelii (Goes, 1866)*	–	–	+
Metopa propinqua Sars,1892*	–	–	+
Metopa robusta Sars,1892*	–	–	+
Metopa tenuimana (G.O. Sars, 1892)*	–	–	+
Monoculodes latimanus (Goës, 1866)	–	+	+
Monoculodes norvegicus (Boesk, 1861)	–	+	–
Monoculopsis longicornis (Boeck, 1871)*	–	–	+
Neopleustes pulchellus Krøyer, 1846*	–	–	+
Odius carinatus (Bate, 1862)*	–	–	+
Opisa eschrichti (Krøyer, 1842)	–	+	–
Orchomene ambylops Sars, 1895*	–	–	+
Orchomenella glabra (Lagardere, 1968)	*Orchomene glabrus*	+	–
Orchomenella minuta (Krøyer, 1846)	–	+	–
Paradulichia typica Boeck, 1870	*Paradulichia spinifera*	–	+
Paramphithoe cuspidata (Lepechin, 1780)	–	+	–
Paraphoxus oculatus (G.O. Sars, 1879)*	–	–	+
Parapleustes bicuspis (Krøyer, 1838)	–	+	–
Parapleustes monocupsis (G.O. Sars, 1893)	–	+	–
Pardalisca abyssi Boeck, 1871	–	–	+
Pardalisca cuspidata Krøyer, 1842	–	–	+
Pardalisca tenuipes G.O. Sars, 1893	–	+	–
Paroediceros lynceus (M. Sars, 1858)	–	+	–
Phippsia roemeri Schellenberg, 1925*	–	–	+
Photis tenuicornis G.O. Sars, 1882	–	–	+
Pleustes panoplus Krøyer, 1838	*P. panopla*	+	–
Pleustes tuberculatus Bate, 1858	–	+	–
Pleusymtes glabroides (Dunbar, 1954)	*Sympleustes glabroides*	+	–
Pleusymtes karianus Stappers, 1911*	*Sympleustestes karianus*	–	+
Pleusymtes pulchellus (G.O. Sars, 1876)	*Sympleustes pulchellus*	–	+
Pontoporeia femorata Krøyer, 1842	–	+	+
Priscillina armata (Boeck, 1861)*	–	–	+
Protomedeia fasciata Krøyer, 1842*	–	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Quasimelita quadrispinosa Vosseler, 1889	*Melita quadrispinosa*	+	+
Rhachotropis aculeata (Lepechin, 1780)	–	+	–
Rhachotropis inflate (G.O. Sars, 1882)	–	+	–
Rosinante fragilis (Goës, 1886)	–	+	–
Rostroculodes schneideri G.O. Sars, 1895	*Monoculodes schneideri*	+	–
Rostroculodes vibei Just, 1980	–	+	–
Socarnes vahli (Krøyer, 1838)	–	+	–
Socarnoides eugenovi Gurjanova, 1934	–	+	–
Stegocephalus inflatus Krøyer, 1842	–	+	–
Syrrhoe crenulata Goës,1866	–	+	+
Tmetonyx cicada (O. Fabricius, 1780)	–	–	+
Westwoodilla caecula (Bate, 1856)*	–	–	+
Westwoodilla megalops (G.O. Sars, 1882)	–	+	–
Weyprechtia pinguis (Krøyer, 1838)	–	+	–
Отряд Cumacea			
Ektonodiastylis nimia Hansen, 1920	*Brachydiastylis nimia*	–	+
Diastylis echinata Bate, 1865*	–	–	+
Diastylis edwardsi (Krøyer, 1841)	–	–	+
Diastylis glabra Zimmer, 1926*	–	–	+
Diastylis goodsiri (Bell, 1855)	–	–	+
Diastylis lepechini Zimmer, 1926	–	+	+
Diastylis rathkei (Krøyer, 1841)*	–	–	+
Diastylis scorpioides (Lepechin, 1780)	–	+	–
Diastylis spinulosa Heller, 1875	–	–	+
Campylaspis rubicunda (Lilljeborg, 1855)*	–	–	+
**Eudorella emarginata* (Krøyer, 1846)*	–	–	+
Lamprops fuscata G.O. Sars, 1864	–	–	+
Leptostylis longimana (G.O. Sars, 1864)*	–	–	+
Leptostylis villosa G.O. Sars, 1869*	–	–	+
Leucon acutirostris G.O. Sars, 1864	–	–	+
Leucon nasica (Krøyer, 1841)*	–	–	+
Leucon nasicoides typicus Lilljeborg, 1855	–	+	–

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Leucon nathorsti Ohlin, 1901		–	+	–
Leucon pallidus G.O. Sars, 1864*		–	–	+
Отряд Decapoda				
Eualus gaimardii gaimardii (Milne-Edwards, 1837)*		–	–	+
Lebbeus polaris (Sabine, 1821)	*Hetairus polaris*		–	+
Pandalus borealis Krøyer, 1837		–	+	–
Sabinea septemcarinata (Sabine, 1821)		–	+	–
Sclerocrangon boreas (Phipps, 1774)		–	+	–
Spirontocaris phippsii (Krøyer, 1841)	*S. turgida*		+	–
Отряд Isopoda				
Calathura brachiata (Stimpson, 1854)		–	+	+
Desmosoma lineare G.O. Sars, 1864*		–	–	+
Echinozone arctica Hansen, 1916		–	+	–
Eurycope producta G.O. Sars, 1868		–	+	–
Gnathia elongata (Krøyer, 1846)*		–	–	+
Ilyarachna hirticeps G.O. Sars, 1870		–	–	+
Janiralata tricornis (Krøyer, 1849)	*Janira tricornis*		+	+
Munna fabricii Krøyer, 1846		–	–	+
Munna hanseni Stappers, 1911*		–	–	+
Munna minuta Hansen, 1910*		–	–	+
Nannoniscus oblongus G.O. Sars, 1870*		–	–	+
Pleurogonium inerme G.O. Sars, 1886*		–	–	+
Synidothea bicuspida (Owen, 1839)		–	+	–
Отряд Mysidacea				
Erytrops erythophthalma (Göes, 1864)		–	+	–
Mysis arcticoglacialis Petryashov, 1990		–	+	–
Mysis oculata (Fabricius, 1780)		–	+	–
Отряд Tanaidacea				
Cryptocopoides arcticus (Hansen, 1886)*		–	–	+
Leptognathia gracilis (Krøyer, 1847)*		–	–	+
Pseudotanais forcipatus (Lilljeborg, 1864)*		–	–	+
Pseudotanais liljeborgi G.O. Sars, 1882*		–	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Sphyrapus anomalus (G.O. Sars, 1899)*	–	–	+
Typhlotanais finmarchicus G.O. Sars, 1881*	–	–	+
Класс Ostracoda			
Acantocythereis dunelmensis (Norman, 1865)*	–	–	+
Baffinicythere howei Hazel, 1967*	–	–	+
Heterocyprideis sorbyana (Jones, 1857)*	–	–	+
Philomedes globosus (Lilljeborg, 1853)*	–	–	+
Rabilimis mirabilis (Brady, 1868)*	–	–	+
Rabilimis septentrionalis (Brady, 1866)*	–	–	+
Тип Brachiopoda			
Hemithyris psittacea (Gmelin, 1790)*	–	+	+
Novocrania anomala (Müller, 1776)*	–	–	+
Terebratulina retusa (L., 1758)*	–	–	+
Тип Echinodermata			
Класс Asteroidea			
Crossaster papposus (L., 1768)	*Solaster papposus*	+	+
Ctenodiscus crispatus (Retzius, 1805)	–	–	+
Leptasterias groenlandica (Steenstrup, 1857)	–	+	–
Pontaster tenuispinus (Düben & Koren, 1846)	–	–	+
Solaster syrtensis Verrill, 1894	–	+	–
Stephanasterias albula (Stimpson, 1853)	–	+	–
Urasterias linckii (Müller & Troschel, 1842)	–	+	–
Класс Crinoidea			
Heliometra glacialis glacialis (Owen, 1833)	*H. glacialis* f. *quadrata*	+	+
Класс Echinoidea			
Strongylocentrotus droebachiensis O.F. Müller, 1776	*S. droebachiensis atroviolaceus*	–	+
Strongylocentrotus pallidus (G.O. Sars, 1871)	–	+	–
Класс Holothuroidea			
Cucumaria frondosa (Gunnerus, 1867)	–	+	–
Ekmania barthi (Troschel, 1846)	–	+	–
Eupyrgus scaber Lütken, 1857	–	+	+
Myriotrochus rinkii Steenstrup, 1851	–	+	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Psolus phantapus Strussenfelt, 1765	–	+	+
Psolus squamatus (O.F. Müller, 1776)*	–	–	+
Trochoderma elegans Théel, 1877	*Prochoderma elegans*	–	+
Класс Ophiuroidea			
Amphiura sundevalli (Müller & Troschel, 1842)	–	+	+
Gorgonocephalus arcticus (Leach, 1819)	–	–	+
Gorgonocephalus lamarcki (Müller & Troschel, 1842)	–	+	–
Ophiacantha bidentata (Retzius, 1805)	–	+	+
Ophiocten sericeum (Forbes, 1852)	–	+	+
Ophiopholis aculeata (L., 1767)	–	+	
Ophiopleura borealis Danielssen & Koren, 1877	–	–	+
Ophiopus arcticus Ljungman, 1867	–	+	–
Ophiura robusta (Ayers, 1851)	–	+	+
Stegophiura nodosa (Lütken, 1854)	–	+	–
Тип Mollusca			
Класс Bivalvia			
Astarte borealis (Schumacher, 1817)	*Tridonta borealis*	+	+
Astarte crenata (Gray, 1824)	–	+	+
Astarte elliptica (Brown, 1827)	*Elliptica elliptica*	+	
Astarte montagui (Dillwin, 1817)	*Nicania montaqui, Tridonta montaqui*	+	+
Axinopsida orbuculata (G.O. Sars, 1878)	*Axinopsis orbiculata*	+	+
Bathyarca glacialis (Gray, 1842)	–	+	+
Ciliatocardium ciliatum (Fabricius, 1780)	–	+	–
Crenella decussata (Montagu, 1808)	–	–	+
Cuspidaria arctica (Sars, 1859)	–	–	+
Cyclopecten hoskynsi (Forbes, 1844)	*Propeamussium hoskynsi, Cyclopecten imbrifer*	–	+
Cyrtodaria kurriana Dunker, 1862	–	+	+
Dacrydium vitreum (Møller, 1842)	–	+	+
Heteranomia squamula (Linnaeus, 1758)	–	–	+
Hiatella arctica (Linnaeus, 1767)	*Saxicava arctica*	+	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.	2006–2007 гг.
Enmucula tenuis (Montagu, 1808)	*Nuculoma tenuis, Nucula tenuis, Leionucula bellotii, Leionucula tenuis*	+	+
Liocyma fluctuosa (Gould, 1841)	–	+	+
Lyonsia arenosa (Møller, 1842)	*Lionsia arenosa arenosa*	–	+
Lyonsiella abyssicola Sars G.O., 1872	–	–	+
Macoma calcarea (Gmelin,1791)	–	+	–
Macoma crassula (Deshayes, 1855)	–	+	–
Macoma loveni (A.S. Jensen, 1905)	–	+	–
Macoma moesta (Deshayes, 1855)	–	–	+
Macoma torelli (A.S. Jensen, 1905)	–	+	–
Mendicula ferruginosa (Forbes, 1844)*	–	–	+
Montacuta spitzbergensis Knipowitsch, 1901*	–	–	+
Musculus discors (Linnaeus, 1767)	–	+	–
Musculus glacialis (Leche, 1883)	*Musculus corrugatus*	+	+
Musculus laevigatus (J.E. Gray, 1824)	–	+	–
Musculus niger (J.E. Gray, 1824)	–	+	+
Mya truncata Linnaeus, 1758	–	+	+
Mytilus edulis Linnaeus, 1758*	–	–	+
Nuculana minuta (O.F. Müller, 1776)	–	+	–
Nuculana pernula (O.F. Müller, 1779)	*Leda pernula*	+	+
Portlandia arctica (Gray, 1824)	–	+	–
Serripes groenlandicus (Mohr, 1786	–	+	+
Thracia myopsis (Møller, 1842)	–	+	+
Thyasira equalis (Verrill & Bush, 1898)	–	+	–
Thyasira gouldi (Philippi, 1845)	–	+	+
Yoldia hyperborea (Gould, 1841)	*Y. amigdalea hyperborea,*	+	–
Yoldiella frigida (Torell, 1859)	*Portlandia (Yoldiella) frigida*	+	+
Yoldiella intermedia (Sars, 1865)	*Portlandia (Yoldiella) intermedia*	–	+
Yoldiella lenticula (Møller, 1842)	*Portlandia (Yoldiella) lenticula*	+	+
Yoldiella nana (M. Sars, 1865)	*Portlandia (Yoldiella) fraterna*	–	+
Класс Cephalopoda			
Rossia palpebrosa Lovén, 1854*	*R. glaucopis*	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Класс Gastropoda			
Admete viridula (Fabricius, 1780)	*A. couthoyi*	+	+
Alvania scrobiculata (Møller, 1842)	*Frigidoalvania scrobiculata*	+	+
Anatoma crispata (Flemings, 1832)	*Scissurella crispata*	+	+
Ariadnaria conica (Müller, 1842)*	–	–	+
Astyris rosacea (Gould, 1840)	–	+	–
Boreotrophon truncatus (Strøm, 1767)	–	+	–
Buccinum cyaneum Bruguière, 1789–1792	–	+	–
Buccinum glaciale L., 1761	–	+	–
Buccinum hydrophanum Hancock, 1846	–	+	–
Colus islandicus (Mohr, 1786)	*Sipho islandicus*	–	+
Colus sabini (Gray, 1824)	*Sipho curtus*	+	–
Curtitoma trevelliana (Turton, 1834)	–	–	+
Curtitoma violacea (Mignels & Adams, 1842)	*Oenopota bicarinata*	+	–
Cylichna alba (Brown, 1827)	–	+	+
Cylichna occulta (Mighels, 1841)	*C. scalpta*	+	+
Cylichna scalpta (Reeve, 1855)*	–	–	+
Diafana glacialis Odhner, 1907	–	–	+
Epheria crassior (Montagu, 1803)	–	+	–
Erginus rubella (Fabricius, 1780)	*Problacmaea rubella*	+	–
Frigidoalvania janmayeni (Friele, 1978)	*Arctonia jan-mayeni*	–	+
Lepeta coeca (O.F. Müller, 1776)	–	+	+
Limneria undata (Brown, 1838)	*Velutina undata*	–	+
Lunatia pallida (Broderip & Sowerby, 1829)	–	+	+
Margarites costalis (Gould, 1841)	–	+	+
Margarites groenlandicus umbilicalis (Broderip & Sowerby, 1829)	*M. umbilicalis*	+	–
Margarites helicinus (Phipps, 1774)	*M. helicina*	+	–
Margarites olivaceus (Brown, 1827)	*M. olivacea*	+	+
Margarites vahlii (Møller, 1842)	–	+	+
Moelleria costulata (Møller, 1842)	–	+	+
Obesotoma gigantea (Mørch, 1869)	*Oenopota gigantea*	+	–
Obesotoma simplex (Middendorff, 1849)		+	–

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Obesotoma woodiana (Møller, 1842)	–	+	–
Obtusella tumidula (G.O. Sars, 1878)*	–	–	+
Oenopota elegans (Møller, 1842)*	–	–	+
Oenopota impressa (Mørch, 1869)	–	+	–
Onoba aculeus (Gould, 1841)	*Onoba arenaria multilineata, Cingula arenaria*	+	+
Onoba castanea (Møller, 1842)	–	+	–
Onoba verrilli (Friele, 1886)	*Arctonia verilli, Alvania verilli*	–	+
Philine finmarchica G.O. Sars, 1878	–	+	+
Philine lima (Brown, 1827)	–	+	–
Ossiania quadrata (S. Wood, 1839)*	–	–	+
Propebela scalaris (Møller, 1842)	*Oenopota scalaris*	+	–
Retusa pertenuis (Mighels, 1843)	*Retusa turrita*	–	+
Skenea basistriata (Jeffreys, 1877)	–	–	+
Skenea trochoides (Friele, 1876)	*Ganessa laevigata*	–	+
Solariella obscura (Couthouy, 1838)	–	+	+
Turrisipho moebii (Dunker & Matzger, 1874)	*Sipho ebur*	+	–
Класс Polyplacophora			
Leptochiton arcticus (G.O. Sars, 1878)*	–	–	+
Ischnochiton albus (L., 1767)	*Stenosemus albus*	+	–
Tonicella marmorea (Fabricius, 1780)	–	+	–
Тип Bryozoa			
Alcyonidium disciforme (Smitt, 1878)	–	+	–
Alcyonidium gelatinosum (L., 1767)	–	+	+
Alcyonidium gelatinosum anderssoni Abrikossov, 1932	*A. gelatinosum* var. *anderssoni*	–	+
Alcyonidium gelatinosum pachydermatum (Kluge, 1962)	*A. gelatinosum* var. *pachydermatum*	+	–
Alcyonidium mamillatum erectum Andersson, 1902	*Alcyonidium mamillatum* var. *erectum*	–	+
Alcyonidium radicellatum Kluge, 1946	*A. gelatinosum* var. *radicellatum*	–	+
Arctonula arctica (M. Sars, 1851)	*Umbonula arctica*	+	+
Bowerbankia arctica Busk, 1880	–	+	+
Bowerbankia caudata (Hincks, 1877)	–	+	+
Buffonellaria biaperta (Michelin, 1841–1842)	Schizoporella biaperta	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Bugula elongata Nordgaard, 1906	–	+	+
Callopora craticula (Alder, 1857)	–	+	+
Callopora craticula var. *sedovi* Kluge, 1962	–	–	+
Callopora lata (Kluge, 1907)	–	+	–
Callopora lineata (L., 1767)	–	+	+
Callopora weslawski Kuklinski & Taylor, 2006*	–	–	+
Callopora whiteavesi Norman, 1903	–	+	–
Carbasea carbasea (Ellis & Solander, 1786)	*Flustra carbasea*	–	+
Cauloramphus intermedius Kluge, 1962	–	+	+
Cellepora canaliculata (Busk, 1866)	–	–	+
Celleporella hyalina (L., 1767)	*Hippothoa hyalina*	+	+
Celleporina canaliculata Busk, 1886	–	+	–
Celleporina incrassata Lamarck, 1856	*Cellepora surcularis*	+	+
Celleporina surcularis (Packard, 1863)	–	+	–
Celleporina ventricosa Lorenz, 1886	*Cellepora ventricosa*	+	+
Cheilopora inermis (Busk, 1880)*	*Cheiloporina inermis*	–	+
Cheiloporina sincera (Smitt, 1868)	*Cheilopora sincera*	+	+
Corinoporella tenuis Hincks, 1888	–	–	+
Cribrilina annulata (Fabricius, 1780)	–	+	–
Cribrilina punctata (Hassall, 1841)*	–	–	+
Cribrilina spitzbergensis Norman, 1903	–	+	+
Cribrilina watersi Andersson, 1902	–	–	+
Crisia denticulata arctica M. Sars, 1863	*C. denticulata* var. *arctica*	–	+
Crisia eburnea (L., 1758)	–	+	–
Crisia eburneo-denticulata (Smitt, 1865)	–	+	+
Crisia klugei Ryland, 1967	*C. denticulata* var. *borgi*	–	+
Crisiella complecta Kluge, 1955*	–	–	+
Cystisella saccata (Busk, 1856)	*Porella saccata*	+	+
Defrancia lucernaria M. Sars, 1851	–		+
Dendrobeania fruticosa (Packard, 1863)	–	+	–
Dendrobeania fruticosa frigida (Waters, 1900)	*D. fruticosa* var. *frigida*	+	+
Diplosolen obelia (Johnston, 1838)	–	–	+
Diplosolen obelia arctica (Waters, 1904)	–	+	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Doryporella spathulifera Smitt, 1868	–	–	+
Electra arctica (Borg, 1931)	*E. crustulenta* var. *arctica*	+	–
Electra crustulenta catenularia-similis (Kluge, 1962)	–	–	+
Entalophora clavata (Busk, 1859)	–	+	+
Escharella abyssicola Norman, 1869	–	–	+
Escharella dijmphnae Kluge, 1929	–	+	
Escharella immersa Fleming, 1828	–	–	+
Escharella latodonta (Kluge, 1962)*	–	–	+
Escharella octodentata (Hincks, 1880)*	–	–	+
Escharella ventricosa Hassal, 1848	–	+	+
Escharella ventricosa peristomata (Kluge, 1962)	–	+	+
Escharelloides spinulifera (Hincks, 1889)	–	+	+
Escharelloides stenostoma (Smitt, 1872)	–	–	+
Escharoides bidenkapi (Kluge, 1946)		–	+
Escharopsis lobata (Lamouroux, 1821)	*E. sarsi*	–	+
Eucratea loricata (L., 1758)	–	+	+
Eucratea loricata arctica (Kluge, 1915)	–	+	+
Hemicyclopora emucronata (Smitt, 1872)*	–	–	+
Hippodiplosia borealis (Waters, 1900)	–	–	+
Hippoponella hippopus (Smitt, 1868)	–	–	+
Hippoporina reticulatopunctata (Hincks, 1877)	*Hippodiplosia reticulato-punctata*	+	+
Hippoporina ussovi (Kluge, 1908)	–	+	
Hippothoa divaricata arctica Kluge, 1906	–	–	+
Hippothoa expansa Dowson, 1859	–	+	–
Idmonea atlantica (Forbes, 1847)	–	+	+
Idmonea atlantica gracillima (Busk, 1875)	–	+	–
Idmonea fenestrata Busk, 1859	–	–	+
Idmoneoides arctoflabellaris (Kluge, 1946)	–	–	+
Kinetoskias arborescens Donidsen, 1868	–	+	–
Lepralioides nordlandica (Nordgaard, 1905)	–	–	+
Lichenopora crassiuscula Smitt, 1867	–	+	+
Lichenopora hispida (Fleming, 1828)	–	+	–

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Lichenopora multicentra Kluge, 1955	–	–	+
Lichenopora verrucaria (Fabricius, 1780)	–	+	+
Megapora ringens (Busk, 1859)	–	+	–
Microporella ciliata arctica Kuklinski & Taylor, 2008	–	+	–
Myriapora coarctata (M. Sars, 1863)	*Leieschara coarctata*	+	+
Myriapora subgracilis (D'Orbigni, 1852)	*Leieschara subgracilis*	+	+
Myriozoella costata Kluge in Androsova, 1958	*Schizoporella costata*	–	+
Myriozoella crustacea Smitt, 1868	*Schizoporella crustacea*	+	+
Notoplites smitti (Norman, 1868)	–	–	+
Oncousoecia canadensis (Osburn, 1933)	–	–	+
Oncousoecia diastoporides (Norman, 1869)	–	+	+
Pachyegis groenlandica Norman, 1894	*Porella groenlandica*	–	+
Pachyegis princeps (Norman, 1903)*	–	–	+
Pachyegis producta Norman, 1903*	–	–	+
Palmicellaria skenei tridens (Busk, 1856)	–	–	+
Palmiskenea plana Hincks, 1888	*Porella plana*	–	+
Phylactella labiata (Boeck in Smitt, 1868)	–	+	+
Phylodopora elongata (Smitt,1868)	*Retepora elongata*	+	+
Porella acutirostris Smitt, 1868	–	–	+
Porella alba Nordgaard, 1906*	–	–	+
Porella aperta Boeck, 1862	–	+	+
Porella compressa Sowerby, 1806	–	+	+
Porella concinna Busk, 1854	*Smittina concinna*	–	+
Porella concinna belli Douson, 1859*	–	–	+
Porella fragilis Levinsen, 1914*	–	+	–
Porella minuta (Norman, 1869)*	–	–	+
Porella obesa (Waters, 1900)	*Hippodiplosia obesa*	–	+
Porella princeps Norman, 1903	–	+	–
Porella proboscidea Hincks, 1888	–	+	+
Porella struma Norman, 1868	*Porelloides struma*	+	+
Porelloides laevis Fleming, 1828*	*Porella laevis*	+	+
Proboscina incrassata (Smitt, 1966)*	–	–	+
Proboscina major (Johnston, 1847)	–	–	+

Продолжение табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.	2006–2007 гг.
Pseudoflustra solida (Stimpson, 1854)	–	+	+
Pseudoflustra virgula Hayward, 1994	–	–	+
Ragionula rosacea (Busk, 1856)	*Escharopsis rosacea*	–	+
Rhamphostomella bilaminata (Hincks, 1877)	–	–	+
Rhamphostomella hincksi (Nordgaard, 1906)	–	+	+
Rhamphostomella plicata (Smitt, 1868)	–	–	+
Rhamphostomella radiatula (Hincks, 1877)	–	–	+
Rhamphostomella scabra (Fabricius, 1780)	–	+	+
Rhamphostomella sibirica Kluge, 1929	R. *bilaminata* var. *sibirica*	+	–
Rhamphostomella spinigera Lorenz, 1886	–	+	–
Schizomavella auriculata lineata (Nordgoord, 1896)	*Schizoporella lineata*	–	+
Schizoporella elmwoodiae Waters, 1900	–	–	+
Schizoporella pachystega Kluge, 1929	–	–	+
Schizoporella stylifera (Levinsen, 1887)	–	–	+
Scrupocellaria minor Kluge, 1915	–	+	+
Scrupocellaria scabra (Van Beneden, 1848)	–	+	+
Scrupocellaria scabra paenulata Norman, 1903	*Scrupocellaria scabra* var. *paenulata*	–	+
Securiflustra securifrons (Pallas, 1766)	*Flustra securifrons*	+	+
Sertella septentrionalis Jullen, 1933	*Retepora cellulosa*, *Reteporella septentrionalis*	–	+
Sertella watersi Nordgaard, 1907	*Retepora beaniana* var. *watersi*, *Reteporella watersi*	–	+
Smittina glaciata (Waters, 1900)	–	–	+
Smittina majuscula (Smitt, 1868)	–	+	+
Smittina minuscula Smitt, 1868	–	+	+
Smittina pseudoacutirostris Gostilovskaya, 1957*	–	–	+
Smittina smitti (Kirchenpauer, 1874)	–	–	+
Stegohornera lichenoides (L., 1758)	–	+	+
Stomachetosella cruenta (Busk, 1854)	–	–	+
Stomachetosella inserta Kluge, 1929*	–	–	+
Stomachetosella limbata (Lorenz, 1886)	*Schizoporella limbata*	–	+
Stomachetosella producta (Packard, 1863)	–	–	+
Stomachetosella sinuosa (Busk, 1860)	–	–	+
Tegella arctica var. retroversa Kluge, 1952*	–	–	+

Окончание табл. 2

Таксон	Синоним	1992 г.**	2006–2007 гг.
Tegella armifera (Hincks, 1880)	–	+	–
Tegella kildinensis Kluge, 1955	–	+	–
Tegella nigrans Hincks, 1851	–	+	–
Terminoflustra membranaceo-truncata (Smitt, 1868)	*Flustra membranaceo-truncata*	+	+
Tricellaria gracilis Van Beneden, 1848	–	+	+
Tricellaria gracilis var. *inermis* Kluge, 1962	–	–	+
Tricellaria inermis Kluge, 1962	–	+	–
Tricellaria peachi Busk, 1851	*Bugulopsis peachi*	–	+
Tricellaria ternate (Ellis et Solander, 1786)	–	+	+
Tubulipora flabellaris (Fabricius, 1780)	–	+	+
Tubulipora nordgaardi Kluge, 1946*	–	–	+
Tubulipora penicellata (Fabricius, 1780)*	–	–	+
Tubulipora soluta Kluge, 1946	–	–	+
Tubulipora ventricosa (Buck, 1855)	–	–	+
Umbonula patens (Smitt, 1868)*	–	–	+
Umbonula verrucosa (Esper, 1790)	–	+	+
Тип Chordata			
Класс Ascidiacea			
Aplidium glabrum (Verrill, 1871)*	–	–	+
Aplidium mitabile (M. Sars, 1851)	–	–	+
Ascidia prunum (Müller, 1776)	–	+	–
Boltenia echinata (L., 1767)	–	+	–
Cnemidocarpa mollis (Stimpson, 1852)	–	+	–
Cnemidocarpa rhizopus (Redikorzev, 1907)*	–	–	+
Dendrodoa grossilaria (Van Baneden, 1846)	*Stielopsis grossularia*	+	–
Dendrodoa pulchella (Verrill, 1871)	*Dendrodoa kuekenthali*	+	–
Molgula griffitsii (MacLeay, 1825)	–	+	+
Molgula retortiformis Verrill, 1871	–	–	+
Molgula siphonalis M. Sars, 1859	–	+	+
Pelonaia corrugate (Forbes et Good, 1841)	–	+	–
Styela coriacea (Alder & Hancock, 1848)	–	+	+
Styela rustica (L., 1767)	–	+	–

*Вид отмечен в районе арх. ЗФИ впервые.
**По: Донные ..., 1994; Аверинцев, 1994.

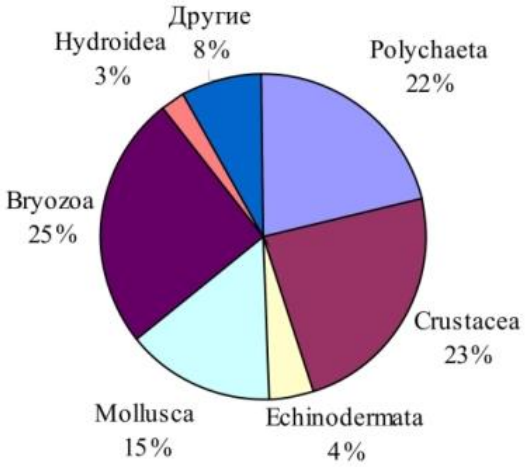


Рис. 2. Таксономический состав донной фауны в районе ЗФИ, 2006–2007 гг.

Биомасса бентоса в районе исследований колебалась от 41 до 1896 г/м^2, составляя в среднем 428±135 г/м^2 (табл. 3). Минимальное ее значение было отмечено на глубине 432 м – на коричневом иле с тяжелой глиной, конкрециями и галькой в биоценозе *Yoldiella lenticula*. Максимального значения она достигала на глубине 39 м – на сером илистом грунте с ракушей, песком и мелкими камнями в биоценозе двустворчатых моллюсков *Hiatella arctica*. На мелководье основную долю биомассы бентоса составляют моллюски (45 %) и ракообразные (24 %) (рис. 4). Преобладают двустворчатые моллюски *H. arctica* и усоногие раки *Balanus balanus,* встречаются и морские ежи рода *Strongylocentrotus*. С увеличением глубины биомасса бентоса постепенно уменьшается. Сменяются и доминирующие группы. В диапазоне глубин 50–150 м основную долю биомассы составляют мшанки (38 %), а роль двустворчатых моллюсков уменьшается. Кроме того, возрастает доля крупных актиний. На глубине от 150 до 300 м доминируют по биомассе иглокожие (44 %). Отмечены крупные звезды *Crossaster papposus* и офиуры *Gorgonocephalus arcticus*. Увеличивается роль полихет за счет появления *Spiochaetopterus typicus*. На глубине более 300 м биомасса минимальна. Преобладают полихеты (49 % биомассы), среди которых ведущую роль играет *S. typicus* и иглокожие (29 %) при доминировании офиуры *Ophiopleura borealis.*

Плотность поселения донных беспозвоночных в районе ЗФИ изменяется от 1380 до 6043 экз/м^2 (табл. 3). Средняя плотность поселения составляет 3374±410 экз/м^2. Она достигает максимального значения в диапазоне глубин 50–150 м (рис. 5).

Максимальное значение плотности поселения отмечено к юго-востоку от о. Нортбрук на глубине 104 м на илистом песке в биоценозе многощетинковых червей *Thelepus cincinnatus*. Наименьшая плотность поселения была зафиксирована в районе самой южной, наиболее глубокой станции (432 м) на коричневом иле с тяжелой глиной, конкрециями и галькой в биоценозе с доминированием по интенсивности метаболизма двустворчатых моллюсков *Yoldiella lenticula.*

Таблица 3

Характеристики сообществ донной фауны на станциях в районе арх. ЗФИ (2006–2007 гг.)

Номер станции	Видовое богатство	Биомасса, г/м^2	Плотность поселения, экз/м^2	Доминирующие виды			Трофическая зона моря
				по интенсивности метаболизма	по биомассе	по плотности поселения	
38_6	43	41±27	1380±380	*Yoldiella lenticula*	*Ophiopleura borealis*	*Yoldiella nana*	Собирающих детритофагов
39_6	71	219±5	2917±867	*Astarte borealis*	*Strongylocentrotus droebachiensis*	*Ophiura robusta*	То же
40_6	135	653±550	2107±142	*Spongia* g. sp.	*Crossaster papposus*	*Yoldiella nana*	Неподвижных сестонофагов
41_6	68	699±508	2795±1275	*Astarte crenata*	*Hormathia digitata*	*Ophiura robusta*	То же
42_6	96	91±9	3330±804	*Spiochaetopterus typicus*	*Spiochaetopterus typicus*	*Yoldiella nana*	Собирающих детритофагов
43_6	125	647±385	3260±1370	*Astarte crenata*	*Hiatella arctica*	*Pholoe longa*	Подвижных сестонофагов
44_6	166	118±67	6043±1351	*Thelepus cincinnatus*	*Thelepus cincinnatus*	*Spio arctica*	Собирающих детритофагов
45_6	65	50±11	2697±1026	*Marenzelleria wireni*	*Marenzelleria wireni*	*Marenzelleria wireni*	То же
46_6	155	212±51	5413±566	*Spiochaetopterus typicus*	*Astarte crenata*	*Pholoe longa*	Подвижных сестонофагов
37_7	79	211±7	4783±172	*Spiochaetopterus typicus*	*Spiochaetopterus typicus*	*Spiochaetopterus typicus*	Собирающих детритофагов
39_7	72	54±21	1650±306	*Astarte crenata*	*Astarte crenata*	*Yoldiella nana*	То же
40_7	145	1896±478	5236±403	*Hiatella arctica*	*Hiatella arctica*	*Philomedes globosus*	Подвижных сестонофагов
43_7	187	846±161	4153±540	*Porella compressa*	*Porella compressa*	*Ophiura robusta*	Неподвижных сестонофагов
44_7	93	255±195	1465±625	*Gorgonocephalus arcticus* + *Astarte crenata*	*Gorgonocephalus arcticus*	*Levinsenia gracilis*	Подвижных сестонофагов
Среднее	107 ± 12	428±135	3374±410	–	–	–	–

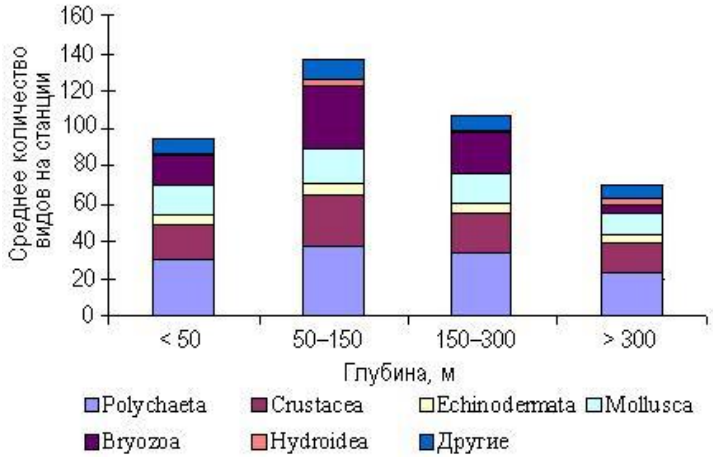


Рис. 3. Среднее видовое богатство донной фауны в районе ЗФИ в 2006–2007 гг.

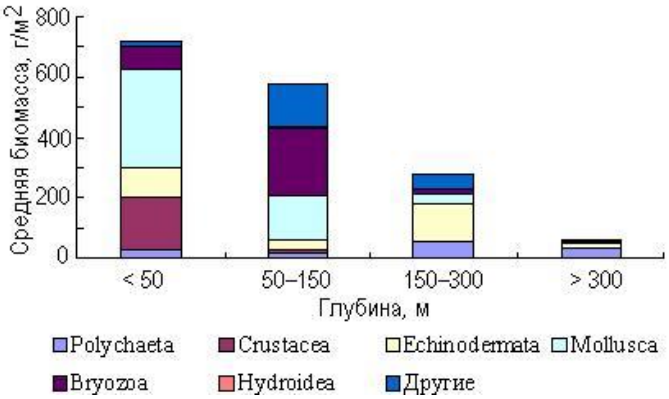


Рис. 4. Средняя биомасса донных беспозвоночных в районе ЗФИ в 2006–2007 гг.

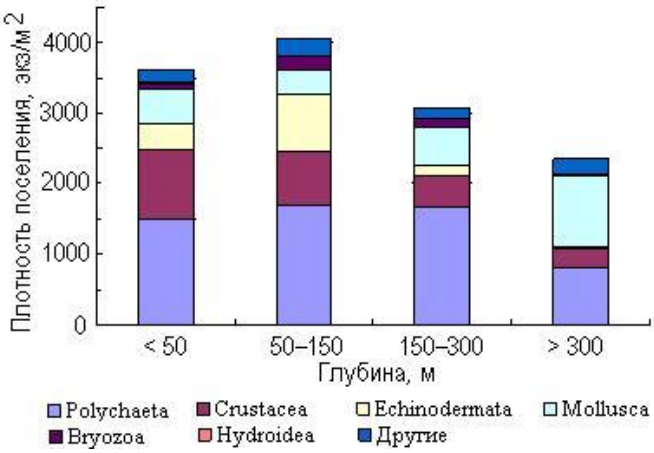


Рис. 5. Средняя плотность поселения донных беспозвоночных в районе ЗФИ в 2006–2007 гг.

На глубине до 50 м преобладают по плотности поселения остракоды *Philomedes globosus*, полихеты *Scoloplos acutus*, *Spio armata*, *Terebellides*

stroemi, Harmothoe impar impar, Capitella capitata, Marenzelleria wireni, двустворчатые моллюски *Tridonta borealis, Hiatella arctica, Crenella de-cussata decussata,* усоногие раки *Balanus balanus,* изоподы *Munna fabricii.* В диапазоне 50–150 м наиболее многочисленны офиуры *Ophiura robusta, Ophiocten sericeum,* полихеты *Pholoe longa, Spio arctica, Chaetozone setosa, Aricidea hartmanae, Sphaerodorum gracilis,* двустворчатые моллюски *Astarte crenata,* танаидации *Sphyrapus anomalus,* брахиоподы *Crania anomala,* амфиподы *Tmetonyx cicada, Anonyx nugax*. На глубине от 150 до 300 м по плотности поселения преобладают полихеты *Spiochaetopterus typicus, Maldane sarsi, Galathowenia oculata,* Lumbrineridae, *Heteromastus filiformis, Spiophanes kroeyeri, Myriochele heeri, Owenia gr. fusiformis, Maldane arc-tica,* двустворчатые моллюски *Thyasira gouldi,* изоподы *Gnathia robusta*. На глубине более 300 м наибольшей плотностью поселения отличаются мелкие двустворчатые моллюски *Yoldiella nana, Mendicula ferruginosa, Yoldiella lenticula, Y. frigida, Ennucula tenuis,* амфиподы *Quasimelita quad-rispinosa*. К наиболее массовым видам многощетинковых червей относятся *Minuspio cirrifera, Levinsenia gracilis.*

На глубине до 50 м были выделены биоценозы двустворчатых моллюсков *Astarte borealis, Hiatella arctica* и полихет *Marenzelleria wireni*. В диапазоне глубин от 50 до 150 м отмечены биоценозы двустворчатых моллюсков *Astarte crenata*, мшанок *Porella compressa* и полихет *Telepus cincinnatus*. По интенсивности метаболизма многощетинковые черви *Spiochae-topterus typicus* и губки доминируют на глубине от 150 до 300 м. Встречаются биоценозы двустворчатых моллюсков *Astarte crenata* и крупных офиур *Gorgonocephalus arcticus*. Глубже 300 м, кроме биоценоза *Spiochae-topterus typicus,* был отмечен биоценоз мелких двустворчатых моллюсков *Yoldiella lenticula* (табл. 3).

В видовом составе донной фауны арх. ЗФИ, по данным 2006–2007 гг., преобладают сестонофаги (50 %), причем 37 % приходится на долю неподвижных сестонофагов, а 13 % – подвижных. Собирающие детритофаги представлены 27 %, а грунтоеды – 8 % видов. На долю плотоядных видов приходится 15 % видового состава. В трофической структуре донных биоценозов на глубинах до 150 м доминируют сестонофаги, биомасса которых доходит до 90 %. Причем на глубине до 50 м преобладают подвижные сестонофаги, а при увеличении глубины до 150 м доминирование переходит к неподвижным сестонофагам. В диапазоне глубин от 150 до 300 м уменьшается доля сестонофагов и увеличивается доля собирающих детритофагов и грунтоедов. На глубине более 300 м доля собирающих детритофагов составляет более 60 %, а грунтоедов – примерно 30 % биомассы донных беспозвоночных. Соответственно снижается доля сестонофагов (рис. 6).

Анализ биогеографической структуры фауны показал, что основу донного населения составляют бореально-арктические виды, на долю которых приходится 65 % общего количества видов (рис. 7). При этом доля арктических видов составляет 19 %, бореальных – 8 %, а космополитов – 2 %.

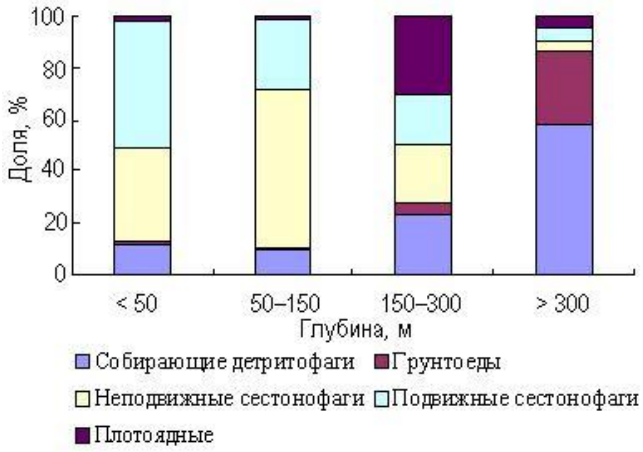


Рис. 6. Доля различных трофических групп в биомассе донных беспозвоночных в районе ЗФИ в 2006–2007 гг.

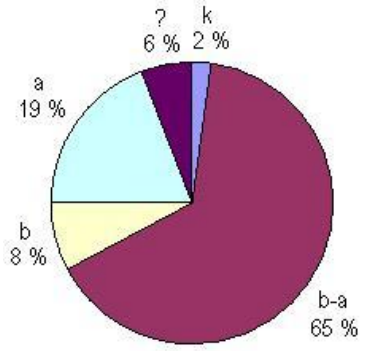


Рис. 7. Биогеографическая структура донной фауны в районе ЗФИ в 2006–2007 гг.: a – арктические; b – бореальные; b-a – бореально-арктические виды; k – космополиты

На всех глубинах доминируют бореально-арктические виды, но наибольший процент их отмечен на глубине до 50 м. В диапазоне глубин 50–150 м своего максимума достигает доля бореальных видов, которая уменьшается далее с увеличением глубины. Доля арктических видов максимальна на глубинах от 150 до 300 м, а глубже 300 м своего максимума достигает доля видов-космополитов (рис. 8).

На всех глубинах количество арктических видов преобладает над бореальными. Отношение количества бореальных видов к арктическим максимально в диапазоне 50–150 м (рис. 9). На глубине менее 50 м это отношение уменьшается, как и на глубине, превышающей 150 м.

Для выделения фаунистических комплексов донной фауны в районе арх. ЗФИ был проведен кластерный анализ видовых списков проб с использованием коэффициентов сходства Серенсена-Чекановского (Sørensen, 1948). Дендрограмма, построенная в результате кластерного анализа (рис. 10), показала высокую степень изменчивости в бентосной фауне. Сходство между отдельными пробами на одной станции колебалось от 45 до 75 %, но обычно было больше, чем сходство между пробами на раз-

личных станциях. На уровне сходства 26 % выделено четыре фаунистических комплекса (A, B, C, D), в распределении которых прослеживается связь с глубиной.

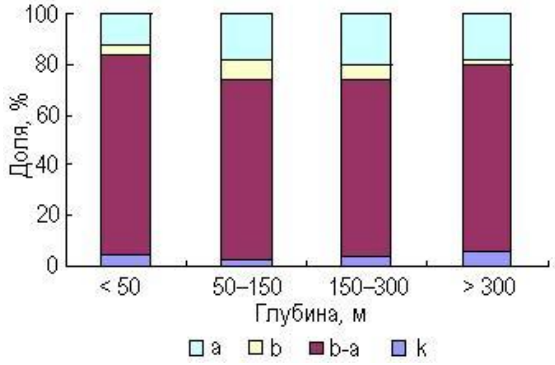


Рис. 8. Изменение биогеографической структуры донной фауны в районе ЗФИ с увеличением глубины по данным 2006–2007 гг.:
a – арктические; b – бореальные; b-a – бореально-арктические виды; k – космополиты

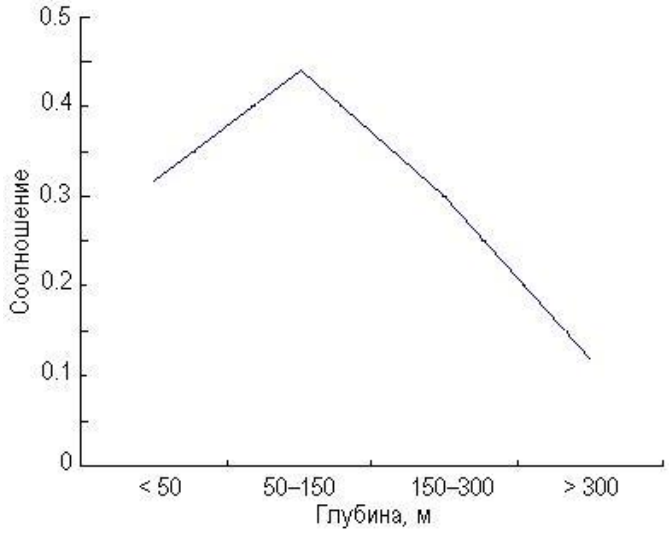


Рис. 9. Соотношение количества бореальных и арктических видов донной фауны в районе ЗФИ по данным 2006–2007 гг.

Комплекс A – фаунистический комплекс малых глубин (станции 39_6, 41_6, 43_6, 46_6, 40_7, 43_7). Средняя глубина распространения – 79 м (31–177 м), средняя соленость – 34.38 ‰ (33.73–34.71 ‰), средняя температура в придонном слое – –0.86 °C (–0.16…–1.35 °C). Грунт – ил, песок, ракуша, камни. Данный фаунистический комплекс имеет наиболее высокие количественные характеристики: видовое богатство – в среднем 125 видов на станцию, средняя биомасса – 753 г/м^2, средняя плотность поселения организмов – 3962 экз/м^2. Наиболее распространены биоценозы двустворчатых моллюсков *Hiatella arctica, Astarte crenata, Astarte borealis*. Кроме того, комплекс включает биоценоз с доминированием мшанок *Porella compressa*. По плотности поселения чаще всего преобладают офиуры *Ophiura robusta*.

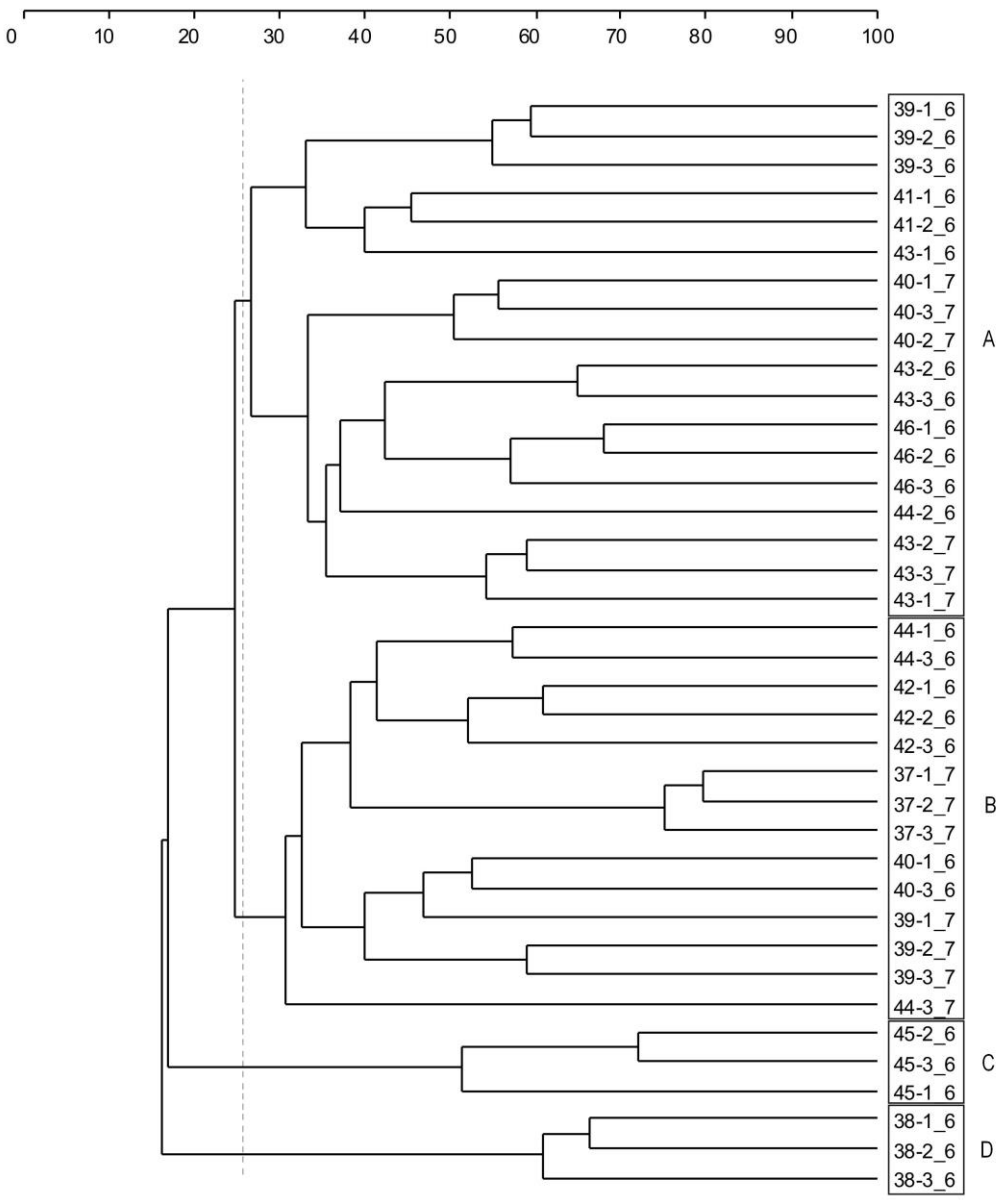


Рис. 10. Дендрограмма сходства видового состава зообентоса в районе ЗФИ (A, B, C, D – фаунистические комплексы)

Комплекс B – фаунистический комплекс средних глубин (станции 40_6, 42_6, 44_6, 37_7, 39_7, 44_7). Средняя глубина – 250 м (100–400 м), средняя соленость – 34.73 ‰ (34.48–34.84 ‰), средняя температура в придонном слое – –0.87 °C (–0.29…–1.3 °C). Грунт – илистый песок, глина, мелкие камни. Видовое богатство составляет в среднем 107 видов, средняя биомасса – 230 г/м^2, средняя плотность поселения – 3230 экз/м^2. Наиболее распространен в данном комплексе биоценоз многощетинковых

червей *Spiochaetopterus typicus*. Встречаются биоценозы полихет *Thelepus cincinnatus*, губок, иглокожих *Gorgonocephalus arcticus*, двустворчатых моллюсков рода *Yoldiella*. По плотности поселения чаще всего преобладают мелкие двустворчатые моллюски *Yoldiella nana*.

Комплекс C – мелководный фаунистический комплекс, отмеченный на глубине 43–44 м у юго-восточного мыса о. Нортбрук (ст. 45_6). Условия обитания – соленость 34.29 ‰, относительно теплая вода (–0.24 °C), грунт – мелкий песок, ракуша. Видовое богатство составляет 65 видов донных беспозвоночных. По интенсивности метаболизма, по биомассе и по плотности поселения преобладают полихеты *Marenzelleria wireni*. Биомасса донной фауны составляет 50 г/м^2, плотность поселения – 2697 экз/м^2.

Комплекс D – глубоководный фаунистический комплекс, развивающийся на глубине свыше 400 м (ст. 38_6) на коричневом иле и тяжелой глине с конкрециями и галькой. Вода здесь характеризуется более высокой температурой (–0.2 °C) и более высокой соленостью (34.91 ‰), чем в вышележащих слоях. Видовое богатство – 43 вида, биомасса – 41 г/м^2 при плотности поселения 1380 экз/м^2. Доминируют по интенсивности метаболизма двустворчатые моллюски *Yoldiella lenticula*, по плотности поселения – *Yoldiella nana,* а по биомассе – офиуры *Ophiopleura borealis*.

Обсуждение. Исследования донной фауны в районе арх. ЗФИ в 2006–2007 гг. подтвердили статус этого района как одного из наиболее богатых по видовому составу и биомассе бентоса в Баренцевом море (Броцкая, Зенкевич, 1939).

С учетом литературных данных (Галкин, 1955; Богданов, 1990; Чабан, 1996; Anisimova, 2001) список донной фауны ЗФИ составил 970 видов. В данной работе представлен список видов отмеченных в 1992, 2006, 2007 гг. (табл. 2). Список насчитывает 646 видов донных беспозвоночных, из которых 143 вида были зарегистрированы в 2006–2007 гг. в водах архипелага впервые, в том числе: 1 вид гидроидов, 3 вида актиний, 33 вида полихет, 1 вид приапулид, 3 вида сипункул, 33 вида амфипод, 32 вида других ракообразных, 2 вида брахиопод, 1 вид иглокожих, 10 видов моллюсков, 22 вида мшанок и 2 вида асцидий. Во многих случаях появление новых видов связано с изменениями в систематике и идентификацией групп, которые прежде не определяли либо определяли недостаточно полно (Tanaidacea, Ostracoda, Cumacea, Amphipoda).

Проведено сравнение результатов исследований 2006–2007 гг. с данными, полученными в 1992 г. в российской (Донные …, 1994) и российско-норвежско-польской (Macrobenthic …, 2009) экспедициях (табл. 4). Средняя биомасса донной фауны по данным 2006–2007 гг. составила 428±135 г/м^2, что превышает среднюю биомассу, подсчитанную по результатам российской экспедиции (288±71 г/м^2), но ниже средней биомассы (1085±489 г/м^2), полученной в международной экспедиции. Средняя плотность поселения организмов в 2006–2007 гг. (3374±431 экз/м^2) на порядок превышает плотность поселения по данным российской экспедиции (253±40 экз/м^2), но

сопоставима с плотностью поселения, полученной в российско-норвежско-польской экспедиции (3640±705 экз/м^2). Различия средних биомасс бентоса (табл. 4) нельзя считать достоверными, так как ошибки средних слишком велики.

Среди видов, доминирующих по биомассе, в сборах дночерпателем "Океан" с площадью захвата 0.25 м^2, который применялся в российской экспедиции 1992 г., есть глубоко закапывающиеся в грунт двустворчатые моллюски *Mya truncata* и прикрепляющиеся к камням усоногие раки *Balanus balanus*, а в сборах более легким дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м^2, встречаются лишь молодые экземпляры *M. truncata,* а *B. balanus* достаточно редки (табл. 4). С этим фактом столкнулись и наши зарубежные коллеги при сравнении различных орудий сбора бентоса в экспедициях 1992 г. (Macrobenthic …, 2009). Большая площадь захвата дночерпателя "Океан" позволила в российской экспедиции 1992 г. более полно учесть усоногих раков *B. balanus*, прикрепляющихся к камням. При попадании в дночерпатель ван-Вина такие камни мешают ему закрыться и проба не учитывается. Доминирование по биомассе двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* в 1992 г. было подтверждено в 2006–2007 гг. Преобладание многощетинковых червей *Spiochaetopterus typicus* на больших глубинах, отмеченное в российско-норвежско-польской экспедиции в 1992 г. зафиксировано и в наше время. Отсутствие в современных сборах двустворчатых моллюсков *Macoma calcarea* объясняется, вероятно, пятнистым распределением последних и приуроченности их к определенным грунтам. В российской экспедиции 1992 г. плотность поселения организмов оказалась на порядок ниже, по-видимому, из-за отличий в методике промывки грунта – ручного отбора животных с промывочных латунных сит (Донные …, 1994). При этом плохо учитывались мелкие формы.

Иностранные ученые опираются в своих исследованиях не на биомассу, а на плотность поселения массовых видов, которая имеет менее случайный характер. Для возможности сравнения данных 2006–2007 гг. с результатами исследований российско-норвежско-польской экспедиции 1992 г. (Macrobenthic …, 2009) приведена таблица наиболее многочисленных таксонов на станциях (табл. 5). Сравнение доминирующих по количеству особей видов со списком таковых 1992 г. показало высокое сходство. Отличия в основном связаны с распространением наших исследований на диапазон глубин менее 50 м, в котором состав бентоса и плотность его поселения имеет свои особенности. Отдельные виды (*Marenzelleria wireni, Munna fabricii*) были встречены лишь в этом диапазоне. Многочисленны на малых глубинах двустворчатые моллюски *Hiatella arctica, Crenella decussata decussata, Astarte borealis,* усоногие раки *Balanus balanus*, полихеты *Terebellides stroemi, Spio armata, Scoloplos acutus, Capitella capitata, Harmothoe impar impar,* остракоды *Philomedes globosus*. По плотности поселения офиуры *Ophiura robusta* доминирует на глубине до 150 м независимо от орудий сбора (табл. 4). Глубже преобладают полихеты *Spiochaetopterus typicus* и двустворчатые моллюски *Yoldiella nana*.

Таблица 4

Результаты исследования зообентоса в районе арх. ЗФИ в 1992 и 2006–2007 гг.

Глубина, м	Средняя биомасса, г/м^2	Виды доминирующие по биомассе	Средняя плотность поселения, экз/м^2	Виды, доминирующие по плотности поселения	Год исследований (литературный источник)	Дно-черпатель
< 50	341±120	*Balanus balanus* *Hiatella arctica* *Mya truncata*	235±57	*Balanus balanus* *Ophiura robusta* *Macoma calcarea*	1992 (Донные …, 1994)	"Океан"
< 50	722±589	*Strongylocentrotus droebachiensis* *Hiatella arctica* *Marenzelleria wireni*	3617±812	*Ophiura robusta* *Philomedes globosus* *Marenzelleria wireni*	2006–2007	ван-Вина
50–150	178±82	*Strongylocentrotus pallidus* *Mya truncata*	253±177	*Balanus balanus* *Ophiura robusta* *Macoma calcarea*	1992 (Донные …, 1994)	"Океан"
50–150	2198±830	*Hiatella arctica* *Astarte elliptica*	5551±749	*Ophiura robusta* *Ostracoda* spp. *Maldane sarsi*	1992 (Macrobenthic …, 2009)	ван-Вина
50–150	523±154	*Hiatella arctica* *Hormathia digitata* *Porella compressa*	3868±847	*Pholoe longa* *Ophiura robusta* *Spio arctica*	2006–2007	ван-Вина
150–300	256±105	*Balanus balanus* *Hiatella arctica* *Grammaria abietina*	291±35	*Ophiura robusta* *Astarte montagui* *Balanus balanus*	1992 (Донные …, 1994)	"Океан"
150–300	199±129	*Yoldiella nana* *Y. solidula* *Ennucula tenuis*	2538±638	*Maldane sarsi* *Spiochaetopterus typicus* *Melita dentata*	1992 (Macrobenthic …, 2009)	ван-Вина
150–300	283±129	*Astarte crenata* *Spiochaetopterus typicus* *Crossaster papposus*	3488±943	*Pholoe longa* *Spiochaetopterus typicus* *Yoldiella nana*	2006–2007	ван-Вина
> 300	191±24	*Spiochaetopterus typicus*	1828±480	*Yoldiella nana* *Yoldiella lenticula* *Spiochaetopterus typicus*	1992 (Macrobenthic …, 2009)	ван-Вина
> 300	102±39	*Gorgonocephalus arcticus* *Ophiopleura borealis* *Spiochaetopterus typicus*	1916±714	*Levinsenia gracilis* *Minuspio cirrifera* *Yoldiella nana*	2006–2007	ван-Вина

Таблица 5

Плотность поселения наиболее многочисленных таксонов на станциях, экз/м^2

Вид	Номер станций													
	39_6	40_7	45_6	43_6	41_6	43_7	44_6	46_6	37_7	40_6	39_7	44_7	42_6	38_6
	(31)	(39)	(44)	(69)	(80)	(87)	(104)	(169)	(210)	(250)	(256)	(279)	(400)	(432)
Philomedes globosus	67	1243	–	320	40	180	600	397	230	53	30	20	3	–
Marenzelleria wireni	–	–	813	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Munna fabricii	510	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Spio armata	17	–	403	–	–	–	400	–	–	–	–	–	–	–
*Terebellides stroemi**	33	183	–	17	20	23	57	17	33	–	–	23	10	7
Scoloplos acutus	47	147	23	23	7	3	33	60	–	–	–	–	23	–
Tridonta borealis	50	70	73	–	–	–	7	–	–	–	–	–	–	–
*Balanus balanus**	–	190	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Harmothoe impar impar	103	53	–	10	13	17	3	7	–	7	–	–	–	–
Capitella capitata	–	17	137	–	3	–	7	17	–	–	–	–	–	–
*Hiatella arctica**	50	80	–	47	7	3	7	3	–	7	–	–	–	–
Crenella decussata decussata	–	–	123	–	–	–	23	–	–	–	–	–	–	–
*Ophiura robusta**	583	410	23	293	597	1037	133	37	–	–	–	3	3	–
Pholoe longa	83	603	23	390	243	180	460	550	53	7	7	43	27	3
Spio arctica	3	3	–	3	–	–	703	–	–	–	–	–	7	–
*Chaetozone setosa**	120	–	127	67	47	–	340	127	–	20	–	–	23	37
*Ophiocten sericeum**	–	27	–	180	10	143	107	243	27	17	7	20	–	–
*Aricidea hartmanae**	20	37	17	113	3	–	237	67	–	3	7	–	30	–
Sphyrapus anomalus	–	240	–	33	–	–	240	83	–	–	–	3	–	–
Crania anomala	–	–	–	17	67	170	3	23	–	10	–	–	–	–
Sphaerodorum gracilis	13	77	3	73	93	60	23	3	–	7	7	17	7	–
*Astarte crenata**	–	7	–	107	33	27	13	37	7	57	27	20	3	–
Tmetonyx cicada	–	–	–	–	143	13	–	–	–	–	–	–	–	–
Anonyx nugax	–	–	–	3	–	123	–	–	3	–	–	–	–	–

Окончание табл. 5

Вид	Номер станций													
	39_6	40_7	45_6	43_6	41_6	43_7	44_6	46_6	37_7	40_6	39_7	44_7	42_6	38_6
	(31)	(39)	(44)	(69)	(80)	(87)	(104)	(169)	(210)	(250)	(256)	(279)	(400)	(432)
*Spiochaetopterus typicus**	–	–	–	20	–	3	57	310	813	43	67	3	330	–
*Maldane sarsi**	–	247	–	93	–	–	–	340	717	43	47	23	40	–
*Galathowenia oculata**	–	–	–	17	–	3	603	433	487	3	3	–	–	–
Lumbrineridae g. sp.*	30	127	–	53	17	7	33	443	347	27	37	17	77	27
*Thyasira gouldi**	60	103	–	50	33	60	217	187	247	53	97	17	270	90
*Heteromastus filiformis**	–	13	7	7	7	10	17	13	313	7	60	7	197	7
Gnathia robusta	–	–	–	–	–	–	20	150	120	17	13	–	7	–
Spiophanes kroeyeri	–	–	–	–	–	–	–	–	180	–	20	–	–	–
Myriochele heeri	–	–	–	137	–	–	–	–	37	30	113	3	33	–
Owenia gr. *fusiformis*	–	13	–	63	–	–	17	170	–	–	–	–	10	–
Maldane arctica	–	3	–	–	–	–	–	–	57	–	83	–	–	–
*Yoldiella nana**	3	3	–	3	–	3	33	37	37	347	470	97	437	323
*Minuspio cirrifera**	3	–	3	20	23	33	13	57	10	27	–	40	400	53
*Mendicula ferruginosa**	–	–	–	–	13	20	3	40	113	77	157	–	270	53
*Yoldiella lenticula**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17	10	–	–	310
*Levinsenia gracilis**	–	3	–	10	–	10	–	20	–	63	–	150	17	30
Quasimelita quadrispinosa	–	13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	190
Yoldiella frigida	–	–	–	3	–	20	20	13	3	10	–	10	50	–
Ennucula tenuis	–	–	–	3	–	–	7	–	37	–	13	–	17	37

*Многочисленные виды, присутствующие и в исследованиях 1992 г. (Macrobenthic …, 2009).

ПРИМЕЧАНИЕ. Цифры в скобках – глубина на станции, м. Линии отделяют таксоны, доминирующие в определенных диапазонах глубин (< 50, 50–150, 150–300, > 300 м).

Трофическая структура донного населения архипелага тесно связана с условиями среды обитания. На мелководьях вокруг островов, где преобладают песчаные грунты, в условиях достаточно активной подвижности придонных вод развивается зона подвижных сестонофагов, основными представителями которых являются двустворчатые моллюски *Hiatella arctica,* Astartidae. На склонах желобов с каменистыми и грубозернистыми грунтами в условиях активной гидродинамики, обусловленной течениями и взаимодействием прибрежных вод с более глубокими подповерхностными водными массами, доминируют неподвижные сестонофаги, основными представителями которых являются мшанки и полихеты Serpulidae. На дне желобов на алевритах и алеврито-глинистых илах с наиболее высокими концентрациями органики в районах замедленных передвижений придонных вод, где процесс оседания органической взвеси превалирует над процессом ее переноса, преобладают собирающие детритофаги. Представители собирающих детритофагов – полихеты *Spiochaetopterus typicus* и др., двустворчатые моллюски родов *Portlandia, Macoma, Nucula,* ряд офиур. Здесь же был отмечен наиболее высокий процент плотоядных. Виды, добывающие пищу, поедая субстрат, в котором они обитают (грунтоеды), связанные в своем распространении с мелкозернистыми осадками, выстилающими понижения дна в условиях замедленной гидродинамики, нигде не были отмечены в качестве доминантов.

Соотношение бореальных и арктических видов донной фауны (0.42) в районе арх. ЗФИ, по данным 2006–2007 гг., чуть превышает соотношение (0.41), полученное по данным российско-норвежско-польской экспедиции (Macrobenthic …, 2009). Распределение биогеографических форм по глубинам обусловлено распределением водных масс (Денисов и др., 1994). Личинки бореальных видов проникают внутрь архипелага с относительно теплыми баренцевоморскими водами в поверхностном слое. При сравнении биогеографической структуры донной фауны с данными российской экспедиции 1992 г. (Донные …, 1994) можно заметить увеличение доли бореальных видов. В 1992 году бореальные формы были отмечены на глубинах не превышающих 50 м в количестве 3–4 %, в то время как в современных исследованиях доля бореальных видов на малых глубинах достигала 9 %. Основной водный пласт в проливах толщиной в 150–300 м занимают холодные воды местного осенне-зимнего происхождения. Максимум арктических видов в 1992 г. был обнаружен на глубине 275 м, что совпадает с результатами исследований 2006–2007 гг., где максимальный процент арктических видов зарегистрирован в диапазоне глубин 150–300 м. Слой воды мощностью 20–50 м у дна в глубоководных желобах проливов занимают сравнительно менее холодные, чем вышележащие, атлантические, трансформированные воды, поступающие в проливы архипелага с Западно-Шпицбергенским течением. Соответственно заметно уменьшение доли арктических видов на глубинах более 300 м.

Одна из станций 2006 г. (39_6) была выполнена в бухте Тихая о. Гукера в районе биостанции, где бентосные съемки проводились еще в 1930-е гг. и затем были возобновлены в 1991–1992 гг. (Аверинцев, 1994). По данным

2006 г., здесь, на глубине 31 м, на песке с глиной и ракушей, развивается биоценоз *Astarte borealis* с биомассой 219 г/м^2 и плотностью поселения 2916 экз/м^2. Доминируют по биомассе морские ежи *Strongylocentrotus droebachiensis* и офиуры *Ophiura robusta*, а по плотности поселения – лишь *O. robusta*. В.Г. Аверинцевым (1994) в бухте Тихая была отмечена бентосная группировка *O. robusta*, которая в виде пояса размещалась на глубине примерно от 30 до 70 м. В работе наших польских коллег (Weslawski, Zajaczkowski, 1992) фаунистический комплекс *Ophiura* занимал всю центральную часть бухты Тихая начиная с глубины примерно 20–30 м. Преобладали по численности офиуры *O. robusta*. Морские ежи *Strongylocentrotus droebachiensis* не являлись доминантами, но были указаны в составе этого фаунистического комплекса. Моллюски *Astarte borealis* также наблюдались в бухте Тихая в 1992 г. Таким образом, фаунистический комплекс офиур бухты Тихая о. Гукера не претерпел радикальных изменений за прошедшие годы.

В исследованиях 2007 г. были повторно выполнены три станции 2006 г.: 40_6 (39_7), 41_6 (43_7), 42_6 (44_7). Последняя пара станций значительно отличалась глубинами (по-видимому, попали на крутой склон) и была исключена из рассмотрения. Несмотря на то, что первые две пары станций были очень близки по положению, глубине, характеру грунта (табл. 1) и сходны по качественному составу фауны (рис. 10), количественные характеристики бентоса на них сильно разнились (табл. 3). Отличия касались видового разнообразия, биомассы, плотности поселения, доминирующих по биомассе и по интенсивности метаболизма видов, подтверждая тем самым огромное разнообразие жизни на дне и малую точность результатов наших исследований. Количество проб (3 дночерпателя ван-Вина), которое мы в состоянии взять и обработать, не может дать статистически достоверных данных, объективно отражающих количественную картину распределения бентоса. Единственный параметр, по которому в данной ситуации можно судить о близости станций, – виды, доминирующие по плотности поселения организмов. На станциях 41_6, 43_7 (глубина от 76 до 99 м) это офиуры *Ophiura robusta*, а на станциях 40_6, 39_7 (глубина от 249 до 261 м) – двустворчатые моллюски *Yoldiella nana* (табл. 3).

В связи с показанной стабильностью данного параметра, на который в своих исследованиях опираются наши западные коллеги, считаем полезным представить наиболее многочисленные таксоны на станциях (табл. 5). При сравнении с подобной таблицей, составленной по данным российско-норвежско-польской экспедиции 1992 г. (Macrobenthic …., 2009), можно отметить неплохое совпадение таксонов, доминирующих в определенных диапазонах глубин в районе арх. ЗФИ.

Выводы. Биомасса донных беспозвоночных убывает с увеличением глубины, а видовое богатство и плотность поселения достигают наибольших значений в диапазоне глубин 50–150 м.

Распространенные в мелководных заливах биоценозы *Astarte borealis, Hiatella arctica* и *Marenzelleria wireni* на склонах сменяются биоценозами *Astarte crenata, Porella compressa* и *Thelepus cincinnatus,* а глубже – биоценозами *Spiochaetopterus typicus* и *Yoldiella lenticula.*

На песчаном мелководье вокруг островов доминируют подвижные сестонофаги. На склонах желобов, покрытых крупнозернистыми песками и камнями, преобладают неподвижные сестонофаги, на дне желобов с мягкими алевритовыми грунтами – собирающие детритофаги.

Основу донного населения составляют бореально-арктические виды. Соотношение бореальных и арктических видов изменяется с глубиной и достигает максимального значения в слое 50–150 м, указывая на наибольшее теплосодержание вод в этом диапазоне глубин.

Сравнение с исследованиями 1992 г. показало достоинства и недостатки дночерпателей "Океан" и ван-Вина. Качественный состав фауны и виды, доминирующие по обилию, оказались характеристиками менее случайными, чем биомасса и виды доминирующие по биомассе.

Данные исследований донной фауны в районе арх. ЗФИ в 2006–2007 гг. подтвердили статус этого района как одного из наиболее богатых по видовому составу и биомассе бентоса в Баренцевом море.

Литература

Аверинцев В.Г. Сообщества мелководий // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 134–161.

Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л., 1989. 152 с.

Богданов И.П. Моллюски подсемейства Oenopotinae (Gatropoda, Pectinibranchia, Turridae) морей СССР. Л.: Наука, 1990. 223 с. (Фауна СССР. Моллюски. Т. V, вып. 3).

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

Визе В.Ю. Хронологический обзор плаваний к Земле Франца-Иосифа // Тр. Ин-та по изучению Севера. 1930. Вып. 47. С. 39–58.

Галкин Ю.И. Брюхоногие моллюски трохиды дальневосточных и северных морей СССР (сем. Trochidae). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955, 132 с. (Определители по фауне СССР. Т. 57).

Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Биоценозы верхних отделов шельфа архипелага Земля Франца-Иосифа и некоторые закономерности их распределения // Биоценозы шельфа Земли Франца-Иосифа и фауна сопредельных акваторий. Л.: Наука, 1977. С. 5–54 (Исследования фауны морей. Т. 14(22).

Денисов В.В., Матишов Д.Г., Соколов В.Т. Гидрометеорологические условия архипелага // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 25–38.

Донные биоценозы Земли Франца-Иосифа / Е.Н. Луппова, Н.А. Анисимова, Н.В. Денисенко, Е.А. Фролова // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 108–134.

Кленова М.В. Геология Баренцева моря. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 367 с.

Кузнецов А.П. Экология донных сообществ Мирового океана (трофическая структура морской донной фауны). М.: Наука, 1980. 244 с.

Матишов Г.Г., Мысливец В.И., Форман С. Геологическое строение и условия седиментации // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 7–18.

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

Особенности современного осадконакопления / В.В. Алексеев, Г.Г. Матишов, Г.А. Тарасов, Ю.П. Хрусталев // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 18–25.

Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 192 с.

Чабан Е.М. Заднежаберные моллюски семейства Diaphanidae (Gastropoda, Opisthobranchia) морей России // Ruthenica. 1996. V. 6(2). С. 127–148.

Anisimova N. Russian macrobenthic investigations in the Franz-Josef Land archipelago area: Report APN-434. 1913/5. Akvaplan-niva, Tromso, 2001. 43 p.

Macrobenthic fauna of the Franz-Josef Land archipelago / S. Dahle, N.A. Anisimova, R. Palerud et al. // Polar Biol. 2009. V. 32. P. 169–180.

Sørensen T.A. A new method of establisching groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation of Danish commons // Kgl. Dan. Vid. Selsk. Boil. Ser. 1948. Bd. 5, № 4. S. 1–34.

Weslawski J.M., Zajaczkowski M. Benthic fauna and its environment in Tikhaja Bay, Hooker Island // Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. № 120. P. 35–42.

УДК 597:591.9 (268.45.52)

О.Ю. Кудрявцева
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ОБЗОР ИХТИОФАУНЫ РАЙОНА ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

Рассмотрены видовой состав, распределение и биология морских рыб, поимки которых в районе арх. Земля Франца-Иосифа были документально зарегистрированы. Проанализирована структура ихтиофауны. Всего на рассматриваемой акватории может встретиться до 68 видов и подвидов хрящевых и костистых рыб, относящихся к 21 семейству, 10 отрядам. Из них большая часть видов относится к арктическому комплексу, обитает на дне, питаясь преимущественно донными беспозвоночными животными, и не имеет промыслового статуса.

O.Yu. Kudryavtseva
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Russia, Murmansk

REVIEW OF ICHTHYOFAUNA IN THE FRANZ-JOSEF LAND REGION

Abstract

The article examines the species composition, distribution and biology of marine fishes registered in waters off the Franz-Josef Land Archipelago. It reports in total 68 species and subspecies of cartilaginous fish and teleosts belonging to 21 families and 10 orders that can be found in the region. Most of these species belong to the Arctic group of fishes, live near the bottom, feed mostly on benthic invertebrates, and have no commercial status.

Несмотря на то, что ихтиологические исследования в районе архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) имеют более чем вековую историю, видовой состав и биология рыб этого района изучены недостаточно. Данные по ихтиофауне внутренних водоемов ЗФИ в литературе отсутствуют, поскольку многочисленные озера, большую часть года покрытые льдом, считаются непригодными для жизни рыб (Бурмакин, 1957). Ихтиофауну морских вод, омывающих архипелаг, мы рассматривали в географических границах рыбопромыслового района ЗФИ (Схема …, 1957), т. е. севернее 79^{o} с. ш., между 30^{o} и 72^{o} в. д.

Наиболее исчерпывающий для своего времени обзор ихтиофауны этого района был опубликован в 1994 г. (Боркин, 1994; Чернова, 1994), а более поздние обзорные исследования (Новые …, 2000; Чернова, 2007) в силу различных причин практически не привнесли ничего нового к уже имеющимся знаниям. Однако в настоящее время эта уникальная работа может быть существенно дополнена новыми и опубликованными материалами научных экспедиций и ихтиологических исследований последних лет. В связи с этим основными задачами наших исследований являлись ревизия видового состава и характеристика ихтиофауны района ЗФИ.

История ихтиологических исследований. Ведущее место в истории фаунистических исследований высокоширотных районов арктических морей Евразии принадлежит России. Сведения об ихтиофауне района ЗФИ собирались в ходе многочисленных российских высокоширотных экспедиций, проводимых с 1901 г. в наиболее благоприятный по метеорологическим условиям и ледовой обстановке летне-осенний период года.

Вплоть до середины 1950-х гг. ихтиологические исследования в Арктике осуществлялись попутно с изучением донной фауны, а для сбора материала использовались, как правило, малопригодные в ихтиологии бентосные орудия лова (зоологический трал Петерсена, трал Сигсби, драга, дночерпатель) (рис. 1). В этот период исследования носили экологическую направленность, а основной акцент в рассмотрении материалов экспедиций уделялся систематике и описанию внешней морфологии рыб (Книпович, 1901; Knipowitsch, 1906, 1907; Есипов 1931, 1933, 1939; Андрияшев, 1949, 1954, 1964). Фаунистические сборы этих экспедиций, хранящиеся в настоящее время в Зоологическом институте (ЗИН) РАН, до сих пор служат базой для систематических работ по ихтиофауне арктических морей.

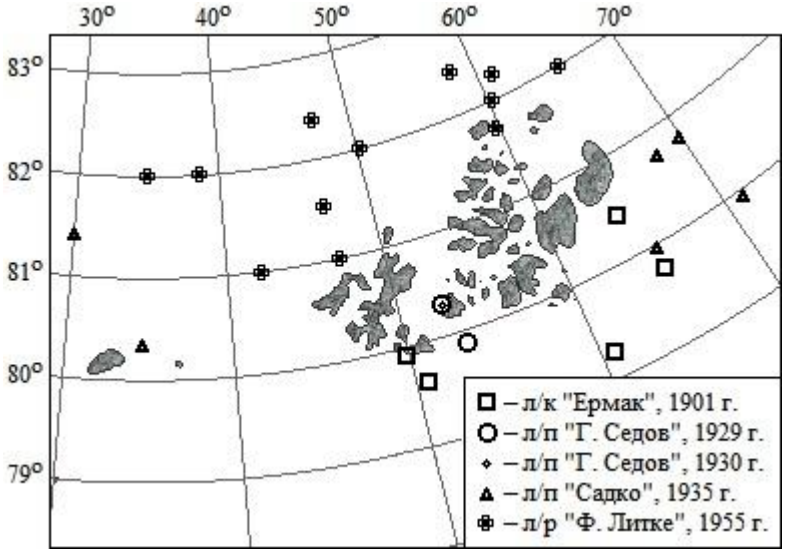


Рис. 1. Карта-схема расположения бентосных станций в экспедициях 1901–1955 гг., на которых были пойманы рыбы

Первая коллекция рыб из района ЗФИ, собранная в экспедиции на ледоколе “Ермак” летом 1901 г., включала 8 видов: сайка *Gadus saida* [=*Boreogadus saida*], европейский крючкорог *Centridermichthys uncinatus* [=*Artediellus atlanticus*], атлантический двурогий ицел *Icelus hamatus* [=*I. bicornis*], остроносый триглопс *Triglops pingelii*, атлантический колючий круглопер *Cyclopterus spinosus* [=*Eumicrotremus spinosus*], карепрокт Рейнгардта *Cyclogaster gelatinosus* [=*Careproctus reinhardti*], чернобрюхий липарис *Cyclogaster liparis v. fabricii* [=*Liparis fabricii*], европейский липарис *Cyclogaster liparis* и не идентифицированных до вида представителей рода ликодов *Lycodes*. Позднее среди добытых особей европейского крючкорога был описан 1 экз. шероховатого крючкорога *Artediellus scaber* (Knipowitsch, 1907). Кроме того, в результате ревизии соответствующих родов остроносый триглопс, наряду с экземплярами, описанными В.К. Есиповым (1931, 1933, 1939), был переопределен как полярный триглопс *Triglops nybelini* (Андрияшев, 1949), а европейский липарис – как арктический липарис *Liparis tunicatus* (Чернова, 1991). Среди выловленных ликодов обнаружены представители двух видов: бледный *Lycodes pallidus pallidus* и полуголый *L. seminudus* (Knipowitsch, 1906). Таким образом, с учетом последующих ревизий и переопределения собранного материала число видов, обитающих в районе ЗФИ, увеличилось до 11.

Состав ихтиофауны шельфовых вод ЗФИ незначительно расширили материалы экспедиции на л/р “Ф. Литке” в 1955 г. (Андрияшев, 1964). Из 11 видов рыб, добытых с борта ледореза, 6 оказались новыми для этого района. В их числе гладкий круглопер *Cyclopteropsis* sp., тонкорукий гимнел *Gymnelus retrodorsalis* и 4 вида ликодов: двуперый *Lycodes eudipleurostictus*, абиссальный *L. frigidus*, сетчатый *L. reticulatus*, ликод Росса *L. rossii*. Таким образом, в морских водах архипелага было отмечено уже 17 видов рыб, о биологии которых имелись весьма ограниченные сведения.

Новый этап в изучении ихтиофауны района ЗФИ начался с целенаправленных рыбопромысловых исследований Полярного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) и Севрыбпромразведки МРХ СССР в связи с поиском новых перспективных видов и районов для промысла. Материалы экспедиций 1978–1984 гг. на ЗРС “Профессор Н. Смирнов”, “Серебрянка”, “Варзуга” и “Георгиевск”, в работе которых использовался метод тотальной съемки по площадям и различные типы рыбоучетных тралов, а также притраловых и планктонных сетей, дополнили видовой список до 33 видов, позволили существенно расширить имеющиеся представления о некоторых аспектах биологии рыб, обитающих в районе ЗФИ (Боркин, 1983, 1986; 1994; Боркин, Мельянцев, 1984). Одним из важных достижений этих экспедиций стало обнаружение в районе архипелага массовых скоплений молоди гренландского черного палтуса, одного из ценнейших промысловых видов (Боркин, 1983; Низовцев, 1983).

В этот же период на акватории ЗФИ работала комплексная научная экспедиция Мурманского морского биологического института (ММБИ)

КНЦ РАН на НИС “Дальние Зеленцы” (1981 г.), а на о. Хейса в 1981–1982 гг. проводили подводные исследования сотрудники ЗИН РАН. Уникальные ихтиологические сборы этих экспедиций способствовали проведению ревизии липаровых рыб евроазиатской Арктики, описанию новых видов и уточнению видовых списков для рода *Liparis* (Чернова, 1988, 1991, 1994). Позднее, в июне–июле 1991 г., в ходе экспедиции на ледоколе “Полярштерн” в числе прочих было отобрано и проанализировано пять ихтиологических станций из района ЗФИ (Чернова, Неелов, 2002; Неелов, Чернова, 2005).

Дальнейшее изучение рыбной части сообществ высокоширотных районов архипелагов ЗФИ и Шпицбергена связано, главным образом, с проведением в августе–сентябре ежегодных траловых съемок по учету молоди гренландского черного палтуса. В Норвегии с 1996 г. такие съемки выполнялись Институтом морских исследований (IMR), а в России подобные исследования начались с 1999 г. на базе ПИНРО. С 2000 года съемка получила статус “совместной” и выполнялась одним российским и одним норвежским исследовательскими судами. Основной целью ежегодных съемок являлось изучение особенностей распределения, размерно-возрастного состава, численности и биомассы молоди гренландского черного палтуса. Однако комплексный экосистемный характер исследований позволил собрать ценные материалы по распределению и биологии многих других видов рыб, встречавшихся в уловах, а также по океанографическим условиям среды их обитания (Новые …, 2000; Høines, Smirnov, 2002, 2004; Долгов, 2006).

Кроме того, в период с 2001 по 2008 гг. в районе ЗФИ работали три комплексных научных экспедиции на НИС “Дальние Зеленцы”, организованные ММБИ, в материалах которых представлена интересная коллекция рыб, впервые рассматриваемая в настоящей работе. А в сентябре 2007 г. в экспедиции ПИНРО на НИС “Ф. Нансен” проведены фаунистические исследования в северной части Карского моря и сопредельных водах Баренцева моря между ЗФИ и Новой Землей (Боркин и др., 2008).

Следует отметить, что в последние десятилетия появилось много таксономических работ. В частности, значительному пересмотру подверглась систематика родов *Careproctus* и *Gymnelus*. Так, для Баренцева было описано 5 новых видов длинноперых карепроктов – *Careproctus derjugini, C. knipowitschi, C. macrophthalmus, C. tapirus* и *C. telescopus* (в предыдущих исследованиях все эти виды определяли как *Careproctus reinhardti*, распространение которого, согласно ревизии Н.В. Черновой, ограничено водами Гренландии) (Чернова, 2005, 2007; Chernova, 2005). Также было показано, что *Careproctus micropus* и *C. ranula* замещены в Баренцевом море на морфологически сходные, но не тождественные виды, систематика которых в настоящее время еще не разработана.

Из девяти недавно описанных в Арктическом регионе видов гимнелюсов четыре обнаружены в Баренцевом и Карском морях: *Gymnelus andersoni, G. esipovi, G. knipowitschi* и *G. taeniatus* (Чернова, 1998, 1999а,б;

Chernova, 2000). В некоторых систематических работах большая часть новых видов *Gymnelus* рассматривается как экофенотипы трех арктических видов: *Gymnelus hemifasciatus, G. retrodorsalis и G. viridis* (Anderson, Fedorov, 2004), а последние филогенетические исследования рыб тихоокеанского сектора Арктики частично подтвердили эти предположения. В частности, было установлено, что по нуклеотидной последовательности гена *Co-1* два новых вида *G. knipowitschi* и тихоокеанский *G. platycephalus* попадают в ветвь *G. hemifasciatus* (Mecklenburg et al., 2011), в связи с чем эти виды признаны в настоящее время младшими синонимами последнего. Поскольку признаки, использованные Н.В. Черновой, для описания новых видов *Gymnelus* в данном случае не имели диагностической силы, авторами ставится под сомнение и валидность трех других баренцевоморских видов, морфологически сходных с *G. retrodorsalis*. Однако для окончательного решения вопроса о статусе этих видов необходимы дальнейшие филогенетические исследования. Несмотря на это, в настоящее время признан видовой статус только для *G. andersoni* и *G. esipovi*, а *G. taeniatus* рассматривается как младший синоним *G. retrodorsalis* (Catalog …, 2014).

Важным результатом совместных норвежско-российских экосистемных исследований, выполненных в августе–сентябре 2004–2009 гг., стало издание атласа рыб Баренцева моря, где в числе прочих приведены данные по ихтиофауне наиболее северных, ранее не обследованных районов Баренцева и Карского морей (Atlas …, 2011). К сожалению, в этой работе распределение рыб не было привязано к конкретным станциям, а рассматривалось как осредненные данные по уловам в ячейках сетки размером 35х35 морских миль, на которые была разбита вся исследованная акватория (рис. 2). Также в силу разных причин в атласе показано общее распределение для представителей сем. Myctophidae и родов *Icelus, Cottunculus, Careproctus* и *Gymnelus*, что равноценно потере важной информации о малоизученных видах этих интересных с точки зрения систематики групп.

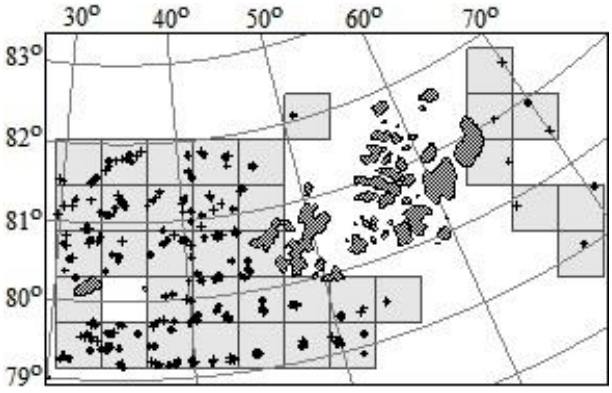


Рис. 2. Карта-схема расположения ихтиологических станций норвежско-российских экосистемных исследований в 2004–2009 гг. в районе ЗФИ (донные траления) и сетка данных “Атласа рыб Баренцева моря” (Atlas …, 2011)

Видовой состав ихтиофауны района ЗФИ. Предложенный ниже список (таблица) содержит только виды рыб, поимки которых в районе ЗФИ были документально зарегистрированы в литературных источниках и в материалах комплексных научных экспедиций ММБИ. В список включены также глубоководные виды, обитающие на участках континентального склона Полярного бассейна, поскольку, по мнению Н.В. Черновой (2007), они могут появляться и в шельфовых водах архипелага.

Порядок расположения надродовых таксонов и видовая номенклатура в списке, а также зоогеографические и экологические характеристики видов даны в соответствии с общепринятыми современными представлениями о систематике рыбообразных и рыб (Андрияшев, Чернова, 1994; Catalog …, 2014). Также нами учтены последние таксономические изменения, основанные на результатах молекулярно-филогенетического исследования нуклеотидной последовательности митохондриального гена цитохромоксидазы 1 (*Co-1*) у морских рыб Арктического региона (Mecklenburg et al., 2011).

Распределение и биологические характеристики рыб. Как уже было отмечено выше, исследования труднодоступных высокоширотных районов Арктики возможны при условии благоприятной ледовой обстановки, которая в первую очередь зависит от теплового состояния вод. Поэтому следует учесть, что практически все ихтиологические работы на акватории ЗФИ проводились в теплые и аномально теплые годы в августе–сентябре. Очевидно, что составленные карты показывают наиболее северные границы распространения многих видов, в особенности, относящихся к бореальному комплексу.

Гренландская полярная акула – морской, преимущественно бореальный, придонно-пелагический вид. Ихтиофаг. Встречается единично (рис. 3). Диапазон глубины обитания – от поверхности до 1200 м. Предпочитает температуру 0–2 °С. Длина рыб – 131–416 см (средняя – 276 см). Промысловый вид (в настоящее время специализированный промысел не ведется).

Шипохвостый скат – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Редкий, встречается единично (рис. 3). Диапазон глубины обитания – 160–2000 м. Предпочитает температуру выше 2 °С.

Полярный скат – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Обычен, встречается единично (рис. 3). Диапазон глубины – 280–2460 м. Предпочитает температуру от –1.0 до 1.5 °С. Максимальные размеры – 92 см и 5.2 кг. Длина рыб в районе ЗФИ – 10–49 см.

Звездчатый скат – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Обычен западнее 40° в. д., встречается единично (рис. 3). Диапазон глубины – 20–400 м, в арктических широтах до 1000 м. Предпочитает температуру от –1 до 8 °С. Склон кромки шельфа у котловины Нансена – район обитания и размножения вида. Здесь на глубине 339–363 м обнаружены взрослые самки 35.4 см длиной, молодь 10.1 см и яйцевые капсулы. Промысловый вид в Баренцевом море.

Список рыб, встречающихся в водах района ЗФИ

Латинское название	Русское название	Литературный источник
Класс Elasmobranchii		
Отряд Squaliformes		
Семейство Somniosidae		
Somniosus microcephalus (Bloch et Schneider, 1801)	Гренландская полярная акула	Atlas ..., 2011
Отряд Rajiformes		
Семейство Arhynchobatidae		
Bathyraja spinicauda (Jensen, 1914)	Шипохвостый скат	Atlas ..., 2011, 2011
Семейство Rajidae		
Amblyraja hyperborea (Collett, 1879)	Полярный скат	Боркин, 1983, 1994; Atlas ..., 2011
Amblyraja radiata (Donovan, 1808)	Звездчатый скат	Неелов, Чернова, 2005; Atlas ..., 2011
Rajella fyllae (Lütken, 1887)	Круглый скат	Неелов, Чернова, 2005
Класс Actinopterygii		
Отряд Clupeiformes		
Семейство Clupeidae		
Clupea harengus harengus Linnaeus, 1758	Атлантическая сельдь	Новые ..., 2000; Atlas ..., 2011
Отряд Osmeriformes		
Семейство Microstomatidae		
Nansenia groenlandica (Reinhardt, 1840)	Гренландская нансения	Atlas ..., 2011
Семейство Osmeridae		
Mallotus villosus villosus (Müller, 1776)	Мойва	Боркин, 1983, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Atlas ..., 2011
Отряд Aulopiformes		
Семейство Paralepididae		
Arctozenus risso (Bonaparte, 1840)	Северный веретенник	Долгов, 2006; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011
Отряд Myctophiformes		
Семейство Myctophidae		
Benthosema glaciale (Reinhardt, 1837)	Северная бентозема	Боркин, 1983, 1986, 1994; Долгов, 2006; Боркин и др., 2008
Myctophum punctatum Rafinesque 1810	Крапчатый миктоф	Боркин и др., 2008

Латинское название	Русское название	Литературный источник
Отряд Gadiformes		
Семейство Macrouridae		
Macrourus berglax Lacepède, 1801	Северный макрурус	Боркин, 1983; Долгов, 2006; Atlas ..., 2011
Семейство Gadidae		
Arctogadus glacialis (Peters, 1872)	Черная, или ледяная треска	Боркин, 1983, 1994; Боркин, Мельянцев, 1984; Боркин и др., 2008; Records ..., 2009; Atlas ..., 2011
Boreogadus saida (Lepechin, 1774)	Сайка	Книпович, 1901; Есипов, 1931, 1939; Андрияшев, 1964; Боркин, 1983, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011; наши данные
Gadus morhua Linnaeus, 1758	Атлантическая треска	Боркин, 1983, 1994; Atlas ..., 2011; наши данные
Melanogrammus aeglefinus (Linnaeus, 1758)	Пикша	Atlas ..., 2011
Micromesistius poutassou (Risso, 1827)	Северная путассу	Долгов, 2006; Atlas ..., 2011
Семейство Lotidae		
Gaidropsarus argentatus (Reinhardt, 1837)	Полярный налим	Боркин, 1983; Новые ..., 2000; Неелов, Чернова, 2005; Долгов, 2006 Atlas ..., 2011
Отряд Scorpaeniformes		
Семейство Sebastidae		
Sebastes norvegicus (Ascanius 1772)	Золотистый морской окунь	Atlas ..., 2011
Sebastes mentella Travin, 1951	Окунь-клювач	Боркин, 1983, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011
Семейство Cottidae		
Artediellus atlanticus Jordan & Evermann, 1898	Европейский крючкорог	Книпович, 1901; Брискина, 1939; Есипов, 1939; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011; наши данные

Продолжение табл.

Латинское название	Русское название	Литературный источник
Artediellus scaber Knipowitsch, 1907	Шероховатый крючкорог	Knipowitsch, 1907; Боркин, 1994
Gymnocanthus tricuspis (Reinhardt, 1831)	Арктический шлемоносный бычок	Atlas …, 2011
Icelus bicornis (Reinhardt, 1840)	Атлантический двурогий ицел	Книпович, 1901; Есипов, 1931, 1939; Брискина, 1939; Андрияшев, 1964; Боркин, 1994; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011; наши данные
Myoxocephalus scorpius (Linnaeus, 1758)	Европейский керчак	Weslawski et al., 1994
Triglops murrayi Günther, 1888	Атлантический триглопс	Неелов, Чернова, 2005; Atlas …, 2011
Triglops nybelini Jensen, 1944	Полярный триглопс	Книпович, 1901; Есипов, 1939; Андрияшев, 1949, 1964; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011; наши данные
Triglops pingelii Reinhardt, 1837	Остроносый триглопс	Atlas …, 2011
Семейство Psychrolutidae		
Cottunculus microps Collett, 1875	Малоглазый коттункул	Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Долгов, 2006
Cottunculus sadko Essipov, 1937 –	Коттункул Садко	Боркин, 1994; Долгов, 2006; Боркин и др., 2008; наши данные
Семейство Agonidae		
Aspidophoroides olrikii Lütken, 1877	Ледовитоморская лисичка	Попов, 1926
Leptagonus decagonus (Bloch & Schneider, 1801)	Лисичка-лептагон	Боркин, 1983, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011; наши данные
Семейство Cyclopteridae		
Cyclopteropsis sp.	Гладкий круглопер	Андрияшев, 1964
Eumicrotremus derjugini Popov, 1926	Колючий круглопер Дерюгина	Боркин, 1983, 1994; Долгов, 2006; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011
Eumicrotremus spinosus (Fabricius, 1776)	Атлантический колючий круглопер	Книпович, 1901; Atlas …, 2011
Семейство Liparidae		
Careproctus cf. *micropus* (Günther, 1887)	Малоглазый карепрокт	Чернова, 1991
Careproctus cf. *ranula* (Goode & Bean, 1879)	Малоголовый карепрокт	Боркин и др., 2008

Продолжение табл.

Латинское название	Русское название	Литературный источник
Careproctus derjugini Chernova, 2005	Карепрокт Дерюгина	Чернова, 2005
Careproctus knipowitschi Chernova, 2005	Карепрокт Книповича	Наши данные
Careproctus telescopus Chernova, 2005	Карепрокт-телескоп	Наши данные
Liparis bathyarcticus Parr, 1931*	Липарис Парра	Чернова, 1987, 1991, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Atlas …, 2011
Liparis fabricii Krøyer, 1847	Чернобрюхий липарис	Книпович, 1901; Есипов, 1939; Андрияшев, 1964; Боркин, 1983, 1994; Чернова, 1991, 1994; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011; наши данные
Liparis tunicatus Reinhardt, 1836	Арктический липарис	Чернова, 1989, 1991, 1994
Paraliparis bathybius (Collett, 1879)	Полярный паралипарис	Чернова, 1991; Atlas …, 2011
Rhodichthys regina Collett 1879	Королевский родихт	Чернова, 1991; Atlas …, 2011
Отряд Perciformes		
Семейство Zoarcidae		
Gymnelus andersoni Chernova, 1998	Гимнел Андерсона	Чернова, 1998
Gymnelus retrodorsalis Le Danois, 1913	Тонкорукий гимнел	Андрияшев, 1964; Чернова, 1998, 1999
Lycenchelys kolthoffi Jensen, 1904	Пятнистая лиценхела	Неелов, Чернова, 2005; Долгов, 2006; Atlas …, 2011
Lycodes esmarkii Collett, 1875	Ликод Эсмарка, узорчатый ликод	Atlas …, 2011
Lycodes eudipleurostictus Jensen, 1902	Двуперый ликод	Андрияшев, 1964; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011
Lycodes frigidus Collett, 1879	Абиссальный ликод	Андрияшев, 1964
Lycodes gracilis Sars, 1867	Тонкий ликод	Неелов, Чернова, 2005; Долгов, 2006; Atlas …, 2011
Lycodes luetkenii Collett, 1880	Ликод Люткена	Долгов, 2006
Lycodes pallidus pallidus Collett, 1879	Бледный ликод	Knipowitsch, 1906; Есипов, 1939; Андрияшев, 1964; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas …, 2011; наши данные

Окончание табл.

Латинское название	Русское название	Литературный источник
Lycodes polaris (Sabine, 1824)	Полярный ликод	Боркин, 1994; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011; наши данные
Lycodes reticulatus Reinhardt, 1835	Сетчатый ликод	Андрияшев, 1964; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Atlas ..., 2011
Lycodes rossi Malmgren, 1865	Ликод Росса	Андрияшев, 1964; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Atlas ..., 2011
Lycodes seminudus Reinhardt, 1837	Полуголый ликод	Knipowitsch, 1906; Есипов, 1939; Боркин, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011
Lycodes squamiventer Jensen 1904	Чешуебрюхий ликод	Неелов, Чернова, 2005
Семейство Stichaeidae		
Anisarchus medius (Reinhardt, 1837)	Ильный люмпен	Боркин, 1994; Atlas ..., 2011
Leptoclinus maculatus (Fries, 1838)	Атлантический лептоклин	Боркин, 1994; Atlas ..., 2011
Lumpenus fabricii Reinhardt, 1836	Люмпен Фабриция	Боркин и др., 2008
Lumpenus lampretaeformis (Walbaum, 1792)	Миноговидный люмпен	Atlas ..., 2011
Семейство Anarhichadidae		
Anarhichas lupus lupus Linnaeus, 1758	Полосатая зубатка	Atlas ..., 2011
Anarhichas minor Olafsen, 1772	Пятнистая зубатка	Неелов, Чернова, 2005; Atlas ..., 2011
Отряд Pleuronectiformes		
Семейство Pleuronectidae		
Glyptocephalus cynoglossus (Linnaeus, 1758)	Атлантическая длинная камбала	Боркин, 1994
Hippoglossoides platessoides limandoides (Bloch, 1787)	Камбала-ерш	Боркин, 1983, 1994; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011; наши данные
Reinhardtius hippoglossoides (Walbaum, 1792)	Гренландский черный палтус	Боркин, 1983, 1994; Низовцев, 1983; Новые ..., 2000; Неелов, Чернова, 2005; Боркин и др., 2008; Atlas ..., 2011; наши данные

*Вид ранее рассматривался как младший синоним *Liparis gibbus* Bean, 1881.

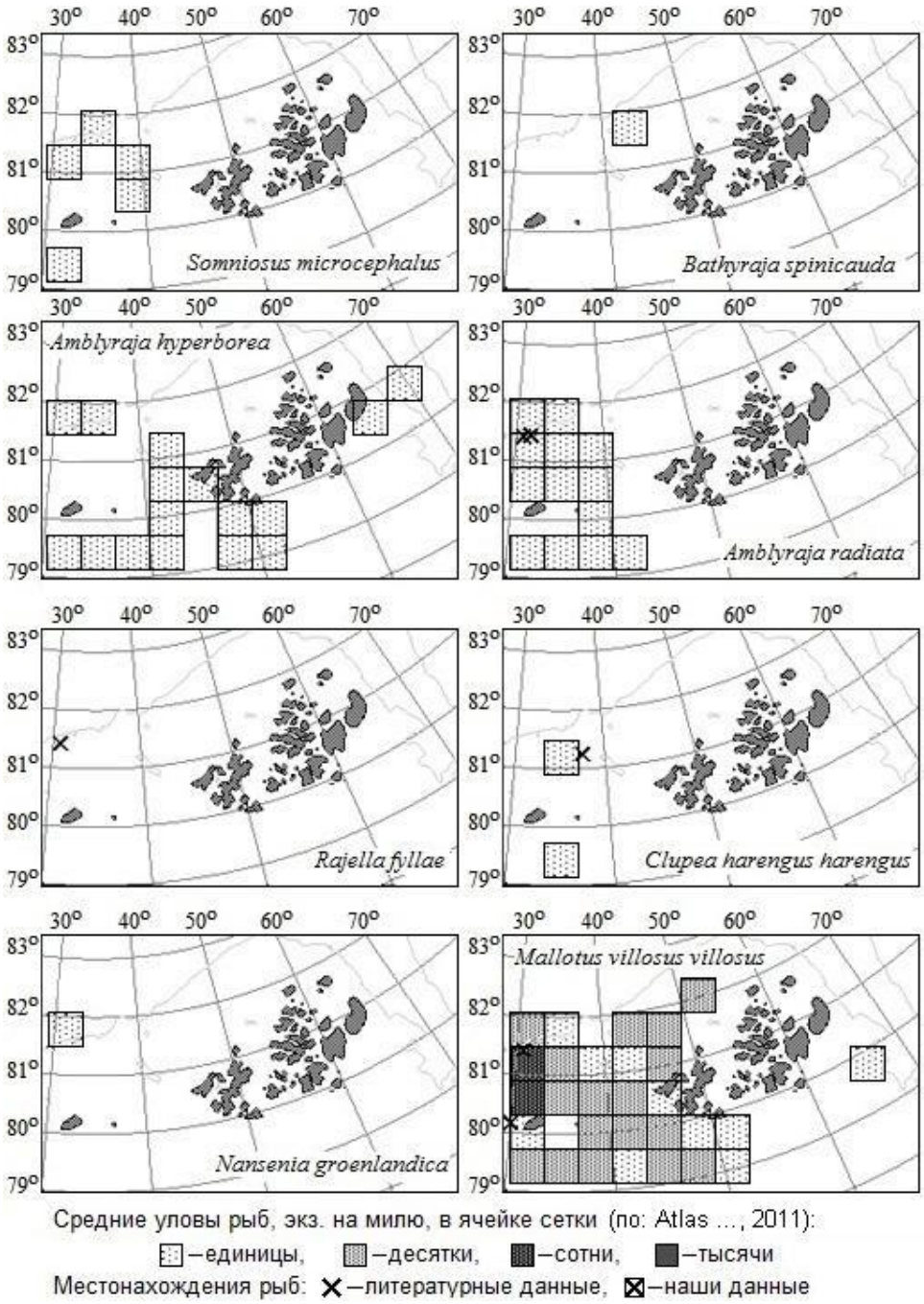


Рис. 3. Распределение представителей семейств Somniosidae, Arhynchobatidae, Rajidae, Clupeidae, Microstomatidae и Osmeridae в районе ЗФИ в летне-осенний период

Круглый скат – морской, бореально-атлантический, донный вид. Бентофаг. У западной границы района ЗФИ (рис. 3) найдена яйцевая капсула без эмбриона на глубине 301–363 м при температуре 1.78 °С, что позволяет считать этот район местом обитания и размножения вида.

Атлантическая сельдь – морской, преимущественно бореальный, неритопелагический вид. Зоопланктофаг. Заходит в район ЗФИ в годы с повышенным теплосодержанием водных масс в период летнего нагула, встречается единично (рис. 3). Предпочитает глубину 0–200 м. Промысловый вид в Баренцевом море.

Гренландская нансения – морской, южнобореальный, батипелагический вид. Зоопланктофаг. Редок (рис. 3). Предпочитает глубину 200–1000 м. Длина единственного экземпляра из района ЗФИ составляет 16 см.

Мойва – морской, преимущественно бореальный, неритопелагический вид. Зоопланктофаг. В теплые годы в летний период широко распространен в районе ЗФИ западнее 50° в. д. на глубине до 363 м, восточнее встречается редко (рис. 3). Длина рыб в районе ЗФИ – 7–17 см. Промысловый вид в Баренцевом море.

Северный веретенник – морской, широко распространенный, батипелагический вид. Ихтиофаг. В районе ЗФИ встречается единично на глубине 273–653 м (рис. 4). Длина рыб варьирует от 17 до 30 см.

Северная бентозема – морской, преимущественно бореальный, батипелагический вид. Зоопланктофаг. Заносится теплыми течениями. В районе ЗФИ единично встречается на глубине 239–505 м при температуре –0.4…–0.3 °С (рис. 4). Длина рыб варьирует от 5 до 8 см.

Крапчатый миктоф – морской, южнобореальный, батипелагический вид. Зоопланктофаг. Один экземпляр длиной 6.4 см и массой 1.4 г. выловлен в желобе Святой Анны 17 сентября 2007 г. на глубине 589–592 м при температуре –0.6 °С (рис. 4).

Северный макрурус – морской, бореально-атлантический, придонный вид. Бентофаг. В районе ЗФИ редок, единично встречается на участках континентального склона между 30 и 40° в. д. на глубине 616–880 м при температуре 1.3 °С (рис. 4). Длина самок варьирует от 20 до 64 см, самцов – от 20 до 22 см. Промысловый вид.

Черная, или ледяная треска – морской, арктический, криопелагический вид. Зоопланктофаг. Как правило, единично встречается в районе ЗФИ на глубине 230–578 м при температуре от –0.6 до 0.3 °С (рис. 4). Максимальная плотность рыб (34 экз. за получасовое траление) зарегистрирована 15 сентября 2007 г. в координатах 79°00’ с. ш. и 65°14’ в. д. на глубине 369–374 м. Длина рыб 2–6-летнего возраста варьирует от 12 до 26 см с преобладанием в уловах неполовозрелых особей длиной 14–16 см в возрасте 2+. Гонады самок длиной 25–26 см в сентябре находились на III стадии зрелости. Промысловый вид.

Сайка – морской, арктический, криопелагический вид. Зоопланктофаг. Обычен, встречается на всей акватории района ЗФИ при температуре воды у дна от –1.5 до 1.8 °С (рис. 4). Наиболее многочисленный вид, образует скопления до нескольких тысяч экземпляров на 1 милю, как правило, на глубине 170–460 м. Длина рыб варьирует от 5 до 26 см с преобладанием в уловах неполовозрелых особей. Промысловый вид в Баренцевом море.

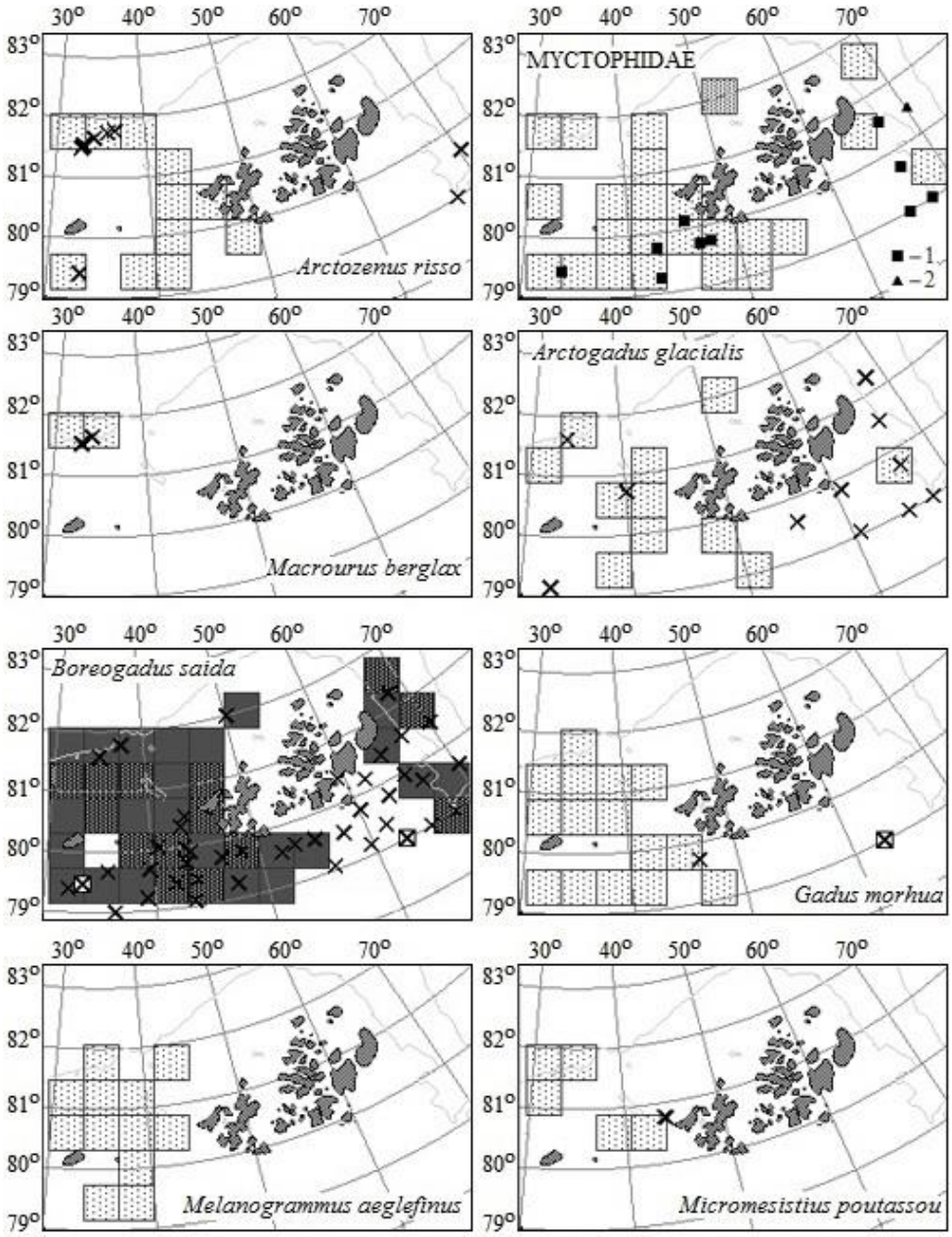


Рис. 4. Распределение представителей семейств Paralepididae, Myctophidae (1 – *Benthosema glaciale*, 2 – *Myctophum punctatum)*, Macrouridae и Gadidae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Атлантическая треска – морской, преимущественно бореальный, придонно-пелагический вид. Ихтиофаг. В район ЗФИ заходит только в период нагула, когда рыба в поисках пищи способна проникать в водные массы с отрицательной температурой. Встречается единично до 50° в. д., избегая холодных вод между ЗФИ и Новой Землей (рис. 4). Известен случай

поимки сеголетка трески 18 мм длиной, очевидно занесенного с нерестилищ Норвегии теплыми водами Шпицбергенского течения, 28 августа 1980 г. на глубине 310–340 м при температуре –0.4 °С к юго-западу от архипелага в координатах 79°43’ с. ш. и 46°28’ в. д. Восточнее 50° в. д. выловлен единственный экземпляр 68 см длиной и массой 2.49 кг в координатах 79°01’ с. ш. и 62°47’ в. д. 30 августа 2008 г. на глубине 205 м. Промысловый вид в Баренцевом море.

Пикша – морской, преимущественно бореальный, придонно-пелагический вид. Бентофаг. В районе ЗФИ редок, встречается единично (рис. 4). Очевидно, как и предыдущий вид, заходит в воды ЗФИ в теплые годы в период нагула. Восточнее 45° в. д. не встречается. Промысловый вид в Баренцевом море.

Северная путассу – морской, преимущественно бореальный, нерито-пелагический вид. Зоопланктофаг. Редкий, встречается единично (рис. 4). В район ЗФИ заносится с теплыми водами Шпицбергенского течения. Промысловый вид.

Полярный налим – морской, бореально-европейский, придонный вид. Бентофаг. В исследуемом районе единично встречается вдоль континентального склона между архипелагами Шпицберген и ЗФИ, доходя до 42–43° в. д., на глубине 301–880 м (рис. 5). Предпочитает низкие температуры (около 0 °С). Длина рыб варьирует от 10 до наибольшей для вида длины 45 см. Промысловый вид.

Золотистый морской окунь – морской, преимущественно бореальный, придонно-пелагический вид. Ихтиофаг. Редкий, единичные особи крупнее 15 см заходят в район ЗФИ с теплыми водными массами (рис. 5). Промысловый вид в Баренцевом море.

Окунь-клювач – морской, преимущественно бореальный, придонно-пелагический вид. Зоопланктофаг. Обычен. Встречается на глубине 203–590 м при температуре от –0.3 до 1.8 °С, предпочитая положительную температуру (рис. 5). Длина рыб в районе ЗФИ варьирует от 5 до 26 см. Молодь до 19 см длиной может создавать значительные скопления – до 1.5 тыс. экз. за 1 ч траления. Промысловый вид в Баренцевом море.

Европейский крючкорог – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Обычен, встречается практически на всей акватории района ЗФИ при температуре воды у дна от –1.3 до 1.8 °С (рис. 5). Один из наиболее многочисленных видов, к юго-западу от архипелага образует скопления до тысячи экземпляров на 1 милю. Длина рыб варьирует от 3.6 до 16.1 см. Масса рыб длиной 7.0–12.3 см составляет 8.0–19.3 г. При длине менее 8 см все особи ювенильные. Половые продукты самцов в августе–сентябре находились на II стадии зрелости, в то время как у самок степень зрелости гонад варьировала от II до V стадии.

Шероховатый крючкорог – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Единично встречается на южном мелководье ЗФИ между 43°26’ и 59°54’ в. д., преимущественно на глубине 250–370 м при температуре от –0.4

до 0.6 °С. Длина рыб варьирует от 6.1 до 9.7 см, масса – в пределах 7.4–19.0 г. Преобладают самки (более 80 %), в основном с гонадами на V стадии зрелости. Половой зрелости достигают при длине более 6.5 см.

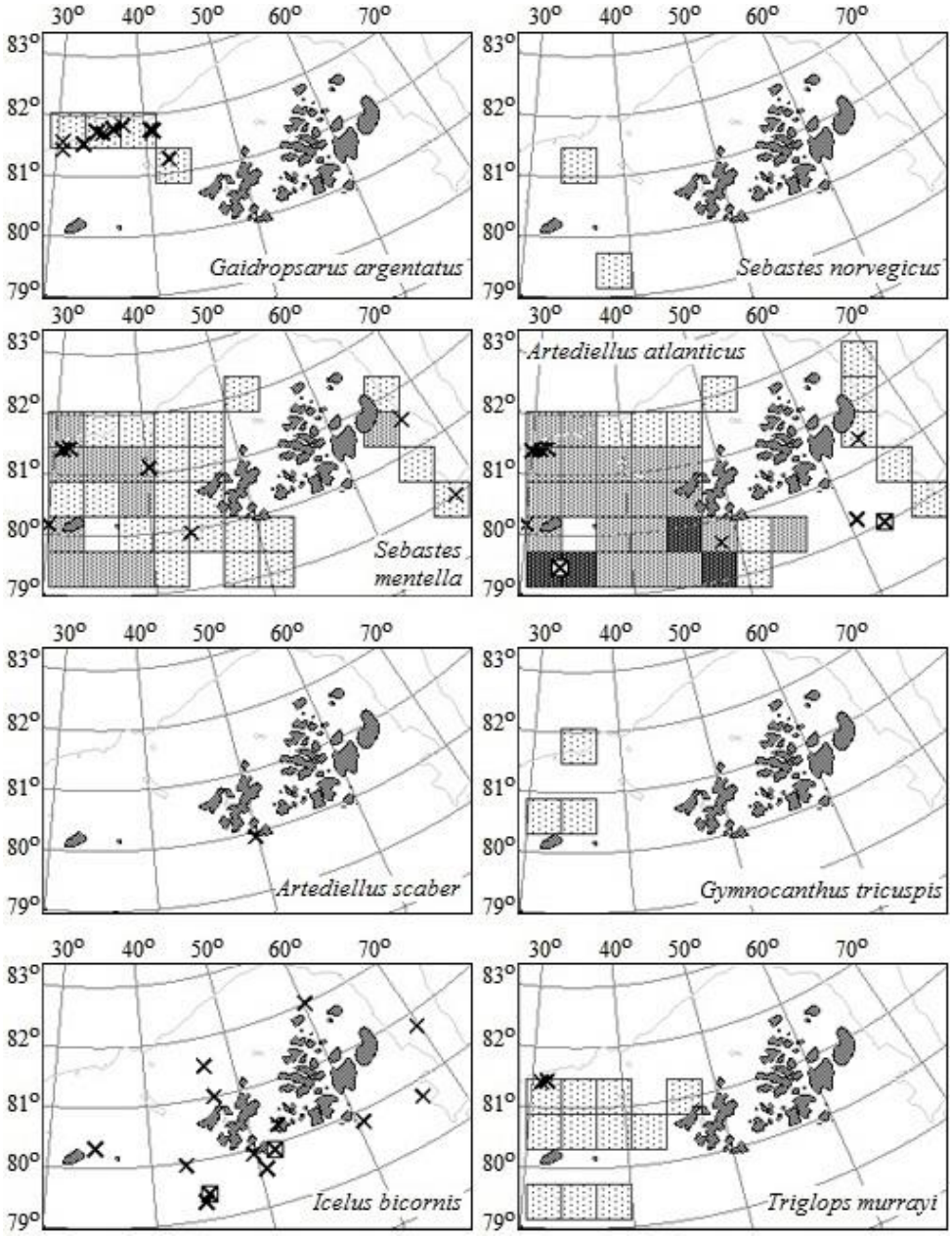


Рис. 5. Распределение представителей семейств Lotidae, Sebastidae и Cottidae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Арктический шлемоносный бычок – морской, преимущественно арктический, донный вид. Бентофаг. Единично встречается к западу от ЗФИ

(рис. 5). Предпочитает глубину 10–35 м и отрицательную температуру, обитая на песчаных и каменистых грунтах в поясе ламинарий. Длина рыб в Баренцевом море не превышает 25 см, обычно 10–20 см. Двухлетние особи достигают 7–8 см в длину, в дальнейшем самки растут быстрее, чем самцы. Созревает в возрасте 3+ при длине самок 14 см, самцов – 11 см. Нерестует в осенний период.

Атлантический двурогий ицел – морской, преимущественно арктический, донный вид. Бентофаг. Обычен. В районе ЗФИ встречается, как правило, единично в широком диапазоне глубины (34–560 м) и температуры (–1.7…0.7 °С) (рис. 5). Самки растут быстрее самцов. Максимальные размеры выловленных самок – 7.8 см и 8.3 г, самцов – 6.0 см и 3.4 г. В середине сентября самки длиной 5.3–6.7 см и самцы более 4 см длиной (указана стандартная длина) находились в преднерестовом состоянии. Диаметр зрелых ооцитов около 2.5 мм. Оплодотворение внутреннее. Самки выметывают 150–1300 донных икринок в августе–октябре. Молодь держится в прибрежной зоне.

Европейский керчак – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Ихтиофаг. Обнаружен в желудках трех видов птиц (*Fulmarus glacialis, Cepphus grylle* и *Rissa tridactyla*), обитающих в районе о. Гукера (80° с. ш., 53° в. д.), в августе 1991–1993 гг. Длина рыб составляла 6 см.

Алантический триглопс – морской, бореально-атлантический, донный вид. Бентофаг. Единично встречается к западу и северо-западу от ЗФИ на глубине до 300 м (рис. 5). Предпочитает температуру ниже 2–3 °С. Длина рыб – 9.7–12.6 см. Самки крупнее самцов. Созревает в возрасте 2–5 лет. Нерест происходит в осенне-зимний период. Самки откладывают 100–450 донных икринок диаметром 1.5–2 мм.

Полярный триглопс – морской, арктический, донный вид. Зоопланктофаг. Обычен, один из наиболее многочисленных видов, образует скопления до тысячи экземпляров на 1 милю (рис. 6). Предпочитает глубину 200–600 м, отрицательную температуру и высокую соленость (выше 34 ‰). Длина рыб в районе ЗФИ варьирует от 6.0 до 11.2 см. Молодь 4.0–5.2 см длиной в массе встречается в пелагиали. Созревает в возрасте 3–4 лет при длине более 6.4 см. Нерест происходит в конце лета–начале осени. Самки откладывают около 600–1000 донных икринок диаметром 3 мм.

Остроносый триглопс – морской, арктическо-бореальный, донный вид. Бентофаг. Встречается к западу от архипелага на глубине 5–190 м (рис. 6). Предпочитает глубину 10–100 м и отрицательную температуру. Созревает в возрасте 3–5 лет при длине 7–9 см. Нерестует в конце осени. Самки откладывают около 300–450 донных икринок диаметром 3 мм.

Малоглазый коттункул – морской, преимущественно арктический, донный вид. Бентофаг. Единично встречается к югу и западу от ЗФИ до 55°40’ в. д. на глубине 245–834 м при температуре от –0.4 до 1.8 °С (рис. 6). Длина рыб варьирует от 4.9 до 20.1 см. Гонады рыб в конце августа–начале октября соответствуют II–IV стадиям зрелости.

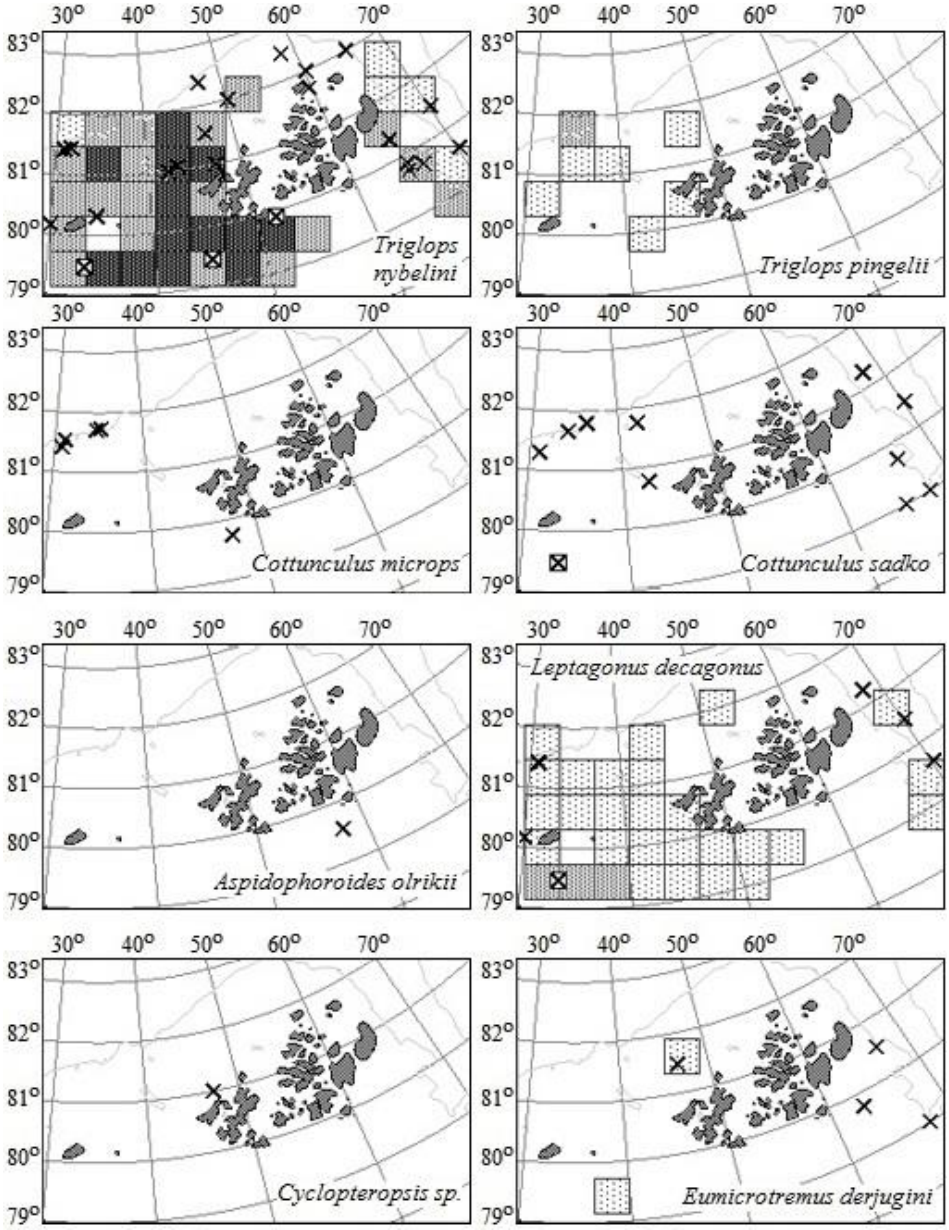


Рис. 6. Распределение представителей семейств Cottidae, Psychrolutidae, Agonidae и Cyclopteridae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Коттункул Садко – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Встречается единично на глубине 210–665 м при температуре от –0.6 до 0.6 °С (рис. 6). Длина рыб в районе ЗФИ варьирует от 4 до 23 см. Масса рыб длиной 11–16 см изменяется в пределах 42–206 г. Особи до 14 см длиной – неполовозрелые. Гонады рыб в конце августа–начале сентября соответствуют в основном II и III стадиям зрелости, лишь у одной самки наблюдалась V стадия. Нерестует в летне-осенний период. Икра крупная, 3–5 мм в диаметре.

Ледовитоморская лисичка – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. В районе ЗФИ отмечен единственный случай поимки трех экземпляров 4.8–5.35 см длиной 4 сентября 1925 г. в координатах 79°33’ с. ш. и 57°48’ в. д. (рис. 6).

Лисичка-лептагон – морской, арктическо-бореальный, донный вид. Бентофаг. Обычен (рис. 6). Предпочитает глубину до 400 м и температуру, близкую к 0 °С. Длина рыб в районе ЗФИ варьирует от 16 до 21 см, преимущественно 17–18 см. Самки созревают в возрасте 3 лет при длине 11–12 см. Гонады рыб в осенний период соответствуют II–IV стадиям зрелости.

Гладкий круглопер – морской, арктический, донный вид. Зоопланктофаг. В Баренцевом и Карском моря обитают два редких вида рода *Cyclopteropsis*: *C. mcalpini* и *C. jordani*. На глубине 124 м при температуре –0.8 °С и солености 34.42 ‰ 17 сентября 1955 г. зафиксирован единственный случай поимки малька 3.1 см длиной, видовая принадлежность которого не была установлена.

Колючий круглопер Дерюгина – морской, арктический, донный вид. Зоопланктофаг. Редкий. В районе ЗФИ единично встречается на глубине 91–240 м при отрицательной температуре (рис. 6). Длина рыб варьирует от 5.0 до 8.2 см, масса – в пределах 10–32 г. Гонады самки длиной 8.2 см, выловленной 1 сентября, находились в IV стадии зрелости. Нерест происходит в осенний период. Личинки в течение первого года жизни обитают в прибрежных районах.

Атлантический колючий круглопер – морской, преимущественно арктический, донный вид. Зоопланктофаг. Встречается к западу от ЗФИ до 50° в. д. на глубине до 200 м на каменистых грунтах, предпочитая температуру, близкую к 0 °С (рис. 7). Может достигать 13.2 см в длину (обычно менее 10 см). Нерестится в летне-осенний период. Плодовитость до 2 тыс. икринок диаметром 3–4 мм. Личинки и молодь до 4 см длиной обитают на мелководьях среди водорослей.

Малоглазый карепрокт – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. Единственный экземпляр длиной 8.7 см выловлен в 1984 г. к северо-западу от ЗФИ в координатах 81°07’ с. ш. и 44°22’ в. д. (рис. 7).

Малоголовый карепрокт – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. Отмечен в желобе Святой Анны на глубине 533–590 м при отрицательной температуре (рис. 7).

Карепрокт Дерюгина – морской, арктический, придонный вид. Единственный экземпляр (голотип) – самка длиной 23.8 см – выловлен 16 июля 1991 г. на глубине 363–344 м при температуре 1.78 °С в координатах 81°25.2’ с. ш. и 30°30’ в. д. (рис. 7).

Карепрокт Книповича – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. В водах ЗФИ отмечен впервые. Единственный экземпляр длиной 16.4 см выловлен 12 августа 2001 г. на глубине 275–290 м в координатах 79°29’ с. ш. и 33°25’ в. д. (рис. 7). Это наиболее северное из зарегистрированных местонахождений вида.

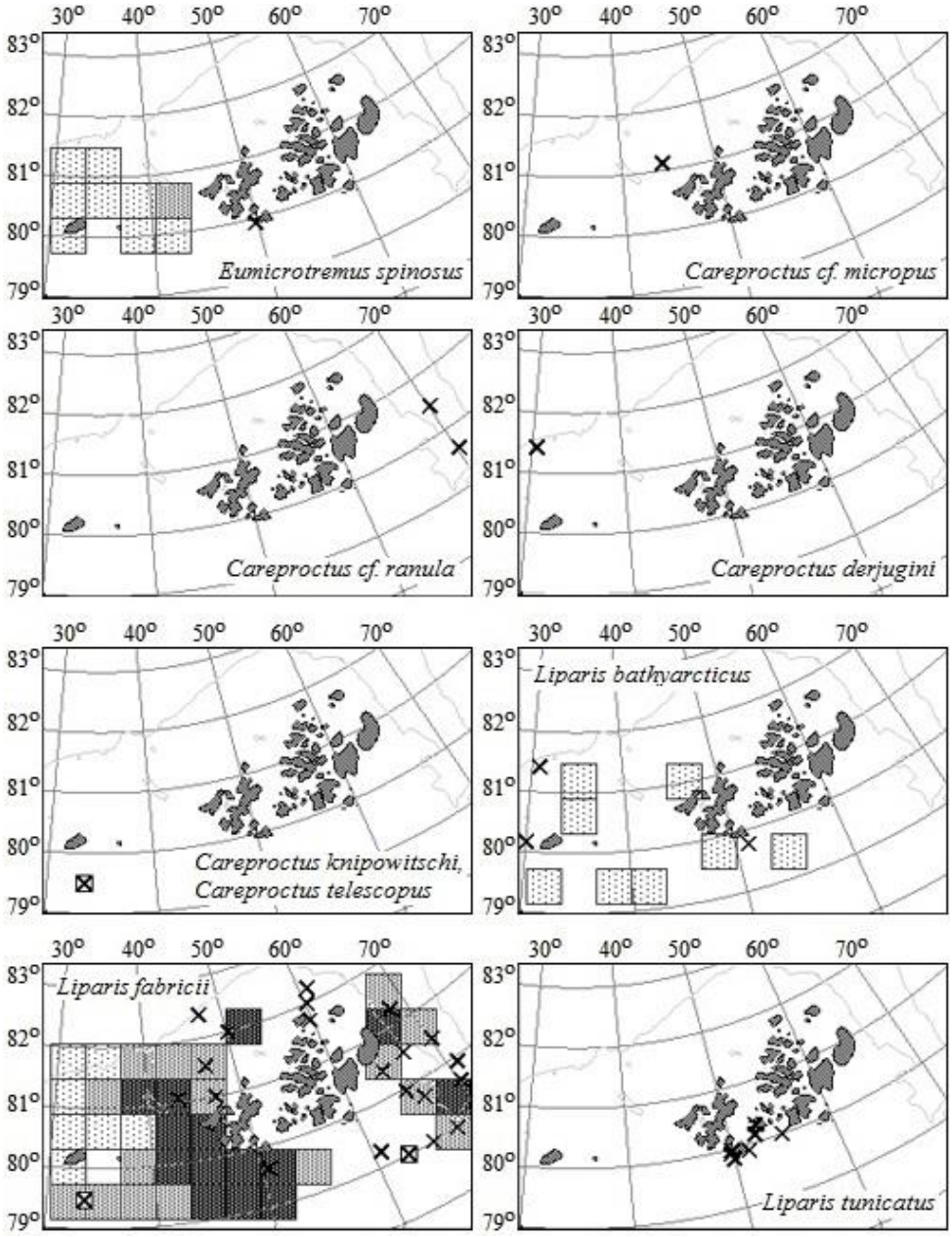


Рис. 7. Распределение представителей семейств Cyclopteridae и Liparidae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Карепрокт-телескоп – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. В водах ЗФИ отмечен впервые. Два экземпляра длиной 10.5 и 14.8 см пойманы вместе с предыдущим видом (рис. 7). Эта находка также наиболее северная для вида.

Липарис Парра – морской, преимущественно арктический, донный вид. Бентофаг. В районе ЗФИ встречается единично на глубине до 363 м,

у островов архипелага выходит на глубину 12–40 м (рис. 7). В длину может достигать 20.6 см. Половозрелыми рыбы становятся при длине тела (SL) 12–14 см. Нерест, по-видимому, происходит в конце декабря–январе. Абсолютная плодовитость 4–12 тыс. ооцитов диаметром 0.9–1.7 мм.

Чернобрюхий липарис – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. Обычен. Отмечен в прибрежной зоне островов Хейса и Скотт-Келти на глубине от 1.5 м, в водах ЗФИ встречается повсеместно на глубине до 600 м, предпочитая отрицательные температуры (рис. 7). Плотность рыб варьирует от единиц до тысячи экземпляров на 1 милю. Длина рыб – 4.3–16.0 см. Степень развития гонад у рыб в летне-осенний период варьирует от II до IV стадии зрелости. Нерест происходит осенью. Самки выметывают 450–750 икринок диаметром 2.1–2.7 мм. Личинки пелагические. В начале октября в пелагических тралах встречается молодь 2.9–4.0 см длиной.

Арктический липарис – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Обычен в прибрежной зоне островов архипелага в зарослях красных водорослей на глубине 0–32 м в основном на каменистых грунтах при температуре от –1.8 до –0.4 °С (рис. 7). Длина тела рыб (SL) – до 15.9 см. Половой зрелости достигает при длине тела 10–11 см. К началу марта происходит созревание половых продуктов рыб. Плодовитость составляет 425–1564 ооцитов диаметром 1.4–1.9 мм. Нерест происходит в марте. Икра черно-зеленого цвета откладывается на талломы водорослей в виде кладок и, по-видимому, охраняется самцами. Личинки выклевываются в апреле.

Полярный паралипарис – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. Редкий. Единично встречается к северо-западу от ЗФИ на участках континентального склона Полярного бассейна на глубине 1080–1090 м при отрицательной температуре (рис. 8). Длина рыб варьирует в пределах 18.4–21.9 см. Нерестовый период длится, по-видимому, с июня по сентябрь. Плодовитость составляет до 435 крупных ооцитов диаметром около 4 мм.

Королевский родихт – морской, арктический, придонный вид. Бентофаг. Редкий. Единично встречается к северо-западу от ЗФИ на участках континентального склона Полярного бассейна на глубине 1080–1090 м при отрицательной температуре (рис. 8). Длина рыб варьирует от 8 до 26 см. Самки со зрелыми половыми продуктами были найдены в июне, конце августа и декабре. Плодовитость низкая – до 70 крупных ооцитов диаметром до 7 мм.

Гимнел Андерсона – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. Единично встречается на южном мелководье ЗФИ на глубине 124 м при отрицательной температуре. Длина рыб варьирует от 7.6 до 9.3 см.

Тонкорукий гимнел – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. Единично встречается в прибрежных водах архипелага на глубине от 25 до 143 м в диапазоне температуры –0.8…–0.66 °С и солености 34.42–34.92 ‰ (рис. 8). Длина рыб варьирует от 4.4 до 9.3 см. Самка длиной 9.15 см, выловленная в конце августа в прибрежных водах о. Куна, оказалась неполовозрелой.

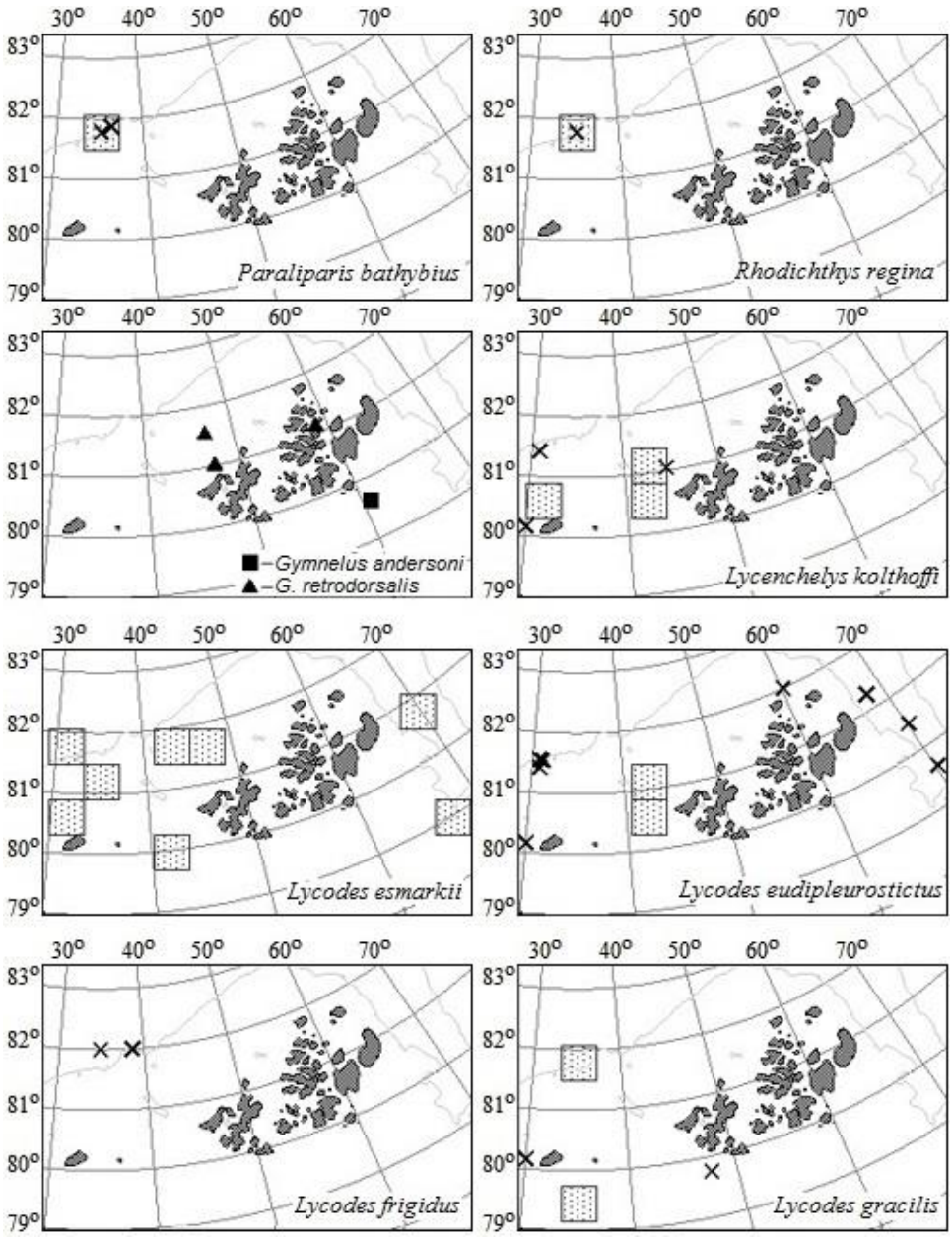


Рис. 8. Распределение представителей семейств Liparidae и Zoarcidae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Пятнистая лиценхела – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. Единично встречается к западу от ЗФИ на глубине 250–363 м при положительной температуре (рис. 8). Длина рыб варьирует от 11.6 до 17.1 см.

Ликод Эсмарка, узорчатый ликод – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. В район ЗФИ, очевидно, заносится с атлантическими водами в теплые годы (рис. 8). Обычно встречается на глубине 275–770 м. Может достигать 74.5 см в длину.

Двуперый ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Единично встречается у западной границы района ЗФИ на глубине 271–834 м в диапазоне температур –0.24…1.78 °С, в желобе Франц-Виктория между 79°57’–81°22’ с. ш. и 39°14’–46°46’ в. д. на глубине 185–460 м, в желобе Святой Анны на глубине 533–590 м (рис. 8). Мальки 5.4–6.7 см длиной обнаружены севернее ЗФИ на глубине 246 м при температуре –0.94 °С. Длина рыб до 35 см. Нерестует в осенний период. Плодовитость 111–260 ооцитов диаметром около 5 мм.

Абиссальный ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. Обнаружен в октябре 1955 г. к северо-западу от ЗФИ на глубине 1017–1744 м при температуре от –0.76 до 0.16 °С (рис. 8). Длина пяти экземпляров составляла 7.6–26.6 см.

Тонкий ликод – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Редкий. В западной части района ЗФИ единично встречался на глубине 271–336 м (рис. 8).

Ликод Люткена – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. Единственная поимка четырех экземпляров зафиксирована на южном мелководье ЗФИ 18 сентября 2003 г. на глубине 336 м в координатах 79°45’ с. ш. и 47°35’ в. д. (рис. 9). Данные о размерах рыб не сообщались.

Бледный ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Обычен. Встречается, как правило, единично на всей акватории района ЗФИ, включая и южное мелководье между 40°37’ и 63°08’ в. д. на глубине 180–834 м, предпочитая отрицательную температуру (рис. 9). Длина рыб варьирует от 10.4 до 21.4 см, масса – от 5 до 48 г. В конце августа–начале сентября обнаружена текучая самка длиной 14.3 см и массой 17 г. Диаметр зрелых ооцитов 5.0–6.2 мм.

Полярный ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Единично встречается на южном мелководье ЗФИ к западу от архипелага и в желобе Святой Анны на глубине 100–590 м при температуре –0.4…0.8 °С (рис. 9). Длина рыб варьирует в пределах 6.8–31.0 см, масса – 2.28–210.0 г. Среди самок, выловленных в сентябре–октябре, отмечена одна отнерестившаяся особь 25 см длиной, у остальных гонады соответствовали III–IV стадиям зрелости. Диаметр зрелых ооцитов 4–5 мм. Нерест происходит в конце осени. Плодовитость 100–200 донных икринок.

Сетчатый ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Обычен в западной части района ЗФИ, также встречается на южном мелководье до 63°08’ в. д. (рис. 9). Обитает на глубине 124–363 м в температурном диапазоне –0.8…1.78 °С. Севернее о. Земля Александры обнаружены мальки 4.9–5.3 см длиной на глубине 143 м при температуре –0.66 °С. Длина взрослых особей достигает 50 см, масса – 845 г. У выловленных в августе–октябре рыб гонады находились на II (90 %) и III стадиях зрелости.

Ликод Росса – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Обычен. Встречается единично в шельфовых водах ЗФИ на глубине до 400 м в широком диапазоне температуры: –1.6…1.78 °С (рис. 9). Длина рыб –

8.3–21.3 см, масса – до 76 г. У выловленных в августе–октябре рыб гонады находились на II–V стадиях зрелости с преобладанием III и IV. Плодовитость до 390 ооцитов диаметром 3.5–4.1 мм.

Полуголый ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. В районе ЗФИ встречается, как правило, единично на глубине 250–590 м в температурном диапазоне от –0.77 до 1.78 °С (рис. 9). Длина рыб – 13–35 см, масса – 12–217 г. Гонады выловленных в летне-осенний период особей находились на II стадии зрелости.

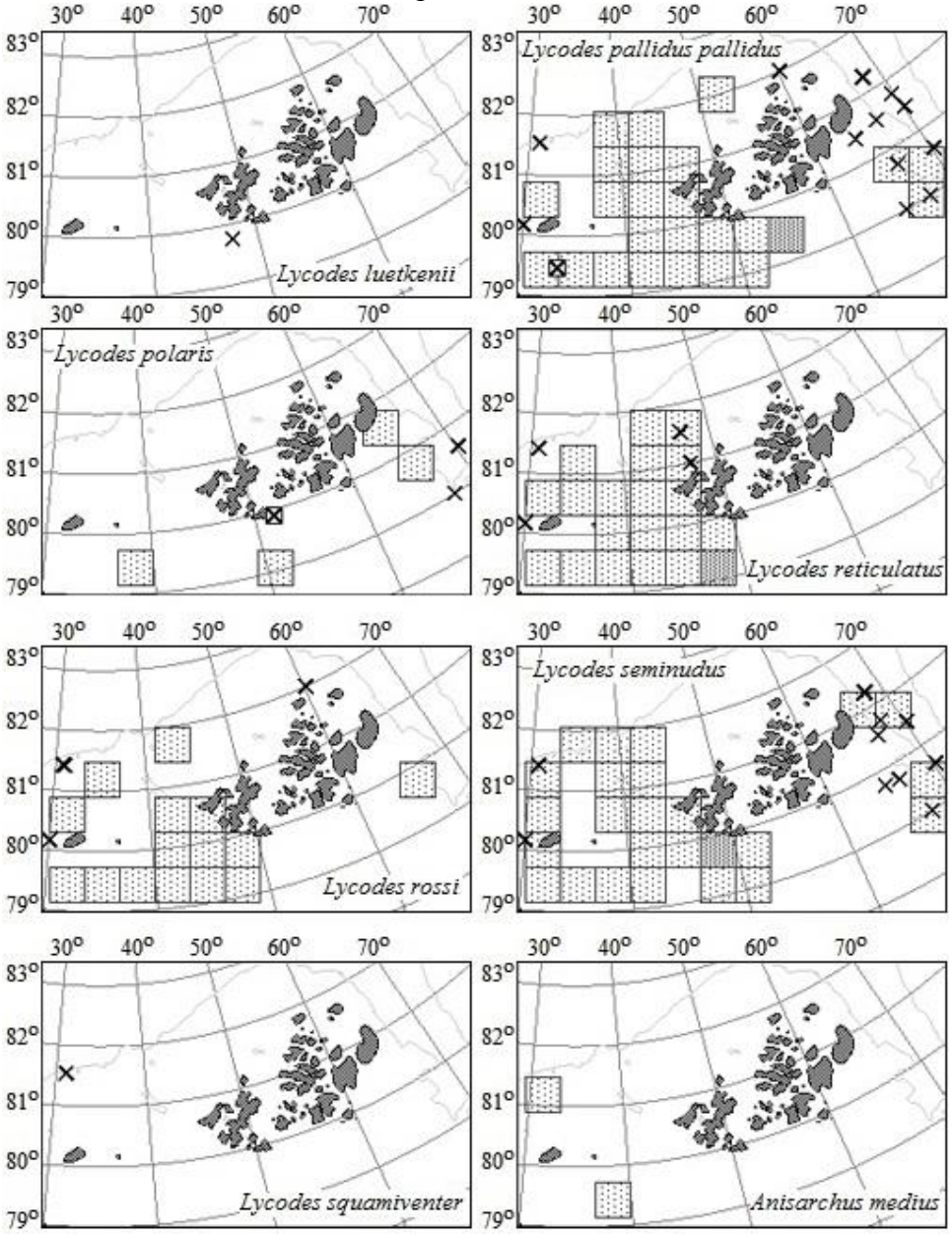


Рис. 9. Распределение представителей семейств Zoarcidae и Stichaeidae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Чешуебрюхий ликод – морской, арктический, донный вид. Бентофаг. Редкий. Единственный экземпляр длиной 15.1 см выловлен у западной границы района ЗФИ 18 июля 1991 г. на глубине 816–834 м при температуре –0.24 °С в координатах 81°32.2’–81°32.4’ с. ш. и 31°04’–31°05.2’ в. д. (рис. 9).

Ильный люмпен – морской, бореально-атлантический, донный вид. Бентофаг. Редкий (рис. 9). Предпочитает глубину до 150 м и температуру ниже 0 °С. У восточных островов архипелага с глубины 170–190 м выловлена самка 12.2 см длиной. Может достигать 18 см.

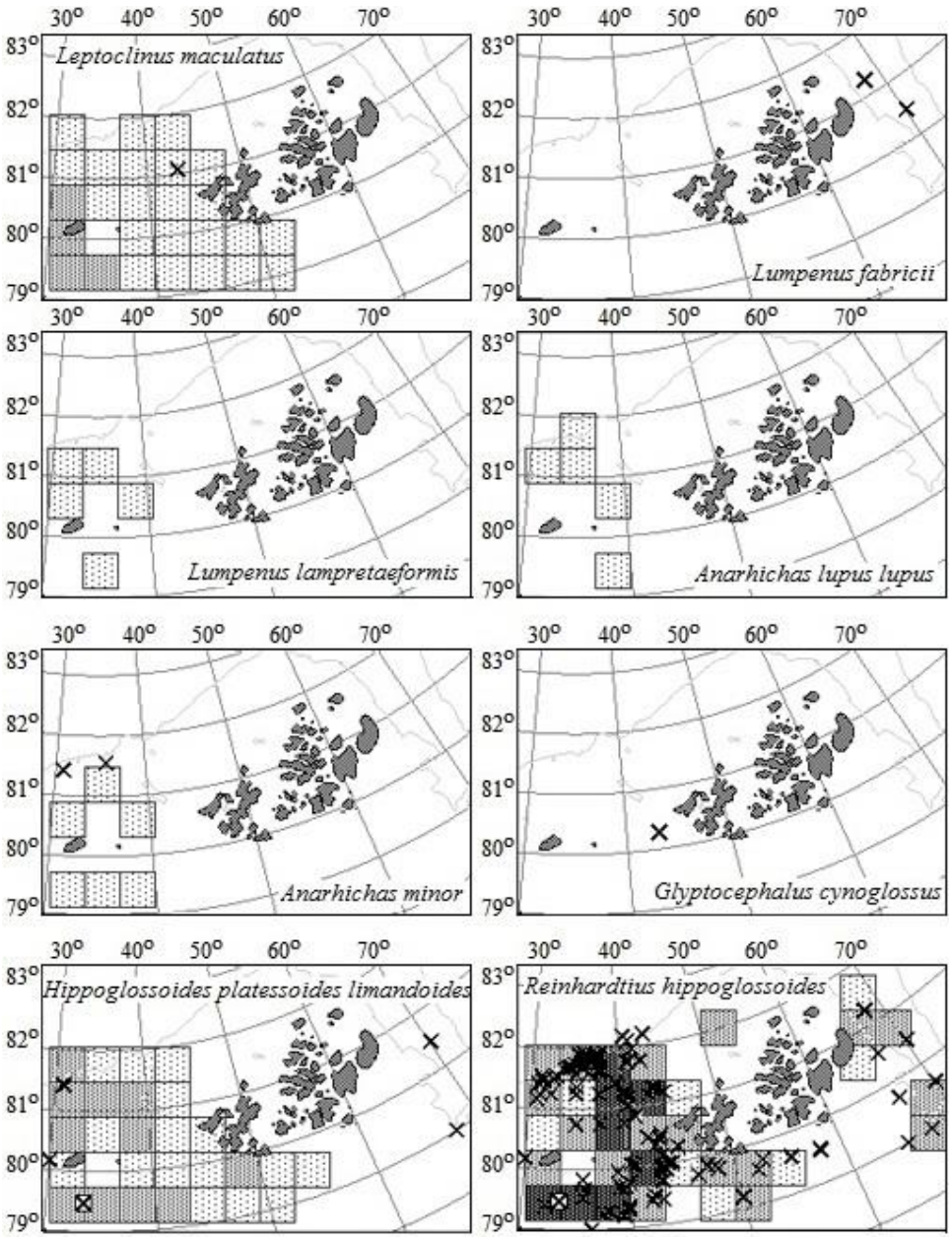


Рис. 10. Распределение представителей семейств Stichaeidae, Anarhichadidae и Pleuronectidae в районе ЗФИ в летне-осенний период. Условные обозначения см. рис. 3

Атлантический лептоклин – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Встречается в западной части района ЗФИ (рис. 10). Предпочитает глубину менее 170 м и температуру около 0 °С. Может достигать длины 20 см. Созревает при длине 9 см. Молодь 7.4 см длиной отмечена в пелагиали в слое 50–170 м над глубинами 480 м.

Люмпен Фабриция – морской, преимущественно арктический, донный вид. Бентофаг. Редок. Единично встречается в желобе Святой Анны на глубине 376–589 м при температуре –0.6…–0.2 °С (рис. 10).

Миноговидный люмпен – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. В теплые годы единично встречается к западу от ЗФИ до 40° в. д. (рис. 10).

Полосатая зубатка – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. В теплые годы единично встречается к западу от ЗФИ до 40° в. д. (рис. 10). Промысловый вид в Баренцевом море.

Пятнистая зубатка – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. В теплые годы единично встречается к западу от ЗФИ до 40° в. д. (рис. 10). Длина рыб – 27.5–41.5 см. Промысловый вид в Баренцевом море.

Атлантическая длинная камбала – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Единственный экземпляр (половозрелая самка длиной 32.2 см и массой 329 г) выловлен 4 сентября 1980 г. к западу от ЗФИ в координатах 80°17’ с. ш. и 43°12’ в. д. на глубине 410 м (рис. 10). Промысловый вид.

Камбала-ерш – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Бентофаг. Встречается в основном в западной части района ЗФИ до 54°40’ в. д. на глубине 228–770 м в широком диапазоне температуры (рис. 10). Длина рыб варьирует от 4 до 42 см. Кроме того, молодь преобладающей длиной 10–13 см обнаружена в желобе Святой Анны на глубине 423–590 м. Промысловый вид в Баренцевом море.

Гренландский черный палтус – морской, преимущественно бореальный, донный вид. Ихтиофаг. Обычен (рис. 10). Акватория ЗФИ входит в число основных районов обитания молоди этого вида, которая на стадии пелагической личинки заносится струями теплого Западно-Шпицбергенского течения с расположенных на западе Баренцева моря нерестилищ. Встречается практически повсеместно при температуре от –1 до 1.78 °С, предпочитая мягкие илистые грунты и глубину более 300 м (до 1150 м). Один из наиболее многочисленных видов, образует скопления до тысячи экземпляров на 1 милю. Длина рыб варьирует от 11 до 61 см. Промысловый вид в Баренцевом море.

Структура ихтиофауны района ЗФИ. Анализ литературных и собственных данных свидетельствует о том, что в морских водах, омывающих арх. ЗФИ, может встретиться до 68 видов и подвидов хрящевых и костистых рыб, относящихся к 21 семейству, 10 отрядам. Среди них 17 видов (25 %) имеют промысловый статус. Наиболее богато в ихтиофауне представлены отряды Scorpaeniformes (6 семейств, 27 видов) и Perci-

formes (3 семейства, 20 видов). По числу видов доминируют семейства Zoarcidae (14 видов), Liparidae (10 видов) и Cottidae (8 видов), объединяющие 47 % видового состава. Восемь семейств представлены единственным видом, а в остальных отмечено от 2 до 5 видов.

По характеру географического ареала представителей ихтиофауны, зарегистрированных в районе ЗФИ, можно отнести к трем группам: рыбы арктического комплекса, включающего арктические, преимущественно арктические и арктическо-бореальные виды, рыбы бореального комплекса, объединяющего преимущественно бореальные, южнобореальные, бореально-атлантические и бореально-европейские виды, и единственный широко распространенный вид *Arctozenus risso* (рис. 11). Арктический комплекс наиболее представителен по числу видов (38). По степени встречаемости 14 из них можно отнести к очень редким, а 10 – к обычным, широко распространенным по всей акватории исследования видам, в числе которых *Boreogadus saida, Triglops nybelini* и *Liparis fabricii* являются еще и наиболее массовыми представителями ихтиофауны вод ЗФИ.

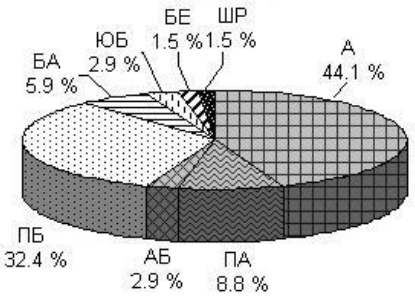


Рис. 11. Структура ихтиофауны района ЗФИ по характеру географического ареала:

А – арктический, ПА – преимущественно арктический, АБ – арктическо-бореаль-ный, ПБ – преимущественно бореальный, БА – бореально-атлантический, ЮБ – южнобореальный, БЕ – бореально-европейский, ШР – широко распространенный

Несмотря на суровые гидрометеорологические условия высокоширотной Арктики, доля более теплолюбивых рыб бореального комплекса составляет 42.6 %. Такие виды, как правило, единично встречаются в западной части акватории района ЗФИ до 40–50^{o} в. д., придерживаясь теплых атлантических вод Западно-Шпицбергенского течения, механизм распространения которого на севере Баренцева моря рассмотрен достаточно подробно (Матишов и др., 1998). Однако некоторые преимущественно бореальные виды, например, *Benthosema glaciale, Sebastes mentella, Lycodes esmarkii, Hippoglossoides platessoides limandoides, Artediellus atlanticus* и *Reinhardtius hippoglossoides,* характеризуются более широким распределением. Они способны проникать в восточном направлении гораздо дальше – до 70^{o} в. д., а два последних вида являются обычными и наиболее многочисленными практически на всей исследованной акватории района ЗФИ.

Основным биотопом для рыб в районе ЗФИ служит дно и придонные слои водной толщи (рис. 12). Около 80 % ихтиофауны составляют донные

и придонные виды. Пелагические рыбы, за исключением двух криопелагических видов, в район ЗФИ проникают с атлантическими водами Западно-Шпицбергенского течения в годы с повышенной адвекцией тепла и встречаются на акватории достаточно редко.

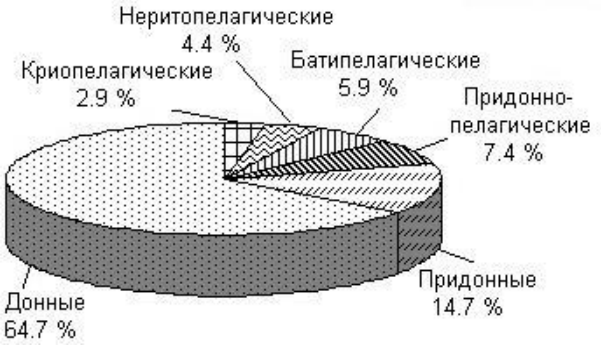


Рис. 12. Биотопическая структура ихтиофауны района ЗФИ

По преимущественному типу питания основной трофической группой рыб в районе ЗФИ являются бентофаги (72.1 %), основу пищи которых составляют донные беспозвоночные животные. Две другие группы встречающихся здесь рыб – зоопланктофаги и хищники-ихтиофаги – менее многочисленны (19.1 и 8.8 % соответственно).

Прибрежные воды арх. ЗФИ заселены исключительно видами арктического комплекса. У побережья островов повсеместно отмечалась сайка. Кроме нее среди зарослей прибрежных красных водорослей, расположенных ниже границы литорали, было обнаружено еще 8 видов рыб (*Artediellus scaber*, *Icelus bicornis*, *Triglops nybelini*, *Eumicrotremus spinosus*, *Liparis fabricii*, *Liparis tunicatus*, *Gymnelus retrodorsalis*, *Lycodes polaris*), а на талломах макрофитов найдены кладки икры *L. tunicatus*, размножение которого происходит в конце марта. О воспроизводстве 16 других видов рыб на акватории района ЗФИ можно только предполагать по косвенным данным – поимкам яйцевых капсул, ранней молоди или взрослых особей со зрелыми половыми продуктами на IV–V стадиях зрелости.

В результате ревизии литературных и собственных материалов уточнен видовой состав, объединены имеющиеся сведения о распределении и биологии рыб, проанализирована структура ихтиофауны.

В настоящее время на акватории района ЗФИ зарегистрировано 68 морских видов и подвидов рыб, большая часть которых не имеет промыслового статуса, по характеру географического ареала относится к арктическому комплексу, обитает на дне и питается преимущественно донными беспозвоночными животными.

Литература

Андриашев А.П. О видовом составе и распространении бычков рода *Triglops* Reinnh. в северных морях // Тр. Всесоюз. гидробиол. общ-ва. 1949. Т. 1. С. 194–209.

Андриашев А. П. Рыбы северных морей СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 556 с.

Андрияшев А.П. Список рыб, собранных экспедицией на л/р “Ф. Литке” (1955 г.) севернее Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена // Тр. ААНИИ. 1964. Т. 259. С. 373–377.

Андрияшев А.П., Чернова Н.В. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод // Вопросы ихтиологии. 1994. Т. 34, № 4. С. 435–456.

Боркин И.В. Результаты исследований ихтиофауны в районе Земли Франца-Иосифа и к северу от Шпицбергена // Исследования биологии, морфологии и физиологии гидробионтов. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1983. С. 34–42.

Боркин И.В. Нахождение северного светящегося анчоуса у Земли Франца-Иосифа // Биология моря. 1986. № 3. С. 63–64.

Боркин И.В. Ихтиофауна вод района Земли Франца-Иосифа. Состав рыбного населения прибрежных вод // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 178–185.

Боркин И.В., Васильев А.В., Четыркина О.Ю. Ихтиофауна // Экосистема Карского моря. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2008. С. 130–206.

Боркин И.В., Мельянцев Р.В. Новые данные о распределении ледовой трески *Arctogadus glacialis* (Peters) (Gadidae) в Арктике // Вопросы ихтиологии. 1984. Т. 24, вып. 2. С. 324–326.

Брискина М.М. Питание непромысловых рыб Баренцова моря // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 339–354.

Бурмакин Е.В. Рыбы островов Советской Арктики // Тр. Аркт. ин-та. 1957. Т. 205. С. 127–151.

Долгов А.В. Новые данные о распределении редких видов рыб в российских водах Баренцева моря // Вопросы ихтиологии. 2006. Т. 46, № 2. С. 203–210.

Есипов В.К. Рыбы, собранные экспедицией на Землю Франца-Иосифа летом 1929 г. // Тр. Ин-та по изучению Севера. 1931. Т. 49. С. 156–165.

Есипов В.К. Рыбы, собранные экспедицией 1930 года на л/п “Г. Седов” к Земле Франца-Иосифа и к Северной Земле // Тр. Аркт. ин-та. 1933. Т. 8. С. 93–100.

Есипов В.К. О рыбах, собранных экспедицией на ледокольном пароходе “Садко” в 1935 г. // Зоол. журн. 1939. Т. 18, вып. 5. С. 877–887.

Книпович Н.М. Зоологические исследования на ледоколе “Ермак” летом 1901 года // Ежегодник Зоол. музея АН. 1901. Т. 6. С. I–XX.

Матишов Г.Г., Волков В.А., Денисов В.В. О структуре циркуляции теплых атлантических вод в северной части Баренцева моря // Докл. РАН. 1998. Т. 352, № 4. С. 553–556.

Неелов А.В., Чернова Н.В. Результаты исследований ихтиофауны в районе шельфа и континентального склона архипелага Шпицберген в рейсе ледокола “Поляpштерн” ARK VIII/2 1991 г. (EPOS II=SEAS) // Арктика и Антарктика. 2005. Вып. 4(38). С. 130–170.

Низовцев Г.П. Распределение молоди черного палтуса в Баренцевом море и восточной части Норвежского моря // Рыбное хоз-во. 1983. № 12. С. 26–28.

Новые данные о гидрологическом режиме и ихтиофауне архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа / О.В. Смирнов, А.В. Долгов, В.В. Гузенко и др. // Материалы отчетной сессии Полярного НИИ рыбного хозяйства и океанографии по итогам научно-исследовательских работ в 1998–1999 гг. 2000. Ч. 1. С. 79–92.

Попов А.М. К ихтиологии Карского и ближайших частей Баренцова морей // Тр. Ленингр. общ-ва естествоиспытателей. 1926. Т. 56, вып. 1. С. 27–57.

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

Чернова Н.В. О размножении горбатого липариса *Liparis gibbus* Bean (Scorpaeniformes, Liparidae) // Эколого-физиологические исследования промысловых рыб Северного бассейна. Л.: Наука, 1987. С. 87–94.

Чернова Н.В. Рыбы сем. Liparididae Баренцева моря и сопредельных вод. I. Видовой состав рода *Liparis* // Вопросы ихтиологии. 1988. Т. 28, вып. 4. С. 556–551.

Чернова Н.В. Липаровые рыбы // Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1989. С. 104–120.

Чернова Н.В. Липаровые рыбы евроазиатской Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1991. 112 с.

Чернова Н.В. Липаровые рыбы // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 185–187.

Чернова Н.В. Новый вид гимнелюса *Gymnelus andersoni* sp. nova из морей Арктики с уточнением видовой характеристики *G. retrodorsalis* Le Danois и *G. pauciporus* Anderson (Zoarcidae) // Вопросы ихтиологии. 1998. Т. 38(6). С. 737–744.

Чернова Н.В. Новый вид гимнелюса *Gymnelus knipowitschi* sp. nova из Арктики, с переописанием *G. hemifasciatus* Andriashev (Zoarcidae) // Вопросы ихтиологии. 1999а. Т. 39(1). С. 5–13.

Чернова Н.В. Четыре новых вида *Gymnelus* (Zoarcidae) из Арктики // Вопросы ихтиологии. 1999б. Т. 39(3). С. 306–315.

Чернова Н.В. Новые виды *Careproctus* (Liparidae) из Баренцева моря и сопредельных вод // Вопросы ихтиологии. 2005. Т. 45(6). С. 725–736.

Чернова Н.В. Ихтиофауна Земли Франца-Иосифа и севера Новой Земли // Современные исследования ихтиофауны арктических и южных морей европейской части России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. С. 55–74.

Чернова Н.В., Неелов А.В. Результаты ихтиологических исследований в районе архипелага Шпицберген в 1991 г., рейс НИЛ “Поляpштерн” ARK VIII/2 // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. С. 186–187.

Anderson M.E., Fedorov V.V. Family Zoarcidae Swainson 1839 – eelpouts // Calif Acad Sci Annot Checkl Fish. 2004. 34. 58 p.

Atlas of the Barents Sea Fishes / R. Wienerroither, E. Johannesen, A. Dolgov et al. // IMR/PINRO Joint Report Series. 2011. № 1. 272 p.

Catalog of Fishes / W.N. Eschmeyer (Ed.). 2014. DOI: http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp (5 Feb. 2014).

Chernova N.V. Four new species of *Gymnelus* (Zoarcidae) from the far eastern seas with genus diagnosis and key to species // J. Ichthyol. 2000. V. 40. P. 1–12.

Chernova N.V. Review of *Careproctus* (Liparidae) of the North Atlantic and adjacent Arctic, including the generic type *C. reinhardti*, with rehabilitation of *C. gelatinosus* (Pallas) from Kamchatka // J. Ichthyol. 2005. V. 45 (Supplement 1). S. 1–22.

Høines Å., Smirnov O. Investigations on demersal fish in the Svalbard area autumn 2000 and 2001, with special attention on juvenile Greenland halibut // IMR/PINRO Joint Report Series. 2002. № 7. 44 p.

Høines Å., Smirnov O. Investigations of demersal fish in the Svalbard area in the autumn 2003, with special attention on juvenile Greenland halibut // IMR/PINRO Joint Report Series. 2004. № 4. 33 p.

Knipowitsch N.M. Ichthyologische Untersuchungen im Eismeer. I. Lycodes und Lycenchelys // Memoires de l’Academie Imp. des Sciences de St.-Petersbourg (8 Serie). 1906. V. 19, № 1. 130 p. (+ 2 Tafel).

Knipowitsch N.M. Zur Ichthyologie des Eismeeres. Die von der Russischen Polar-Expedition im Eismeer gesammelten Fische // Memoires de l’Academie Imp. des Sciences de St.-Petersbourg (8 Serie). 1907. V. 18, № 5. 53 p. (+ 2 Tafel).

Mecklenburg C.W., Møller P.R., Steinke D. Biodiversity of Arctic marine fishes: taxonomy and zoogeography // Marine Biodiversity. 2011. V. 41, № 1. P. 109–140.

Records of the gadoid fish *Arctogadus glacialis* (Peters, 1874) in the European Arctic / M. Aschan, O.V. Karamushko, I. Byrkjedal et al. // Polar Biol. 2009. V. 32. P. 963–970.

Weslawski J.M., Stempniewicz L., Galaktionov K. Summer diet of seabirds from the Frans-Josef Land archipelago, Russian Arctic // Polar Research. 1994. V. 13(2). P. 173–181.

УДК 598.20

Ю.В. Краснов
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ОСТРОВЕ ГУКЕРА (ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА) И ЕГО ОКРЕСТНОСТЯХ В АВГУСТЕ 1993 г.

Аннотация

Представлены результаты наблюдений за морскими птицами на о. Гукера (Земля Франца-Иосифа) в летний период 1993 г. На основе оригинальных и литературных данных выполнен ретроспективный анализ развития колоний морских птиц в рассматриваемом районе. Обсуждаются материалы по питанию массовых видов птиц Земли Франца-Иосифа. Приведены результаты стандартных измерений обычных для архипелага видов птиц.

Yu.V. Krasnov
Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

ORNITHOLOGICAL OBSERVATIONS ON HOOKER ISLAND (FRANZ-JOSEF LAND) AND IN NEIGHBORING AREAS IN AUGUST 1993

Abstract

The article examines results of observations of marine birds on Hooker Island (Franz-Josef Land) in the summer of 1993. On the basis of original data and data taken from published sources, the article makes a retrospective analysis of marine bird colonies in the region. It also discusses data on diets and availability of food for common bird species in the Franz-Josef Land Archipelago. The author also adduces results of standard measurements of common bird species for the archipelago.

Введение. История целенаправленного изучения морских птиц, обитающих на Земле Франца-Иосифа (ЗФИ), достаточно продолжительна (Горбунов, 1932). Тем не менее, сведения о размещении, численности и экологии даже массовых видов до сих пор отрывочны и, за редким исключением, являются результатом попутных наблюдений. На основе таких материалов, разумеется, затруднительно описать состояние конкретных колоний, популяций отдельных видов и выявить характер их возможных изменений. В то же время такая задача, в связи с крупномасштабными изменениями в морских экосистемах южной части Баренцева моря (Краснов, 1995б; Морские …, 1995), была насущной в 1980–1990 гг., она остается вполне актуальной и в настоящее время. В связи с этим в августе 1993 г. нами было выполнено детальное исследование колонии морских птиц скалы Рубини на о. Гукера и проведено изучение орнитофауны острова и прилегающих окрестностей. Данные эти частично были представлены лишь в тексте докторской диссертации (Краснов, 1995а) и по ряду причин до сих пор опубликованы не были. Поскольку текст диссертации не очень доступен широкому кругу специалистов, мы полагаем разумным привести результаты наших исследований в данной публикации.

На период начала 1990-х гг. материалы о численности морских птиц на арх. ЗФИ были немногочисленны. Это главным образом статьи Г.П. Горбунова (1932), Н.П. Демме (1934), С.Е. Беликова и Т.Е. Рандла (1984), М. Скакуя (Skakuj, 1992). Анализ литературных источников информации был осложнен тем, что, за редким исключением, никто из авторов не описывал применявшуюся им методику проведения учетов. По этим причинам, вероятно, наиболее корректен сравнительный анализ данных лишь по двум видам птиц – моевке *Rissa tridactyla* и бургомистру *Larus hyperboreus*. Большинство наблюдателей выполняет учет этих видов сходным образом, а их обитаемые гнезда хорошо заметны на местности. Учет таких птиц как кайры *Uria lomvia* и люрики *Alle alle* проводят различными способами, нередко с применением пересчетных коэффициентов. Что же касается такого вида, как глупыш *Fulmarus glacialis*, то обнаружение его гнезд часто осложнено топографией гнездовых обрывов и в сложных климатических условиях, вероятно, не всегда выполнимо. Поэтому некоторые исследователи подсчитывают птиц в прилегающем к колонии районе, полностью игнорируя то обстоятельство, что в этом случае результаты лишь отчасти характеризуют численность гнездящихся в колонии птиц.

При определении численности гнездящихся на скале Рубини морских птиц мы использовали стандартные методы учета, примененные нами на Мурмане (Морские …, 1995) и Новой Земле (Краснов, 1995б), – прямой подсчет гнезд следующих видов: глупыша, моевки и бургомистра. Численность кайр определяли однократным подсчетом особей, находящихся на момент учета в колонии. Начало количественного учета кайр было синхронизировано с началом схода их птенцов на воду, зарегистрированного нами 13 августа. Количество люриков подсчитывали неоднократно, в период нахождения их на камнях в колонии и совершения круговых полетов. За итоговый результат принято максимальное количество зарегистрированных в колонии птиц. Никакие пересчетные коэффициенты нами при этом не использовались.

Ретроспективный анализ развития колоний морских птиц на скале Рубини. В 1993 году основу авифауны о. Гукера и прилегающего к нему района составили 3 вида: моевки, толстоклювые кайры и люрики. Причем подавляющее количество птиц этих и других видов гнездилось непосредственно на скале Рубини и лишь незначительная их часть – в ее окрестностях и иных свободных от льда районах острова. Полученный нами комплекс оригинальных и литературных данных позволил провести ретроспективный анализ развития локальных группировок морских птиц в районе скалы Рубини. Из материалов, приведенных в табл. 1, следует, что количество гнездящихся на птичьем базаре Рубини моевок и люриков в течение многих десятилетий было, по-видимому, относительно стабильным. Выявленные в отдельные годы изменения вряд ли могут быть признаны существенными, так как масштабы их невелики, и они могут быть объяснены объективными неточностями учета и естественными межго-

дичными вариациями. Подобный характер динамики численности люриков и моевок хорошо объясним. Более того, такой результат предсказуем. Моевки и, особенно, люрики в качестве кормовой базы широко используют скопления мелких ракообразных в окружающих колонию водах. При отсутствии подходов молоди рыбы (сайки) моевки могут полностью переходить на добычу ракообразных, а при ее наличии – использовать зоопланктон в качестве дополнительного корма. Фактически это означает, что оба вида эксплуатируют относительно стабильный источник пищи и, при отсутствии воздействия других лимитирующих факторов, их численность не должна испытывать значительных колебаний. В действительности такие колебания, связанные с негнездованием части популяции из-за суровых погодных условий, конечно, существуют. Но по своей сути они вряд ли носят крупномасштабный характер.

Таблица 1

Численность морских птиц в колониях скалы Рубини

Вид	Годы наблюдений	Количество птиц	Литературный источник
Глупыш	1929, 1939	Отдельные пары	Горбунов, 1932
	1931	3000 экз.	Демме, 1934
	1981	1000 экз.	Беликов, Рандла, 1984
	1991	240 экз.	Skakuj, 1992
	1993	40 экз.	Наши данные
Бургомистр	1931	12 пар	Демме, 1934
	1981	10 пар	Беликов, Рандла, 1984
	1991	14 пар	Skakuj, 1992
	1993	16 пар	Наши данные
Моевка	1931	3500 пар	Демме, 1934
	1981	5000 пар	Беликов, Рандла, 1984
	1991	5000 пар	Skakuj, 1992
	1993	3530 пар	Наши данные
Короткохвостый	1981	6 пар	Наши данные
поморник	1991	3 пары	Skakuj, 1992
	1993	4 пары	Наши данные
Толстоклювая	1931	20000 экз.	Демме, 1934
кайра	1981	7000 экз.	Беликов, Рандла, 1984
	1993	4240 экз.	Наши данные
Люрик	1931	5000 экз.	Демме, 1934
	1991	4000 экз.	Skakuj, 1992
	1993	4000 экз.	Наши данные

Применительно к люрикам следует отметить одно обстоятельство. До сих пор для этого скрыто гнездящегося вида со сложными внутривидовыми социальными взаимодействиями не существует способа определения реальной численности, дающего корректные результаты. Значительная часть птиц, возвратившись с моря, проводит большую часть времени у гнезд внутри осыпей, лишь периодически появляясь на поверхности. При этом вполне возможно, что на осыпях, среди гнездящихся особей, держится значительное количество не размножающихся в данном сезоне птиц. Не-

однократный подсчет птиц в колонии и птиц, совершающих круговые полеты, возможно, дает вполне сравнимые данные в разные годы наблюдений, но он вряд ли способен отразить реальную численность птиц, гнездящихся в колонии.

Иначе обстоят дела с толстоклювыми кайрами. Из таблицы 1 следует, что наивысшая их численность, во много раз превышающая современную, была отмечена Н.П. Демме (1934) в 1931 г. Если исходить из того, что ее учет был проведен корректно, хотя сам автор указывает на грубость подсчета, то столь драматическое снижение численности в последующие десятилетия может быть объяснено воздействием какого-либо лимитирующего фактора. Им может быть, например, прямое преследование птиц (чего, очевидно, в больших масштабах не было) или серьезное изменение трофических условий в период зимовки. К сожалению, где зимуют толстоклювые кайры из колоний ЗФИ, неизвестно. Вполне возможно, что какая-то их часть проводит зиму в стационарных полыньях в районе архипелага. В этом случае возможна гибель птиц из-за суровой ледовой обстановки в отдельные годы. Вероятно и то, что значительная часть птиц зимует в открытой части Баренцева моря, распределяясь вдоль кромки льдов. В этом случае сокращение их количества в колониях может быть объяснено кризисом стад сайки в 1970–1980 гг.

Если же данные Н.П. Демме (1934) сильно завышены вследствие применения расчетных коэффициентов или неточно выполненного учета, то ситуация может выглядеть совсем по-другому. В 1981 году численность кайр на скале Рубини была определена не совсем традиционным методом. С.Е. Беликов и Т.Э. Рандла (1984) подсчитали количество птиц, прилетевших в колонию в период активной кормежки птенцов. На этом основании они оценили общую величину колонии, исходя из того, что последние кормят птенцов до 3 раз в сутки. Точность данного способа учета определить невозможно, так как она зависит не только от субъективных качеств учетчика, но и от ряда переменных величин, не поддающихся оценке при ретроспективном анализе. Например, ничего неизвестно о количестве не размножавшихся, но присутствующих в колониях птиц. А такие кайры очень подвижны и активно посещают разные и достаточно удаленные друг от друга колонии. Неясно и состояние кормовой базы кайр как в целом в сезоне, так и в конкретный момент учета. Ибо, несмотря на то, что взрослые птицы активно питаются ракообразными, птенцов они выкармливают все-таки рыбой. И следовательно, от наличия или отсутствия ее скоплений, длительности периодов доступности пищи зависит ритм кормовых полетов кайр. Поэтому зарегистрированный данными авторами уровень в 1 тыс. птиц за 1 ч может относиться как к колонии в 4 тыс. особей, так и к колонии в 7 тыс. особей и выше. Исходя из всего сказанного ранее, мы склонны предположить, что в рассматриваемый период времени поселение толстоклювых кайр на скале Рубини было относительно стабильным. Более полный анализ возможен лишь после того, как станут известны

районы зимовки кайр из колоний ЗФИ. Поскольку значительные изменения численности при относительно стабильной кормовой базе в районе размножения и отсутствии других лимитирующих факторов можно объяснить смертностью в период миграций и зимовок.

Аналогичная ситуация возникает и при анализе данных учета гнезд глупыша. Два года подряд, летом 1929 и 1930 гг., Г.П. Горбунов (1932) находил на скале Рубини лишь отдельные пары этого вида. Но уже в 1931 г. Н.П. Демме (1934) определяет численность глупышей в 3 тыс. особей (табл. 1). Позднее столь высокой численности глупыша здесь никто более не наблюдал. В 1993 году мы обнаружили только 20 гнездившихся пар. Можно предположить, что для данного вида характерны значительные флуктуации численности (Успенский, Томкович, 1986), которые, на первый взгляд, не могут быть объяснены какими-либо очевидными причинами. Но нам представляется более вероятным, что в 1931 г. подсчитывали не гнезда в колонии, а птиц вокруг нее в бухте Тихая, как это иногда делается на больших островах с чайками, крачками и другими видами. Похожим образом, вероятно, провели учет в 1981 г. С.Е. Беликов и Т.Э. Рандла (1984). Во всяком случае, они сообщают об 1 тыс. глупышей, обитающих в бухте Тихая, но не указывают численность гнездящихся здесь пар. Такой подход вполне понятен, если принять во внимание сложнейший рельеф птичьего базара на скале Рубини, где полные учеты некоторых видов можно провести только с воды в условиях частых подвижек льда. Количество же негнездящихся особей у глупыша обычно в несколько раз превышает число размножавшихся птиц.

Таким образом, исходя из анализа всего комплекса данных, состояние популяций массовых видов морских птиц архипелага на начало 1990-х гг. вполне благополучное, особенно по сравнению с южными районами Баренцева моря, и определяется действием естественных факторов.

Результаты наблюдений за размножением птиц на о. Гукера и его окрестностях. В период наблюдений было собрано небольшое количество фенологических данных, тем не менее дающих некоторое представление о ходе размножения птиц в районе о. Гукера в 1993 г. Начало подъема слетков моевки на крыло до убытия с острова 29 августа отмечено не было. Средний размер выводка моевки в колонии на скале Рубини на 23 августа составил 1.3±0.06 птенца (n = 63), при этом из 109 осмотренных в колонии жилых гнезд, 46 гнезд (42.2 %) потомства не имели. Столь низкий уровень успешности размножения моевок, возможно, вполне обычен для района ЗФИ. Хотя в южной части Баренцева моря, на Мурмане, такие показатели характерны исключительно для неблагоприятных сезонов (Краснов, Николаева, 1998). Начало схода птенцов кайр на воду в районе о. Гукера было отмечено 13 августа (единичный выводок). Начало активного схода птенцов на воду из колонии на скале Рубини было зарегистрировано нами 15 августа. Несколько позже, ночью 21 августа, наблюдали массовый сход на воду слетков люрика. Каждого слетка сопровождал один из родителей,

по всей видимости, самцы. Самки покинули колонии несколько раньше. К моменту начала схода птенцов в колонии уже не удалось отловить ни одной самки люрика. Аналогичное явление, как известно, типично для кайр. Уже 23 августа во всех колониях люрика на острове остались лишь единичные птицы. Первые свободно летающие слетки бургомистра были отмечены нами 23 августа. На следующий день, 24 августа, у берега о. Гукера был отмечен первый слеток чистика *Cepphus grylle*. Всего на о. Гукера, по нашей оценке, в 1993 г. размножалось 12 пар чистиков.

Кроме гнездящихся птиц на о. Гукера и прилегающей акватории нами были отмечены пара краснозобых гагар *Gavia stellata* и кочующие особи среднего *Stercorarius pomarinus* и длиннохвостого *Stercorarius longicaudus* поморников, белой чайки *Pagophila eburnea*, морских песочников *Calidris maritima*, кочующие выводки пуночек *Plectrophenax nivalis*.

Кроме о. Гукера 21 августа нами был осмотрен о. Мертвого тюленя. Он был полностью обследован на предмет поиска гнезд обыкновенной гаги с использованием стандартной методики, применявшейся нами в Кандалакшском заповеднике. В результате было выявлено рыхлое поселение обыкновенных гаг из 22 гнезд. Большинство кладок (18) были разорены, вероятно, бургомистром и короткохвостым поморником (судя по повреждениям скорлупы), скорее всего, в период визита на остров белого медведя. Нами было измерено 12 яиц гаги. Средняя длина яйца составила 75.1±0.7 мм, ширина – 50.6±0.45 мм. У острова все еще держалось 6 самок. Выводок обыкновенной гаги с "яркими" пуховыми птенцами наблюдали в бухте Тихая 18 августа.

На острове гнездилась одна пара короткохвостых поморников, у которой был один оперяющийся птенец.

У пяти пар полярных крачек, гнездившихся здесь же на острове, были обнаружены еще пуховые птенцы. Г.П. Горбунов (1932) встретил здесь 28 августа 1929 г. "много" полярных крачек и молодых, еще не летающих птиц. На следующий год (26 июля) он насчитал здесь 15 пар этого вида.

Трофические связи морских птиц о. Гукера. Спектр питания толстоклювых кайр в районе ЗФИ относительно подробно исследован лишь Н.П. Демме (1934). В 1930–1931 годах, в апреле–июне и августе ею было просмотрено 39 желудков толстоклювых кайр. Наполненных пищей было немного, менее 50 %. Пустыми оказались желудки птиц, добытых в августе. Таким образом, материалы Н.П. Демме характеризуют начальный этап периода размножения, а наши данные, собранные в августе, – второй, т. е. период выкармливания птенцов (табл. 2). Как мы уже отметили выше, этот район Баренцева моря был подвержен антропогенному воздействию в наименьшей степени. Вследствие чего изменения кормовой базы морских птиц могли происходить в основном по естественным причинам. Поэтому различия в составах корма в 1931 и 1993 гг. отражают, скорее, внутрисезонную и естественную межгодичную изменчивость. Следует отметить, что хотя в работе Н.П. Демме (1934) видовой состав рыб не оп-

ределен, он представлен, скорее всего, одним видом – сайкой. Общий рост потребления рыбы в конце сезона связан, по всей видимости, с одновременным воздействием двух факторов: необходимостью выкармливания птенцов наиболее энергоемким кормом – рыбой и с меньшей встречаемостью морских беспозвоночных в конце лета (Н.П. Демме отметила обилие полихет в апреле и в течение всего июля). В этой связи птицы из колоний ЗФИ более уязвимы, чем новоземельские кайры, так как успех их размножения зависит, главным образом, от наличия одного вида рыб – сайки. В отсутствие последней и при полном переходе на добычу ракообразных и полихет взрослые птицы, вполне вероятно, смогут обеспечить себя пищей, но вряд ли им удастся обеспечить полноценный энергобюджет птенца.

Таблица 2

Состав кормов у взрослых толстоклювых кайр в губе Тихая (за 100 % принято общее число встреч различных групп корма)

Вид корма	1931 г., 16 желудков (по: Демме, 1934)		1993 г., 14 желудков (наши данные)	
	абс.	%	абс.	%
Сайка	–	–	12	66.7
Рыба, неопр.	7	41.2	1	5.6
Ракообразные	8	47.1	4	22.2
Полихеты	2	11.8	1	5.6

Моевки из колонии на скале Рубини потребляют много мелких ракообразных. Причем количество последних, в зависимости от наличия сайки, может меняться в ту или иную сторону. Так, в 1993 г., в бухте Тихая сайка, по-видимому, не была редкостью и ее встречаемость в 32 пробах корма моевок составила 71.9 % (23 встречи), а ракообразных – 28.1 % (9 встреч). Других кормов нами найдено не было. Но в 1991 году общая встречаемость рыбы составила 33.3 % (сайка – в 29.6 %), а ракообразных – 51.9 %. Кроме того, в корме моевок были обнаружены полихеты – 14.8 % (Weslawski, Skakuj, 1992). Вероятно, низкая встречаемость сайки в 1991 г. была связана с особенностями гидрологического и ледового режимов в этом сезоне. Большая часть архипелага в августе–сентябре была свободна от ледового покрова. Молодь сайки, часто обитающая у границы льда в трещинах и разломах, при его отсутствии стала, видимо, менее доступной для моевок. В 1993 году моевки активно кормились на открытых пространствах акватории среди ледовых полей, разрушенных ветром и течениями. Недостатка в пище они, по-видимому, не испытывали. Необходимо отметить, что визуально мы наблюдали отдельных птиц, добывавших не только сайку, но и придонных липарисов и бычков на мелководье. Однако эти случаи были редки и при анализе спектров питания этот вид добычи нами не обнаружен.

В определенных условиях кормовое поведение и, соответственно, состав корма у разных полов моевки может различаться. В пищевых

спектрах самцов и самок моевки из колонии скалы Рубини были выявлены сильные различия. Корм самцов состоял исключительно из сайки, самки имели более разнообразное питание. Сайка была найдена у 66.7 % птиц, ракообразные – у 60 % особей. Наполненность желудков как тем, так и другим кормом была очень высокой. У подножия ледника, обрывающегося непосредственно в море, в период интенсивного таяния образуется зона, обогащенная скоплениями мелких ракообразных, обездвиженных из-за сильного опреснения (Mehlum, 1984). На этом легкодоступном источнике пищи кормились стаи моевок. Показательно, что среди птиц, добывавших амфипод у ледника, недалеко от колонии, оказались практически одни самки (с наседными пятнами). Среди 15 птиц был выявлен лишь 1 самец, но в его желудке ракообразные отсутствовали. Таким образом, нам представляется, что большая часть самок небольшими группами, по 15–20 особей, кормится недалеко от колонии, используя вполне предсказуемые источники пищи. Меньшая часть самок и большинство самцов ведут поиск сайки на обширных территориях, нередко вдали от колонии. Интересно, что подобные различия в трофическом поведении и составе кормов у разных полов моевок, обитающих в южной части Баренцева моря, на Мурмане, не были выявлены за весь более чем 20-летний период наблюдений.

Люрики, питающиеся и выкармливающие своих птенцов пелагическим зоопланктоном, вероятно, особых затруднений с добычей корма в районе архипелага не испытывают. При изменении гидрологических и ледовых условий меняется лишь видовой состав зоопланктонных организмов, но их массовые скопления всегда обеспечивают люриков необходимым составом пищи. По данным Я. Веславского и М. Скакуя (Weslawski, Skakuj, 1992), в 1991 г. основу питания люриков составил калянус, в то время как гаммариды были встречены лишь в одном случае. В 1993 году, при анализе 13 проб корма, напротив, калянус был отмечен только в 13.3 % случаев, а гаммариды – в 73.3 %. Мальки сайки в корме люриков в 1991 г. были встречены в 13.8 %, а в 1993 г. – 6.7 % случаев. Вероятно, люрики не ловят сайку целенаправленно. Это может происходить случайно в густых скоплениях калянуса в пелагиали. При ловле гаммарид в литоральной зоне это сделать, вероятно, труднее. На севере Новой Земли, в губе Архангельская, по данным А.Н. Головкина с соавторами (1972), пищевой спектр люриков был значительно разнообразнее и насчитывал 16 видов ракообразных и несколько видов рыб. В 1967 году, по данным этих же авторов, из ракообразных люрики предпочитали калянусов, эвфаузиид и гипериид они добывали в равных пропорциях.

Таким образом, в районе ЗФИ кормовая база массовых видов морских птиц, по сравнению с другими районами Баренцева моря, по-видимому, относительно стабильна. Запасы основных кормовых объектов – сайки и ракообразных – менялись здесь, вероятно, в пределах только естественных межгодичных колебаний численности. В то же время зависимость в период размножения от наличия одного вида корма – сайки – предполагает повышенную уязвимость колоний толстоклювых кайр в этом районе.

Размеры тела массовых видов морских птиц ЗФИ. Ранее, при исследовании морфологических особенностей птиц из различных популяций в Баренцевом море, нами проводились измерения тела массовых видов на Мурмане и Новой Земле. Позднее, в августе 1993 г. в ходе орнитологических работ на о. Гукера нами выполнены промеры тела у трех видов птиц: моевки, люрика и толстоклювой кайры (таблицы 3–5). Важно, что все измерения во всех районах региона, за исключением моевки на Новой Земле, выполнены самим автором статьи, имеющим многолетний опыт измерений тысяч морских птиц. Использованный нами метод прошел унификацию с методами измерений птиц норвежских исследователей в западной части Баренцева моря.

Таблица 3

Средние размеры и масса тела моевок, гнездившихся в Баренцевом море

Показатель	Восточный Мурман, Семь островов	Земля Франца-Иосифа, о. Гукера	Новая Земля, губа Безымянная*
Длина головы с клювом, мм	91.9±0.1 (n = 527)	92.9±0.6 (n = 30)	90.6±0.5 (n = 15)
Длина клюва, мм	36.6±0.1 (n = 675)	36.5±0.3 (n = 30)	35.5±0.4 (n = 15)
Гонис, мм	11.4±0.03 (n = 349)	11.3±0.1 (n = 30)	11.1±0.1 (n = 15)
Нос, мм	18.6±0.3 (n = 30)	18.7±0.2 (n = 30)	18.4±0.2 (n = 15)
Длина цевки, мм	34.7±0.1 (n = 656)	35.0±0.3 (n = 30)	34.9±0.3 (n = 15)
Длина среднего пальца, мм	48.1±0.1 (n = 516)	46.8±0.4 (n = 30)	–
Длина крыла I, мм	316.4±0.4 (n = 481)	318.7±1.4 (n = 30)	320.0±1.4 (n = 30)
Длина крыла II, мм	315.0±0.5 (n = 218)	311.5±1.5 (n = 30)	–
Длина хвоста, мм	130.2±0.4 (n = 462)	125.2±1.1 (n = 30)	–
Масса тела, г	431.4±1.9 (n = 678)	422.0±8.2 (n = 30)	386.0±0.1 (n = 15)

*Результаты измерений по: Seabird …, 1994.

ПРИМЕЧАНИЕ. В строке “Длина крыла” представлены результаты измерений выпрямленного и расправленного крыла (длина крыла I) и крыла в естественном состоянии без выпрямления (длина крыла II). У моевок Семи островов коготь на заднем пальце был отмечен в 22.8 %, на о. Гукера – в 23.3 % случаев.

Таблица 4

Средние размеры и масса тела толстоклювых кайр, гнездившихся в Баренцевом море

Показатель	Восточный Мурман, Семь островов, n = 35	Земля Франца-Иосифа, о. Гукера, n = 30	Новая Земля, губа Безымянная, n = 31
Длина головы с клювом, мм	105.6±0.5	107.1±0.6	107.5±0.7
Длина клюва, мм	37.6±0.4	37.7±0.4	38.1±0.4
Гонис, мм	14.5±0.1	14.2±0.1	14.5±0.1
Длина крыла, мм	219.0±0.9	220.5±0.9	216.0±1.1
Масса тела, г	–	923.0±12.2	981.0±11.5

Таблица 5

Размеры и масса тела люриков (n = 21), гнездившихся в бухте Тихая

Показатель	Среднее	Пределы	
		минимум	максимум
Длина головы с клювом, мм	58.1±0.3	56.0	60.7
Длина клюва, мм	16.3±0.2	14.7	18.6
Гонис, мм	9.9±0.1	8.7	11.6
Нос, мм	12.8±0.2	11.3	15.2
Длина цевки, мм	22.5±0.2	21.1	24.5
Длина среднего пальца, мм	33.2±0.2	31.5	35.1
Длина крыла, мм	131.1±0.8	125.0	137.0
Длина хвоста, мм	32.8±0.9	24.0	45.0
Масса тела, г	195.0±3.1	170.0	215.0

Длину головы (вместе с клювом), клюва, гониса, цевки и среднего пальца измеряли с помощью штангенциркуля, с точностью до 0.1 мм. Крыло измеряли фиксированной линейкой с точностью до 1 мм у моевок в двух положениях: I – максимально выровненное и разглаженное, II – в естественном состоянии, без выпрямления. У кайр и люриков измеряли только максимально выровненное и разглаженное крыло. Хвост измеряли линейкой с точностью до 1 мм. Птиц взвешивали на пружинных весах с точностью до 5 г. При визуальном осмотре моевок проверяли наличие когтя на заднем пальце ноги. При этом считали, что особь его имеет, если коготь любой величины обнаруживали, хотя бы на одном из задних пальцев.

Исследование географических вариаций моевок в Северной Атлантике продемонстрировало наличие северо-южного клина по некоторым параметрам тела (Sluys, 1982; Measurements …, 1985). Последними авторами установлено, что у моевок, гнездящихся вдоль побережья Норвегии, существует общая тенденция к росту высоты клюва, длины головы и крыла с изменением широты местности. Данные, опубликованные нами ранее (Краснов, Николаева, 1998), показывают, что у баренцевоморских моевок размеры крыла действительно возрастают с увеличением широты местности (табл. 3). Однако в отношении других параметров такой тенденции выявить не удалось. Более того, размеры головы, клюва и гониса у новоземельских моевок несколько меньше при статистически достоверных различиях. Поскольку измерения моевок на Мурмане и ЗФИ выполнены автором статьи, а на Новой Земле – одним из норвежских специалистов (Seabird …, 1994), то вполне возможно, что эти различия обусловлены спецификой индивидуальных приемов измерения птиц в рамках одной и той же методики.

Сравнение результатов измерений птиц, полученных Р.Т. Барреттом (личное сообщение) в западных (Hornøya) и нами в восточных (Семь островов) колониях южного побережья Баренцева моря показало, что по своим размерам эти птицы не различаются и вполне могут быть отнесены к одной популяции. Единственное статистически достоверное различие выявлено при сравнении промеров длины головы.

У более специализированных морских птиц – толстоклювых кайр (табл. 4) отчетливых тенденций в изменениях размеров тела нами не обнаружено. Длина головы наименьшая (при достоверных различиях) у птиц Мурмана. У птиц Новой Земли и ЗФИ различий по данному параметру не выявлено. В то же время наименьшая длина крыла зарегистрирована у птиц Новой Земли, тогда как у птиц Мурмана и ЗФИ она практически одинакова. Это лишний раз подчеркивает правоту Л.О. Белопольского (1957) и Г.П. Дементьева (1951) о неправомерности выделения в самостоятельный подвид толстоклювых кайр, обитающих на ЗФИ.

В таблице 5 приведены результаты измерений исключительно самцов люриков, полноценную выборку измерений самок получить не удалось.

Из приведенных материалов следует несколько важных выводов. Измерения таких биологических объектов, как птицы, несмотря на внешнюю привлекательность и обыденность, сложны и требуют отработанных навыков. Сами по себе выбранные стандартные параметры измерений изменчивы и даже выполненные подготовленным исследователем в рамках унифицированных методик не являются надежной гарантией выделения географических популяций.

Литература

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

Беликов С.Е., Рандла Т.Э. К орнитофауне острова Гукера (Земля Франца-Иосифа) // Орнитология. 1984. Вып. 19. С. 174–175.

Головкин А.Н., Зеликман Э.А., Георгиев А.А. Биология и пищевые связи люриков (*Plotus alle*) с пелагическим сообществом на севере Новой Земли // Особенности биологической продуктивности вод близ птичьих базаров севера Новой Земли. Л.: Наука, 1972. С. 74–84.

Горбунов Г.П. Птицы Земли Франца-Иосифа // Тр. Аркт. ин-та. 1932. Т. 4. 244 с.

Дементьев Г.П. Отряд чистики // Птицы Советского Союза. М.: Сов. наука, 1951. Т. 2. С. 169–240.

Демме Н.П. Птичий базар на скале Рубини (остров Гукера, Земля Франца-Иосифа) // Тр. Аркт. ин-та. 1934. Т. 11. С. 53–86.

Краснов Ю.В. Экология и поведение морских птиц на современном этапе эксплуатации ресурсов Баренцева моря: Дис. ... докт. биол. наук. М., 1995а. 369 с.

Краснов Ю.В. Морские птицы (ретроспективный анализ развития популяций) // Среда обитания и экосистемы Новой Земли (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995б. С. 138–147.

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

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

Успенский С.М., Томкович П.С. Птицы Земли Франца-Иосифа и их охрана // Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. С. 63–76.

Measurements and weight changes of Norwegian adult Puffins *Fratercula arctica* and Kittiwakes *Rissa tridactyla* during the breeding season / R.T. Barrett, R. Fieler, T. Anker-Nilssen, F. Rikardsen // Ring. Migr. 1985. V. 6. P. 102–112.

Mehlum F. Konsentrasjoner av sjøfigl langs kanten av isbreer og utenfor breelver pa Svalbard // Fauna. 1984. V. 37. P. 156–160.

Seabird censuses on Novaya Zemlja 1994 / H. Strøm, I.J. Øien, J. Opheim et al. // Norwegian Ornithol. Soc. Report № 2. 1994. 1994. 38 p.

Skakuj M. Seabird of Tikhaia bay, summer 1991 // Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. № 120. P. 63–66.

Sluys R. Geographical variation of the Kittiwake *Rissa tridactyla* // Le Gerfaut. 1982. V. 72. P. 221–230.

Weslawski J.M., Skakuj M. Summer feeding of seabirds in Tikhaia Bay, Franz-Josef Land // Environmental Studies from Franz-Josef Land with Emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Norsk Polarinstitutt, Meddelser. 1992. № 120. P. 55–62.

УДК 574.34 (268.45)

С.Е. Беликов, А.Н. Болтунов
Всероссийский научно-исследовательский институт охраны природы, Москва, Россия

БЕЛЫЙ МЕДВЕДЬ В РАЙОНЕ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА: ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация

В работе приведен ретроспективный обзор направлений и краткие результаты исследований по белому медведю в районе арх. Земля Франца-Иосифа и сопредельных с ним районах. При этом использованы опубликованные в России и за рубежом работы и оригинальные данные. Освещены проблемы охраны белых медведей в районе архипелага и предложены возможные пути их решения с учетом природных (изменение климата) и антропогенных факторов.

S.E. Belikov, A.N. Boltunov
All-Russian Research Institute for Nature Protection, Moscow, Russia

THE POLAR BEAR IN THE AREA OF FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO: HISTORY AND RESULTS OF INVESTIGATIONS, PROBLEMS OF CONSERVATION AND THE WAYS OF THEIR SOLVING

Abstract

The article presents retrospective review of research directions and results on the polar bear of the Franz-Josef Land Archipelago and adjacent areas. The review includes original data as well as data published in Russia and abroad. Problems of polar bear conservation in the area of the archipelago and approaches to their solving with regard to natural (climate change) and anthropogenic factors are also considered.

Введение. Со времени открытия арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) (1873 г.) и до середины XX столетия белый медведь привлекал внимание участников различного рода экспедиций и сотрудников полярных метеостанций главным образом лишь как объект охоты. Эпизодические наблюдения за зверем приведены в ряде публикаций, но они не могли пролить свет на состояние группировки зверя в районе архипелага. Эта группировка, являясь частью карско-баренцевоморской популяции, населяющей западный регион российской Арктики и норвежский арх. Шпицберген

(Свальбард), подверглась чрезмерному прессу охоты, проводившейся на Шпицбергене вплоть до 1973 г. Лишь введение запрета на добычу белых медведей в российской Арктике (1956 г.) и Норвегии (1973 г.) приостановило дальнейшее падение численности белых медведей в исследуемом районе. Кроме того, белый медведь был включен в Красные книги РСФСР (1983), СССР (1984), РФ (2001) и, тем самым, стал объектом особой охраны. Существенный вклад в восстановление вида в Арктике внесло Соглашение о сохранении белых медведей 1973 г., которое подписали представители пяти стран – Канады, США, Норвегии, СССР и Дании.

В результате указанных и других мер охраны численность белых медведей в северной части Баренцева моря за последние 20–30 лет постепенно восстанавливалась. В текущем столетии она, возможно, достигла или приблизилась к историческому уровню. Однако в настоящее время появились новые угрозы белому медведю. Начавшаяся добыча углеводородов на Арктическом шельфе и потепление климата в Арктике, происходящее особенно интенсивно в Баренцевом и Чукотском морях и море Бофорта, потенциально угрожают белому медведю. В этой связи страны ареала белого медведя договорились о разработке и реализации циркумполярного и национальных Планов действий по сохранению белых медведей.

Россия была первой страной, подготовившей Стратегию сохранения белого медведя в Российской Федерации (утверждена распоряжением Минприроды России 05.07.2010 № 26-р). В целях поэтапной реализации Стратегии был подготовлен План действий на период до 2020 г. В нем отражены и меры охраны белых медведей карско-баренцевоморской популяции. Но План действий носит рекомендательный характер и в силу этого выполняется федеральными и региональными органами власти, ответственными за сохранение и управление популяциями белого медведя, лишь частично. Сдерживают осуществление Плана действий и пробелы в знаниях о состоянии популяций, что можно видеть из приведенного ниже обзора, который призван осветить историю и результаты исследований белого медведя в районе ЗФИ и, при необходимости, в сопредельных с ним районах, проблемы охраны популяции и возможные пути их решения.

Популяционная структура и статус популяции белого медведя, населяющей западный регион российской Арктики и сопредельные с ним районы. По результатам проведенных в 1980-х гг. исследований предложено выделить в российской Арктике три популяции белого медведя: карско-баренцевоморскую (Баренцево и Карское моря), лаптевскую (море Лаптевых и западная часть Восточно-Сибирского моря) и чукотско-аляскинскую (Чукотское и Берингово моря, восточная часть Восточно-Сибирского моря) (Беликов, 1992, 1993). В Красной книге Российской Федерации (2001) указанные популяции различаются по своему статусу: карско-баренцевоморская включена в четвертую категорию, лаптевская – в третью, чукотско-аляскинская – в пятую категорию. По классификации МСОП (2006) белый медведь внесен в категорию *VU A3c*: уязвимый таксон, чья численность

в течение трех поколений (45 лет) сократится на 30 % в связи с уменьшением площади и снижением качества местообитаний. Вид также внесен в Приложение II СИТЕС.

Группа специалистов по белому медведю Международного союза охраны природы (МСОП) на своем совещании в Сиэтле (США) в 2005 г. выделила в циркумполярном регионе 19 субпопуляций белого медведя, включая баренцевоморскую и карскую, населяющих соответственно Баренцево и Карское моря. Вместе с тем данные наблюдений за мечеными самками белого медведя (см. ниже) позволяют предположить, что популяционная структура белых медведей, населяющих этот регион более сложная, причем район ЗФИ является частью ареала баренцевоморской субпопуляции (Using …, 2002). Результаты исследований также показали, что в пределах упомянутого выше региона нет четко очерченных популяционных границ и здесь, возможно, обитает одна популяция белого медведя, фигурирующая в Красной книге РФ – карско-баренцевоморская.

Распространение карско-баренцевоморской популяции на юге на значительной части ее ареала ограничивается побережьем континента, а на юге-западе – кромкой льда, положение которой претерпевает заметные сезонные и межгодовые изменения. Максимальное ее продвижение к югу и юго-западу отмечается зимой и ранней весной. Северная часть ареала популяции включает в себя участки Арктического бассейна, прилежащие к Баренцеву и Карскому морям. Белых медведей здесь изредка наблюдали гидрологи ледовой авиаразведки, участники дрейфующих станций “Северный полюс”, круизных и научно-исследовательских судов. Согласно наблюдениям, встречаемость белых медведей в Баренцевом и Карском морях резко уменьшается в районе 81–82^{o} с. ш. Это уже районы, относящиеся к Арктическому бассейну. Плотность белых медведей здесь в несколько раз меньше таковой в окраинных морях (Горбунов и др., 1987; Горбунов, Беликов, 2008). Арктический бассейн в данном случае понимается как часть Северного Ледовитого океана, располагающаяся за пределами принятых границ арктических морей. Наряду с глубоководной частью, занимающей большую часть бассейна, в его границы попадают самые северные участки шельфа арктических морей.

Направления и краткие результаты исследований белого медведя в Баренцевом море и прилежащем северо-западном районе Карского моря. В данном разделе кратко освещены направления исследований по белому медведю в Баренцевом море и прилежащем северо-западном районе Карского моря, которые помогают более полно оценить достижения и пробелы в знаниях баренцевоморской субпопуляции, ареал которой включает также архипелаги Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. Исследования субпопуляции проводились Россией и Норвегией самостоятельно или в рамках совместных проектов. Российско-норвежским проектам уделялось особое внимание, так как они впервые дали ответ на главный вопрос – о численности субпопуляции, положив тем самым начало мони-

торинга. В разделе упомянуты также российско-американские исследования по виду в районе северной оконечности Новой Земли и арх. ЗФИ, осуществленные весной 1995 г. Приводятся краткие сведения о методиках проведения полевых работ.

До середины 1960-х гг. систематические исследования по белому медведю Норвегией не проводились, хотя исторический обзор добычи зверя и некоторые сведения о его экологии, поведению и морфологии приводятся в монографии (Lønø, 1970). Систематические исследования по виду начались в 1965 г. Руководил и непосредственно принимал участие в полевых работах известный норвежский исследователь Т. Ларсен. Исследования были посвящены главным образом популяционной экологии вида – распределению, миграциям, численности, районам залегания размножающихся самок в берлоги. В частности, исследования показали, что одним из наиболее крупных районов воспроизводства популяции на Шпицбергене является о. Земля Короля Карла. Результаты этих исследований отражены в ряде опубликованных работ, а итоги – в заключительной публикации Т. Ларсена (Larsen, 1986).

Со второй половины 1980-х гг. на Шпицбергене исследования по белому медведю были продолжены, но уже на современной основе с использованием спутниковой биотелеметрии. М. Андерсен с коллегами (Polar …, 2012) провели анализ различного рода наблюдений за белыми медведями и их берлогами за период с 1972 по 2010 гг. (март–май): авиа- и наземных наблюдений берлог (n = 553), семейных групп после покидания ими берлог (n = 206) и берлог, обнаруженных с использованием спутниковой телеметрии (n = 76), для изучения распределения берлог в Баренцевоморском регионе. Самое большое число берлог отмечено на островах в восточной и северной частях Шпицбергена; в западной части архипелага число берлог было небольшим. Спутниковые наблюдения подтвердили, что самки, отловленные и помеченные на Шпицбергене и в Баренцевом море, устраивали берлоги также на ЗФИ. Большинство берлог (62 %) на Шпицбергене были обнаружены в пределах 1 км от побережья, а самое дальнее обнаружение берлоги – 19 км от побережья. Чрезмерная добыча белых медведей в районе Шпицбергена, проводившаяся до 1973 г., когда был введен запрет на их добычу, привела, как предполагают авторы публикации, к сокращению в ряде районов этого архипелага числа размножающихся самок, залегающих в берлоги. В настоящее время берлоги более дисперсно распределены на архипелаге, чем 50 лет тому назад, и это отражает восстановление традиционных мест залегания белых медведей после введения запрета на добычу.

На большей части ареала самки белого медведя залегают в родовые берлоги на суше, исключение – море Бофорта, где много самок исторически использовали морской лед как субстрат для устройства берлог (Amstrup, Gardner, 1994). Однако в последнее время наблюдается тенденция к сокращению числа залегающих на морском льду самок из-за более неста-

бильного состояния ледового покрова, вызванного потеплением климата (Fischbach et al., 2007). В Баренцевом море также отмечены редкие случаи залегания самок белого медведя в берлоги (Larsen, 1985; Polar …, 2012).

Российские исследования по белому медведю в Баренцевом море до середины 1990-х гг. были посвящены в основном учету численности берлог на арх. ЗФИ. В начале 1960-х гг. В.Я. Паровщиков провел обследование некоторых участков побережья островов Земля Александры и Земля Георга. Проэкстраполировав полученные данные на остальные острова архипелага, пригодные, по мнению автора, для устройства берлог, В.Я. Паровщиков (1965) оценил число ежегодно размножающихся самок на ЗФИ примерно в 100 голов. По мнению С.М. Успенского (1989), число берлог на архипелаге достигает 150–200.

В 1980–1981 годах экспедицией ВНИИприроды совместно с Архангельским управлением охотничье-промыслового хозяйства были проведены авиаучеты берлог белого медведя на ЗФИ с использованием самолетов “Ил-14” и “Ан-2”. Однократно были обследованы почти все острова архипелага, где имелась свободная от наземных ледников суша – побережье островов, речные долины, холмистые и низкогорные участки суши, потенциально пригодные для залегания в берлоги белых медведей. Небольшие участки побережий, свободные от льда, обследовали, придерживаясь береговой кромки. При полетах над достаточно большими по площади участками суши (острова Земля Александры, Земля Георга, Греэм-Белл, Хейса) учетом охватывалась вся территория, пригодная для устройства берлог.

Полеты проходили на высоте 100–500 м со скоростью 240–260 км/ч для Ил-14 и 160–180 км/ч для Ан-2. Наблюдения велись с обоих бортов самолета и дублировались второй парой учетчиков.

Все встреченные на маршруте белые медведи регистрировались в журнал наблюдений и наносились на картосхему масштаба 1:300000 или 1:500000. В большинстве случаев место встречи животного удавалось сразу же нанести на картосхему, сообразуясь с рельефом на местности и на топографической карте. Привязка обнаруженных берлог проводилась только таким способом. В отдельных случаях место встречи животного наносилось на картосхему по времени и маршруту, проложенному на штурманской карте. На картосхеме фиксировались также все встреченные на маршруте ластногие и китообразные.

При авиаучете 31 марта, 1–2 апреля 1980 г. зафиксированы 32 берлоги (14 из них предполагаемые), 3 одиночных медведя и 4 семейные группы (все выводки с двумя медвежатами) (рис. 1). 21 апреля 1980 г. маршрут проходил вокруг архипелага и к о. Виктория, а также к северу от архипелага до 86^{o} с. ш. При облете архипелага зафиксировано 8 следов белого медведя, а также моржи, тюлени и 2 кита (судя по внешнему виду – гренландские киты), а с восточной стороны о. Виктория – один след белого медведя и моржи. При полете в направлении Северного полюса белые медведи или их следы не были обнаружены. Льды вокруг архипелага

в этот день были значительно разреженнее, чем в дни предыдущих учетов. В акватории же между ЗФИ и приполюсной областью, они напротив, были очень сплоченными.

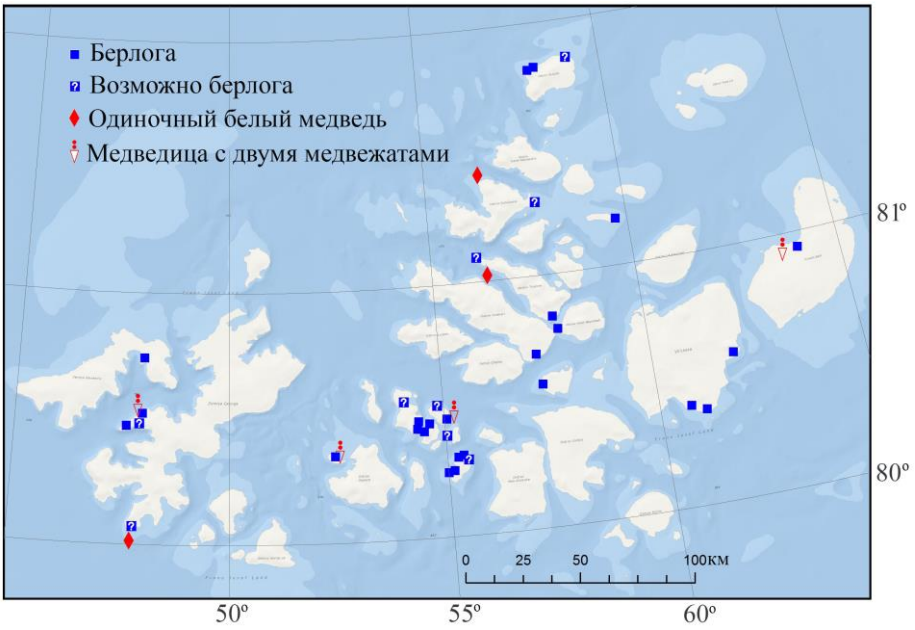


Рис. 1. Авиаучет белого медведя и его берлог на ЗФИ в 1980 г.

Авиаучеты берлог с 12 по 15 апреля 1981 г. были проведены с той же полнотой, что и в 1980 г. Зафиксированы пять одиночных медведей, семь семейных групп (три самки имели по два медвежонка, четыре самки – по одному), девять берлог (пять из них – предполагаемые), тринадцать следов медведей (в том числе – двух семейных групп, в каждой из которых было по два медвежонка) (рис. 2), моржи, тюлени и одиннадцать гренландских китов. У о. Виктория белые медведи или их следы не замечены, что, возможно, было связано с неудовлетворительной видимостью. Однако на этом острове самки белого медведя размножаются. Подтверждением служат данные, полученные от сотрудников полярной станции, когда-то функционирующей на острове, согласно которым зимой 1959–1960 гг. здесь насчитали 10 берлог (Карпович, 1969). О концентрации белых медведей осенью в районе острова упоминает также В.Я. Паровщиков (1967).

Во время полетов ледовая обстановка в районе архипелага была типичной для конца зимы. Большие участки открытой воды встречены западнее и севернее о. Земля Александры; южнее и севернее архипелага они отмечались значительно реже.

В 1980–1981 гг. экспедицией ВНИИприроды были проведены наземные учеты берлог белого медведя на нескольких островах ЗФИ. Для поиска берлог в 1980 г. использовались снегоходы, в 1981 г. поиски берлог велись пешком. В незанятой ледником части о. Греэм-Белл в период

с 6 апреля по 1 мая 1980 г. найдено 15 берлог (рис. 3), в том числе 5 родовых и 6 временных; тип 4 берлог установить не удалось. В 1981 году с 16 по 27 апреля найдено 3 временные берлоги. В 1980 году однократно были обследованы острова Бромидж и Хейса, но берлоги там не обнаружены.

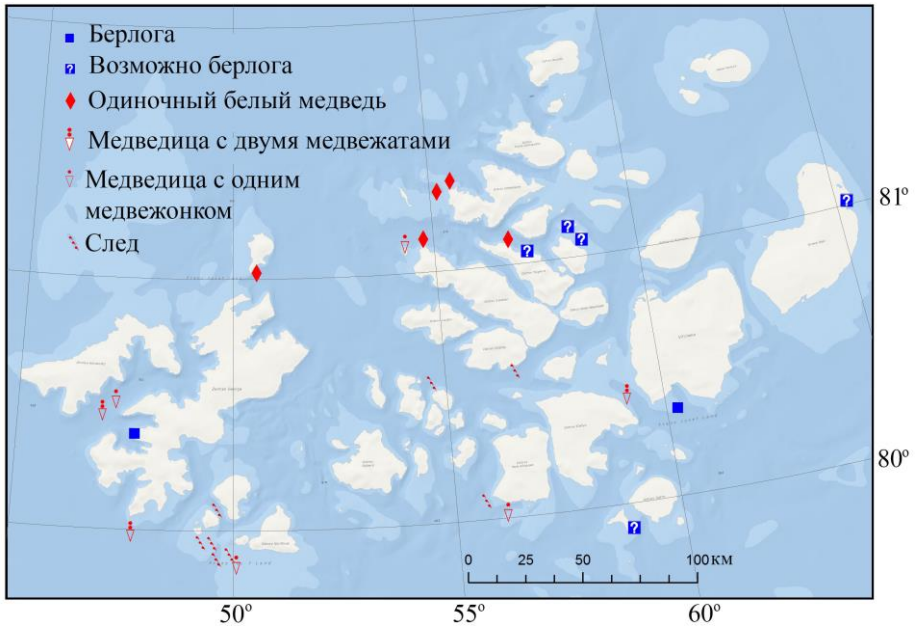


Рис. 2. Авиаучет белого медведя и его берлог на ЗФИ в 1981 г.

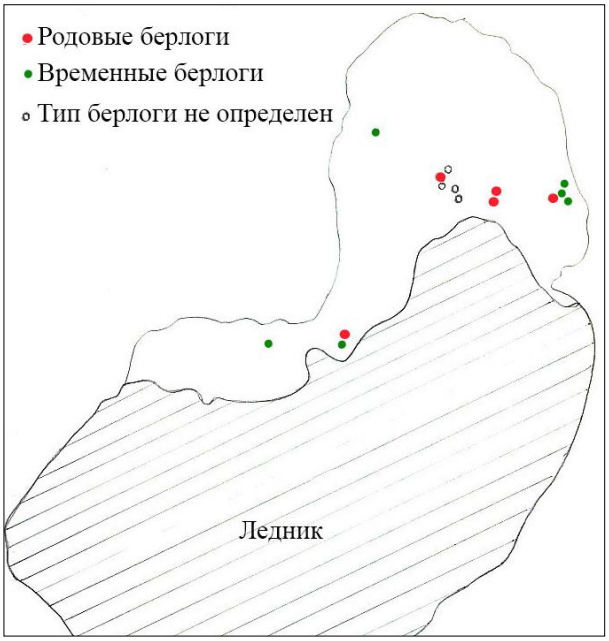


Рис. 3. Размещение берлог на о. Грэм-Белл в 1980 г.

Для каждой найденной берлоги определялась абсолютная и относительная высота, крутизна, экспозиция и положение на склоне (о методике наземных учетов берлог см.: Беликов, 1977). Покинутые берлоги раскапывались, зарисовывались в горизонтальном и вертикальном планах. Определялась глубина снега в месте расположения берлоги. В одной из берлог на о. Греэм-Белл в 1980 г. были помечены ушными метками медведица и ее два медвежонка-сеголетка.

В 1981 году проводились также учеты морских млекопитающих и белого медведя с борта атомного ледокола "Ленин" на маршруте о. Греэм-Белл–о. Хейса–о. Земля Александры–кромка льдов. При движении в пределах архипелага ледокол придерживался канала во льду, проложенного им неделей раньше. Молодой лед на канале выдерживал вес человека. Большинство замеченных животных явно тяготели к этому каналу. На отрезке пути протяженностью больше 250 км встречено 8 одиночных медведей, 15 следов одиночных медведей, 5 семейных групп, 31 тюлень, 1 морж, 1 песец и 1 след песца.

По результатам исследований, проведенных в 1980–1981 гг., можно предположить, что наибольшая концентрация берлог наблюдается на островах Греэм-Белл, Земля Георга, Земля Александры, островах южной части архипелага (Нансена, Притчетта, Гукера и др.); по данным В.Я. Паровщикова и материалам экспедиции Центральной лаборатории охраны природы 1967 г. (руководитель экспедиции – С.М. Успенский) – на островах Земля Георга и Земля Александры.

Белые медведи могут залегать в берлоги и на других островах архипелага, где имеются для этого подходящие условия. По-видимому, они устраивают берлоги только на суше, в местах, где осенью – в период залегания в берлоги раньше всего накапливаются достаточно глубокие снежные наносы или сохраняются снежники-перелетки.

Данные авиа- и наземных учетов берлог, проведенных в 1980–1981 гг., позволили высказать предположение (Беликов, Матвеев, 1983), что на ЗФИ залегают в берлоги 50–150 размножающихся самок.

Все приведенные выше оценки численности залегающих на архипелаге размножающихся самок белого медведя близкие. Однако, учитывая несовершенство применяемых методик учета и расчетов численности, эти оценки следует считать ориентировочными. Можно с уверенностью говорить только о том, что район ЗФИ является крупным очагом воспроизводства белых медведей карско-баренцевоморской популяции.

Основные места охоты белых медведей зимой – стационарные полыньи и прибрежные разводья. Летом и осенью медведи распределены более дисперсно. По наблюдениям С.Е. Беликова, одного из авторов настоящей статьи, на островах Гукера и Греэм-Белл залегание медведей в берлоги начинается в конце августа–начале сентября. По мнению В.Я. Паровщикова (1964), оно происходит в октябре–ноябре, по мнению В.И. Цалкина (1936) – начинается в конце августа и процесс этот затягивается на несколько месяцев. Однако указанные авторы не сообщают, на каких данных базируются их выводы.

Пик покидания берлог на о. Греэм-Белл в 1980 г., когда он был особенно тщательно обследован, приходился на первую половину апреля. Но некоторые берлоги были покинуты задолго до начала апреля. Обследование таких берлог и выходящих следов медведей показало, что их занимали одиночные медведи, как взрослые самцы, так и молодые звери. Подобное явление отмечалось в российской Арктике на п-ве Таймыр (Рутилевский, 1939), на Медвежьих островах (Бутурлин, 1913) и в ряде других мест.

Российско-американские и российско-норвежские исследования по белому медведю в Баренцевом море и сопредельных с ним районах. В 1995 году в рамках российско-американского проекта по белому медведю были проведены полевые работы в районе северной оконечности Новой Земли и на ЗФИ. В первом из этих районов спутниковыми радиопередатчиками было помечено двенадцать, во втором – восемь взрослых самок. Наблюдения за их перемещением были включены позже в общую базу данных, результаты анализа которых приведены ниже.

В 1996 году в ходе российско-норвежской встречи в Осло была достигнута договоренность о проведении совместных исследований субпопуляции, населяющей Баренцево море. Эти исследования начаты в 1997 г. и продолжены в 1998 г. в рамках проекта "Распределение и места обитания белых медведей и влияние на них загрязнения окружающей среды в Баренцевом и Карском морях" (Российско-норвежские …, 2002). Они осуществлялись в соответствии с программой, разработанной Министерством науки и технологий Российской Федерации и Норвежским исследовательским советом о научно-техническом сотрудничестве в области изучения Арктики и Севера. В исследованиях принимали участие: с норвежской стороны – Норвежский полярный институт, Зоологический музей Университета Осло, Ветеринарный институт; с российской – Всероссийский научно-исследовательский институт охраны природы.

Основная цель исследований заключалась в том, чтобы выявить характер пространственных перемещений и избирательность местообитаний белыми медведями в Баренцевом и Карском морях, используя спутниковую телеметрию и дистанционные спутниковые снимки, характеризующие особенности соответствующих местообитаний. Для достижения этой цели были разработаны новые методы, чтобы интегрировать биологические данные и данные по среде обитания белого медведя. Среди поставленных задач были выполнены следующие:

описать границы распространения субпопуляции, используя спутниковую телеметрию и генетические маркеры (хроматограммы – finger-printing);

выявить ежегодные изменения в особенностях использования местообитаний, а также выявить, как белые медведи перемещаются в случае внезапных изменений в распределении морского льда;

определить степень накопления загрязняющих веществ у белых медведей Баренцева и Карского морей, используя полученные в ходе исследования и более ранние биопробы. Оценить реакцию иммунной системы (immune function) на загрязняющие вещества, используя культивированные клетки крови.

В 1997–1998 годах 73 белых медведя были отловлены и помечены в центральной и восточной частях Баренцева моря; из этого числа 21 спутниковый передатчик прикреплен на взрослых самок в ходе совместных российско-норвежских исследований: 8 – в 1997 г., 13 – в 1998 г. При обработке спутниковых данных наблюдений за мечеными самками были также использованы результаты наблюдений за самками, которые были помечены радиопередатчиками в районе северной оконечности Новой Земли и на ЗФИ участниками российско-американской экспедиции по белому медведю (см. выше).

При проведении полевых работ использовались стандартные методики временного отлова взрослых самок с помощью вертолета, базирующегося на наземных пунктах (российско-американские исследования), либо на борту норвежского судна “Lance” (российско-норвежские исследования). В обоих случаях проводился поиск и временное обездвиживание животных с вертолета с помощью специального снаряжения.

Отловленных животных метили ушными метками и татуировкой номера на внутренней поверхности верхней губы (взрослым животным). Взрослым самкам, кроме того, прикрепляли ошейники со спутниковыми радиопередатчиками (Telonics Ltd, Mesa, Arisona) (рис. 4). Радиопередатчики обеспечивали данные о местоположении и активности белых медведей через спутниковую систему “Argos”. Взрослые самцы и неполовозрелые животные не подвергались мечению спутниковыми радиопередатчиками, так как они подвергались бы риску быть задушенными при длительном ношении ошейника.



Рис. 4. Мечение самки белого медведя спутниковым радиопередатчиком

У взрослых самок брали ложнокоренной зуб для последующего определения возраста, пробы крови, жира, слюны, молока, шерсти и кожи. Животных измеряли и взвешивали. Собранные образцы подвергались лабораторной обработке.

При анализе материалов спутникового зондирования морского льда использовались GIS-технологии, которые базировались на программном обеспечении ESRI ArcInfo, для того, чтобы оценить выбор местообитаний белыми медведями. Ледовый покров, размер зоны раздела припайных и дрейфующих льдов, ледовая кромка, открытая вода, уровень деформации ледового покрова являлись главными показателями местообитаний в этих исследованиях.

Сплоченность ледового покрова изучалась с помощью спутниковых мультиспектральных снимков разрешением 25х25 км, полученных с помощью искусственных спутников Земли (NASA's Earth Observing System's Distributed Active Archive Center at the National Snow and Ice Date Center, University of Colorado, Boulder, CO). Из-за относительно невысокой разрешимости снимков были выбраны только пять категорий местообитаний: суша, открытая вода (0–10 % покрытия), слабо сплоченный лед (10–60 % покрытия), сплоченный лед (60–85 % покрытия), очень сплоченный лед (85–100 % покрытия).

Местоположение меченых животных фиксировалось каждые шесть дней. Для анализа были использованы только те наблюдения, ошибка которых была не больше 1.4 км. При анализе данных были использованы две модели (logistic and log-linear), позволяющие смоделировать функциональные ответы на использование самками местообитаний.

Перемещения, выбор и использование местообитаний. Некоторые результаты слежения за мечеными самками в 1997–1998 гг. представлены на рисунках 5 и 6 в самом общем виде. Тем не менее, можно видеть, что в 1997 г. они осваивали район между архипелагами Шпицберген и ЗФИ, а в 1998 г. – преимущественно северо-восточную часть Баренцева моря. Эти различия в пространственном распределении были обусловлены, скорее всего, различными ледовыми условиями, имевшими место весной 1997 и 1998 гг. В 1998 году отмечались более тяжелые ледовые условия в Баренцевом море, по сравнению с предшествующим годом, и судно "Lance", на котором располагались участники российско-норвежской экспедиции, часто не могло проникнуть вглубь льдов.

Результаты наблюдений за мечеными в 1988–1999 гг. в Баренцевом море 86 самками белого медведя (в это число входят 20 самок, которые были помечены в ходе российско-американских, и 21 самка – российско-норвежских исследований) были использованы для изучения выбора ими ледовых местообитаний (Functional …, 2003). Определены три категории льда: сплоченный лед, разреженный лед, очень разреженный лед. Из общего числа 24 самки представляли группировку, которая населяет прибрежные районы арх. Шпицберген, а 62 самки – группировку, которая населяет главным образом пелагические районы Баренцева и Карского морей.

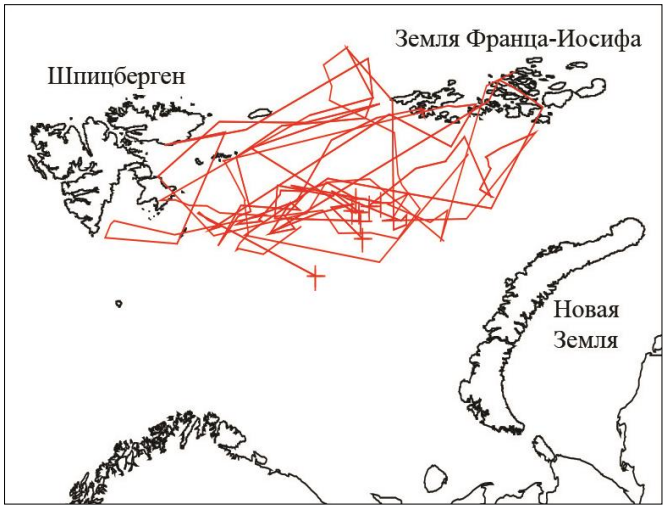


Рис. 5. Перемещение самок белого медведя, меченых спутниковыми радиопередатчиками в Баренцевом море в апреле–мае 1997 г. (крестиками отмечены места отлова самок) (Беликов, 2011)

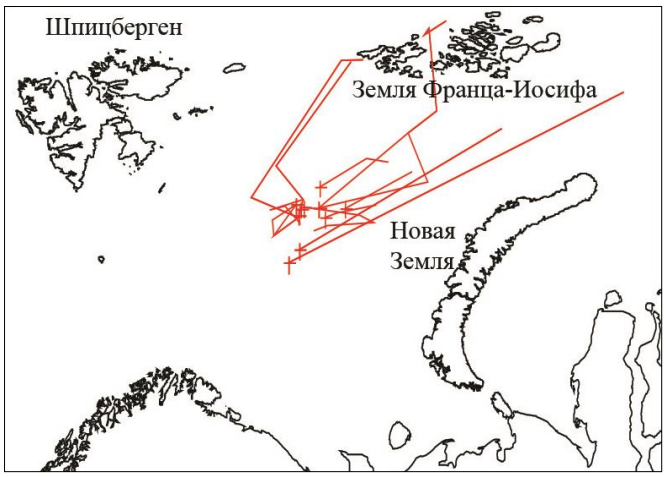


Рис. 6. Перемещение самок белого медведя, меченых спутниковыми радиопередатчиками в Баренцевом море в апреле–мае 1998 г. (крестиками отмечены места отлова самок)

Проведенные исследования продемонстрировали популяционную и сезонную специфику функциональных ответов у белых медведей при использовании местообитаний в Баренцевом море. Животным приходится делать выбор между возможностью добыть жертву и сохранением энергии или безопасностью. С большой вероятностью можно предсказать использование в качестве убежищ местообитаний с большей сплоченностью льда по отношению к местообитаниям, используемым для охоты с меньшей сплоченностью льда (но не менее 50 % сплоченности).

Особенности использования самками белого медведя (n = 74) динамичных ледовых местообитаний в Баренцевом море рассмотрены в работе М. Мауритзен с соавторами (Mauritzen et al., 2001). Анализ данных пятилетних наблюдений за мечеными спутниковыми радиопередатчиками самками показывает, что самки ежегодно следовали определенной схеме миграций и размер ежегодно осваиваемой территории был разный – от 185 до 373539 км^2 в зависимости от репродуктивного статуса самки и географического района. Самки, залегающие в берлоги для рождения детенышей, имели меньший размер осваиваемой территории, чем самки, не залегающие в берлоги. Самки вблизи побережья имели меньший размер осваиваемой территории, чем самки, осваивающие пелагические районы, демонстрируя, тем самым, различную стратегию использования жизненного пространства. Высказывается предположение, что это является результатом различий в местообитаниях, динамике ледовых условий и выборе предпочитаемых видов-жертв.

Приведенные выше результаты исследований базируются на использовании традиционных спутниковых радиопередатчиков. Такие радиопередатчики обычно передают данные о местоположении животных один раз в неделю и с невысокой точностью. Использование спутниковых передатчиков нового поколения, в которых применяется глобальная позиционная система (GPS) позволяет более точно определить местоположение животного и передавать данные многократно в течение суток. Подобные передатчики в 2000 г. были прикреплены в районе арх. Шпицберген на двух самок белого медведя, сопровождаемых медвежатами. Минимальные размеры территории, ежегодно осваиваемые самками, составили 20794 и 112183 км^2, а осредненная за год минимальная скорость передвижения – 14.3 и 15.8 км в сутки. При сравнении данных, полученных от двух типов радиопередатчиков, оказалось, что имеет место значительное занижение расчетной скорости передвижения и площади осваиваемой территории для самок, снабженных традиционными ошейниками.

Распределение белого медведя во льдах определяется главным образом ледовыми условиями, численностью и доступностью видов-жертв, среди которых кольчатая нерпа занимает приоритетное место. Морской заяц и гренландский тюлень также являются важным пищевым объектом для белых медведей в Баренцевом море. Причем относительное значение видов-жертв может меняться, если учитывать биомассу добываемых животных. В 135 случаях наблюдений охоты белых медведей в районе арх. Шпицберген и в западной части Баренцева моря, проведенных в период с марта по октябрь 1984–2001 гг. (Derocher et al., 2002), доминировала кольчатая нерпа (63 %), следом шли морской заяц (13 %) и гренландский тюлень (8 %), неопределенные виды составляли 16 %. Но когда известные виды-жертв были оценены по биомассе, соотношение их добыче белого медведя изменилось. Доминирующее положение занял морской заяц (55 %), кольчатая нерпа оказалась на втором месте (30 %), на третьем – гренландский

тюлень (15 %). Авторы полагают, что различные особенности использования пространства белыми медведями может привести к географическим отличиям питания в пределах одной и той же популяции.

Уровни накопления и воздействие загрязняющих веществ. Исследованию уровней накопления и характера воздействий загрязняющих веществ на белого медведя в российско-норвежском проекте уделялось особое внимание. Известно, что Арктический регион подвергается не только глобальному загрязнению, но и воздействию поллютантов из местных источников загрязнения. Суммарное их воздействие может быть опасным для белого медведя и объектов его добычи. Воздействие может быть как прямым (при потреблении загрязненной пищи), так и косвенным, когда загрязняющие вещества оказывают негативное воздействие на компоненты экосистем, частью которых белые медведи являются.

Наибольшую опасность для белого медведя представляют хлорорганические соединения, которые обладают способностью хорошо растворяться в жирах (липидах), накапливаться и долго в них сохраняться (процессы биоаккумуляции и биомагнификации). Р. Норстром с соавторами (Chlorinated …, 1998) исследовали уровни накопления полихлорбифенилов (ПХБ) в тканях и органах у белых медведей из различных районов Арктики в период 1989–1993 гг. и выяснили, что суммарное содержание ПХБ у белых медведей из района Шпицбергена, Восточной Гренландии и района вблизи о. Принца Патрика (Канада) были сходны и значительно превышали концентрацию этого токсичного вещества у медведей из других районов Арктики. В исследовании, охватывающем период с 1987 по 1995 гг. (Geographical …, 2001), суммарное содержание ПХБ в подкожном жире белых медведей было самым высоким у особей, отловленных в северной части Баренцева моря, в то время как у особей из Чукотского и Восточно-Сибирского морей уровень накопления этой группы стойких органических загрязнителей (СОЗ) в жировой ткани был сравнительно невысоким. Высказывается предположение (Relationships …, 2001a,b), что полихлорбифенилы оказывают негативное воздействие на иммунную и эндокринную системы белых медведей.

Были исследованы уровни накопления у белых медведей еще одной группы СОЗ – пестицидов, из районов Шпицбергена, ЗФИ, Карского, Восточно-Сибирского и Чукотского морей (Geographical …, 2003). Самые высокие суммарные уровни отдельных компонентов пестицидов были выявлены у медведей из районов Шпицбергена и северной части Баренцева и Карского морей.

Популяционная структура. Данные наблюдений за мечеными спутниковыми радиопередатчиками самками белого медведя (8127 наблюдений за 105 особями) в западном регионе российской Арктики были использованы для изучения их пространственной структуры (Using …, 2002). Анализ материалов исследований позволил авторам выделить пять внутрипопуляционных группировок, населяющих район Шпицбергена, Баренцево море, южную и северную части Карского моря, и море Лаптевых. Пока-

зано, что эти группировки перекрываются, по крайней мере, одной из соседних группировок и что в пределах исследуемого района нет четко очерченных популяционных границ. Поэтому авторами публикации было высказано предположение, что в исследуемом районе обитает одна популяция белого медведя, что согласуется с результатами генетических исследований белых медведей, отловленных в районах Шпицбергена, ЗФИ и Новой Земли (Genetic …, 1999), в которых никаких значительных различий в частоте распределения аллелей не было обнаружено. Вместе с тем, результаты исследования свидетельствуют о наличии пространственной структурированности популяции. Группировки медведей из районов южной части Карского моря, Баренцева моря и Шпицбергена были достоверно отделены друг от друга. Менее отчетливо прослеживается пространственное разграничение группировок Баренцева моря и южной части Карского моря от группировки медведей северной части Карского моря.

Выделенные группировки авторами рассматриваемой работы предложено считать субпопуляциями в пределах одной популяции. При этом, однако, подчеркивается, что число меченых особей, которые были использованы при выделении этих группировок, и количество наблюдений за мечеными животными очень сильно различались и поэтому данный вывод следует считать предварительным. Особенно это касается лаптевской группировки, которая была выделена на основе наблюдений всего за тремя мечеными спутниковыми радиопередатчиками самками. Сказанное подтверждает проведенный А. Дерочером (Derocher, 2005) анализ данных наблюдений за самками белого медведя, помеченными в 1988–2002 гг. в районе Шпицбергена и центральной части Баренцева моря. Автор пришел к заключению, что белые медведи в районе Шпицбергена являются частью баренцевоморской субпопуляции и связаны генетически и через освоение общих местообитаний с медведями западной части российской Арктики.

Численность. Численность белых медведей является важнейшим показателем состояния популяции. Поэтому данному вопросу уделено особое внимание в исследованиях. Численность белых медведей Баренцева моря до начала освоения человеком Арктики неизвестна. Согласно исследованиям Т. Ларсена (Larsen, 1986), численность популяции на начало 1980-х гг. составляла 3000–5000 особей. При расчете численности он использовал результаты учета белых медведей с судна и подсчета родовых берлог, а за ареал популяций принят район, протягивающийся от восточных берегов Гренландии до 70-го меридиана на востоке. Когда же использовались в расчетах число родовых берлог и структура популяции, тогда численность популяции оценивалась в 4000–6700 особей.

С.Е. Беликовым (1992, 1993) был использован второй метод для расчета численности популяции. Суммируя имеющиеся данные, относящиеся к разным участкам побережья, архипелагам и островам, было сделано заключение, что в указанной выше области обитания белых медведей в берлоги ежегодно залегают примерно 250–500 беременных самок, в том числе на Шпицбергене – 135–160 (Larsen, 1986), на ЗФИ – 50–150 (Па-

ровщиков, 1965; Беликов, Матвеев, 1983), на Новой Земле примерно 50 (Успенский, 1989); на других мелких островах и архипелагах Карского моря – 20–30 самок. Расчет численности популяции произведен исходя из доли размножающихся самок в популяции (8–10 %), половой и возрастной структуры, предложенных А.А. Кищинским (1974). При такой методике расчетная численность популяции составила 2500–5000 особей. Подчеркнем, что приводимые выше оценки числа берлог в тех или иных районах Баренцева и Карского морей носят экспертный характер и поэтому численность популяции даже на начало 1990-х гг. следует считать ориентировочной.

Впервые научно обоснованная оценка численности белых медведей, населяющих Баренцево море, архипелаги Шпицберген и ЗФИ, была получена после проведения в 2004 г. авиаучета (Оценка …, 2004). Основываясь на опыте предыдущих исследований и принимая во внимание результаты спутникового слежения за помеченными самками белого медведя в регионе, было принято решение провести прямой учет белых медведей (учет непосредственно животных, а не индексов, например берлог или следов) в период максимального удаления на север кромки дрейфующих льдов (август–сентябрь). В это время кромка льда наиболее консолидирована и четко выражена, а большинство самок белого медведя, помеченных спутниковыми радиопередатчиками, держалось либо в пределах 200 км от ледовой кромки, либо на островах архипелагов Шпицберген и ЗФИ. Поэтому районом учетных работ были определены эти два архипелага и кромка дрейфующих на севере моря, где в конце лета сосредоточивается основная часть субпопуляции. Авиаучет проводился с использованием вертолета, базирующегося на борту норвежского судна “Lance”.

Выборочный учет на линейных маршрутах был выбран как наиболее подходящий для оценки численности популяции, населяющей с низкой плотностью обширный район. Статистическая составляющая метода хорошо разработана (Introduction …, 2001; Advanced …, 2004). Число, протяженность и расположение учетных маршрутов при выборочном учете должны способствовать получению достаточно точной оценки численности животных (с ошибкой, максимально приближенной к запланированной – ≤ 20 %) и не искаженной при соблюдении следующих условий:

а) вероятность обнаружения животного на линии учета или в непосредственной близости от нее (g_0) равна 1 (т. е. обнаруживаются все животные на линии или вблизи от нее);

б) расстояние от линии учета до места обнаружения животного определяется с высокой точностью;

в) скорость перемещения животного значительно ниже скорости перемещения наблюдателя.

Авиаучет белых медведей на Шпицбергене осуществлялся силами Норвежского полярного института и Университета Осло. В районе ЗФИ и вдоль кромки дрейфующих льдов в авиаучете приняли участие сотрудники Норвежского полярного института, Всероссийского научно-исследователь-

ского института охраны природы, Зоологического музея Университета Осло, Центра исследований для экологического моделирования (CREEM) при Университете Сент-Эндрюс (Шотландия, Великобритания).

Методика данного авиаучета приведена в ряде работ (Оценка …, 2004; Estimatimg …, 2009). На нескольких небольших островах и в фьордах Шпицбергена, где плотность медведей была достаточно высокой и ландшафт позволял проводить учет без значительных усилий, был применен не выборочный, а полный авиаучет. За исключением фьордов, большая часть Западного Шпицбергена была исключена из учета, так как предполагаемая плотность медведей там была очень низкой. Все остальные крупные острова Шпицбергена (кроме островов Медвежий и Надежды, находящихся далеко от кромки льда в этот период) и ЗФИ были покрыты сетью систематических учетных маршрутов с интервалом 3 км. Эти маршруты пролегали через острова и прилежащие участки моря. Таким образом, каждый маршрут пролегал через остров, включая ледники, и продолжался над морем до тех пор, пока оно было покрыто припайным или дрейфующим льдом. С помощью GPS-приемника отмечались точки перехода от одного типа местообитания к другому (земля, ледник, море). В районе кромки льда между Шпицбергеном и ЗФИ расстояние между учетными маршрутами составляло 9 км (рис. 7).

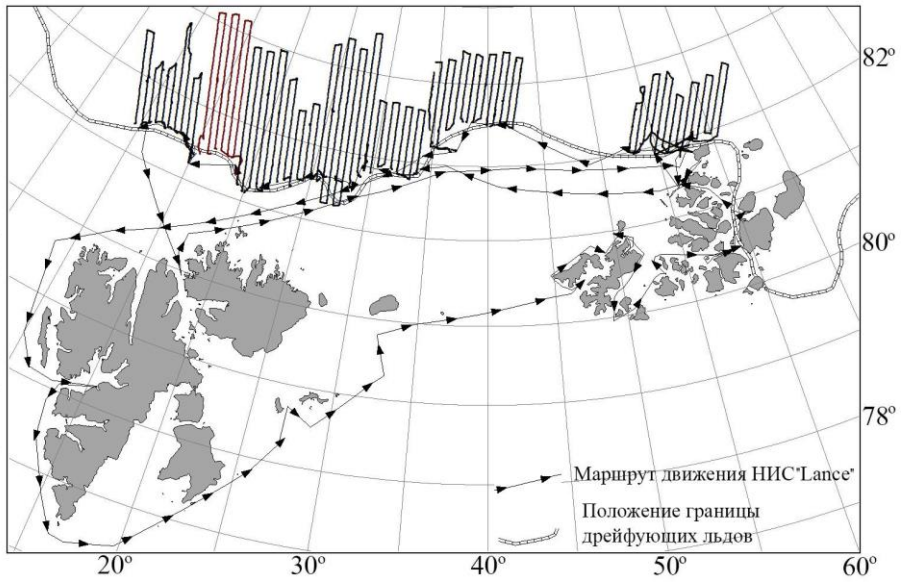


Рис. 7. Схема движения НИС “Lance” и расположение учетных авиамаршрутов в районе ледовой кромки

Данные спутниковой телеметрии показывали, что самки белых медведей редко уходили далее 200 км от кромки льда в этот период года. В связи с этим участники полетов на вертолете старались покрыть учетными маршрутами район до 200 км вглубь зоны дрейфующего льда от кромки.

Однако по соображениям безопасности, обусловленным низкой облачностью, туманом и обледенением, учетчикам редко удавалось достичь этой цели. Средняя протяженность учетных маршрутов в районе кромки дрейфующих льдов составила 125 км, максимальное расстояние –о 232 км, минимальное – 43 км. Кроме того, не удалось выполнить обследование 17 запланированных маршрутов в российском секторе между 42°30’ и 52°30’ в. д. из-за плохих погодных условий.

Результаты учетных работ и оценка численности белых медведей. Время учета равнялось 95 ч, протяженность учетных маршрутов – 17575 км. Количество встреч белых медведей (одиночные животные или самки с медвежатами) составило 29 (1.02 на 100 км) для Шпицбергена, 101 (5.54 на 100 км) – для ЗФИ (рис. 8), 56 (0.62 на 100 км) – для ледовой кромки (Оценка …, 2004). В восточной части района плотность животных была значительно выше, чем в западной.

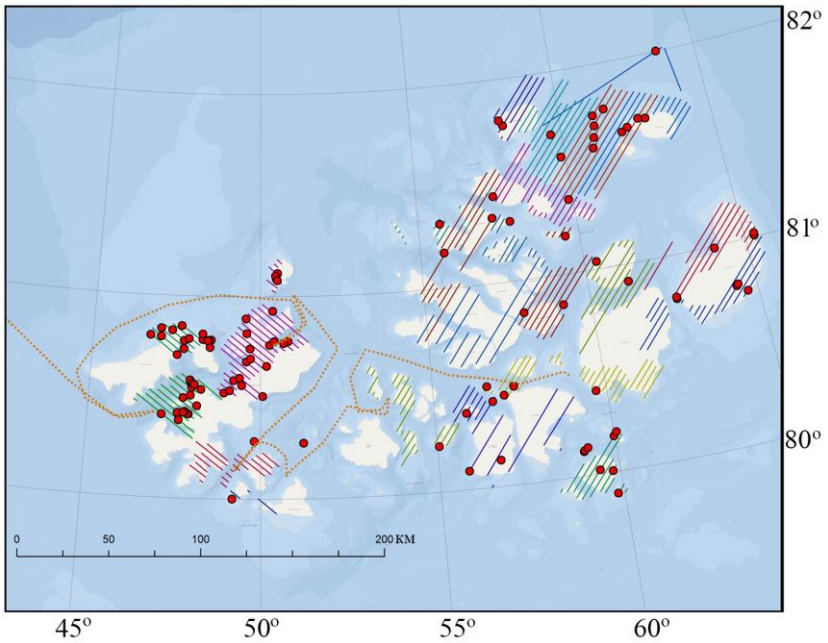


Рис. 8. Места встреч белых медведей на ЗФИ при проведении авиаучетных работ на севере Баренцева моря в 2004 г.

Специальная компьютерная программа Distance 4.1 была использована для анализа полученных материалов и расчета плотности и численности белых медведей в районе исследований. Различные модели для описания функции обнаружения были применены при анализе материалов, полученных в разных типах местообитаний. При этом была применена процедура постстратификации, т. е. сначала отдельно рассчитывалась плотность и оценивалась численность животных для каждого типа местообитания (земля, ледник, морской лед), а затем на основе этих оценок рассчитывалась общая численность в районе, покрытом выборочным учетом.

Общая численность белых медведей в результате проведенных расчетов составила 2650 (95 %-й доверительный интервал; 1900–3600 особей) (Estimating …, 2009). В ходе наблюдений на линейных маршрутах было зафиксировано 186 встреч (258 медведей). Оценка численности медведей в районе, не покрытом учетными маршрутами, основана на данных спутникового слежения за 44 мечеными самками (225 определенных позиций как в зоне, покрытой линейными трансектами, так и к северу от нее в июле, августе и сентябре 1989–1999 гг.).

Осенью 2011 г. на о. Земля Александры Институтом проблем экологии и эволюции РАН были проведены исследования по белому медведю (Перемещения …, 2014). В этот период времени припайный и дрейфующий лед вблизи берегов острова отсутствовал и медведи держались на островах. Шестнадцать особей были обездвижены на приваде или с использованием транспортных средств. У обездвиженных животных взяты биопробы и проведены морфометрические измерения. На пять самок с выводками медвежат были прикреплены спутниковые радиопередатчики системы “Аргос” (ЗАО “Эс-Пас”, Россия), которые позволили проследить их перемещения на незанятой ледником суше острова. На основе анализа материалов наблюдений за перемещением белых медведей авторы пришли к заключению, что они вели малоподвижный образ жизни, вызванный необходимостью минимизировать энергозатраты в условиях дефицита пищевых ресурсов. Меченые же самки применяли различную тактику использования островной территории, и поэтому их индивидуальные участки имели различную форму и размер.

Проблемы охраны белого медведя и пути их решения. Результаты проведенных по инициативе Арктического совета исследований по воздействию изменений климата и роста ультрафиолетовой радиации на окружающую среду Арктики (Arctic Climate Impact Assessment) (ACIA, 2004, 2005) показывают, что в настоящее время происходит рост поверхностной температуры воздуха и температуры почв, таяние многолетней мерзлоты, отрицательный баланс накопления массы наземных ледников, увеличение стока рек в Северный Ледовитый океан, сдвиг в видовом составе арктических и субарктических экосистем и ряд других изменений природной среды. Потепление климата сопровождается также сокращением площади и толщины ледового покрова, появлением все большего числа участков открытой воды, изменением сроков формирования и взламывания льда, отступлением ледовой кромки в летний период в районы с большими глубинами и пониженной продуктивностью, ростом аномальных случаев оттепелей в течение зимы и выпадения дождей в начале весны.

В докладе ACIA (2004) в табличном виде представлены прогнозируемые изменения в ледовом покрове в районах, которые в летний период полностью освобождаются от льда (таблица).

Для белого медведя особенно опасно сокращение площади распространения ледового покрова, который служит ему платформой во время охоты, отдыха и гона. В обзорной работе С.Е. Беликова (2011) приведено

подробное описание воздействия потепления климата на ледовые местообитания и на белого медведя на примере западногудзоновской субпопуляции. Данные исследований этой субпопуляции наиболее продолжительны по времени. Здесь впервые документально получены доказательства значительного и продолжающегося воздействия на белых медведей глобального потепления климата. Была выявлена статистически значимая связь между датами начавшегося весной разрушения ледового покрова состоянием взрослых самок белого медведя, когда они выходят на берег, и рождаемостью детенышей (Stirling et al., 1999; Derocher et al., 2004). Более ранние даты разрушения льда коррелировали с худшей упитанностью самок и более низкой рождаемостью медвежат, ухудшением упитанности и выживаемости медвежат, неполовозрелых медведей и медведей 20-летнего возраста и старше. Это, как считают исследователи, явилось причиной наблюдающегося отрицательного тренда численности субпопуляции. Между 1987 и 2004 гг. численность белых медведей сократилась с 1194 до 935, падение численности составило около 22 % (Population …, 2005).

Прогнозируемые изменения характеристик ледового покрова в Северном Ледовитом океане до 2080 г. по сравнению с настоящим временем

Параметры ледового покрова	К 2020 г.	К 2050 г.	К 2080 г.
Продолжительность	Короче на 10 сут.	Короче на 15–20 сут.	Короче на 20–30 сут.
Распространение:			
в зимний период	Меньше на 6–10 %	Меньше на 15–20 %	Возможны открытые районы в высоких широтах (Баренцево море и, возможно, бассейн Нансена)
в летний период	Шельфовые районы будут, вероятно, свободны от льда	Меньше на 30–50 %	Меньше на 50–100 %
Тип льда	Некоторое сокращение доли многолетнего льда, особенно на шельфе	Значительное сокращение доли многолетнего льда в Арктике; отсутствие многолетнего льда на шельфе	Остаточные количества или полное отсутствие многолетнего льда
Припай	Уменьшение толщины и площади припая в южных регионах	Дальнейшее уменьшение толщины льда и сокращение площади припая в южных регионах	Уменьшение толщины льда и сокращение площади припая во всех арктических морских районах

Исследователи (Derocher et al., 2004; Stirling, Parkinson, 2006) предсказывают множество воздействий глобального потепления климата не только на субпопуляцию белого медведя западной части Гудзонова залива, но и

на другие субпопуляции вида, населяющие Арктику, включая Баренцево море. Так, ухудшение кормовой базы вследствие сокращения численности и доступности видов-жертв, сокращение площади и фрагментация местообитаний и ряд других изменений среды обитания белого медведя вызовет ухудшение упитанности животных в критические периоды их жизни. Самки с низкими жировыми запасами будут, очевидно, производить больше выводков с одним медвежонком, меньше детенышей в целом и более мелких медвежат с низкой выживаемостью. Недостаточно накопленные жировые запасы у самок или неблагоприятные условия для охоты в начале весны после покидания берлог могут привести к росту смертности медвежат. Изменение указанных и ряда других показателей состояния субпопуляций белого медведя будет приводить к падению их численности.

С. Фрейтас с соавторами (Importance …, 2012) исследовали особенности использования весной припайного льда 25 самками белого медведя в районе Шпицбергена. Перемещения животных прослеживалось с помощью GPS-телеметрии и радара высокого разрешения. Использование местообитаний изменялось в зависимости от репродуктивного статуса самок. Самки с медвежатами-сеголетками осваивали меньшую территорию и использовали припайный лед более часто, чем одиночные самки. Анализ данных показал также, что самки с медвежатами-сеголетками проводят больше времени вблизи айсбергов (менее 10 км в поперечнике), чем в других районах припая. Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о важности припайных льдов, особенно вблизи границ ледников, спускающихся в море, в первую очередь для самок с медвежатами-сеголетками. Возможные причины этого – сравнительно легкий доступ к более обильным и предсказуемым пищевым ресурсам (детеныши кольчатой нерпы на припайном льду) и нежелание преодолевать большие открытые участки воды. Однако кромка льдов отступает все дальше от Шпицбергена, а площадь припайного льда заметно сократилась в течение последнего десятилетия. Авторы рассматриваемой работы считают, что такое изменение местообитаний может стать критическим для выживания медвежат как в районе Шпицбергена, так и в других регионах со сходным характером использования местообитаний. Мы полагаем, что одним из таких районов является ЗФИ.

К воздействию на белого медведя природных факторов в Баренцевом море будет добавляться негативное воздействие антропогенных факторов, в первую очередь разработки углеводородного сырья, интенсификации морских грузоперевозок, рыболовства. На Шпицбергене рост туризма, особенно заметный в последние годы и наблюдающийся и летом и зимой, также признан одной из потенциальных угроз для белого медведя в районе архипелага (Polar …, 2010). Норвежские власти разрабатывают меры по снижению негативного влияния туризма на зверя. В национальном парке “Русская Арктика”, к которому присоединен федеральный заказник “Земля Франца-Иосифа”, эту проблему в недалеком будущем также придется решать.

Предложения по совершенствованию охраны белого медведя в районе ЗФИ вытекают из Стратегии сохранения белого медведя в Российской Федерации, которая была утверждена распоряжением Минприроды России от 5.07.2010 № 26-р. Цель Стратегии – определить механизмы сохранения популяций белого медведя в российской Арктике в условиях роста антропогенного воздействия на морские и прибрежные экосистемы и изменения климата в Арктике. Важнейшим шагом на пути достижения этой цели должен стать "План действий на период до 2020 года по реализации первоочередных мер по сохранению белого медведя, определенных Стратегией сохранения белого медведя в Российской Федерации". План действий включает ряд направлений. Те из них, что затрагивают проблемы охраны белых медведей в районе ЗФИ, рассмотрены ниже.

1. Научные исследования и мониторинг белых медведей.

Даже в отдаленной перспективе арктические страны вряд ли смогут полностью нейтрализовать негативное воздействие антропогенных факторов и изменения климата на белого медведя. Тем не менее, степень негативного воздействия можно снизить, если предпринять превентивные меры, базирующиеся на достоверной научной информации об основных популяционных параметрах и влиянии на них факторов среды. Особенно важны данные о численности, распределении и перемещениях белых медведей и их основных объектов добычи, взаимоотношениях зверя с видами-жертвами и с человеком. Также актуальны данные о влиянии на животных загрязняющих веществ и об изменениях предпочитаемых местообитаний, прежде всего ледового покрова под воздействием меняющегося климата. Особое внимание должно быть уделено разработке и внедрению мер, направленных на минимизацию конфликтных ситуаций между белым медведем и человеком.

Развивающийся экологический туризм в районе архипелага не должен наносить ущерб обитающим здесь животным, включая белого медведя. В то же время сбор данных наблюдений, проведенных туристами, может служить ценным дополнением к научным программам.

Баренцевоморская субпопуляция белого медведя признана одной из модельных при мониторинге субпопуляций белого медведя, населяющих Арктику (A circumpolar …, 2012). Для выявления трендов и причин изменений состояния субпопуляции рекомендуется продолжить или инициировать мониторинг основных биологических параметров и среды обитания медведей. В настоящее время долговременные комплексные исследования субпопуляции осуществляет только Норвежский полярный институт. Актуально привлечение к планомерному долгосрочному изучению и мониторингу субпопуляции заинтересованных российских научных учреждений, прежде всего национального парка "Русская Арктика". Эффективность исследований существенно повысится, если они будут проводиться в рамках совместных российско-норвежских научных проектов.

Как показано выше, острова архипелага являются важным местом устройства родовых берлог беременными самками белого медведя. Коли-

чество и распределение берлог, величина выводков, состояние медведиц, залегающих в берлоги, связь указанных параметров с факторами внешней среды (прежде всего с ледовой обстановкой) могут быть одним из индикаторов состояния субпопуляции. Поэтому рекомендуется использовать указанные параметры в целях мониторинга на территории архипелага, особенно в ключевых районах залегания белых медведей в берлоги, одним из которых является о. Греэм-Белл.

2. Ликвидация накопленного экологического ущерба.

Наибольшую угрозу для белого медведя в районе ЗФИ представляет загрязнение местообитаний. Возможные последствия их негативного воздействия на это животное упомянуты выше. Значительная часть загрязняющих веществ поступает в район ЗФИ с воздушными массами и морскими течениями из источников, находящихся за пределами Арктики. Проблема их ликвидации или сокращения уровней может решаться только на международном уровне. Еще одним источником загрязнения являются стоки с суши некоторых островов архипелага, используемых в настоящее время или в прошлом для хозяйственных или иных целей (острова Хейса, Греэм-Белл, Рудольфа, Гукера, Земля Александры). За многие годы здесь накопилось большое количество цистерн и бочек, частично или полностью заполненных некондиционными нефтепродуктами. Емкости подвержены коррозии и часть из них протекают. Их необходимо срочно утилизировать. В последние годы государство начало осуществлять мероприятия по ликвидации накопленного экологического ущерба в арктических районах России, в том числе на ЗФИ. Очень важно, чтобы эти работы сопровождались рекультивацией загрязненных нефтепродуктами участков. В противном случае загрязненные воды будут продолжать стекать в море и подвергать опасности загрязнения волосяной покров белого медведя и тюленей, которых он добывает.

3. Расширение территории федерального заказника “Земля Франца-Иосифа”.

В 1993–1994 годах при подготовке ТЭО организации федерального заказника “Земля Франца-Иосифа” (утвержден Распоряжением Правительства РФ № 571-р от 23 апреля 1994 г.) о. Виктория не был включен в состав заказника, так как не было достоверных сведений о ценности его территории с точки зрения сохранения видов животных, занесенных в Красную книгу РФ, в частности, белого медведя, атлантического моржа и белой чайки. Полученные в последние годы материалы исследований свидетельствуют, что на острове располагается крупное лежбище атлантического моржа и размножается белая чайка (Гаврило, 2011). Акватория Баренцева моря, прилежащая к о. Виктория, привлекает тюленей и белых медведей. Для белых медведей останки погибших на лежбище моржей представляют альтернативный источник пищи в периоды, когда численность тюленей резко снижается и их добыча представляет большую трудность для хищника.

На состоявшемся в июне 2011 г. в Сванховде, Норвегия, российско-норвежском семинаре по сохранению баренцевоморской субпопуляции

белого медведя было рекомендовано придать статус ООПТ о. Виктория вместе с прилежащей акваторией. Мы предлагаем присоединить о. Виктория к федеральному заказнику “Земля Франца-Иосифа”.

Литература

Беликов С.Е. Численность, распределение и особенности строения берлог самок белого медведя на модельном участке на о. Врангеля // Белый медведь и его охрана в Советской Арктике. М.: ЦЛОП, 1977. С. 19–33.

Беликов С.Е. Численность, распределение и миграции белого медведя в Советской Арктике // Крупные хищники. М., 1992. С. 74–84.

Беликов С.Е. Белый медведь // Медведи. М.: Наука, 1993. С. 420–478.

Беликов С.Е. Белый медведь российской Арктики // Наземные и морские экосистемы. М.; СПб.: Paulsen, 2011. С. 263−291.

Беликов С.Е., Матвеев Л.Г. Распределение и численность белого медведя и его берлог на Земле Франца-Иосифа // Редкие виды млекопитающих СССР и их охрана: Матер. III Всесоюз. совещ. М.: Наука, 1983. С. 84–85.

Бутурлин С.А. Наблюдения над млекопитающими, сделанные во время Колымской экспедиции 1905 г. // Дневник Зоол. отд. Общ-ва любит. естест. антропол. и этногр. Новая серия. 1913. Т. 1, № 5. С. 225–266.

Гаврило М.В. Белая чайка *Pagophila eburnea* (Phipps, 1774) в российской Арктике: особенности гнездования вида в современном оптимуме ареала: Автореф. дис. … канд. биол. наук. СПб., 2011. 20 с.

Горбунов Ю.А., Беликов С.Е. Наблюдения за морскими млекопитающими и белым медведем в Арктическом бассейне // Морские млекопитающие Голарктики: Матер. Пятой междунар. конф. (Одесса, Украина, 14–18 октября 2008 г.) Одесса, 2008. С. 220–222.

Горбунов Ю.А., Беликов С.Е., Шильников В.И. Влияние ледовых условий на распределение и численность белого медведя в морях Советской Арктики // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1987. Т. 87, вып. 5. С. 19–28.

Карпович В.Н. Размещение белого медведя в Советской Арктике по данным корреспондентской сети // Белый медведь и его охрана в Советской Арктике. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. С. 68–88.

Кищинский А.А. Белый медведь. Л.: Лесн. пром-сть, 1974. 68 с.

Красная книга РСФСР. Животные. М.: Россельхозиздат, 1983. 453 с.

Красная книга СССР. М.: Лесная промышленность, 1984. Т. 1. Животные. 478 с.

Красная книга Российской Федерации (животные). М.: Астрель, 2001. 860 с.

Оценка численности белых медведей (*Ursus maritimus*) в Баренцевом море с использованием метода линейных трансект / И. Аарс, М. Андерсен, С.Е. Беликов и др. // Морские млекопитающие Голарктики: Матер. Третьей междунар. конф. (Коктебель, Крым, Украина, 11–17 октября 2004 г.). М., 2004. С. 19–20.

Паровщиков В.Я. Размножение белого медведя архипелага Франца-Иосифа // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1964. Т. 19, вып. 1. С. 127–129.

Паровщиков В.Я. Современное состояние популяции белого медведя архипелага Франца-Иосифа // Морские млекопитающие. М.: Наука, 1965. С. 237–242.

Паровщиков В.Я. Белый медведь на Земле Франца-Иосифа // Проблемы Севера. 1967. Вып. 11. С. 149–159.

Перемещения радиомеченых самок белого медведя (*Ursus maritimus*) на о. Земля Александры (архипелаг Земля Франца-Иосифа) в безледный период осенью 2011 г. / В.В. Рожнов, Н.Г. Платонов, И.Н. Мордвинцев и др. // Зоол. журн. 2014. Т. 93, № 11. С. 1354–1368.

Российско-норвежские исследования по белому медведю / А. Дерочер, С.Е. Беликов, А.Н. Болтунов и др. // Морские млекопитающие Голарктики: Тез. докл. Второй междунар. конф. (Байкал, Россия, 10–15 сентября 2002 г.). М., 2002. С. 91– 93.

Рутилевский Г.Л. Промысловые млекопитающие полуострова Челюскин и залива Вилькицкого // Тр. НИИ полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. Сер. Пром. хоз-во. 1939. Вып. 8. 48 с.

Успенский С.М. Белый медведь. М.: Агропромиздат, 1989. 190 с.

Цалкин В.И. К биологии белого медведя архипелага Франца-Иосифа // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1936. Т. 14, вып. 5. С. 335–363.

ACIA. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge, UK: University Press, 2004. 831 p.

ACIA. Arctic Climate Impact Assessment: scientific report. Cambridge, UK: University Press, 2005. 1042 p.

A circumpolar monitoring plan for polar bears / D. Vongraven, S. Amstrup, S. Atkinson et al. // Ursus Monograph Series. 2012. 66 p.

Advanced Distance Sampling / S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham et al. Oxford, UK: University Press, 2004.

Amstrup S., Gardner C. Polar bear maternity denning in the Beaufort Sea // J. Wildlife Management. 1994. V. 58. P. 1–10.

Chlorinated Hydrocarbon contaminants in polar bears from eastern Russia, North America, Greenland, and Svalbard: biomonitoring of Arctic pollution / R.J. Norstrom, S.E. Belikov, E.W. Born et al. // Arch. Environ. Contam. 1998. V. 35. P. 354–367.

Derocher A.E. Population ecology of polar bears at Svalbard, Norway // Popul Ecol. 2005. V. 47. P. 267–275.

Derocher A.E., Wiig Ø., Andersen M. Diet composition of polar bears in Svalbard and the western Barents Sea // Polar. Biol. 2002. V. 25. P. 448–452.

Derocher A.E., Lunn N.J., Stirling I. Polar bears in a warming climate // Integrative and Comparative Biology. 2004. V. 44. P. 163–176.

Estimating the Barents Sea polar bear subpopulation size / J. Aars, T.A. Marques, S.T. Buckland et al. // Marine Mammal Sci. 2009. V. 25(1). P. 35–52.

Fischbach A.S., Amstrup S.C., Douglas D.C. Landward and eastward shift of Alaska polar bear denning associated with recent sea ice changes // Polar Biol. 2007. V. 30. P. 1395–1405.

Functional responses in polar bear habitat selection / M. Mauritzen, S.E. Belikov, A.N. Boltunov et al. // OIKOS. 2003. V. 100. P. 112–124.

Genetic structure of the world's polar bear populations / D. Paetkau, S.C. Amstrup, E.W. Born et al. // Molecular Ecol. 1999. V. 8. P. 1571–1584.

Geographical variation of PCB congeners in polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard east to the Chukchi Sea / M. Andersen, E. Lie, A.E. Derocher et al. // Polar Biol. 2001. V. 24. P. 231–238.

Geographical distribution of organochlorine pesticides (OCPs) in polar bears (*Ursus maritimus*) in the Norwegian and Russian Arctic / E. Lie, A. Bernhoft, F. Riget et al. // The Science of the Total Environment. 2003. V. 306. P. 159–170.

Importance of fast ice and glacier fronts for female polar bears and their cubs during spring in Svalbard, Norway / C. Freitas, K.M. Kovacs, M. Andersen et al. // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2012. V. 447. P. 289–304.

Introduction to distance sampling – Estimating abundance of biological populations / S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham et al. Oxford, UK: University Press, 2001.

Larsen T. Polar bear denning and cub production in Svalbard, Norway // J. Wildlife Management. 1985. V. 49(2). P. 320–326.

Larsen T. Population biology of the bear (*Ursus maritimus*) in the Svalbart area. Oslo: Norsk Polarinst, 1986. 55 p.

Lønø O. The polar bear (*Ursus maritimus* Phipps) in the Svalbard area. Oslo: Norsk Polarinstitutt, 1970. 103 p.

Management of polar bears in Norway, 2005–2009 / D. Vongraven, M. Ekker, Ø. Wiig, J. Aars // Polar bears: proc. of the 15th working meeting of the IUCNSSC polar bear specialist group (Copenhagen, Denmark, 29 June–3 July 2009. Gland, Switzerland; Cambridge, UK, 2010. P. 149–155.

Mauritzen M., Derocher A.E., Wiig Ø. Space use strategies of female polar bears in a dynamic sea ice habitat // Can. J. Zool. 2001. V. 79. P. 1704–1713.

Polar bear (*Ursus maritimus*) maternity den distribution in Svalbard, Norway / M. Andersen, A.E. Derocher, O. Wiig, J. Aars // Polar Biol. 2012. V. 35. P. 499–508.

Population decline of polar bears in Western Hudson Bay in relation to climatic warming / E. Regehr, N.J. Lunn, S.C. Amstrup, I. Stirling // 16th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals (12–16 December 2005, San Diego, California): Society for Marine Mammalogy. San Diego, 2005. P. 233.

Relationships between high loads of organic contaminants and health effects in Arctic mammals – immune response and chlorinated environmental pollutants in polar bears / J.U. Skaare, H.J. Larsen, E. Lie et al. // Pharmacological Toxicology. 2001a. V. 88. P. 1–14.

Relationships between plasma levels of organochlorines, retinol and thyroid hormones from polar bears (*Ursus maritimus*) at Svalbard / J.U. Skaare, A. Bernhoft, O. Wiig et al. // J. Toxicology and Environmental Health. 2001b. Part A. V. 62. P. 227–241.

Stirling I., Lunn N.J., Iacozza J. Long-term trends in the population ecology of polar bears in western Hudson Bay in relation to climatic change // Arctic. 1999. V. 52. P. 294–306.

Stirling I., Parkinson C.L. Possible effect of climate warming on selected populations of polar bears (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic // Arctic. 2006. V. 59, № 3. P. 261–275.

Using satellite telemetry to define spatial population structure in polar bears in the Norwegian and western Russian Arctic / M. Mauritzen, A.E. Derocher, Ø. Wiig et al. // J. Applied Ecol. 2002. V. 39. P. 79–90.

УДК 581.95

О.Н. Ежов[1], М.В. Гаврило[2], И.В. Змитрович[3]
[1]Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск, Россия
[2]Национальный парк “Русская Арктика”, Архангельск, Россия
[3]Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ГРИБЫ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Аннотация

На основании новых сборов и доступных опубликованных источников приведен список высших грибов (исключая почвенные виды) арх. Земля Франца-Иосифа, насчитывающий на настоящее время 47 видов нелихенизированных сумчатых (включая анаморфные) грибов и 20 видов базидиомицетов. Существенно пополнен список базидиомицетов: 13 видов впервые отмечены для островов арх. Земля Франца-Иосифа, из них 7 видов (*Arrhenia auriscalpium, A. rickenii, Galerina tibiicystis, Hebelo-ma gigaspermum, H. polare, Naucoria salicis*) являются новыми для российской Арктики. Приведенные сведения о новых видах дополняют представления о видовом разнообразии микобиоты не только арх. Земля Франца-Иосифа, но и арктических территорий России в целом.

O.N. Ezhov[1], M.V. Gavrilo[2], I.V. Zmitrovich[3]
[1]Institute for Ecological Problems of the North RAS, Arkhangelsk, Russia
[2]National Park “Russian Arctic”, Archangelsk, Russia
[3]Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg, Russia

FUNGI OF THE FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO

Abstract

The paper summarizes a current knowledge on the higher fungi (Ascomycota and Basidiomycota, excluding soil fungi) of the Franz-Josef Land Archipelago. In total, 47 non-lichenized Ascomycota species (including anamorphic ones) and 20 species of Basidio-

mycota were revealed on this area based on new findings and available published sources. Within Basidiomycota, 13 species were recorded for the first time on archipelago, including seven ones (*Arrhenia auriscalpium, A. rickenii, Galerina tibiicystis, Hebeloma gigaspermum, H. polare, Naucoria salicis*) new for the entire Russian Arctic. The data obtained make a contribution to knowledge on fungal diversity not only of the Franz-Josef Land Archipelago, but for the entire Russian Arctic region.

Введение. Инвентаризация биологического разнообразия – первоочередная задача научных работ на особо охраняемых природных территориях, основа для мониторинга состояния природных комплексов и их дальнейших исследований. По сравнению со многими другими группами живых организмов, микобиота Государственного федерального заказника "Земля Франца-Иосифа" изучена недостаточно и очень неравномерно. Первые микологические сборы на архипелаге были выполнены Гарри Фишером (H. Fischer) в 1895–1896 гг. в экспедиции Джексона-Хармсуорта в 1894−1897 гг. (Грибы …, 1999).

До середины XX века основное внимание исследователей было уделено лишайникам (лихенизированные сумчатые грибы – Ascomycota), при этом наибольшие число видов было найдено во время экспедиции Л.И. Савича в 1930 г. на ледокольном пароходе "Седов", позднее определенных в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (г. Санкт-Петербург).

В работе Линда (Lind, 1934) приводятся данные о шести видах нелихенизированных сумчатых грибов и их анаморф: *Davidiella allicina, Didymella glacialis, Lewia scrophulariae, Mycosphaerella recutita, Selenophoma drabae, Septoria punctoidea*, найденных на различных сосудистых растениях.

Позднее при обработке сборов лишайников Л.И. Савича был определен ряд видов лихенофильных сумчатых (в том числе анаморфных) грибов: *Dactylospora rinodinicola, Pronectria solorinae* (Zhurbenko, Santesson, 1996), *Odontotrema santessonii* (Diederich et al., 2002) и *Arthonia pannariae* (Zhurbenko, Grube, 2010).

Во время экспедиции 1994 г. на островах Галля (мыс Тегетхофф), Нортбрук (мыс Флора), Кейна было найдено 40 видов психрофильных олиготрофных анаморфных грибов, из них 13 было определено лишь до рода (Psychrooligotrophic …, 1999).

Данные о базидиальных грибах (Basidiomycota) до последнего времени были менее представительны. Имелись данные о находке ржавчинного гриба *Melampsora epitea* на листьях *Salix polaris* (Грибы …, 1999). Первые находки шляпочных грибов рода *Galerina* были сделаны Л.С. Говорухой в 1957 г. на островах Винер-Нейштадт (мыс Васильева) и Чамп, а также В.Д. Александровой в 1959 г. на о. Земля Александры. В заметке Л.С. Говорухи (1960) сообщается о находках на островах архипелага примитивного базидиолишайника, известного сегодня под названием *Lichenomphalia umbellifera*. В 2011 году на бревнах осины, завезенной на о. Земля Александры в 1975 г., обнаружены плодовые тела *Trametes ochracea* и *Funalia trogii* (Ежов и др., 2012).

В ходе двух комплексных научных экспедиций на территорию заказника в 2012 и 2013 гг. специальных микологических исследований не проводилось, но при широкомасштабном обследовании Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) удалось выполнить сборы, значительно расширившие наши знания о разнообразии микобиоты архипелага.

Архипелаг расположен в полярно-арктической климатической зоне, для которой характерны близкие к нулю или отрицательные значения годового радиационного баланса и средней месячной температуры воздуха в течение всего года и, соответственно, очень короткий вегетационный период. Летние сезоны 2011–2013 гг. по рангу теплых лет оказались тремя самыми теплыми в Арктике за период с 1936 г. (Обзор …, 2012, 2013), так в 2012 и 2013 гг. положительные аномалии температуры воздуха на ЗФИ в целом за летний сезон (июль–сентябрь) составили 0.7 и 0.8 °С соответственно. По данным метеостанции им. Э.Т. Кренкеля на о. Хейса, среднемесячная температура июля и августа в 2012 г. была 1.2 °С (среднесуточная варьировала от –1.0 до 4.0 °С), а в 2013 г. достигла 1.3 °С (среднесуточная температура в июле от –1.1 до 4.0 °С и в августе от –3.5 до 5.3 °С), при средних многолетних значениях – 0.7 °С (июль) и 0.1 °С (август). Переход среднесуточной температуры через 0 °С в 2013 г. произошел 21 июня. Тем не менее, в течение всех летних месяцев периодически наблюдались заморозки и выпадение снега.

Растительность ЗФИ относится к полярно-пустынному или высокоарктическому типу (Юрцев и др., 1978; Александрова, 1983). Зональные сообщества представлены криптогамными разнотравно-подушечными пустошами, на плато развиты варианты щебнистых горных высокоарктических тундр (Circumpolar …, 2003). Растительный покров преимущественно разомкнутый с общим проективным покрытием менее 40 % на сухих и увлажненных пустошах. В более благоприятных условиях с умеренным и хорошим увлажнением покрытие повышается до 40–80 %, в оптимальных местообитаниях формируется сплошной покров с преобладанием моховой дернины и нередко пышными подушками цветковых растений (Сафронова, 1986; наши наблюдения).

Материалы и методы. Оригинальный материал получен в ходе двух летних сезонов: в августе 2012 и 2013 гг. было выполнено 16 микологических сборов на 14 островах архипелага (таблица, рис. 1).

Сбор материал осуществлялся во время кратковременных высадок на побережье попутно при проведении фаунистических и обзорных маршрутных работ. Найденные грибы фотографировались и гербаризировались. Местообитание кратко описывалось и фотографировалось.

Сборы выполнены М.В. Гаврило в 2012, 2013 гг. и Э. Баллестеросом в 2013 г. (Enric Ballesteros, Center for Advanced Studies of Blanes, CSIC, Spain).

Определение собранного материала выполнено в лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН И.В. Змитровичем. Препараты мицелия и генеративных элементов грибов готовились с использованием 5 %-го раствора KOH, реак-

тива Мёльцера, также применялся 0.1 %-й раствор синего толуидинового красителя (cotton-blue). При микроскопическом исследовании грибов и видовой идентификации использовали сводки “Nordic Macromycetes” (1997, 2000) и “Funga Nordica” (2008).

Определенные образцы коллекции хранятся в гербарии ИЭПС УрО РАН (AR).

Точки отбора микологических образцов на территории Государственного федерального заказника “Земля Франца-Иосифа”

Район	Год	Координаты	
		с. ш.	в. д.
О. Белл	2013	80.03655°	49.21590°
О. Винер-Нейштадт, мыс Тироль	2012	80.85816°	58.94922°
	2013	80.86138°	58.91986°
О. Земля Георга, северо-восток залива Грея, безымянный мыс	2012	80.22218°	47.50303°
О. Земля Георга, мыс Краутера	2012	80.16748°	47.22423°
О. Кейна	2013	81.06847°	58.52859°
О. Куна	2013	81.10467°	58.37210°
О. Луиджи, бухта Бурке	2013	80.85124°	54.76952°
О. Мак-Клинтока, мыс Диллона	2013	80.09574°	55.81792°
О. Мейбел	2012	80.02732°	49.33393°
О. Нансена	2013	80.55020°	54.13290°
О. Нортбрук, мыс Флора	2013	79.94530°	50.12950°
О. Рудольфа, мыс Флигели	2013	81.85310°	59.24237°
О. Хейса	2013	80.62891°	58.05799°
О. Хоуэна	2013	81.50798°	58.29432°
О. Уилтона	2013	80.56125°	54.35567°

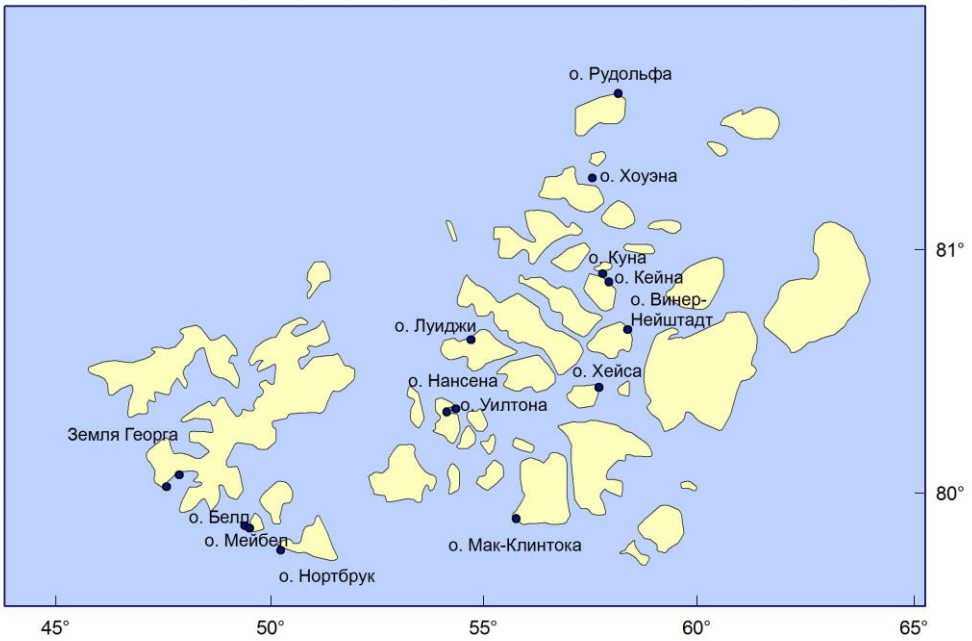


Рис. 1. Карта-схема микологических сборов на арх. ЗФИ в 2012–2013 гг.

Результаты и обсуждение. Аннотированный список нелихенизированных сумчатых (за исключением почвенных микромицетов) и базидиальных грибов, известных к настоящему времени для арх. ЗФИ, приведен ниже. Одной звездочкой отмечены новые виды для архипелага, двумя звездочками – виды, также новые для российской Арктики. Указываются латинское и русское название вида, место сбора образцов (где известно), субстрат, номер гербарного образца и, при необходимости, ссылка на литературный источник (на "Грибы российской Арктики", 1999 – по умолчанию).

ASCOMYCOTA

Acanthonitschkea peltigericola (Alstrup & Olech) O.E. Erikss. & R. Sant.: о. Гукера, на *Peltigera scabrosa* (слоевище).

Arthonia clemens (Tul.) Th. Fr.: о. Гукера, на *Rhizoplaca chrysoleuca* (апотеции); о. Нортбрук, на *Psoroma hypnorum* (апотеции).

A. epiphyscia Nyl.: о. Гукера, на *Physcia dubia* (слоевище).

A. excentrica Th. Fr.: о. Гукера, на *Leprocaulon* cf. *subalbicans* (слоевище).

A. pannariae Zhurb. & Grube: о. Скотт-Келти, на *Psoroma hypnorum* (апотеции, слоевище) (Zhurbenko, Grube, 2010).

A. peltigerea Th. Fr.: о. Гукера, на *Solorina saccata* (апотеции, слоевище).

A. stereocaulina (Ohlert) R. Sant.: о. Скотт-Келти, на *Stereocaulon* sp. (слоевище).

Carbonea aggregantula (Müll. Arg.) Diederich & Triebel: о. Белл, на *Lecanora polytropa* (слоевище); о. Мак-Клинтока, на *L. polytropa* (слоеви-ще); о. Скотт-Келти, на *L. polytropa* (слоевище).

C. supersparsa (Nyl.) Hertel: о. Гукера, на *Lecanora polytropa* (слоеви-ще); о. Мак-Клинтока, на *L. polytropa* (слоевище); о. Скотт-Келти, на *L. po-lytropa* (слоевище).

C. vitellinaria (Nyl.) Hertel: о. Гукера, на *Candelariella vitellina* (слоевище); о. Нортбрук, на *C. vitellina* (апотеции, слоевище).

Cercidospora punctillata (Nyl.) R. Sant. [=*Cercidospora lichenicola* (Zopf) Hafellner]: Алджера, на *Pannaria pezizoides* (слоевище), на *Solorina crocea* (слоевище); о. Гукера на *Mycobilimbia hypnorum* (слоевище), на *Pannaria pezizoides* (апотеции, слоевище), на *Phaeorrhiza nimbosa* (слоевище), на *Psoroma hypnorum* (апотеции, слоевище), на *Sphaerophorus globosus* (слоевище).

C. trypetheliza (Nyl.) Hafellner et Obermayer: о. Гукера, на *Arthrorhaphis* sp. (слоевище).

Corticifraga peltigerae (Fuckel) D. Hawksw. & R. Sant.: о. Нортбрук, на *Peltigera* cf. *membranacea* (слоевище).

Dactylospora deminuta (Th. Fr.) Triebel.: о. Гукера, на *Biatora* sp. (сло-евище), на *Lecanora epibryon* (апотеции, слоевище), на *Lopadium coralloideum* (слоевище).

D. rinodinicola Alstrup & D. Hawksw.: о. Гукера, на *Rinodina turfacea* (апотеции, слоевище) (Zhurbenko, Santesson, 1996). *Davidiella allicina* (Fr.) Aptroot [=*Mycosphaerella allicina* (Fr.) Vestergr.]: на сухих и мертвых листьях и стеблях *Poa arctica* (Lind, 1934).

Didymella glacialis Rehm.: на сухих стеблях *Alopecurus alpinus* (Lind, 1934).

Endococcus propinquus (Körb.) D. Hawksw.: о. Белл, на неидентифицированном накипном лишайнике (слоевище); о. Гукера, на неидентифицированном накипном эпилитном лишайнике (слоевище).

E. rugulosus Nyl.: о. Гукера на *Aspicilia* sp. (слоевище).

Epibryon bryophilum (Fuckel) Döbbeler: на листьях *Cephaloziella divaricata* (Савич, 1936).

Geltingia associata (Th. Fr.) Alstrup & D. Hawksw.: о. Белл, на *Ochrolechia* sp. (слоевище); о. Мак-Клинтока, на *Ochrolechia* cf. *inaequatula* (слоевище), на *Ochrolechia* sp. (слоевище); о. Скотт-Келти, на *Ochrolechia* sp. (слоевище).

Graphium aphthosae Alstrup & D. Hawksw: о. Гукера.

Intralichen lichenicola (M.S. Christ. & D. Hawksw.) D. Hawksw. & M.S. Cole [=*Trimmatostroma lichenicola* M.S. Christ. & D. Hawksw.]: о. Гукера, на *Candelariella vitellina* (апотеции).

Lasiosphaeriopsis stereocaulicola (Linds.) O.E. Erikss. & R. Sant.: о. Гукера на *Stereocaulon alpinum* (слоевище), на *S.* cf. *groenlandicum* (слоевище), на *S. rivulorum* (слоевище); о. Скотт-Келти, на *S. rivulorum* (слоевище).

Lichenoconium erodens M.S. Christ. & D. Hawksw.: о. Скотт-Келти, на *Cetraria* cf. *islandica* (слоевище), на *Parmelia omphalodes* (слоевище).

L. lecanorae (Jaap) D. Hawksw.: о. Гукера на *Arctopeltis thuleana* (апотеции, слоевище), на *Rhizoplaca chrysoleuca* (слоевище), на *R. melanophthalma* (апотеции).

L. pyxidatae (Oudem.) Petr. & Sydow.: о. Скотт-Келти, на *Cladonia chlorophaea* (слоевище).

L. usneae (Anzi) D. Hawksw.: о. Гукера, на *Bryocaulon divergens* (слоевище); о. Нортбрук.

Lichenochora weillii (Werner) Hafellner & R. Sant.: о. Скотт-Келти, на *Physconia muscigena* (слоевище).

Lewia scrophulariae (Desm.) M.E. Barr & E.G. Simmons [=*Pleospora scrophulariae* (Desm.) Höhn.]: на листьях и стеблях *Papaver radicatum, Saxifgara caespitosa, Stellaria longipes* (Lind, 1934).

Muellerella lichenicola (Sommerf.: Fr.) D. Hawksw.: о. Гукера, на *Xanthoria* sp. (слоевище).

M. pygmaea (Körb.) D. Hawksw.: о. Алджера, на *Lecidea* sp. (слоевище); о. Алджера, на *Lecanora* sp. (слоевище); о. Белл, на неидентифицированном лишайнике (слоевище); о. Гукера, на *Caloplaca* sp. (слоевище), на *Lecanora* sp. (слоевище), на *Lecidea* sp. (слоевище), на *Xanthoria* sp. (слоевище) (вместе с *Muellerella lichenicola*); о. Нортбрук, на эпилитной *Lecidea* sp. (слоевище).

Mycosphaerella recutita (Fr.: Fr.) Johanson: на сухих и мертвых листьях и стеблях *Dupontia fisheri* (Lind, 1934).

Odontotrema santessonii Zhurb., Etayo & Diederich: о. Гукера, на *Thamnolia vermicularis* (слоевище) (Diederich et al., 2002).

Phaeosporobolus alpinus R. Sant., Alstrup & D. Hawksw.: о. Гукера, на *Ochrolechia frigida* (слоевище); о. Мак-Клинтока, на *O. frigida* (слоевище).

Pronectria solorinae Lowen & R. Sant. ined.: о. Гукера, на *Solorina spongiosa* (апотеции) (Zhurbenko, Santesson, 1996).

Pyrenidium actinellum Nyl.: о. Гукера, на *Solorina bispora* (слоевище).

Sphaerellothecium araneosum (Rehm ex Arnold) Zopf.: о. Гукера, на *Ochrolechia frigida* (слоевище); о. Скотт-Келти, на *Ochrolechia* sp. (слоевище).

S. minutum Hafellner.: о. Скотт-Келти, на *Sphaerophorus fragilis* (слоевище).

Scutula stereocaulorum (Anzi) Körb.: о. Гукера, на *Stereocaulon alpinum* (слоевище), на *S. rivulorum* (слоевище); о. Скотт-Келти, на *S. rivulorum* (слоевище).

Selenophoma drabae (Fuckel) Petrak: на сухих листьях *Poa arctica* (Lind, 1934).

Septoria punctoidea P. Karst.: на листьях *Luzula confusa* (Lind, 1934).

Stigmidium conspurcans (Th. Fr.) Triebel & R. Sant.: о. Гукера, на *Psora rubiformis* (слоевище).

S. frigidum (Sacc.) Alstrup & D. Hawksw.: о. Гукера, на *Thamnolia vermincularis* var. *subuliformis* (слоевище), на *Thamnolia vermicularis* var. *vermicularis*.

S. peltideae (Vain.) R. Sant.: о. Гукера, на *Peltigera aphthosa* (слоевище); о. Нортбрук, на *Peltigera* cf. *canina* (слоевище), на *Peltigera* cf. *rufescens* (слоевище), на *Peltigera* sp. (слоевище); о. Скотт-Келти, на *Peltigera venosa* (слоевище).

Taeniolella beschiana Diederich: о. Гукера, на *Cladonia stricta* (слоевище).

Weddellomyces tartaricola (Linds.) Alstrup & D. Hawksw.: о. Гукера, на *Ochrolechia* sp. (слоевище).

BASIDIOMYCOTA

Arrhenia auriscalpium (Fr.) Fr.**: о. Нортбрук (мыс Флора), на мхах в моховых сообществах, собр. Э. Баллестерос 05 августа 2013 г. (AR 1728).

A. lobata (Pers.) Kühner & Lamoure ex Redhead* (рис. 2а): о. Уилтона, на мхах в моховых сообществах, собр. М.В. Гаврило 23 августа 2013 г. (AR 1721), собр. Э. Баллестерос 23 августа 2013 г. (AR 1734); о. Куна, на мхах в моховых сообществах, собр. М.В. Гаврило 8 августа 2013 г. (AR 1721); о. Кейна, на мхах в моховых сообществах, собр. М.В. Гаврило 9 августа 2013 г. (AR 1722); о. Нортбрук (мыс Флора) на мхах в моховых сообществах, собр. Э. Баллестерос 5 августа 2013 г. (AR 1730).

A. obatra (J. Favre) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys** [=*Omphalina obatra* (J. Favre) P.D. Orton] (рис. 2б): о. Уилтона, на мхах в моховых сообществах, собр. М.В. Гаврило 23 августа 2013 г. (AR 1722).

A. rickenii (Hora) Watling**: о. Мейбел, на мхах в моховых сообществах, собр. Э. Баллестерос 23 августа 2013 г. (AR 1725).

Clitocybe dryadicola (J. Favre) Harmaja* [=*Clitocybe rivulosa* var. *dryadicola* J. Favre]: о. Земля Георга (мыс Краутера), на почве, среди мхов, собр. М.В. Гаврило 12 августа 2012 г. (AR 1689).

Funalia trogii (Berk. in Trog) Bondartsev et Singer: о. Земля Александры, на бревнах *Populus tremula*, завезенных в 1975 г. (Ежов и др., 2012).



Рис. 2. Базидиомицеты арх. ЗФИ (фото: М.В. Гаврило, Э. Баллестерос):
а – *Arrhenia lobata*; б – *A. obatra*; в – *Lichenomphalia alpina*; г – *Naucoria salicis*; д – *Hebeloma gigaspermum*; е – *H. polare*

Galerina arctica (Singer) Nezdojm.: о. Земля Александры, щебнистый склон; собр. В.Д. Александрова 15 августа 1959 г. (LE 17142); о. Винер-Нейштадт, мыс Васильева, собр. Л.С. Говоруха 25 августа 1957 г. (LE 17136); о. Нортбрук, мыс Флора, моховые сообщества, собр. Э. Баллестерос 5 августа 2013 г. (AR 1729); о. Нансена, моховые сообщества, собр. Э. Баллестерос 23 августа 2013 г. (AR 1726); о. Уилтона, моховые сообщества; собр. Э. Баллестерос 23 августа 2013 г. (AR 1733).

G. pseudocerina A.H. Sm. & Singer: о. Земля Александры, сугли-нистая щебнистая почва, собр. В.Д. Александрова 24 и 27 июля 1959 г. (LE 17399, 17403); о. Хейса, моховые сообщества, собр. М.В. Гаврило 13 августа 2013 г. (AR 1735).

G. pseudomycenopsis Pilát (=*G. moelleri* Bas): о. Чамп, щебнистая суглинистая почва, собр. Л.С. Говоруха 30 августа 1957 г. (LE 17334); о. Винер-

Нейштадт, собр. Л.С. Говоруха 7 августа 1960 г. (LE 18786); о. Земля Александры, моховые сообщества, собр. Р.В. Ершов в августе 2010 г. (AR 1440) (Ежов и др., 2012); о. Куна, моховые сообщества, собр. М.В. Гаврило 8 августа 2013 г. (AR 1724); о. Уилтона, моховые сообщества, собр. М.В. Гаврило 23 августа 2013 г. (AR 1723); о. Мейбел, моховые сообщества, собр. Э. Баллестерос 25 августа 2013 г. (AR 1731).

G. tibiicystis (G.F. Atk.) Kühner**: о. Рудольфа (мыс Флигели), в моховых сообществах, собр. М.В. Гаврило 18 августа 2013 г. (AR 1720).

G. vittiformis (Fr.) Singer*: о. Нортбрук (мыс Флора), в моховых сообществах собр. Э. Баллестерос 5 августа 2013 г. (AR 1727). – о. Луиджи (бухта Бурке), микориза с *Salix polaris*, собр. М.В. Гаврило 6 августа 2013 г. (AR 1717).

Hebeloma gigaspermum Gröger & Zschiesch.** (рис. 2д): о. Луиджи (бухта Бурке), микориза с *Salix polaris*, собр. М.В. Гаврило 6 августа 2013 г. (AR 1717).

H. marginatulum (J. Favre) Bruchet*: о. Винер-Нейштадт (мыс Тироль) микориза с *Salix polaris*, собр. М.В. Гаврило 10 августа 2013 г. (AR 1718).

H. polare Vesterh.** (рис. 2е): о. Уилтона, микориза с *Salix polaris*, собр. Э. Баллестерос 23 августа 2013 г. (AR 1732).

H. remyi Bruchet*: о. Винер-Нейштадт (мыс Тироль), микориза с *Salix polaris*; собр. М.В. Гаврило 6 августа 2012 г. (AR 1699).

Lichenomphalia alpina (Britzelm.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys* [=*Phytoconis luteovitellina* (Pilát & Nannf.) Redhead et Kuyper] (рис. 2в): о. Земля Георга (залив Грея)**,** на пленках, образованных водорослями и прототнемами мхов с образованием базидиолишайника; собр. М.В. Гаврило 12 августа 2012 г. (AR 1687); о. Хоуэна, собр. М.В. Гаврило 20 августа 2013 г. (AR 1719).

L. umbellifera (L.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys [=*Phytoconis ericetorum* (Pers.: Fr.) Redhead & Kuyper]: о. Чампа, о. Винер-Нейштадт (мыс Васильева), на пленках, образованных водорослями и прототнемами мхов с образованием базидиолишайника (Говоруха, 1960).

Melampsora epitea (Kunze & Schumach.) Thüm. (=*M. arctica* auct.): на листьях *Salix polaris*.

Naucoria salicis P.D. Orton** (рис. 2г): о. Винер-Нейштадт (мыс Тироль) микориза с *Salix polaris*, собр. М.В. Гаврило 6 августа 2012 г. (AR 1688).

Trametes ochracea (Pers.) Gilb. & Ryvarden: о. Земля Александры, на бревнах *Populus tremula*, завезенных в 1975 г. (Ежов и др., 2012).

Перечисленные микологические сборы выполнены примерно на 19 островах, что составляет менее 10 % от их количества. Сборы осуществлялись попутно, разрозненными группами исследователей и в различные временные промежутки. Наибольшее количество сборов указанных групп произведено на островах Гукера и Скотт-Келти. Посещение в последние два года новых островов выявило широкое распространение макромицетов и их разнообразие в условиях полярных пустынь архипелага. Сравнение видового разнообразия микобиоты с сопредельными островами затруднено ввиду несоответствия изученности как разных систематических групп

грибов на одной территории, так и разных территорий. Для сравнения укажем, что разнообразие лихенизированных грибов по опубликованным данным составляет на архипелагах: ЗФИ – 43 вида, Новая Земля – 20, Шпицберген – 75, Северная Земля – 67 (Dahleberg, Bültmann, 2013).

Встречаемость разных видов на островах архипелага также различна. Так среди Ascomycota можно выделить виды, отмеченные единично (их более 60 %), семь видов (*Carbonea aggregantula, C. superspora, Cercidospora punctillata, Geltingia associate, Lasiosphaeriopsis stereocaulicola, Muellerella pygmaea, Stigmidium peltideae*) зарегистрированы на нескольких островах и разных субстратах, остальные виды занимают промежуточное положение между этими группами. Аналогичная картина наблюдается и для Basidiomycota.

Порядок Polyporales, семейство Polyporaceae включает два адвентивных вида, приуроченных к завезенной в эти широты древесине осины (Ежов и др., 2012). *Funalia trogii* широко распространен в лесном поясе Голарктики, *Trametes ochracea* является космополитным сапротрофом, развивающимся на пнях и валеже многих лиственных пород. Эти виды чужды экосистемам полярной пустыни, характеризуются признаками угнетения ростовых характеристик, нормального прохождения морфогенеза плодовых тел и ценны скорее в качестве любопытного примера адаптации грибных организмов в зоне пессимума.

Среди Basidiomycota преобладают виды с арктическим и арктоальпийским распространением (две три видов), арктобореальные и плюризональные виды менее представлены. Сугубо арктическим распространением характеризуются *Cystoderma arcticum, Galerina arctica, G. pseudocerina, Hebeloma polare*. Большинство видов имеют циркумполярно простирающиеся ареалы (чуть менее 50 %), более 20 % – европейские виды (*Hebeloma polare, Naucoria salicis* и др.), также представлены панголарктические и биполярные виды.

На данный момент мы можем выделить лишь виды, ассоциированные с определенными элементами растительного покрова полярной пустыни, а также отдельные виды, выделяющиеся повышенной встречаемостью и широким распространением в пределах зоны.

Специальные микологические исследования, расширенные на остальную часть архипелага должны позволят оценить реальное разнообразие микобиоты и выявить особенности их распространения и биотопического распределения.

По результатам наших сборов существенно пополнен список базидиальных грибов, насчитывающий сейчас 20 видов, из которых 13 видов отмечены впервые для островов арх. ЗФИ, а 7 из них (*Arrhenia auriscalpium, A. obatra, A. rickenii, Galerina tibiicystis, Hebeloma gigaspermum, H. polare, Naucoria salicis*) являются новыми и для российской Арктики. Находки новых для архипелага видов могут быть обусловлены теплыми температурными условиями сезонов наших работ, которые способствовали развитию плодовых тел базидиомицетов.

В итоге, по результатам данного исследования и с учетом определенных до вида почвенных анаморфных микромицетов из списка Р. Бергеро с соавторами (Psychrooligotrophic …, 1999), для арх. ЗФИ в настоящее время известно 94 вида высших грибов, принадлежащих к отделам Ascomycota (74 вида) и Basidiomycota (20 видов).

Приведенные сведения о новых видах дополняют представления о видовом разнообразии микобиоты не только особо охраняемой территории заказника "Земля Франца-Иосифа", но и арктических территорий России в целом.

Благодарности. Полевые работы были выполнены в ходе комплексной краеведческой экспедиции КЭйРА-2012, организованной национальным парком "Русская Арктика" при поддержке проекта ПРООН/ГЭФ "Укрепление морских и прибрежных особо охраняемых природных территорий" (2012 г.), и комплексной международной экспедиции национального парка "Русская Арктика" и Национального географического общества США "Первозданные моря: экспедиция ЗФИ-2013" ("Pristine Seas Expedition FJL 2013") под эгидой Русского географического общества (2013 г.).

Авторы статьи выражают благодарность доктору Энрику Баллестеросу за предоставленные микологические сборы, ведущему научному сотруднику лаборатории географии и систематики грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН М.П. Журбенко за предоставленную информацию и консультации.

Литература

Александрова В.Д. Растительность полярных пустынь СССР. Л.: Наука, 1983. 142 с.

Говоруха Л.С. К микрофлоре Земли Франца-Иосифа // Проблемы Арктики и Антарктики. 1960. Вып. 3. С. 119–121.

Грибы российской Арктики / И.В. Каратыгин, Э.Л. Нездойминого, Ю.К. Новожилов, М.П. Журбенко. СПб.: Изд. Санкт-Петерб. гос. хим.-фарм. акад., 1999. 212 с.

Ежов О.Н., Ершов Р.В., Змитрович И.В. О находках базидиомицетов в условиях арктической пустыни (Земля Франца-Иосифа) // Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы. Отдел биол. 2012. Т. 117, вып. 4. С. 81–83.

Обзор гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, III квартал 2012 год / Науч. ред. И.Е. Фролов. СПб.: Изд. ААНИИ, 2012. 68 с.

Обзор гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, III квартал 2013 год / Науч. ред. И.Е. Фролов. СПб.: Изд. ААНИИ, 2013. 67 с.

Савич Л.И. Мхи архипелага Земля Франца-Иосифа, Северной Земли и о-ва Визе, собранные В.П. Савичем во время экспедиции 1930 г. на ледоколе "Георгий Седов" // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. 1936. Сер. 2, вып. 3. С. 505–579.

Сафронова И.Н. О растительности острова Мейбел и Гукера (архипелаг Земля Франца-Иосифа) // Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. С. 51–62.

Юрцев Б.А., Толмачев А.И., Ребристая О.В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л.: Наука, 1978. С. 9–104.

Circumpolar Arctic Vegetation. Map Scale: 1:7 500 000. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) Map № 1. U.S. Fish and Wildlife Service. Anchorage, Alaska, 2013.

Dahleberg A., Bültmann H. Fungi // Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF), Arctic Council. Anchorage, Alaska, 2013. P. 355–371.

Diederich P., Zhurbenko M., Etayo J. The lichenicolous species of Odontotrema (syn. Lethariicola) (Ascomycota, Ostropales) // Lichenologist. 2002. V. 34, № 6. P. 479–501.

Funga Nordica / H. Knudsen, J. Vesterholt (Eds). Copenhagen: Nordsvamp, 2008. 966 p.

Lind J. Studies on the geographical distribution of arctic circumpolar micromycetes // Det Kgl. Danske Videns. Selsk. Biol. Medd. 1934. V. 11, № 2. P. 1–152.

Nordic Macromycetes. V. 3. Heterobasidioid, Aphyllophoroid and Gastromycetoid Basidiomycetes / L. Hansen, H. Knudsen (Eds.). Copenhagen: Nordsvamp, 1997. 445 p.

Nordic Macromycetes. V. 1. Ascomycetes / L. Hansen, H. Knudsen (Eds.). Copenhagen: Nordsvamp, 2000. 309 p.

Psychrooligotrophic fungi from Arctic soils of Franz Joseph Land / R. Bergero, M. Girlanda, G.C. Varese et al. // Polar Biol. 1999. № 21. P. 361–368.

Zhurbenko M.P., Grube M. Arthonia pannariae (Arthoniaceae, Arthoniales), a new lichenicolous fungus from northern Holarctic // Graphis Scripta. 2010. V. 22. P. 47−51.

Zhurbenko M.P., Santesson R. Lichenicolous fungi from the Russian Arctic // Herzogia. 1996. V. 12. P. 147–161.

Научное издание

ТРУДЫ

КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

ОКЕАНОЛОГИЯ
Выпуск 2

Редактор С.А. Шарам
Технический редактор В.И. Бондаренко

Подписано к печати 21.04.2014.
Формат бумаги 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic.
Усл. печ. л. 26.6. Заказ № 26. Тираж 180 экз.

Российская академия наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук
184209, г. Апатиты, Мурманская область, Ферсмана, 14