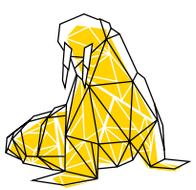
Баренцево море

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС

РОСНЕФТЬ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АТЛАСЫ МОРЕЙ **РОССИИ**



РОСНЕФТЬ

Арктический
Научный
Центр

Иннопрактика

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС

Баренцево море

Москва
2020

УДК 574
ББК 26.22
Э40

Председатель редакционного совета А.Н. Шишкин, к.э.н.

Редакционный совет:
А.А. Пашали, к.т.н., Е.С. Лебедева, к.х.н., В.Г. Лакеев, М.Л. Болдырев

Составление и научное редактирование:
А.И. Исаченко, к.б.н., Е.А. Смирнова

Авторы:
В.О. Мокиевский, д.б.н., Н.А. Дианский, д.ф.-м.н., А.В. Долгов, д.б.н., Ю.В. Краснов, д.б.н., А.Е. Рыбалко, д.г.-м.н., Л.А. Сергиенко, д.б.н., А.Б. Цетлин, д.б.н., Н.А. Ярагина, д.б.н., К.В. Артамонова, к.г.н., С.В. Бадина, к.г.н., С.Е. Беликов, к.б.н., Р.В. Гончаров, к.г.н., Н.А. Долгова, к.б.н., А.А. Ермолов, к.г.н., Е.Ю. Жданова, к.г.н., Д.Г. Илюшин, к.б.н., А.И. Исаченко, к.б.н., А.И. Кизяков, к.г.н., О.П. Коновалова, к.б.н., Т.А. Михайлова, к.б.н., П.Г. Михайлюкова, к.г.н., Н.А. Стрелкова, к.б.н., Е.С. Чертопруд, к.б.н., А.С. Валиева, И.А. Гангнус, Т.М. Гизатулин, Д.М. Глазов, М.А. Глебова, Ю.В. Ермилова, Д.Р. Загретдинова, Р.Е. Лазарева, М.В. Мардашова, Н.В. Мокиевская, И.И. Панасенкова, В.Н. Петров, Т.А. Прохорова, М.И. Семенова, Д.А. Удовик, В.В. Фомин, А.А. Эренженова.

Научные консультанты:
П.Ю. Дгебуадзе, к.б.н., Т.В. Котова, к.г.н., М.Б. Данилов

Автор иллюстраций М.В. Владимирова

Подготовка картографических материалов:
М.И. Семенова, Ю.В. Ермилова, П.Г. Михайлюкова, к.г.н., Р.В. Гончаров, к.г.н., М.А. Глебова, А.А. Эренженова, Т.М. Гизатулин

Руководство проектом: З.Р. Мадумарова, к.х.н., Д.Г. Илюшин, к.б.н., Д.Р. Загретдинова

Экологический Атлас. Баренцево море / ПАО «НК «Роснефть», ООО «Арктический Научный Центр», Фонд «НИР». — Москва : Фонд «НИР», 2020. — 447, [1] с. : ил. — (Экологические атласы морей России).

Э40

ISBN 978-5-6043256-4-3

Издание «Экологический Атлас. Баренцево море», подготовленное ПАО «НК «Роснефть», является комбинированным картографическим произведением и представляет собой научное издание по физической географии, океанологии, гидрометеорологии, экологии, истории исследований и экономической освоенности Баренцева моря и прилегающей территории, носящее просветительский характер. В Атласе в обобщенном виде приведены современные сведения о состоянии экосистем Баренцева моря, основанные на результатах многолетнего экологического мониторинга и научно-исследовательской деятельности ПАО «НК «Роснефть» в регионе. Приведена подробная типизация экологической чувствительности берегов российского сектора Баренцева моря.

Атлас состоит из шести глав, каждая из которых имеет отдельную информационную и познавательную ценность. Помимо текстовой информации Атлас содержит более 55 тематических карт-схем акватории и прибрежной зоны Баренцева моря и большое количество тематических иллюстраций, графиков, схем и сводных таблиц.

Для широкого круга читателей, в том числе студентов и профильных специалистов, интересующихся изучением и практическим использованием природных ресурсов океанов и морей.

УДК 574
ББК 26.22

© ПАО «НК «Роснефть», 2020
© ООО «Арктический Научный Центр», 2020
© Фонд «НИР», 2020

ISBN 978-5-6043256-4-3

Оглавление

Предисловие 15

Введение 17

История изучения биоты Баренцева моря 19
Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды Баренцева моря 35
Исследования ПАО «НК «Роснефть» в акватории Баренцева моря 37

Глава 1. Физико-географическая характеристика 41

1.1. Общие сведения 43
1.2. Климатические условия 47
1.3. Геолого-геоморфологические условия 61

Глава 2. Океанографическая характеристика 83

2.1. Гидрологическая структура 85
2.2. Ледовая обстановка 93
2.3. Термохалинные характеристики 99
2.4. Гидрохимические характеристики 105
2.5. Циркуляция вод 117
2.6. Колебания уровня моря 121

Глава 3. Характеристика биологического разнообразия 129

3.1. Планктон 131
3.2. Макрофитобентос 159
3.3. Макрозообентос 171
3.4. Рыбы 201
3.5. Птицы 225
3.6. Морские млекопитающие 243
3.7. Прибрежные растительные сообщества 275

Глава 4. Характеристика антропогенной нагрузки на акваторию Баренцева моря и прилегающую территорию 293

4.1. Экономическая освоенность территории 295
4.2. Транспортная инфраструктура 305

Глава 5. Территории с особым охранным статусом 313

5.1. Особо охраняемые природные территории 315
5.2. Водно-болотные угодья и ключевые орнитологические территории 329

Глава 6. Оценка экологической чувствительности берегов российского сектора Баренцева моря 339

6.1. Методы оценки экологической чувствительности морских берегов 341
6.2. Морфодинамическая типизация берегов российского сектора Баренцева моря 347
6.3. Оценка экологической чувствительности российских берегов Баренцева моря 383

Заключение 413
Литература 414
Источники картографических данных 442

РОСНЕФТЬ

Значение арктического региона для экономики страны трудно переоценить. Здесь сосредоточены огромные сырьевые ресурсы, освоение которых требует новейших технологий. Продвигаясь на Север, мы должны учитывать не только его экстремальные погодные условия, но и задачи сохранения баланса арктических экосистем, уникальной природы и традиций живущих здесь коренных народов.

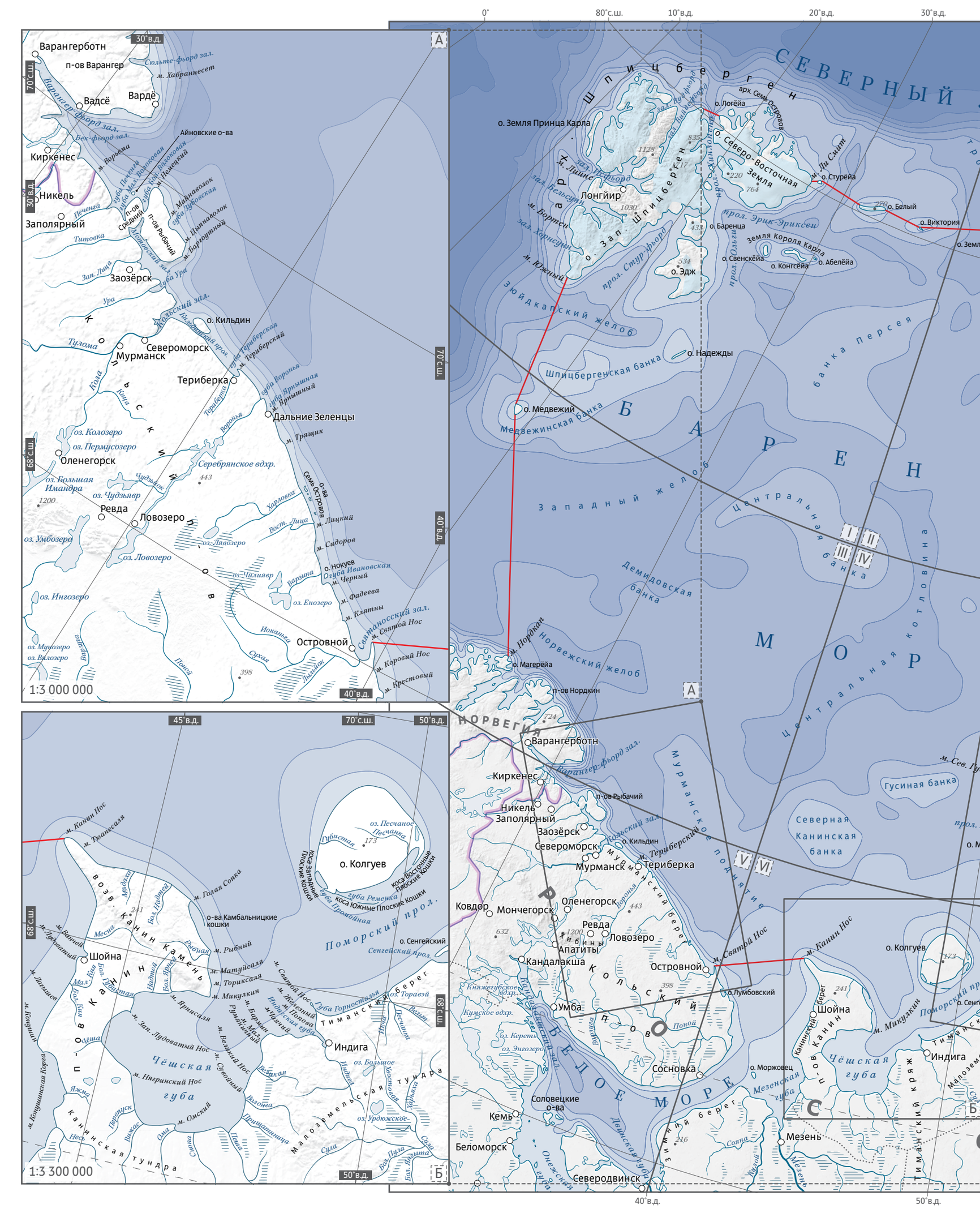
«Роснефть» реализует комплексную научную программу в Арктике. С 2012 года Компания организовала уже около 30 экспедиций по всему побережью Северного Ледовитого океана. Масштабные геологические, океанологические, гидрометеорологические и экологические исследования проводятся в сотрудничестве с ведущими научными и проектными организациями страны.

«Роснефть» реализует в Арктике программу сохранения биологического разнообразия морских экосистем и изучения так называемых биоиндикаторов — ключевых видов животных и птиц. Ученые подробно исследуют популяцию и пути миграции дикого северного оленя, а также занесенных в Красную книгу белого медведя, атлантического моржа и белой чайки на наших лицензионных участках, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации. Многие работы впервые проводятся в российском Заполярье и уже получили высокую оценку мирового научного сообщества.

Результаты многолетних работ Компании по изучению Баренцева моря представлены в этом экологическом атласе. Издание дает возможность всем кому интересен российский Север, познакомиться с уникальным массивом данных по физической географии, океанологии, гидрометеорологии, экологии и истории исследований акватории Баренцева моря и прилегающих территорий.

Выражаю благодарность всему авторскому коллективу, работавшему над созданием Атласа. Желаю дальнейших успехов в научной и творческой деятельности!

С уважением,
Главный исполнительный директор
ПАО «НК «Роснефть»
И.И. Сечин



Варангерботн
п-ов Варангер
Сюльте-фьорд зал.
м. Хабраннесет
Вадсё
Вардё
Варангер-фьорд зал.
Бек-фьорд зал.
Айновские о-ва
Киркенес
м. Ворьема
Никель
Заполярный
Печенга
Титовка
Зап. Лица
Заозёрск
Ура
Кольский зал.
о. Кильдин
Тулома
Североморск
Мурманск
Кола
Кица
Териберка
Дальние Зеленцы
м. Трящик
оз. Колозеро
оз. Пермусозеро
Оленегорск
Серебрянское вдхр.
оз. Большая Имандра
оз. Чудзьявр
Ревда
Ловозеро
оз. Умбозеро
оз. Ловозеро
оз. Ингозеро
оз. Мунозеро
оз. Вялозеро
Островной
Святоносский зал.
м. Святой Нос
м. Коровий Нос
м. Крестовый
Кольский п-ов
1:3 000 000
30°в.д.
70°с.ш.
68°с.ш.
40°в.д.
А
Б
45°в.д.
50°в.д.
о. Колгуев
о-ва Камбальницкие кошки
Шойна
Индига
Чёшская губа
Поморский прол.
Тиманский берег
Малоземельская тундра
Канинская тундра
1:3 300 000
СЕВЕРНЫЙ
о. Земля Принца Карла
о. Логёйа
о. Северо-Восточная Земля
о. Стурёйа
о. Белый
о. Виктория
о. Баренца
о. Свенскёйа
о. Конгсёйа
о. Абелёйа
о. Эдж
о. Надежды
о. Медвежий
Лонгйир
о. Зап. Шпицберген
Зюйдкапский желоб
Шпицбергенская банка
Медвежинская банка
банка Персея
Западный желоб
Центральная банка
Демидовская банка
Норвежский желоб
о. Магерёйа
п-ов Нордкин
НОРВЕГИЯ
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Ковдор
Мончегорск
Оленегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Соловецкие о-ва
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Мезень
Мурманское поднятие
Гусиная банка
Северная Канинская банка
Кольский п-ов
БЕЛОЕ МОРЕ
Мезенская губа
Чёшская губа
Тиманский кряж
Канинский берег
Шойна
Индига
Поморский прол.

ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН
арх. Земля Франца-Иосифа
о. Земля Георга
о. Земля Вильчека
о. Грэм-Белл
о. Ева-Лив
о. Брюса
о. Нортбрук
о. Гукера
о. Ли-Смита
о. Сальм
м. Кользат
м. Мэри Хармсуорт
м. Ледовой разведки
м. Артура
м. Клюв
м. Флигель
м. Столбовой
прол. Британский Канал
прол. Кембридж
прол. Северо-Восточный
трог Святая Анна
Новая Земля
о. Северный
о. Южный
КАРСКОЕ МОРЕ
Новоземельский трог
ПЕЧОРСКОЕ МОРЕ
Байдарацкая губа
м. Желания
м. Отлогий
о. Панкратьева
п-ов Литке
о-ва Горбовы
п-ов Адмиралтейства
прол. Маточкин Шар
прол. Карские Ворота
о. Вайгач
прол. Югорский Шар
Усть-Кара
Нарьян-Мар
Воркута
Воргашор
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Большеземельская тундра
Уральские горы
о-ва Шараповы Кошки
п-ов Русский Заворот
о-ва Гуляевские Кошки
Печорская губа
Хайпудырская губа
о. Матвеев
о. Долгий
о. Бол. Зеленец
1:7 000 000
о. Берха
о. Пахтусова
м. Желания
п-ов Новый
п-ов Матусевича
зал. Русанова
зал. Седова
губа Машигина
губа Крестовая
зал. Медвежий
о. Митюшев
губа Грибовая
зал. Литке
зал. Шуберта
п-ов Гусиная Земля
м. Сев. Гусиный Нос
м. Юж. Гусиный Нос
прол. Костин Шар
о. Междушарский
о. Круглый
оз. Нехватова
губа Черная
о. Бол. Олений
о. Кусова Земля
о. Колгуев
Поморский прол.
Сенгейский прол.
о. Сенгейский
о. Ловецкий
коса Восточные Плоские Кошки
Варандей
Печорская губа
1:3 800 000

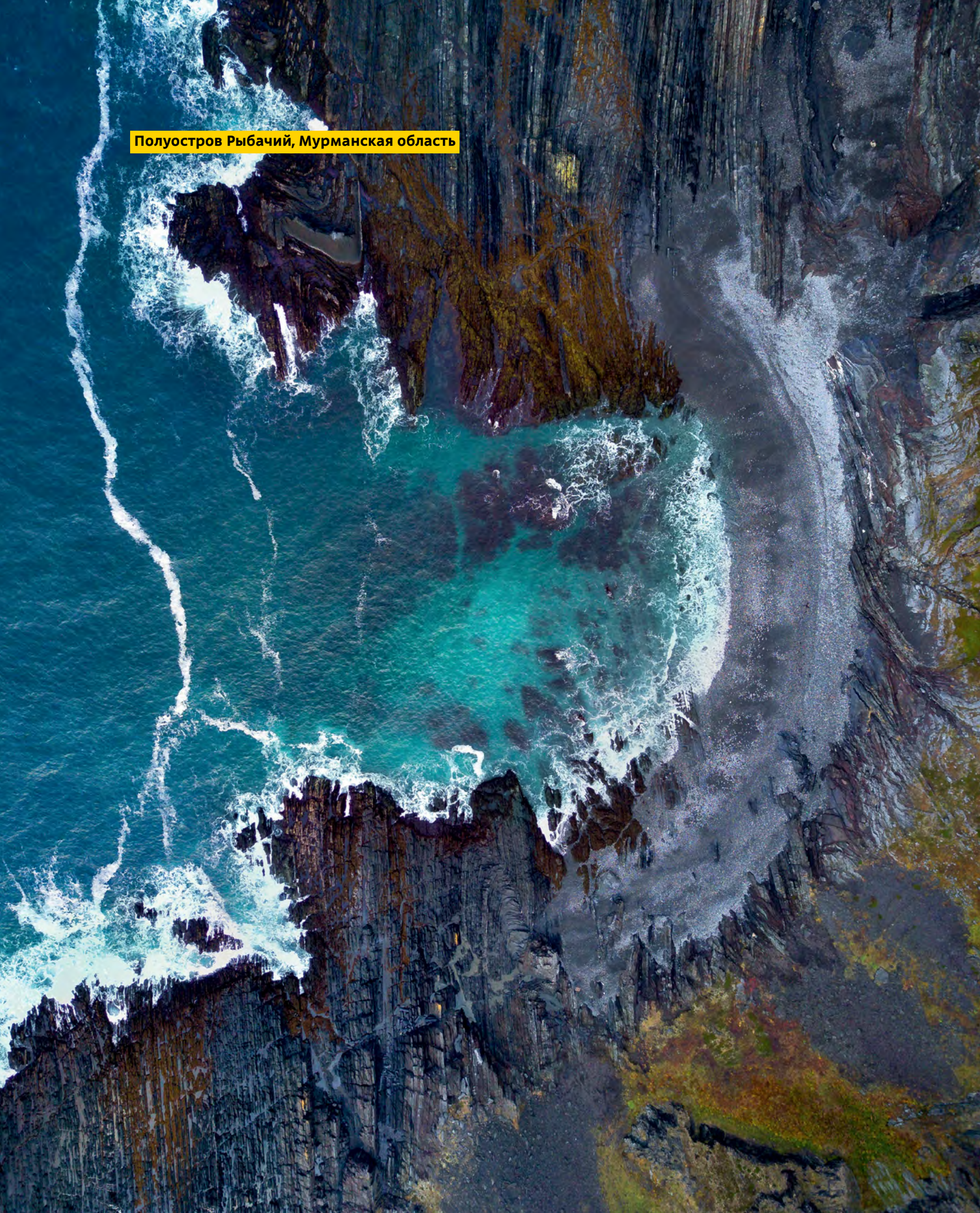
Указатель географических названий

Абелёйа, о. I
Абросимова, р. В
Адмиралтейства, п-ов II, В
Айновские, о-ва А
Артура, о. II
Байдарацкая, губа VI
Баргоутный, м. А
Баренца, о. I
Бармин, м. Б
Бёк-фьорд, зал. А
Белый Нос, м. В
Белый, о. I
Бельковская, губа В
Бельковский Нос, м. В
Бельсунн, зал. I
Берха, о. В
Бизекова, м. В
Бол. Волоковая, губа А
Бол. Губистая, р. Б
Бол. Зеленец, о. VI, В
Бол. Кармакульская, губа В
Бол. Кия, р. Б
Бол. Ледяной, м. В
Бол. Лямчин Нос, м. VI, В
Бол. Надтей, р. Б
Бол. Нгою, р. В
Бол. Олений, о. В
Бол. Пула, р. Б
Бол. Талата, р. В
Бол. Тоенато, оз. В
Бол. Цинковый, о. В
Бол. Янгыта, р. Б
Бол. Ярней, р. Б
Болванская, губа В
Болванский Нос, м. IV, В
Большая Имандра, оз. А
Большевик, м. IV, В
Большеземельская тундра VI
Большое, оз. Б
Бортен, м. I
Брандта, зал. В
Британский канал, прол. II
Брюса, о. II
Бурливый, м. В
Бэра, м. В
Вадега, р. В
Вайгач, о. IV, В
Ванчей, м. Б
Варангер, п-ов А
Варангер-фьорд, зал. III, А
Варандейская, губа В
Варзина, р. А
Варзуга, р. А
Варзуга, р. V
Варнека, м. В
Великая, р. Б
Великий Нос, м. Б
Вельт, р. Б
Вер. Бутакова, р. В
Вижас, р. Б
Визе, м. В
Вийдефьорд, зал. I
Виктория, о. I
Вилькицкого, зал. В
Волонга, р. Б
Воронов Нос, м. В
Воронья, губа А
Воронья, р. V, А
Ворьема, м. А
Вост. Лица, р. А
Восточные Плоские Кошки, коса Б, В
Вудфьорд, зал. I
Входной, м. В
Выходной, м. В
Вялозеро, оз. А
Галла, м. В
Гессена, м. В
Гидрограф, м. В
Глазова, губа В
Голая Сопка, м. Б
Горбовы, о-ва II, В
Горелка, м. В
Горносталья, губа Б
Гребень, м. VI, В
Грибовая, губа В
Грэм-Белл, о. II
Губистая, р. Б
Гукера, о. II
Гуляевские Кошки, о-ва VI, В
Гусиная Земля, п-ов IV, В
Гусиная, банка IV
Двинская, губа V
Демидовская, банка III
Джексона, о. II
Дмитриева, м. В
Долгий, м. В
Долгий, о. VI, В
Ева-Лив, о. II
Енозеро, оз. А
Желания, м. II, В
Железный, м. Б
Зап. Лица, р. А
Зап. Лудоватый Нос, м. Б
Зап. Шпицберген, о. I
Западные Плоские Кошки, коса Б
Западный, желоб III
Захребетная, губа В
Земля Александры, о. II
Земля Вильчека, о. II
Земля Георга, о. II
Земля Короля Карла, о-ва I
Земля Принца Карла, о. I
Земля Франца-Иосифа, арх. II
Зимний берег VI
Зубковская, губа А
Зюйдкапский, желоб I
Ивановская, губа А
Икча, р. Б
Ингозеро, оз. А
Индига, р. Б
Индигская, губа Б
Иностранцева, зал. В
Иоканьга, р. А
Исфьорд, зал. I
Кандалакшский, зал. V
Канин Камень возв. Б
Канин Нос, м. VI, Б
Канин, п-ов VI, Б
Канинская тундра Б
Канинский берег VI
Кара, р. VI
Карелка, р. В

Карла-Александра, о. II
Карские Ворота, прол. IV, В
Кембридж, прол. II
Кереть, оз. V
Кильдин, о. V, А
Кильдинский, прол. А
Кица, р. А
Клокова, м. В
Клюв, м. II
Клятны, м. А
Княжегубское, вдхр. V
Кола, р. А
Колгуев, о. VI, Б
Колозеро, оз. А
Колоколкова, губа В
Колоколковский Нос, м. В
Колпакова, м. В
Кользат, м. II
Кольский, зал. V, А
Кольский, п-ов V
Конгсёйа, о. I
Константиновкий, м. В
Конушин, м. Б
Конушинская Корга, м. Б
Коровий Нос, м. А
Коровинская, губа В
Коротаиха, р. VI, В
Костин Нос, м. В
Костин Шар, прол. IV, В
Крашенинникова, м. В
Кремнистый, м. В
Крестовая, губа В
Крестовый, м. А
Кривошенца, зал. В
Крокодил, п-ов В
Кругловского, м. В
Крутой, м. В
Кузнецкая, губа В
Кузнецкий Нос, м. В
Кулой, р. VI
Кумское, вдхр. V
Кусов Нос, м. IV, В
Кусова Земля, о. В
Кутузова, м. В
Кушакова, м. В
Лабаханъяха, р. В
Лава, м. В
Лагышев, м. Б
Лапин Нос, м. В
Ледниковый, м. В
Ледовой разведки, м. II
Лемана, м. В
Ли Смит, м. I
Линне, м. I
Ли-Смита, о. II
Литке, зал. В
Литке, м. II, В
Литке, п-ов II, В
Лицкий, м. А
Ловецкий, о. В
Ловозеро, оз. А
Логёйа, о. I
Лудоватый, м. Б
Луиджи, о. II
Лумбовский, о. VI
Лыльйок, р. А
Лявозеро, оз. А
Лямчин, п-ов В
Магерёйа, о. III
Мадаха, р. Б
Майнаволок, м. А
Макарова, м. В
Мал. Волоковая, губа А
Мал. Зеленец, о. В
Мал. Кия, р. Б
Мал. Ледяной, м. В
Мал. Лямчин Нос, м. В
Мал. Румяничный, м. Б
Малоземельская тундра VI, Б
Масленникова, м. II, В
Матвеев, о. VI, В
Маточкин Шар, прол. IV, В
Матуйсаля, м. Б
Матусевича, п-ов В
Машигина, губа В
Медвежий, зал. В
Медвежий, м. В
Медвежий, о. III
Медынский Заворот, м. В
Междушарский, о. IV, В
Мезенская, губа VI
Мезень, р. VI
Мелкий, зал. В
Меньшикова, м. IV, В
Месна, р. Б
Микулкин, м. VI, Б
Митюшев, м. В
Митюшиха, губа В
Моллера, зал. В
Море-Ю, р. В
Моржовец, о. VI
Мотовский, зал. А
Мунозеро, оз. А
Мурман, зал. В
Мурманский берег V
Мучной, м. В
Мэри-Хармсуорт, м. II
Надежды, о. I
Надтей, р. Б
Напурского, м. II
Нассау, м. В
Науньяха, р. В
Неблюйная, р. В
Незнаемый, зал. В
Немецкий, м. А
Несь, р. Б
Неупокоева, зал. В
Николая, м. В
Новая Земля, арх. IV, В
Новоземельский, трог IV, В
Новый, п-ов В
Нокуев, о. А
Норвежский, желоб III
Норденшельда, зал. В
Норденшельда, м. В
Нордкап, м. III
Нордкин, п-ов III
Нортбрук, о. II
Носияха, р. В
Нягринский Нос, м. Б
Ога, зал. В
Ольги, прол. I
Ома, р. Б
Омский, м. Б
Онежская, губа V
Опасный, м. В
Отлогий, м. II, В
Панкратьева, о. II, В
Паханческая, губа В
Пахтусова, о. В
Перевозная, губа В
Перепуск, р. Б
Пермусозеро, оз. А
Перовского, м. В
Персея, банка I
Песчанка, р. Б
Песчанка, р. (о. Колгуев) Б
Песчаное, оз. Б
Песякова, о. В
Печенга, губа А

Печенга, р. А
Печора, р. VI
Печорская, губа VI, В
Пеша, р. Б
Пильня, оз. В
Поморский, прол. VI, Б, В
Поной, р. V, А
Попова, м. Б
Прищатиница, р. Б
Прокофьева, м. В
Промойная, губа Б
Птичий, м. IV, В
Пуховая, р. В
Пуховый, зал. В
Пыртейяха, р. В
Ременка, губа Б
Рогатый, м. IV, В
Рогачева, р. В
Рожнова, м. В
Рудольфа, о. II
Русанова, зал. В
Русская Гавань, зал. В
Русский Заворот, м. В
Русский Заворот, п-ов VI, В
Рыбачий, п-ов V, А
Рыбная, р. Б
Рыбный, м. Б
Савинка, р. В
Сальм, о. II
Сарембойяха, р. В
Саханин, м. В
Саханина, р. В
Сахарова, м. В
Свенскёйа, о. I
Святаносский, зал. А
Святая Анна, трог II
Святой Нос, м. V, А
Святой Нос, м. (Печорское море) Б
Сев. Гусиный Нос, м. IV, В
Сев. Сульменева, губа В
Северная Канинская, банка IV
Северный, о. II, В
Северо-Восточная Земля, о. I
Северо-Восточный, прол. II
Седова, зал. В
Седова, зал. (Карское море) В
Седъяха, р. В
Семь Островов, арх. I
Семь Островов, о-ва А
Сенгейский, о. VI, Б, В
Сенгейский, прол. Б, В
Сенгъяха, р. В
Серебрянское, вдхр. А
Сиденснера, м. В
Сидоров, м. А
Синькин Нос, м. В
Смирнова, м. IV, В
Снопа, р. Б
Соловецкие, о-ва V
Солсбери, о. II
Софронова, губа В
Сояна, р. VI
Спидилл, м. В
Средний, п-ов А
Степового, м. В
Столбовой, м. II
Столовый, м. В
Стурёйа, о. I
Стур-фьорд, прол. I
Сувойный, м. Б
Сула, р. VI, Б
Сухая, р. А
Сухой Нос, м. IV, В
Сындото, оз. В
Сэхэюнко, р. В
Сюльте-фьорд, зал. А
Темный, м. В
Териберка, р. А
Териберская, губа А
Териберский, м. V, А
Тиманский берег VI, Б
Тиманский кряж VI
Титовка, р. А
Тонкий Нос, м. В
Торавэй, оз. Б
Ториксаля, м. Б
Трящик, м. А
Тулома, р. А
Тюанесаля, м. Б
Умбозеро, оз. А
Ура, губа А
Ура, р. А
Уральские, горы VI
Урдюжское, оз. Б
Уса, р. VI
Фадеева, м. А
Флигель, м. II
Франц-Виктория, трог II
Хабраннесет, м. А
Хайпудырская, губа VI, В
Харловка, р. А
Харъяха, р. Б
Хвостовая, р. Б
Хибины, горы V
Хинлопена, прол. I
Хорнсунн, зал. I
Хулая, р. В
Хыльчую, р. В
Центральная, банка I, III
Центральная, котловина IV
Цивольки, зал. В
Цыпнаволок, м. А
Чаева, зал. В
Чаячий, м. Б
Чекина, зал. В
Чекина, м. В
Черная, губа В
Черная, р. В
Черный, м. IV, В
Чёша, р. Б
Чёшская, губа VI, Б
Чилиявр, оз. А
Чудзъйок, р. А
Чудзъявр, оз. А
Шадровский, м. В
Шараповы Кошки, о-ва IV
Широкая, р. В
Шпицберген, арх. I
Шпицбергенская, банка I
Шуберта, зал. В
Эдж, о. I
Энгозеро, оз. V
Югорский Шар, прол. VI, В
Юж. Гусиный Нос, м. В
Юж. Сульменева, губа В
Южные Плоские Кошки, коса Б
Южный, м. I
Южный, о. IV, В
Яжма, р. Б
Ярейю, р. В
Ярнисаля, м. Б
Ярнышная, губа А
Ярнышный, м. А

Рассвет на архипелаге Шпицберген



Полуостров Рыбачий, Мурманская область

Предисловие

Баренцево море относится к окраинным шельфовым морям. Оно расположено на западной окраине широкого евразийского шельфа Арктики. На западе оно граничит с Норвежским морем, через которое в акваторию свободно поступают североатлантические воды. Крупные архипелаги — Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, не препятствуют водообмену с океаном ни с севера, ни с запада. На востоке вытянутый в меридиональном направлении архипелаг Новая Земля отделяет Баренцево море от морей Сибирской Арктики. Географическое положение и орография моря определяют его режим как пограничный между морями бореальной зоны и арктическими. Структура течений и рельеф дна задают отчетливый градиент условий в направлении с юго-запада на северо-восток, проявляющийся и в температурно-климатическом режиме и в распределении биоты. Наиболее отчетливо это видно на приливно-отливной зоне, где можно наблюдать переход от бореальной литорали к высокоарктической. Сложная гидрологическая структура, наличие выраженных фронтальных зон между водами с разными температурно-соленостными характеристиками обеспечивают высокую продуктивность моря, а высокая мозаичность условий в водной толще и на дне обеспечивают разнообразие видов и их комплексов в пелагиали и в бентали. Расположенное на перекрестке морских путей и обладающее большим ресурсным потенциалом, Баренцево море издавна привлекало промышленников и исследователей. В наши дни оно — один из наиболее подробно исследованных районов Арктики.

Этим изданием мы продолжаем серию «Экологические атласы морей России». В нем в традиционной для этих изданий последовательности описаны история исследований, орография моря, его климатические характеристики, особенности гидрологического режима, рельеф дна и геологическая история, состав биоты и закономерности распределения природных комплексов. Заключительные главы посвящены особенностям хозяйственной деятельности на акватории и в прибрежной зоне, описанию особо охраняемых территорий и наиболее важных для сохранения природного разнообразия участков моря. Завершает Атлас набор карт, иллюстрирующих подход к геоморфологической типизации побережий и их ранжированию с точки зрения экологической чувствительности. В основу Атласа, как и в предыдущих книгах серии, положена региональная адаптация методики оценки экологической чувствительности, разработанной IMO/IPIECA/OGP.

В Атласе приведены оригинальные данные о состоянии окружающей среды, полученные в ходе многолетних исследовательских работ по изучению экологического состояния акваторий на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море. В ходе выполнения своих лицензионных обязательств Компания ежегодно проводит комплексный экологический мониторинг на акваториях своих участков, расположенных в Баренцевом море, включающий гидрометеорологические и океанографические, химические и биологические исследования. Собранные данные позволили актуализировать ранее известные сведения и дополнить современные представления о динамике природной среды.

Результаты специальных работ по изучению морских млекопитающих, выполняющихся в рамках реализации принятой в Компании Программы сохранения биологического разнообразия морских экосистем, также нашли отражение в Атласе.

При подготовке издания мы столкнулись с необходимостью уложить большой объем накопленной за более чем полуторавековую историю систематических исследований информации в формат одной книги. Это неизбежно приводит к краткости изложения, многие интересные подробности и результаты частных исследований остаются за пределами текста. Обратиться к ним можно используя список литературы к соответствующим главам.

Данные о среде и биоте, накопленные за многие годы, позволяют отследить изменения баренцевоморской экосистемы, зависящие от глобальных океанологических процессов на длительных промежутках времени. Этот подход реализован в большинстве глав издания.

Атлас будет полезен как обзор современных знаний об основных аспектах экологии моря и как руководство для решения практических задач.

Введение

74
73
72
71
70
69
68
67
66
NOVA ZEMLA
OCEANUS
SEPTENTRI
ONALIS
Kolgoi I.
MARE
MOSCOVI
TICUM
Golf van
Bolvanaskoi
LAP
LANDT.
Geometrische of Duytsche Mylen van 15 in een Graad
Miliaria Geometrica 15 in uno Gradu.
Fransche Mylen van 20 in een Graad.
Milliaria Gallica 20 in uno Gradu.

История изучения биоты Баренцева моря

Устные лоции поморов, описывающие «морской ход» от Поморского берега Онежской губы (залива Белого моря) на архипелаги Шпицберген и Новая Земля, — это первые подробные географические описания побережья Баренцева моря [1, 2]. Героическими трудами (во всяком случае в нашем современном понимании) этих неутомимых путешественников и промысловиков были получены знания об очертаниях берегов, бухтах, якорных стоянках, ветрах, климате, позволявшие поморам уверенно находить свой путь в полярных водах. Наблюдения над природой Баренцева моря, дошедшие до нас с тех времен, ограничиваются сведениями о промысловых объектах поморов — морских млекопитающих, отчасти рыбах и птицах.

Честь составления географического описания Баренцева моря, т. е. определение координат, описание очертаний берегов, привязанных (хотя и не совсем точно) к географическим координатам, открытие и описание северной части архипелагов Новая Земля, Шпицберген, о. Медвежий и др., принадлежит Виллему Баренцу (1550–1597) — замечательному мореходу и географу, погибшему в 1597 г. у арх. Новая Земля во время своего третьего полярного путешествия [3]. Зимовка Баренца на восточном побережье арх. Новая Земля была найдена спустя почти 300 лет экспедицией Иогансена и Карлсена (Норвегия) в 1871 г.

В течение XVI–XVIII вв. Баренцево и Белое моря становятся хорошо известными мореплавателям. В некоторые годы поморы организуют более двух сотен промысловых экспедиций, которые регулярно достигают все более знакомые им архипелаги Новая Земля и Шпицберген, регулярно посещают порты Северной Норвегии [1]. Архангельск год за годом становится центром международной торговли. Баренцево море, во всяком случае побережье Кольского полуострова, уже хорошо описано и освоено мореплавателями и промышленниками. Однако достоверных научных сведений о фауне Баренцева моря, за исключением сведений о промысловых млекопитающих и нескольких видах рыб (семга, треска, навага, мойва), было очень мало.

Пожалуй, самое раннее (XVI в.) упоминание о баренцевоморских беспозвоночных имеется в житии святого Варламия Керетского [4], в котором описывается, как к Варламию в районе м. Святой Нос приплыли морские черви (судя по тексту жития, имелись в виду морские червеобразные моллюски — *Teredo navalis* — вредители корабельной древесины), и он их навсегда изгнал из Белого и Баренцева морей. По мнению А.Д. Наумова, известного специалиста по фауне северных морей, это первое описание (поэтическое) нереста многощетинковых червей — нереид.

Существенный вклад в изучение Баренцева моря внес замечательный русский ученый и путешественник А.Ф. Миддендорф, дважды побывавший на Баренцевом море. В 1840 г. он, участвуя в экспедиции К.М. Бэра, обследовал побережье Кольского полуострова от Белого моря до м. Нордкап. Собранные им зоологические коллекции послужили материалом для фундаментального труда по фауне моллюсков России (1847–1849). Второй раз А.Ф. Миддендорф побывал в Баренцевом море в 1870 г., сопровождая великого князя Алексея Александровича. Экспедиция на корвете «Варяг» посетила арх. Новая Земля и побережье Кольского полуострова. В результате выполненных наблюдений вышла статья А.Ф. Миддендорфа о роли Нордкапского течения, несущего теплую воду Гольфстрима в Баренцево море (1871). В его честь на побережье Баренцева моря названы: мыс Миддендорфа на Северном острове арх. Новая Земля, гора Миддендорфа на о. Эдж арх. Шпицберген, ледник Миддендорфа на о. Рудольфа арх. Земля Франца-Иосифа [5]. Открытие Беломорской биологической станции Императорского Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей на Соловецких островах дало сильный импульс в изучении баренцевоморской фауны. Станция работала с 1882 по 1889 г. [6], и ученые периодически совершали исследовательские поездки вдоль Мурманского берега. Примером такой работы является труд С.М. Герценштейна [7], посвященный описанию фауны моллюсков побережья Баренцева моря, в котором описано более 120 видов различных морских моллюсков.

В конце XIX — начале XX в. Баренцево море становится ареной бурного развития отечественной

XVI — XVII вв.

Промысловые экспедиции поморов к Новой Земле, на Грумант (арх. Шпицберген) и в восточную часть Баренцева моря

1882

Начало работы Беломорской биологической станции Императорского Санкт-Петербугского общества естествоиспытателей на Соловецких островах

1892

Первый рейс ледокола «Ермак» в Арктику, к берегам арх. Шпицберген

1594

Первая арктическая экспедиция Виллема Баренца к арх. Новая Земля

1840

А.Ф. Миддендорф обследовал побережье Кольского полуострова от Белого моря до м. Нордкап, участвуя в экспедиции К.М. Бэра

1899

Переезд биологической станции на Мурман в г. Александровск и начало гидробиологических работ в Кольском заливе

морской биологии. Подталкиваемый нуждами развития рыболовства, происходит значительный рост числа исследований и ученых-исследователей. Здесь работают такие выдающиеся исследователи, как Н.М. Книпович, Л.Л. Брейтфус, К.М. Дерюгин, С.В. Аверинцев, Е.Ф. Гурьянова, П.В. Ушаков, Л.А. Зенкевич, В.В. Шулейкин и многие другие, сформировавшие несколько научных школ мирового уровня. В это время в Баренцевом море проводятся исследования, выполненные на самом высоком научном уровне и до сих пор являющиеся эталоном работ по морской фаунистике, биогеографии и экологии [8, 9]. Для придания изложению большего порядка нам придется весьма условно разбить историю изучения Баренцева моря в этот период на несколько тем, которые, конечно, пересекаются друг с другом.

Комитет помощи русским поморам и Мурманская научно-промысловая экспедиция (1895–1908)

В жестокие осенние штормы 1894 г. на Белом море погибли десятки возвращавшихся с промысла поморских судов. Сотни рыбацких семейств в десятках деревень, разбросанных по побережью Белого моря, осиротели и лишились источников существования. Проведение промыслов в следующем 1895 г. оказалось под вопросом, потому что потеря судов привела к разорению многих владельцев. В связи с этим Санкт-Петербургское отделение Императорского Общества для содействия русскому торговому мореходству образовало Комитет помощи поморам Русского Севера. Император Николай II разрешил открыть сбор пожертвований для пострадавших

1905

К.М. Дерюгин публикует фундаментальную монографию «Фауна Кольского залива и условия ее существования»

1923

Первый рейс научно-исследовательского судна «Персей»

1989

Перевод Мурманского морского биологического института из пос. Дальние Зеленцы в г. Мурманск

2014

Начало изучения видов-биоиндикаторов

1900

Первая съемка на разрезе «Кольский меридиан» выполнена Мурманской научно-исследовательской экспедицией под руководством Н.М. Книповича

1921

Создан Плавучий морской научный институт (Плавморнин)

1933

Создание Полярного института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО)

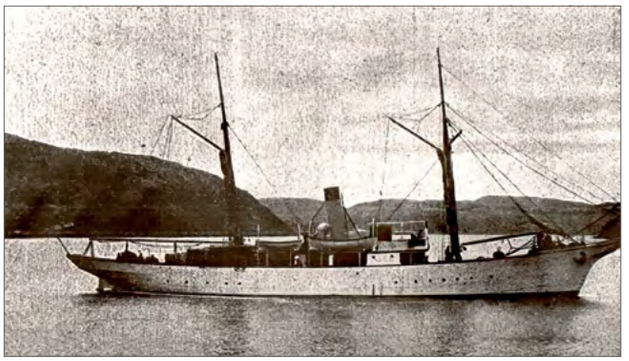
2012

Начало исследований ПАО «НК «Роснефть»

поморов, а также распорядился выделить на их нужды значительную сумму. Поначалу Комитет действовал как сугубо благотворительная организация, занимаясь выплатой пенсий семьям поморов и организацией страхования поморских судов. Однако в 1896 г. был поставлен вопрос о проведении научно-промысловых исследований в Баренцевом море для того, чтобы создать научную основу организации более стабильного и выгодного промысла трески и других видов рыб. В 1897 г. подготовка такой экспедиции была поручена Николаю Михайловичу Книповичу, который к тому времени был известен участием в экспедиции 1893 г. на крейсере «Наездник» по Баренцеву и Белому морям [10], а также отчетами министерству земледелия и государственных имуществ о морских рыбных и звериных промыслах Архангельской губернии [11–14].

В 1897 г. план работ экспедиции был утвержден. Н.М. Книпович убедил Комитет в необходимости выделить для проведения экспедиции специальное судно. Средств, собранных Комитетом для помощи поморам Русского Севера, оказалось достаточно не только для организации базы экспедиции в г. Александровске (ныне г. Полярный), но и для постройки и оборудования специального двухмачтового парусно-парового судна, названного «Андрей Первозванный». Это было первое в Европе судно, специально построенное для научно-промысловых исследований и оборудованное всем необходимым для работы с промысловыми орудиями лова. Большим преимуществом был установленный на судне трал новейшей конструкции. В западно-европейских странах «Андрей Первозванный» послужил образцом для подобных судов.

Пристань города Александровска

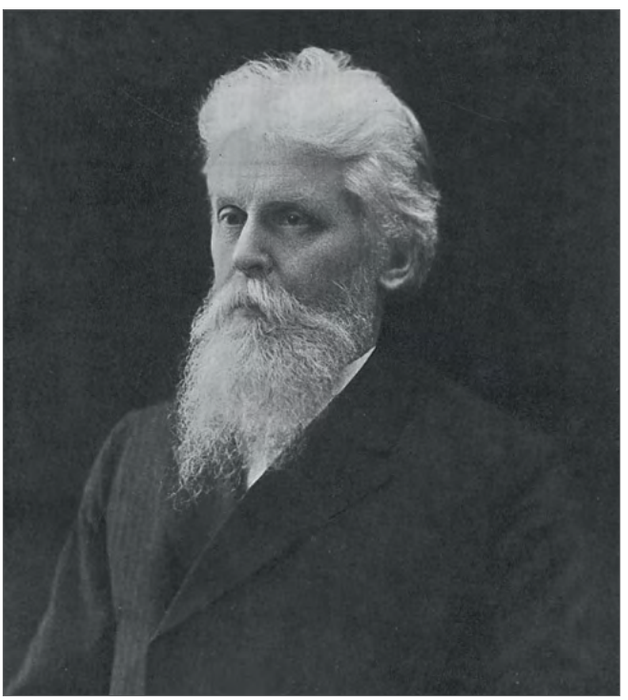


Судно «Андрей Первозванный», 1899 г. (фото из архива Л.И. Москалева)

Поморское рыболовство в конце XIX — начале XX в. оказалось в довольно трудном положении [1, 2, 15]. Демаркация государственной границы между Россией и Норвегией лишила поморов возможности лова в богатых рыбой районах Варангер-фьорда, промысел морских млекопитающих по разным причинам стал гораздо менее активным. В то же время лов трески вдоль восточного побережья Мурмана был очень нестабильным и часто оставлял рыбаков без существенных заработков. Дело в том, что поморский промысел трески в то время был исключительно прибрежным. При ярусном способе ловли трески поморы выходили на небольших судах в прибрежные районы Баренцева моря (всего несколько миль от берега) и ставили ярусы — длинные веревки, к которым по всей длине были привязаны короткие лески с крючками. На крючки, которых были сотни на каждой снасти, насаживалась наживка — мелкая рыбка мойва, и вся снасть опускалась на дно. Треска, будучи рыбой, питающейся у дна, хватала мойву и оказывалась на крючке. Через несколько часов после постановки снасти рыбаки вытягивали весь ярус на судно и возвращались к берегу. Таким образом, для успешного промысла нужно было, чтобы к берегу вовремя подошла мойва, необходимая для наживки, а затем и треска. Главная беда была в том, что и та, и другая рыба то приходила к берегу, то куда-то исчезала по неизвестным причинам. Случалось, что уловов не было в течение целого сезона.

Перед Мурманской научно-промысловой экспедицией было поставлено несколько задач. Одна, как казалось поморам-промысловикам, основная — дать прогноз подходов рыбы к побережью Кольского полуострова, а другая — исследовать гидрологическую структуру Баренцева моря с тем, чтобы объяснить причины и маршруты миграций трески, а также найти новые районы промыслов. Н.М. Книповичу и другим ученым (в частности, большую роль в постановке научных задач экспедиции сыграл Н. А. Варпаховский) удалось убедить Комитет, что для настоящего решения вопросов прогноза и планирования промысловой жизни необходимо не буквально следовать запросам промысловиков, но развернуть широкие научные исследования гидрологической и биологической структуры Баренцева моря.

В качестве начальника Мурманской научно-промысловой экспедиции Н.М. Книпович выдвинул на первое место в ее работе научные задачи, полагая, что только после глубокого и всестороннего изучения биологии объектов промысла можно будет переходить к собственно практическим вопросам, а затем организовать промысел на основании



Н.М. Книпович

этих данных. Для того чтобы знать, когда, где, какую рыбу ловить, необходимо знать условия жизни рыбы в море, поэтому в своей долгосрочной программе он начал с гидрологии. Экспедиция работала под руководством Н.М. Книповича с 1899 по 1902 г. За это время удалось сделать почти полную океанографическую съемку Баренцева моря, дополненную проведенными в то же время работами адмирала С.О. Макарова на ледоколе «Ермак», который в 1901 г. исследовал северо-восточную часть Баренцева моря. В 1900 г. Н.М. Книповичем были спланированы и впервые проведены исследования на стандартном разрезе, который впоследствии был назван разрезом по «Кольскому меридиану» — от Кольского залива по меридиану на север до 75° с. ш., а затем на восток до арх. Земля Франца-Иосифа и назад к Кольскому заливу. Ежегодные наблюдения на этом разрезе продолжаются уже 120 лет практически без перерывов и на сегодня являются самым длинным рядом непрерывных гидрологических наблюдений.

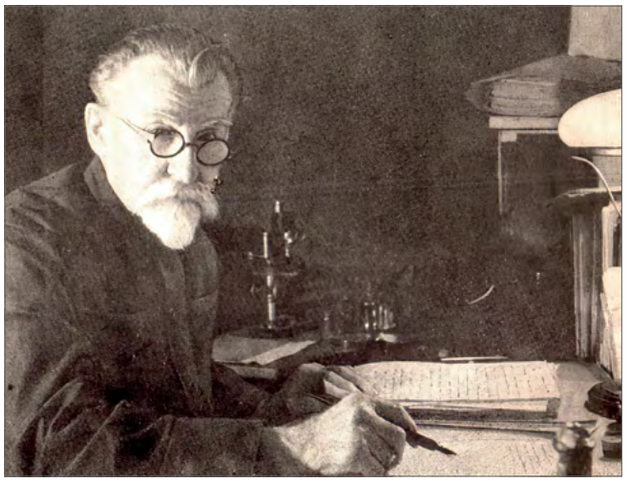
Анализ гидрологической структуры и распределения рыбы в Баренцевом море показал, что треска в массе следует в русле флуктуирующих струй теплых вод Нордкапского течения, идущих из Норвежского моря вдоль Скандинавского полуострова. Течения имеют характерную сезонную динамику и многолетнюю изменчивость. Было показано, что подход рыбы к побережью был обусловлен подходом этих теплых вод к побережью. Если эти течения отклонялись к северу, то у побережья рыбы не было. Работы Мурманской научно-промысловой экспедиции фактически заложили основы промысловой океанологии. Н.М. Книпович становится представителем России в Международном Совете по исследованию морей (International Council for the Exploration of the Sea, ICES), организованном в 1902 г. В рамках участия России в этом международном проекте Н.М. Книпович планирует регулярные работы экспедиции по «Кольскому меридиану». По материалам исследований экспедиции в 1906 г. Н.М. Книпович публикует фундаментальную работу «Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана» [16]. Не менее важными были данные о перспективах тралового промысла трески в Баренцевом море [17]. С 1903 по 1908 г. работами экспедиции руководит гидролог Леонид Львович Брейтфус. Экспедиция продолжает активные океанографические и ихтиологические исследования, параллельно пытаясь выполнить обязательства Комитета помощи русским поморам по благотворительности в становищах и деревнях. После 1908 г. работы экспедиции в силу финансовых трудностей и растущих разногласий в Комитете

Город Александровск

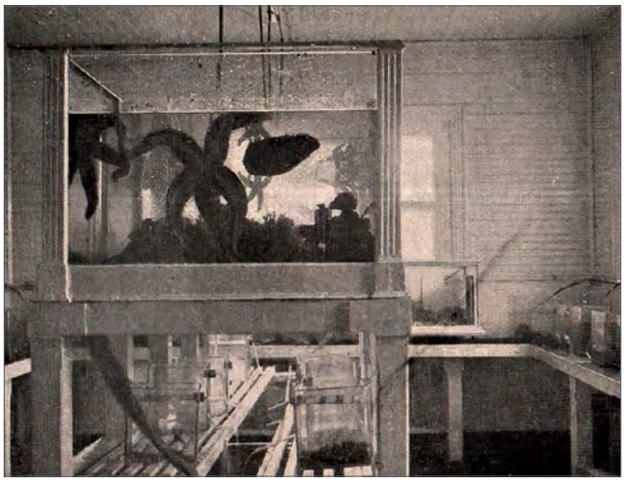
Морская биологическая станция в городе Полярный, 1925 г. (фото из архива Н.В. Мироновой)

прекращаются. За годы исследований был собран значительный объем коллекционных материалов по фауне Баренцева моря, однако их обработка и публикация шли не очень быстро. Так, к 1915 г. было опубликовано всего несколько фаунистических работ, посвященных животным Баренцева моря: А. Бируля — десятиногие ракообразные [18], А.К. Линко — простейшие [19], А. Редикорцев — асцидии [20], Н.М. Книпович — рыбы [21]. Дальнейшую работу приостановили Первая мировая война и революция в России.

Работы Мурманской научно-промысловой экспедиции показали, что у рыбных промыслов в Баренцевом море имеется огромный неиспользованный потенциал — это возможность тралового промысла в районах, удаленных от береговой линии Кольского полуострова, где до того времени был исключительно сконцентрирован поморский промысел. По следам работ судна «Андрей Первозванный» в Баренцево море стали заходить траулеры, принадлежавшие владельцам из разных европейских стран. В то время своих траловых судов (за исключением единиц) в руках поморских рыбаков не было. Первые рыболовные траулеры появились в Мурманске во время Первой мировой войны. Они были куплены в основном в Аргенти-



Г.А. Клюге



Аквариальная Мурманской биологической станции

не, отчасти модифицированы в Англии и перешли в Мурманск для борьбы с минами, которые ставили германские военные суда и подводные лодки. После окончания военных действий эти суда (всего таких траулеров было 13) сразу были вовлечены в траловый промысел [22, 23]. Специалистам стало ясно, что открытие большого объема промысловых запасов на банках Баренцева моря — дело ближайшего времени.

Мурманская биологическая станция и исследования К.М. Дерюгина

В 1899 г. Императорское Санкт-Петербургское общество естествоиспытателей было вынуждено закрыть биологическую станцию на Соловках. Было решено перенести станцию в еще только готовившийся к открытию г. Александровск в Екатерининской гавани Кольского залива. Имущество станции было эвакуировано в Архангельск, а потом отправлено в г. Александровск, куда пароход с будущими первыми сотрудниками — основателями станции, прибыл за два дня до официального открытия города. Это были сотрудники Санкт-Петербургского университета Дмитрий Дмитриевич Педашенко и Александр Кельсиевич Линко, которым помогал Константин Михайлович Дерюгин, бывший тогда еще студентом. Здания станции пока не существовало, и предстояло выбрать место для его постройки. Усилиями А.К. Линко и Д.Д. Педашенко при деятельной поддержке губернатора Архангельской губернии Александра Платоновича Энгельгарта было заложено сначала первое основное здание, а затем здание для технических сотрудников станции. Официально станция была открыта в 1904 г., когда было построено и полностью оборудовано основное лабораторное здание, однако работы по исследованию фауны Кольского залива были начаты еще в 1899 г., как только удалось купить первые шлюпки [24–27]. Строительством и работой Мурманской биологической станции руководили А.К. Линко (1899–1902), К.М. Дерюгин (1903–1904), С.В. Аверинцев (1904–1908), а с 1908 г. и до ее закрытия в 1933 г. станцией руководил Г.А. Клюге, один из ведущих специалистов по мшанкам [28]. Станция быстро развивалась как центр изучения фауны Баренцева моря и в первую очередь Кольского залива, а также как база для экспериментальных исследований в области физиологии и эмбриологии морских животных. Решающую роль в организации работы по изучению фауны Кольского залива, распределению видов животных и сообществ донной фауны, а также изучению ее биогеографического облика сыграл К.М. Дерюгин. В 1903–1904 гг. он организует регулярную съемку бентоса в Кольском заливе, придавая очень большое значение точности определения географических координат тралений, что было совершенно необычно в то время. Для этого на

Пристань Мурманской биологической станции

окружающих сопках в районе бентосных работ располагались наблюдатели, которые по команде с судна пеленговали его положение с трех точек, что позволяло точно определить координаты места траления. Это была пионерная практика для того времени, дававшая возможность не только точно определять границы различных сообществ на дне губы, но и при необходимости повторить траление точно в том же месте. Знать точные координаты тралений было важно в практическом плане, поскольку это позволяло стабильно добывать животных, необходимых для тех или иных исследований. Бентосные работы были продолжены в 1908 г., после того как биостанция получила специально спроектированное для научной работы парусно-моторное судно «Александр Ковалевский», построенное в Санкт-Петербурге [29–32].

В 1915 г. К.М. Дерюгин публикует фундаментальную монографию «Фауна Кольского залива и условия ее существования», которая до сих пор является эталоном фаунистических исследований [9]. Публикация этой работы явилась настоящим событием для отечественной и мировой гидробиологии. Монография основана на материале, собранном с 277 станций [33], и включает в себя список более чем 1000 видов, анализ распределения донной фауны в Кольском заливе и биогеографическую характеристику. Все последующие исследования Баренцева моря уже отталкивались от этого солидного фундамента. Работа явилась катализатором целой эпохи дальнейших исследований фауны морей Русского Севера. В значительной степени эти исследования разворачиваются на базе Мурманской биологической станции, которая под руководством А.Г. Клюге становится центром морской биологии международного уровня и признания [34]. Станция восстанавливается после Первой мировой и гражданской войн, когда она была закрыта, и продолжает успешно работать сначала в составе Ленинградского (Санкт-Петребургского) общества естествоиспытателей, потом как самостоятельный институт и, наконец, в составе Государственного гидрологического института (ГОИН) [6].

Экспедиция для исследования рыбных промыслов Северного Ледовитого океана С.В. Аверинцева (1918–1919)

В 1918 г. в Архангельске, в тот момент занятом английскими войсками, была организована Северная научно-промысловая ассоциация, ставившая целью своей деятельности координацию работ по освоению природных богатств Севера. Экспедиция под руководством Сергея Васильевича Аверинцева, к тому времени известного на Севере морского биолога, должна была стать «пробным камнем» в работе Ассоциации. Планировалось два направления работы: исследование прибрежного промысла на становищах вдоль побережья Кольского полуострова (руководитель профессор Ф.А. Спичаков при участии зоолога Б.Н. Шапошникова) и траловая экспедиция под руководством самого С.В. Аверинцева на траулере «Дельфин» (в недавнем прошлом «Объединение»), одном из траулеров аргентинского происхождения, переданном Северной научно-промысловой ассоциации как экспедиционное судно. Береговая партия работала летом на побережье Мурмана и к осени 1918 г., ввиду хаоса, была вынуждена свернуть работу. «Дельфин» в 1918 и 1919 г., базируясь в Архангельске, совершил 6 рейсов, обследуя в основном Канинские банки и Святоносскую банку. Окончание последнего научного рейса «Дельфина» совпало с уходом из Архангельска английских войск. После эвакуации в апреле 1920 г. правительства Миллера Архангельск был занят Красной армией. Материалы экспедиции были утеряны, а судьба С.В. Аверинцева в течение двух лет была неизвестна. Однако копия отчета о результатах экспедиции была найдена у капитана «Дельфина» и опубликована в 1920 г. [35], очевидно, без ведома самого автора. Результаты экспедиции еще раз подтвердили, что северные рыбные промыслы имеют огромные перспективы.

Северная научно-промысловая экспедиция

В первые годы советской власти сразу возобновляются работы по исследованию биоты Баренцева моря. Советское правительство, понимая необходимость развития рыболовства в Баренцевом море, поддерживает различные экспедиционные инициативы и создает научные учреждения, призванные дать промыслу прочную научную основу.

Северная научно-промысловая экспедиция (С.Н-П.Э) — научно-исследовательская организация для изучения арктических территорий России, была создана в соответствии с постановлением Высшего Совета народного хозяйства (ВСНХ) от 04.03.1920 (декрет подписал В.И. Ленин). Первым ее начальником стал Р.Л. Самойлович — один из главных инициаторов и организаторов проекта. Перед С.Н-П.Э были поставлены задачи изучения природных ресурсов Севера, координация и руководство научно-практическими работами всех учреждений (независимо от их ведомственной принадлежности) от Кольского полуострова на западе до Берингова пролива на востоке.

Ученый совет экспедиции под руководством А.П. Карпинского находился в Петрограде, из морских биологов в него входили Н.М. Книпович и К.М. Дерюгин. Основным принципом работы С.Н-П.Э стало формирование отрядов, которые строились как по тематическому, так и по региональному признаку. Существовало несколько геологических отрядов, почвенно-ботанический, экономико-статистический, отряды по оленеводству, по сельскому хозяйству и др. Было создано несколько ихтиологических отрядов для исследований Баренцева, Белого и Карского морей, озер и рек Кольского полуострова. В частности, ихтиологическими работами в Баренцевом море руководил Н.М. Книпович. Первые отряды экспедиции появились на Кольском полуострове летом 1920 г., а к концу 1925 г. их насчитывалось уже 27. Велись геологические, биологические, гидрологические, ихтиологические, почвенно-ботанические, экономико-статистические и др. исследования. На правах отдельного отряда работала Мурманская биологическая станция. В эти годы были продолжены регулярные гидрологические и гидробиологические работы по «Кольскому меридинану» [36, 37]. В 1922–1924 гг. проведено несколько рейсов по масштабному исследованию фауны Белого моря, которые привели к выходу в 1928 г. классической работы К.М. Дерюгина «Фауна Белого моря и условия ее существования» [38]. В рамках работ отрядов С.Н-П.Э велись фаунистические исследования на арх. Новая Земля и в Печорском море [38].

В 1925 г. Северная научно-промысловая экспедиция была переименована в Институт по изучению Севера, в 1930 г. во Всесоюзный арктический институт (с 1958 г. Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, ААНИИ).

Плавучий морской научный институт

Для проведения исследовательских работ в северных полярных морях 10 марта 1921 г. был подписан правительственный декрет о создании Плавучего морского научного института (Плавморнин), подчиненного Народному комиссариату просвещения (Наркомпросу). Научной базой Института стал Московский государственный университет, экспедиционная база находилась в Архангельске. Руководителем Института был назначен сотрудник МГУ, зоолог, в прошлом революционер И.И. Месяцев. Среди организаторов Института и активных участников экспедиций были зоолог и гидробиолог, впоследствии заведующий кафедрой зоологии беспозвоночных МГУ Л.А. Зенкевич, известные биологи В.В. Алпатов, А.А. Шорыгин, С.А. Зернов, В.А. Яшнов и др. В 1921 г. Плавморнин организовал первую экспедицию в Баренцево и Карское моря на ледокольном пароходе «Малыгин», который в основном обеспечивал транспортные операции по Северному морскому пути (в частности, Сибирскую хлебную экспедицию 1921 г.). Результаты этого рейса показали, что для эффективной организации научной работы необходимо специальное судно, и осенью 1922 г. такое судно было найдено. Институту была передана недостроенная зверопромышленная шхуна с тем, чтобы переоборудовать ее в исследовательское судно, и в августе 1923 г. новое научное судно «Персей» вышло в свой первый рейс. На мачте «Персея» появился синий флаг с семью звездами, изображавшими контур созвездия Персея. Флаг был изготовлен по проекту сотрудника Плавморнина, художника В.М. Голицина [39]. Этот флаг и сейчас носят суда флота Всероссийского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).

Судно «Александр Ковалевский»

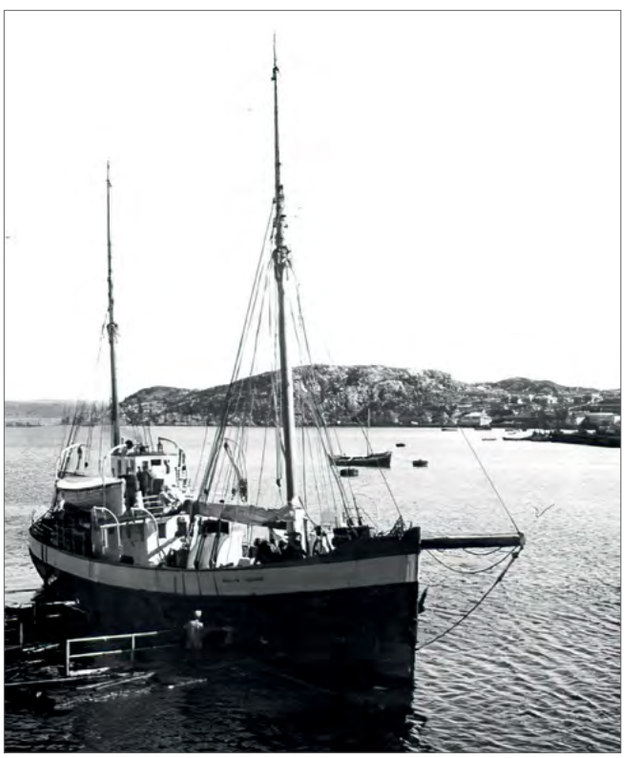
Рейсы Плавморнина существенно отличались от экспедиций С.Н-П.Э. С самого начала они планировались как комплексные океанографические экспедиции, в которых на борту судна одновременно работали не только биологи, но и геологи и гидрологи. Л.А. Зенкевич и его сотрудники впервые в акваториях СССР использовали орудия для количественного пробоотбора донного населения. Исследование количественного развития донной фауны должно было, помимо прочего, дать сведения о кормовой базе рыб, питающихся донными животными. Это были основные объекты баренцевоморского промысла: треска, пикша, камбала. В рейсах «Персея» принимал участие большой коллектив ученых разных специальностей: биологи Л.А. Зенкевич, В.В. Алпатов, А.А. Шорыгин,

Первый прогулочный выезд на судне «Николай Книпович», 1928 г.

В.А. Яшнов, Р.Г. Лейбсон, В.А. Броцкая, В.Г. Богоров, И.И. Месяцев; гидрологи во главе с Н.Н. Зубовым; геологи Т.И. Горшкова и М.В. Кленова; океанолог и физик моря В.В. Шулейкин и др. [39]. Эти исследователи вскоре возглавят советскую океанологию. Начиная с 1923 г. «Персей» ежегодно совершает несколько рейсов, занимаясь планомерным изучением Баренцева моря, его течений, геологического состава и рельефа дна, пелагической и донной фауны, биологии промысловых рыб.

В 1929 г. Плавучий морской институт был реорганизован в Государственный океанографический институт (ГОИН) и передан из Наркомпроса в систему Гидрометеорологического комитета при Совете народных комиссаров СССР. В состав ГОИНа, помимо Плавморнина, вошла Мурманская биологическая станция со своими судами, а также ихтиологическая биостанция (база) в губе Порчниха. Директором Института стал И.И. Месяцев. Институт, экспедиционная база которого до этого была в Архангельске, получил новую базу в незамерзающем порту на Мурманском побережье. Флот института был увеличен за счет судов Мурманской биологической станции «Александр Ковалевский» и «Николай Книпович», кроме этого, было получено еще одно судно-траулер «Дельфин» — тот самый, на котором в 1918 г. проводил экспедицию С.В. Аверинцев. После аварии и гибели «Дельфина» ГОИНу был передан более мощный траулер «Двина».

Задачи нового Института были существенным образом направлены на решение практических задач. В 1929 г. началась первая пятилетка, и мурманский Севгосрыбтрест не справлялся с ежегодно растущими запросами на объем вылова рыбы, к тому же в 1929 г. большая часть специалистов-ихтиологов этой организации была репрессирована [40]. Поэтому промысловая разведка и прогнозы промысла были возложены на реорганизованный ГОИН. Институт продолжал океанологические исследования, но задачи промысловой разведки по договору с Севгосрыбтрестом с каждым годом занимали все большую часть работы Института [39]. В 1930 г. плановые рыбопромысловые исследования, проводимые на «Персее» и других судах ГОИНа, дали прекрасные результаты: в декабре во время очередного рейса «Персея» были обнаружены



Судно «Николай Книпович»

Судно «Персей»

огромные запасы трески на Гусиной банке, за что экипаж судна и научный состав были награждены специальной премией [39]. Однако официальным «открывателем» промыслового района на Гусиной банке в апреле 1931 г. считается капитан другого судна ГОИНа — траулера «Двина», А.А. Егоров, именем которого названа одна из улиц г. Мурманска. Таким образом, работы Плавморнина, а затем ГОИНа продолжили исследования, так успешно начатые Н.М. Книповичем в начале XX в., а затем С.В. Аверинцевым в 1918 г.

С 1 августа 1932 г. по 31 августа 1933 г. проходил Второй Международный полярный год. Международный комитет запланировал целый ряд экспедиций в Антарктику и Арктику [41]. Исследования в Баренцевом море, на разрезах от м. Нордкап к архипелагам Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и в Карском море, проведение которых взял на себя Советский Союз, в основном были выполнены на судах ГОИНа «Персей» и «Николай Книпович». Это были несколько рейсов, проходивших в разные сезоны года и давших важные результаты для понимания структуры и динамики водных масс в этой части полярного океана [39].

В августе 1933 г. почти весь научный и технический состав ГОИНа, сотрудники Мурманской биологической станции, ученые, связанные в своей работе со станцией и рейсами судов ГОИНа (в их числе и Л.А. Зенкевич), капитаны и другие члены команд «Персея» и «Николая Книповича» были арестованы по делу о вредительстве в ходе научно-промысловых исследований. Мурманская биологическая станция в г. Александровске была закрыта, а ГОИН преобразован в Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) с базой в г. Мурманске, где он существует и сегодня [39]. В 1943 г. приказом Главного управления гидрометеослужбы Красной армии на базе морского отдела Государственного гидрологического института был вновь организован Государственный океанографический институт. В 1947 г. его возглавил участник первых рейсов «Персея» океанолог Н.Н. Зубов. В наши дни это Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова Росгидромета (ГОИН).

В 1939 г. был опубликован IV том трудов ВНИРО, посвященный результатам 50 рейсов экспедиционного судна «Персей». Большинство статей, опубликованных в сборнике, были основаны на материалах, полученных до 1933 г. В него вошли несколько больших статей, посвященных анализу количественного распределения обитателей пелагиали и дна Баренцева моря. Основу сборника составил материал, собранный на почти 500 станциях, охвативших все Баренцево море, где были взяты количественные пробы донного населения (бентоса) и зоопланктона. В масштабе целого моря это было сделано впервые в мире. Статьи В.А. Броцкой и Л.А. Зенкевича «Количественный учет донной фауны Баренцева моря» [42], В.А. Яшнова и В.Г. Богорова, посвященные анализу распределения зоопланктона по сезонам и по районам моря [43–45], стали эталоном гидробиологических исследований. В том же томе опубликованы фундаментальные результаты о питании основных промысловых рыб Баренцева моря и работы по особенностям стайного поведения рыб на разных стадиях развития. Таким образом, в этой книге описаны донные и пелагические сообщества, проведено районирование моря исходя из его биологической структуры и показаны функциональные, пищевые связи между донным населением и рыбами. Публикация этого тома стала такой же важной вехой в истории изучения Баренцева моря, как и монография К.М. Дерюгина 1915 г. [9].

В знаменитой монографии Л.А. Зенкевича «Фауна и биологическая продуктивность моря. Ч. II. Моря СССР » [46] в главе о Баренцевом море автор указывает, что это море изучено лучше, чем какое-то другое море в мире, что, конечно, во многом явилось результатом работы сотрудников Плавморнина и ГОИНа в 1923–1933 гг. В целом вся деятельность Плавморнина и ГОИНа по исследованию биологии Баренцева моря дала научную основу для открытия новых перспективных районов промысла и быстрого развития рыболовства в Баренцевом море.

Мурманская биологическая станция в пос. Дальние Зеленцы, Мурманский морской биологический институт АН СССР — РАН

Прекращение работы Мурманской биологической станции в г. Александровске в 1933 г. и организация в этом районе базы ВМФ СССР лишило биологов

Слева направо: С.А. Ковардаков, К.М. Хайлов, С.Е. Завалко. Экспериментальный плотик с ламинарией. Начало 1980-х гг. (фото из архива С.А. Хайлова)

различных специальностей какой бы то ни было базы для проведения экспериментальных исследований на морских животных в северных морях СССР. В связи с этим уже осенью этого года был поставлен вопрос о необходимости оборудования такой базы на Баренцевом море. Инициатором и энтузиастом этого проекта стал М.Е. Крепс — в то время заведующий лабораторией сравнительной физиологии во Всесоюзном институте экспериментальной медицины (ВИЭМ). При поддержке руководства Академии наук СССР и правительства была организована специальная экспедиция для выбора места новой биологической станции. Группа, в которую вошли Е.М. Крепс, К.М. Дерюгин, архитектор А.Ф. Рюмин, Е.Ф. Гурьянова, летом 1934 г. выехала на Мурман. В результате этой поездки было выбрано и утверждено место строительства новой биологической станции — бух. Оскара в пос. Дальние Зеленцы.

Вскоре было принято правительственное решение о проектировании и строительстве Станции. Предполагалось, что это будет отдельное научное учреждение Академии наук СССР, которое призвано работать в следующих направлениях:

1) общие проблемы океанологии;

2) систематические наблюдения за изменениями фауны и флоры в связи с общими колебаниями климатических и гидрологических условий (мониторинг);

3) изучение пищевых связей и экологии морских организмов в природных и экспериментальных условиях; изучение вопросов продуктивности и использования природных богатств моря;

4) эволюционное изучение основных жизненных функций на богатейшем сравнительном физиологическом материале морских животных;

5) изучение вопросов эволюционной морфологии, эмбриологии;

6) изучение круговорота основных веществ в Баренцевом море в связи с микробиологическими процессами;

7) сравнительное изучение химического элементарного состава морских организмов.

Предполагалось, что Станция будет иметь штат в количестве примерно 30 научных сотрудников, не считая технического персонала, и готова принимать до 90 студентов одновременно. Таким образом, планировалось, что максимально на Станции будут работать 250 человек [6]. Для руководства строительством Станции была создана специальная комиссия, в которую вошли С.А. Зернов, Л.А. Орбели, В.И. Вернадский, Н.М. Книпович, К.М. Дерюгин, Л.Н. Фёдоров и Е.М. Крепс. Директором Станции стал С.А. Зернов, в то время директор Зоологического института, а заместителем (и реальным строителем Станции) П.В. Ушаков [6]. Строительство Станции началось в 1936 г., а в начале 1937 г. Президиум Академии наук СССР утвердил окончательный вариант проекта Станции. Был запланирован благоустроенный поселок, включавший 22 строительных объекта. До войны биологическая станция оставалась частью Зоологического института АН СССР.

В предвоенные годы на Станции появлялись новые сотрудники и шаг за шагом налаживалась

Мурманский биологический институт. Конец 1950-х гг. (фото из архива Л.И. Москалева)

Л.И. Москалев. Промывка бентосных проб (фото из архива Л.И. Москалева)

научная работа и работа со студентами. Научная работа шла параллельно со строительством Станции, так что первый том «Трудов» Станции был подготовлен к печати к концу 1938 г. К сожалению, в это время П.В. Ушакову под давлением директора Зоологического института С.А. Зернова пришлось уйти из Института. В 1939 г. была сдана первая очередь Станции и состоялось ее официальное открытие.

Сразу после войны Дальнезеленецкая биологическая станция начинает активно работать и развиваться. Директором Станции становится вернувшийся с фронта В.В. Кузнецов. После сессии ВАСХНИЛ 1948 г. «вне закона» оказались не только сама наука генетика, но и множество первоклассных ученых. Уволенные с работы, они вынуждены были заново устраивать свою жизнь. Так в пос. Дальние Зеленцы оказались известные биологи Всероссийского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) М.М. Камшилов — заведующий лабораторией феногенеза Института эволюционной морфологии, и Ю.И. Полянский — профессор кафедры зоологии беспозвоночных и проректор Ленинградского государственного университета. М.М. Камшилов стал заведовать лабораторией

Ю.И. Галкин (фото из архива Л.И. Москалева)

планктона, а Ю.И. Полянский — лабораторией зоологии и паразитологии. Для биологической станции это было большой удачей, так как под руководством этих компетентных и эрудированных профессоров, имевших большой опыт организации научных исследований, удалось шаг за шагом начать работу практически по всем направлениям, которые были перечислены в постановлении об организации Станции в 1935 г. [34]. Сотрудники, работавшие на Станции в послевоенные годы, вспоминают творческую, полную искреннего интереса к научным исследованиям обстановку в те годы. В 1953 г. Дальнезеленецкая биологическая станция становится самостоятельным институтом Академии наук СССР — Мурманским морским биологическим институтом (ММБИ) АН СССР в составе ее Кольского филиала. Директором Института назначают М.М. Камшилова. Институт динамично развивается и во многом становится школой, которую проходят молодые ученые, попадающие в пос. Дальние Зеленцы по распределению после окончания вузов в Москве и Ленинграде. В пос. Дальние Зеленцы работают Л.И. Москалев, М.В. Пропп, В.Е. Стрельцов и многие молодые ученые, впоследствии ставшие известными биологами. Развиваются новые направления и самая современная по тем временам техника морских исследований. Так, например, М.В. Пропп организует лабораторию экспериментальной гидробиологии, в которой с применением редкой в то время легководолазной техники ставят полевые эксперименты на дне моря, исследуют донные сообщества [47]. Имея этот уникальный опыт, М.В. Проппу в 1965 г. удалось впервые в мире организовать водолазные погружения в Антарктике в ходе 11 Советской антарктической экспедиции. Результаты этих подводных исследований изменили представление об облике донной фауны Антарктиды [48].

Вход в главное здание института. Январь 1986 г. (фото из архива С.А. Хайлова)

На посту директора Института М.М. Камшилова сменяет сначала Ю.И. Галкин (с 1964 по 1972 г.), а затем И.Б. Токин (1972 по 1980 г.). С 1981 г. до начала 2018 г. ММБИ возглавлял Г.Г. Матишов. В 1980-е гг. в ММБИ наряду с исследованиями морской арктической флоры и фауны на клеточном, тканевом, организменном и популяционном уровне начинается процесс внедрения компьютерных технологий в биологические и океанографические работы. Одновременно усиливаются разработки теоретических основ марикультуры, морских технологий рационального природопользования. В середине 1980-х гг. в ММБИ начинаются работы по новым научным направлениям — орнитологии, радиоэкологии, работы с морскими млекопитающими (в том числе в интересах Северного флота ВМФ РФ). Ежегодно ученые института, помимо научных статей, публикуют несколько монографий по основным направлениям работы [49].

В 1989 г. ММБИ был переведен в г. Мурманск. Здания Института в пос. Дальние Зеленцы и инфраструктура поселка, который обслуживал Институт в течение следующих лет приходят в упадок, однако отдельные группы сотрудников ММБИ, Санкт-Петербургского и Московского государственных университетов продолжают работать в пос. Дальние Зеленцы, используя уникальные данные о Зеленецкой Дальней губе.

Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича

Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича был создан одновременно с головной организацией — Всероссийским институтом рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) в 1933 г. Базой института стал растущий г. Мурманск. Задачами института стали создание научно обоснованных прогнозов промысла, проведение необходимых для этого океанографических исследований и промысловая разведка. Институт продолжал исследования, бывшие тематикой ГОИНа, в том числе проведение регулярных исследований на разрезе «Кольский меридиан». Эти исследования, включавшие в себя весь комплекс океанографических, планктонных и количественных бентосных работ, велись в Институте регулярно за исключением военных лет, а также десяти лет с 1958 по 1968 г., когда научные суда ПИНРО были переданы промысловому флоту, что значительно снизило интенсивность проведения научных работ [50]. Данные многолетних исследований по разрезу были подробно проанализированы К.Н. Несисом [51] и позже С.Г. Денисенко [52, 53]. Помимо прочего, анализ показал, что изменение распространения бореальных и арктических видов бентоса различно. У арктических видов при наступлении гидрологически холодных лет взрослые донные особи движутся на юг, у теплолюбивых бореальных в случае гидрологически теплых лет продвижение на север обеспечивают пелагические личинки, которые заносятся на север с аномально теплыми водами и оседают в нехарактерно высоких широтах.

С 1970-х гг., когда остро встал вопрос об истощении до этого казавшихся огромными запасов рыбы в Баренцевом море и о разрушении за счет интенсивного тралового промысла донных сообществ (кормовой базы бентосоядных рыб), ПИНРО активно включается не только в мониторинг и оценку рыбных запасов, но и в регулярные исследования всей биоты Баренцева моря. Эти исследования активно ведутся и в настоящее время.

Одной из самых актуальных проблем, связанных с функционированием биоты Баренцева моря, является проблема инвазивных видов. Среди них есть виды, скорее всего занесенные с балластными водами больших судов (например, краб-стригун опилио, который кое-где уже стал объектом промысла), но ряд видов был переселен специально — акклиматизирован. Среди них горбуша, подращенную молодь которой выпускали в реки Кольского полуострова начиная с 1956 г. Массовые заходы горбуши на Кольском полуострове отмечались в 1960, 1965, 1971, 1973, 1975 и 1977 гг. После прекращения в 1978 г. завоза икры численность горбуши стала снижаться. Главный герой проектов акклиматизации новых видов в Баренцевом море — камчатский краб, идея переселения которого в Баренцево море возникла в 1930-е гг. и принадлежала Ивану Гуговичу Заксу — зоологу, работавшему в то время в Тихоокеанском институте рыбного хозяйства. И.Г. Закс до

этого несколько лет работал на Баренцевом море с К.М. Дерюгиным, Е.Ф. Гурьяновой и П.В. Ушаковым в составе С.Н-П.Э и очень хорошо представлял природные условия, в которых окажутся камчатские крабы в Баренцевом море. Была сделана одна неуспешная попытка (крабы погибли по дороге), а сам Иван Гугович был вскоре репрессирован вместе со многими другими сотрудниками Института [54]. Следующие мероприятия по акклиматизации краба были начаты уже в 1961–1969 гг. Крабов ловили в районе залива Петра Великого в Японском море. Перевозка крабов закончилась к концу 1970-х гг., в общей сложности было перевезено и выпущено более 15 000 животных. Проект оказался успешным [55, 56]: камчатский краб прижился в Баренцевом море, и к 2006 г. его вылов в Баренцевом море (Россия и Норвегия) составил уже 30% от общего объема вылова этого вида, включая и весь тихоокеанский промысел. Появление нового массового крупного всеядного хищника, конечно, не могло не сказаться на донных сообществах Баренцева моря. Исследование изменений, которые происходят в биоте Баренцева моря в связи с массовым вселенцем, — важная и актуальная проблема, исследованием которой в последние два десятилетия заняты совместно лаборатории нескольких научных учреждений: ПИНРО, ВНИРО, ММБИ, Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН) [57, 58].

Развитие судоходства, нефтегазовых промыслов и другие антропогенные факторы делают вопрос создания в морях охраняемых акваторий или, точнее, выделения акваторий с различным охранным статусом все более актуальным. Природоохранное зонирование Баренцева моря — важная и актуальная работа, над которой трудятся многие научные учреждения и специалисты. Подготовлена и в ближайшее время будет опубликована перспективная схема охраняемых акваторий и участков побережья морей Российской Арктики и в том числе Баренцева моря [59].

В 1947 и 1948 гг. были опубликованы две монографии, прямо касающиеся результатов изучения Баренцева моря, основанные на анализе и обработке материалов и коллекций, собранных в предвоенные годы. Первая — знаменитая монография Л.А. Зенкевича «Фауна и биологическая продуктивность моря» [46], значительная часть которой посвящена Баренцеву морю. Второй фундаментальной работой является «Определитель фауны и флоры Северных морей СССР» [60]. Эта объемная книга (740 с.) и сейчас является настольным руководством для всех, кто работает с фауной Баренцева и других морей Арктического бассейна. Издание было подготовлено большим коллективом специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова, Зоологического института РАН, ПИНРО, Института океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Мосрыбвтуза под редакцией Надежды Станиславовны Гаевской. Обе книги задали высокий стандарт дальнейшей работы по исследованию биоты арктических морей. Л.А. Зенквич [46] писал о том, что Баренцево море является одним из самых изученных морей нашей планеты. Сейчас, по прошествии более чем 70 лет, мы видим, что работа по изучению Баренцева моря еще далеко не закончена. Новые молекулярно-генетические методы позволяют гораздо более точно различать виды животных и растений, среди которых, как оказывается, много скрытых видов, почти или совсем не различающихся внешне. Такие виды есть и в Баренцевом море, среди которых массовые, крупные формы, такие как медузы [61]. Мало того, по современным оценкам, ученым еще предстоит описать по крайней мере на 30% видов больше, чем это сейчас известно. Таким образом, исследователям биоты Баренцева моря предстоит решить еще немало задач.

RUSSIÆ
et
NOVÆ ZEMLÆ
MARITIMÆ
Apud R. & I. Ottens
70
69
68
67
66
65
64
63
Golf van
Bolvanafkoi
PETZORA
KOLGOI I.
UHORSKY
Golf van
Tetskaja
Nota
Het woort
Reka, betekent
een Rivier.
CONDISKY
Golf van
Mezzen
MARE
MOSCOVI
TICUM
DWINA
MARE
ALBUM
LAP-
LANDT
Archangel

Земля Альберта I, архипелаг Шпицберген, Норвегия

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды Баренцева моря

Основополагающим документом, регулирующим международные отношения в области охраны окружающей среды Баренцева моря, является Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. [1]. Большая роль в установлении тесного сотрудничества между Советским Союзом и Норвегией в области регулирования использования, изучения и охраны морских биологических ресурсов в баренцевоморском регионе принадлежит созданной в 1975 г. Смешанной советско(российско)-норвежской комиссии по рыболовству (СРНК).

На сегодняшний день в ведении СРНК находятся вопросы совершенствования и развития двусторонних отношений в области рыболовства, установления общих допустимых объемов совместно управляемых рыбных запасов Баренцева моря, разработки технических мер регулирования промысла, долгосрочных стратегий управления рыбными запасами и координации морских научных исследований [2].

Статья 197 Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. [1] предписывает государствам сотрудничать на всемирной и региональной основе непосредственно или через компетентные международные организации для защиты и сохранения морской среды с учетом характерных региональных особенностей. Для реализации этого положения Конвенции в Баренцевом море в настоящее время действует ряд международных соглашений и инициатив по вопросам проведения научных исследований, охраны и рационального использования ресурсов моря и сохранения биологического разнообразия.

Российско-норвежское сотрудничество по вопросам морской среды осуществляется в рамках Российско-норвежской рабочей группы по морской среде, которая действует в рамках Смешанной российско-норвежской комиссии по сотрудничеству в области охраны окружающей среды на основании Соглашения о сотрудничестве в области охраны окружающей среды между Правительством Российской Федерации и Правительством Королевства Норвегия от 3 сентября 1992 г. В рамках этого сотрудничества ведется работа по следующим ключевым проектам: МОР-1 (развитие Концепции комплексного плана управления ресурсами Баренцева моря), МОР-2 (Баренцпортал — инструмент, предназначенный для взаимного обмена и представления экологической информации, относящейся к комплексному управлению окружающей средой Баренцева моря [3]), МОР-3 (экосистемный мониторинг Баренцева моря), МОР-4 (регулирование и контроль нефтегазовой отрасли в Баренцевом море) и МОР-5 (загрязнение Баренцева моря морским мусором и микропластиком).

Другим значимым институтом, призванным содействовать сотрудничеству в области охраны окружающей среды и обеспечению устойчивого развития приполярных районов, в том числе Баренцева моря, является созданная в 1996 г. международная организация — Арктический совет [4], куда входит восемь приарктических стран: Россия, Норвегия, Финляндия, Швеция, Дания, Исландия, Канада и США. Деятельность совета осуществляют шесть рабочих групп.

Шесть приарктических стран (Россия, Норвегия, Финляндия, Швеция, Дания и Исландия) и Европейская комиссия также являются членами Совета Баренцева/Евроарктического региона (СБЕР) [5], учрежденного как форум регионального сотрудничества 11 января 1993 г. (Киркенесская декларация). В число провозглашенных целей Совета входит содействие сотрудничеству в области науки и техники, окружающей среды, а также реализации проектов, направленных на улучшение положения коренного населения Севера. В 2013 г. странами — участницами Совета была подписана обновленная Киркенесская декларация, положения которой определены достаточно широко и в части охраны окружающей среды охватывают главным образом вопросы повышения внимания к проблемам изменения климата.

В заключение в Договоре между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане от 15 сентября 2010 г. [6] важно отметить предложение предосторожного подхода к сохранению, управлению и использованию совместных рыбных запасов, включая трансграничные рыбные запасы, в целях защиты морских живых ресурсов и сохранения морской среды.

НИС «Иван Петров». Исследования атлантических моржей и белых медведей на архипелагах Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, 2020 г.

Исследования ПАО «НК «Роснефть» в акватории Баренцева моря

ПАО «НК «Роснефть» владеет лицензиями на пользование недрами на пятнадцати лицензионных участках, семь из которых расположены в центральной части Баренцева моря и в его восточной части вдоль арх. Новая Земля и восемь — в его юго-восточной части (Печорском море). В настоящее время ПАО «НК «Роснефть» проводит геолого-разведочные работы и не осуществляет добычу углеводородных ресурсов в Баренцевом море.

В процессе своей производственной деятельности ПАО «НК «Роснефть» сохраняет баланс экологических и экономических интересов, уделяя большое внимание природоохранной деятельности. В ходе реализации проектов на шельфе Баренцева моря Компания более 8 лет проводит экологический мониторинг состояния окружающей среды на принадлежащих ей лицензионных участках. Целью мониторинга является оценка современного состояния экосистемы акватории и биологических ресурсов, создание основы для разработки комплексных природоохранных мероприятий при проведении геолого-разведочных работ и последующей разработке месторождений. Мониторинговые исследования носят комплексный характер и включают в себя сбор и анализ фондовых материалов о состоянии компонентов экосистем лицензионных участков и прилегающих акваторий, проведение экспедиционных исследований, лабораторную и камеральную обработку собранного материала. В ходе полевых работ выполняются следующие группы исследований:

- гидрометеорологические и океанографические (измерение температуры воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра, осадков, видимости, облачности, температуры, солености, мутности воды и динамики водных масс);
- химические (измерение концентрации растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода, кислотности, первичной продукции и деструкции органического вещества, концентрации хлорофилла, биогенных элементов и загрязняющих веществ в морской воде, исследование качества атмосферного воздуха и донных отложений);
- биологические (исследования бактериопланктона, фито- и зоопланктона, макрофито- и макрозообентоса, ихтиофауны, ихтиопланктона, птиц и морских млекопитающих).

Всего гидробиологические исследования были выполнены на 260 станциях, ихтиологические — на 197 станциях. Помимо этого, в ходе выполнения работ по обследованию устьев ранее пробуренных скважин в акваториях Печорского и Баренцева морей выполняется экологический мониторинг участков акватории и дна в районе расположения скважин.

Подробнее с результатами экологических исследований Компании на акватории Баренцева моря можно ознакомиться в гл. 2 и 3.

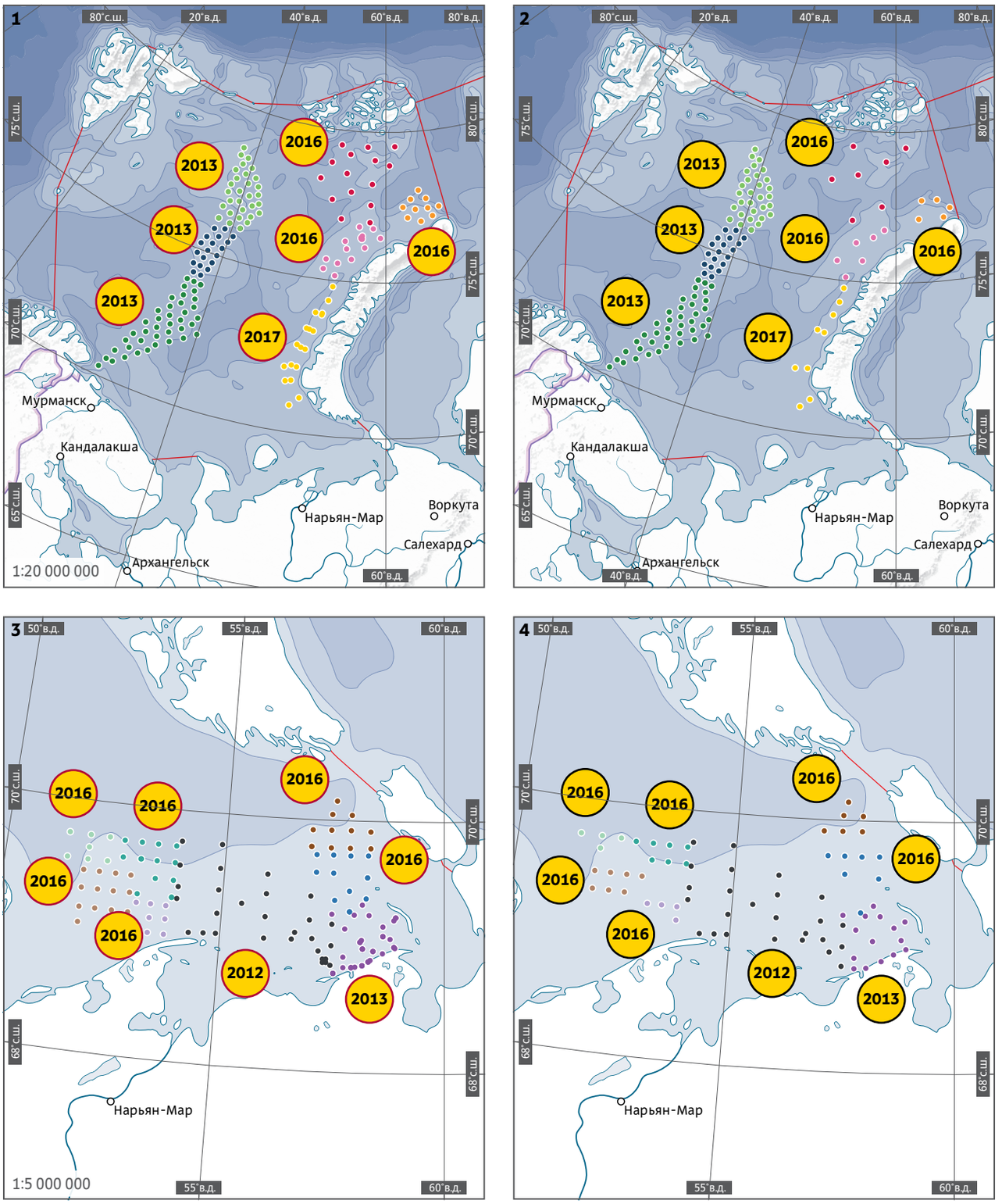
Лицензионные участки в акватории Печорского моря

В этом условном кластере расположено восемь лицензионных участков Компании: «Русский», «Южно-Русский», «Южно-Приновоземельский», «Западно-Матвеевский», «Северо-Поморские-1, 2», «Поморский» и «Медынско-Варандейский». Суммарная площадь этих участков более 24 тыс. км^2, глубины варьируют в диапазоне от 2 до 90 м, однако на большей части площади участков не превышают 50 м. ПАО «НК «Роснефть» проводит эколого-рыбохозяйственные исследования и мониторинг морских млекопитающих и птиц в ходе геолого-геофизических работ на их акватории с 2012 г.

С 2014 г., помимо попутных исследований морской фауны в программы геолого-разведочных работ Компания включает также целевые исследования видов — биологических индикаторов состояния морских арктических экосистем: белого медведя и моржа.

В 2015 г. в рамках геолого-разведочных работ на лицензионных участках в акватории Печорского моря дочерним обществом ПАО «НК «Роснефть» — ООО «РН-Шельф-Арктика», помимо попутных судовых наблюдений, были проведены дополнительные исследования атлантического подвида моржа в границах участка «Островной» Государственного природного заповедника «Ненецкий» на о-вах Долгий, Матвеев, Голец, Большой и Малый Зеленцы.

В 2019 г. исследования проводились в летне-осенний период на п-ове Лямчин, м. Бол. Лямчин Нос



Станции экологического мониторинга на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть»: 1 — станции проведения гидробиологических исследований в Баренцевом море; 2 — станции проведения ихтиологических исследований в Баренцевом море; 3 — станции проведения гидробиологических исследований в Печорском море; 4 — станции проведения ихтиологических исследований в Печорском море

(о. Вайгач). В состав работ входили оценка встречаемости и пространственного распределения моржей, анализ данных о перемещении особей, помеченных спутниковыми передатчиками, изучение кормовой базы и потенциальных объектов питания животных и анализ данных о регистрации моржей, полученных от автономных фоторегистраторов и беспилотных летательных аппаратов. Подробнее с результатами исследований популяции атлантического подвида моржа можно ознакомиться в гл. 3.

Лицензионные участки в центральной части акватории Баренцева моря

В центральной части континентального шельфа Баренцева моря располагается группа из трех смежных лицензионных участков: «Федынский», «Центрально-Баренцевский» и «Персеевский». Суммарная площадь этих участков составляет около 77 тыс. км^2, глубины варьируют в диапазоне от 120 до 300 м. На всех лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть» проводит эколого-рыбохозяйственные исследования и мониторинг морских млекопитающих и птиц в ходе геолого-геофизических работ с 2013 г.

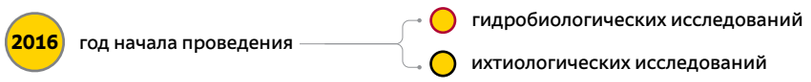
Лицензионные участки у архипелага Новая Земля

В восточной части Баренцева моря вдоль арх. Новая Земля располагаются четыре лицензионных участка: «Альбановский», «Варнекский», «Западно-Приновоземельский» и «Гусиноземельский». Их суммарная площадь более 95 тыс. км^2, глубины варьируют в диапазоне от 40 до 400 м. Эколого-рыбохозяйственные исследования на этих лицензионных участках проводились в 2016–2017 гг. В 2020 г. при поддержке Минприроды России в рамках национального проекта «Экология» были проведены исследования белого медведя и моржа на м. Желания

Дистанционный отбор проб биопсии тканей моржей, архипелаг Земля Франца-Иосифа, 2020 г.

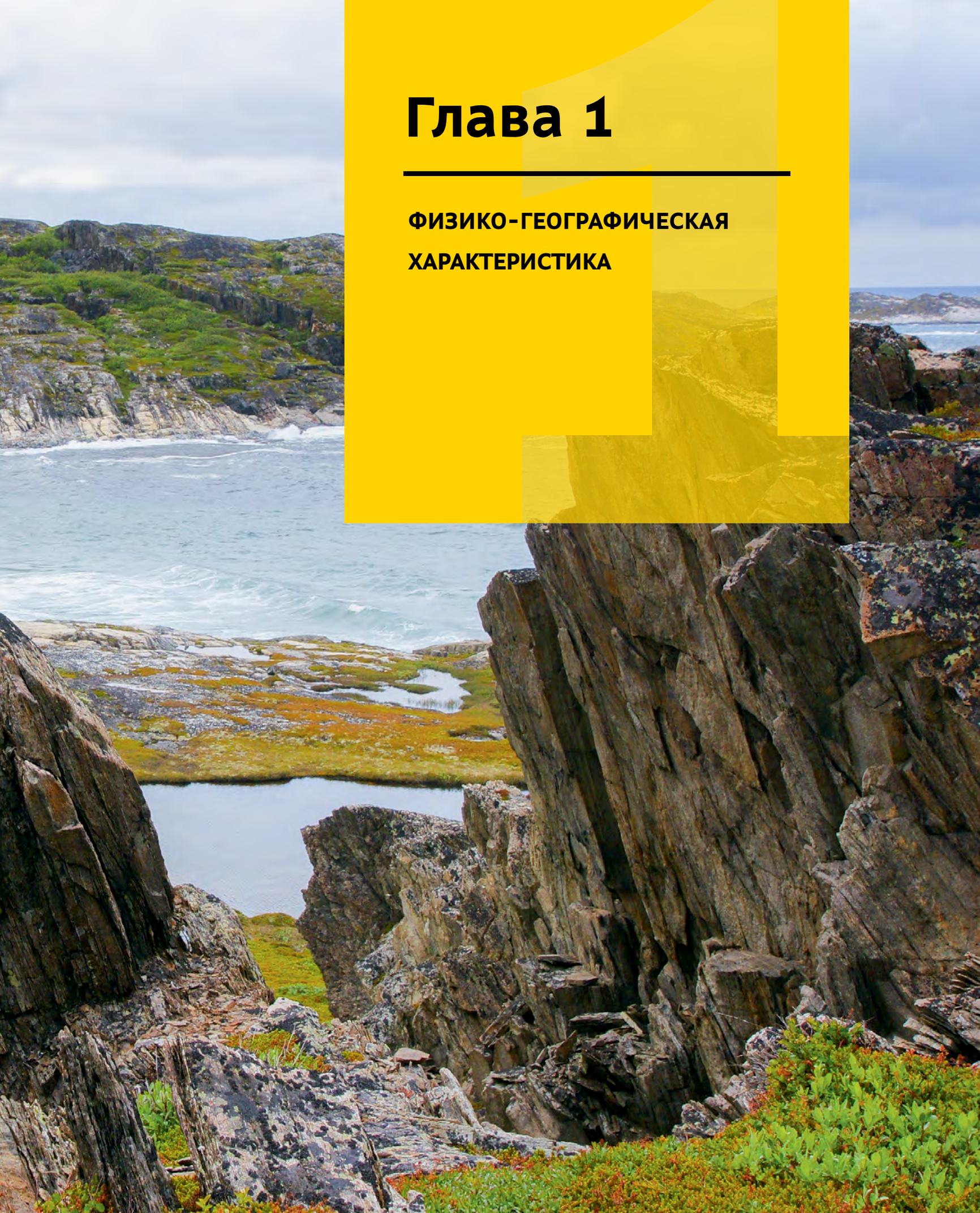
о. Северный арх. Новая Земля и арх. Земля Франца-Иосифа. В ходе исследования атлантической популяции моржа была обследована большая часть известных залежек, а также обнаружена одна новая на о. Джексона (арх. Земля Франца-Иосифа). На всех местах крупных скоплений животных были отобраны пробы биопсии, что позволит провести масштабный молекулярно-генетический анализ группировки атлантического моржа арх. Земля Франца-Иосифа. Спутниковые передатчики были установлены на животных разных половозрастных групп. Всего было учтено более 3300 животных.

Станции экологического мониторинга на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть»



Станции на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть»

- Альбановский
- Варнекский
- Гусиноземельский
- Западно-Приновоземельский
- Персеевский
- Федынский
- Центрально-Баренцевский
- Западно-Матвеевский
- Медынско-Варандейский
- Поморский
- Русский
- Северо-Поморский-1
- Северо-Поморский-2
- Южно-Приновоземельский
- Южно-Русский



Глава 1

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Общегеографическая карта
1:7 000 000
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
80°с.ш.
Северный Ледовитый океан
Баренцево море
Карское море
Белое море
Печорское море
арх. Шпицберген
о. Зап. Шпицберген
о. Северо-Восточная Земля
о. Земля Принца Карла
о. Логёйа
арх. Семь Островов
м. Ли Смит
о. Стурёйа
о. Баренца
о. Эдж
Земля Короля Карла
о. Свенскёйа
о. Конгсёйа
о. Абелёйа
прол. Эрик-Эриксен
прол. Стур-фьорд
прол. Хинлопен
прол. Ольги
зал. Вийде-фьорд
Лонгйир
м. Линне
м. Бортен
м. Южный
о. Белый
о. Виктория
о. Земля Александры
о. Земля Георга
арх. Земля Франца-Иосифа
м. Мэри Хармсуорт
м. Науриского
м. Ледовой разведки
м. Столбовой
м. Флигель
м. Клюв
о. Ева-Лив
м. Кользат
о. Грэм-Белл
о. Земля Вильчека
о. Гукера
о. Сальм
прол. Британский канал
о. Ушакова
о. Визе
трог Франц-Виктория
трог Святая Анна
Зюйдкапский желоб
Шпицбергенская банка
о. Надежды
банка Персея
о. Медвежий
Медвежинская банка
Западный желоб
Центральная банка
Демидовская банка
Центральная котловина
Центральная впадина
Гусиная банка
Северная Канинская банка
Мурманское поднятие
м. Нордкап
о. Магерёйа
Хоннингсвог
Норвежский желоб
Механ
п-ов Нордкин
НОРВЕГИЯ
Ботсфьорд
Варангерботн
Вардё
Вадсё
Киркенес
Варангер-фьорд
п-ов Рыбачий
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Кольский зал.
о. Кильдин
Мурманск
м. Териберский
Териберка
Мурманский берег
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
оз. Ловозеро
Хибины
Апатиты
оз. Умбозеро
Кандалакша
Островной
Кольский п-ов
Умба
Кандалакшский зал.
Поной
Варзуга
Сосновка
Соловецкие о-ва
Кемь
Беломорск
Онежская губа
Двинская губа
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Зимний берег
Сояна
Кулой
Мезень
Мезенская губа
о. Моржовец
м. Святой Нос
о.Лумбовский
м. Канин Нос
возв. Канин Камень
п-ов Канин
Канинский берег
Шойна
Чёшская губа
о. Колгуев
м. Микулкин
Поморский прол.
о. Сенгейский
Тиманский берег
Тиманский кряж
Индига
п-ов Русский заворот
о-ва Гуляевские Кошки
Печорская губа
Печора
Цильма
Малоземельская тундра
Нарьян-Мар
Большеземельская тундра
Северный полярный круг
Уса
Усинск
Инта
Воркута
Воргашор
Хайпудырская губа
Варандей
о. Бол. Зеленец
о. Долгий
о. Матвеев
м. Бол. Лямчин Нос
м. Гребень
о. Вайгач
прол. Югорский Шар
Байдарацкая губа
Усть-Кара
Кара
Коротаиха
Полярный Урал
Лабытнанги
Салехард
Обь
РОССИЯ
Новая Земля
о. Северный
о. Южный
м. Желания
м. Отлогий
м. Литке
п-ов Литке
о. Панкратьева
о-ва Горбовы
м. Масленникова
п-ов Адмиралтейства
м. Птичий
м. Смирнова
м. Сухой Нос
прол. Маточкин Шар
м. Рогатый
м. Большевик
м. Сев. Гусиный Нос
п-ов Гусиная Земля
прол. Костин Шар
о. Междушарский
м. Черный
м. Меньшикова
м. Кусов Нос
прол. Карские Ворота
м. Болванский Нос
Новоземельский трог
о. Белый
Сабетта
Бованенково
п-ов Ямал
о-ва Шараповы Кошки
1778
145
703
131
565
129
272
600
390
216
336
147
144
75
360
155
156
76
68
55
50
92
19
44
24
3
38
80
48
23
835
1717
1128
1030
220
764
433
534
270
382
416
461
620
606
621
509
1053
1173
1547
1312
1184
1292
811
265
1724
443
1200
632
398
241
173
301
242
253
423
1338
1343
1472
1178
216
51
71

1.1. Общие сведения

Баренцево море — материковое окраинное море, относящееся к бассейну Северного Ледовитого океана, расположено в основном на Западно-Арктическом шельфе Северной Евразии. Западная граница моря, отделяющая его от Норвежского, проходит по линии м. Южный (о. Западный Шпицберген) — о. Медвежий — м. Нордкап. Южным пределом моря служит берег материка и линия м. Святой Нос — м. Канин Нос, отделяющая его от Белого моря. С востока море ограничено западным побережьем о. Вайгач и арх. Новая Земля и далее линией м. Желания (арх. Новая Земля) — м. Кользат (о. Греэм-Белл, арх. Земля Франца-Иосифа). В прол. Карские ворота граница проходит от м. Кусов Нос до м. Рогатый. На севере граница моря проходит по северной окраине островов арх. Земля Франца-Иосифа, далее от м. Мэри-Хармсуорт (о. Земля Александры) через о-ва Виктория и Белый к м. Ли-Смит, который расположен на о. Северо-Восточная Земля арх. Шпицберген. В этих границах море находится между параллелями 81°30′ и 66°44′ с. ш. и между меридианами 16°30′ и 68°32′ в. д.

Площадь поверхности моря составляет 1,4 тыс. км^2, объем воды 316 тыс. км^3, средняя глубина 222 м, максимальная глубина 600 м.

В Баренцевом море расположено много островов, в числе которых крупнейшие полярные архипелаги — Шпицберген (61 тыс. км^2), служащий границей Баренцева моря на западе, Земля Франца-Иосифа (16 тыс. км^2) — на севере, Новая Земля (83 тыс. км^2) — на востоке. Крупнейшие одиночные острова — Колгуев (3497 км^2) и Медвежий (178 км^2). Небольшие острова в основном сгруппированы в архипелаги, расположенные вблизи материка или более крупных островов, например Горбовы, Гуляевские Кошки и пр. Большое количество островов — одна из географических особенностей моря [1].

Шпицберген — полярный архипелаг, состоящий из трех крупных островов — Западный Шпицберген, Эдж, Северо-Восточная Земля — и множества более мелких. Русские поморы полагали, что открытая ими земля — о. Гренландия, поэтому назвали ее Грумант. Норвегия приписывает открытие архипелага скандинавским викингам, которые употребляли название «Свальбард» [2]. Тем не менее в международных документах архипелаг значится как Шпицберген, названный так Виллемом Баренцем [3].

Сложная расчлененная береговая линия Баренцева моря образует многочисленные мысы, фьорды, заливы, бухты. К востоку от п-ова Канин расположен залив Чёшская губа, на Мурманском берегу Кольского полуострова (рис. 1.1.1) — Кольский и Мотовский заливы, Варангер-фьорд, Зубовская губа, губа Печенга и др.

Мурманский берег подразделяется на две части: от русско-норвежской границы до Кольского залива — Западный Мурман, от Кольского залива до м. Святой Нос — Восточный Мурман [4]. Мурманский берег скалистый и слабо расчлененный с несколькими глубоко врезающими заливами — Кольским, Мотовским и др. Наиболее крупный остров, расположенный вдоль берега, — о. Кильдин.

Дно моря представляет собой сложнорасчлененную подводную равнину с волнистой поверхностью, несколько покатой к западу и северо-востоку. Наиболее глубокие районы, в том числе и максимальная глубина моря 600 м, расположены в его западной части. Для рельефа дна моря в целом характерно чередование крупных структурных элементов — подводных возвышенностей и желобов, пересекающих его в разных направлениях, а также существование многочисленных мелких (3–5 м) неровностей на глубинах менее 200 м и терасовидных уступов на склонах [1]. При средней глубине моря 222 м разность глубин в открытой части достигает 400 м.

Наиболее значимые впадины и прогибы Баренцева моря: желоба Франц-Виктория и Святой Анны на севере, возвышенность Персея на северо-востоке, Зюйдкапский желоб и Шпицбергенская банка на западе, Медвежинский и Норвежский желоба на юго-западе, Центральная впадина, Гусиная банка и Новоземельский желоб на юго-востоке и Центральная возвышенность [5].

Баренцево море относится к числу ледовитых, но это единственное из арктических морей, которое никогда полностью не замерзает. Около 25 % его поверхности не покрывается льдом в течение всего года.

В Баренцевом море, в городе Мурманск, расположен единственный незамерзающий заполярный порт России. Также в Баренцевом море в настоящее время функционируют порты Нарьян-Мар

Рис. 1.1.1 Водопад в селе Териберка, Мурманский берег, Кольский полуостров

и Варандей (Печорское море) и норвежские порты Вадсё, Вардё, Лонгйир, Берлевог, Хоннингсвог и Киркенес.

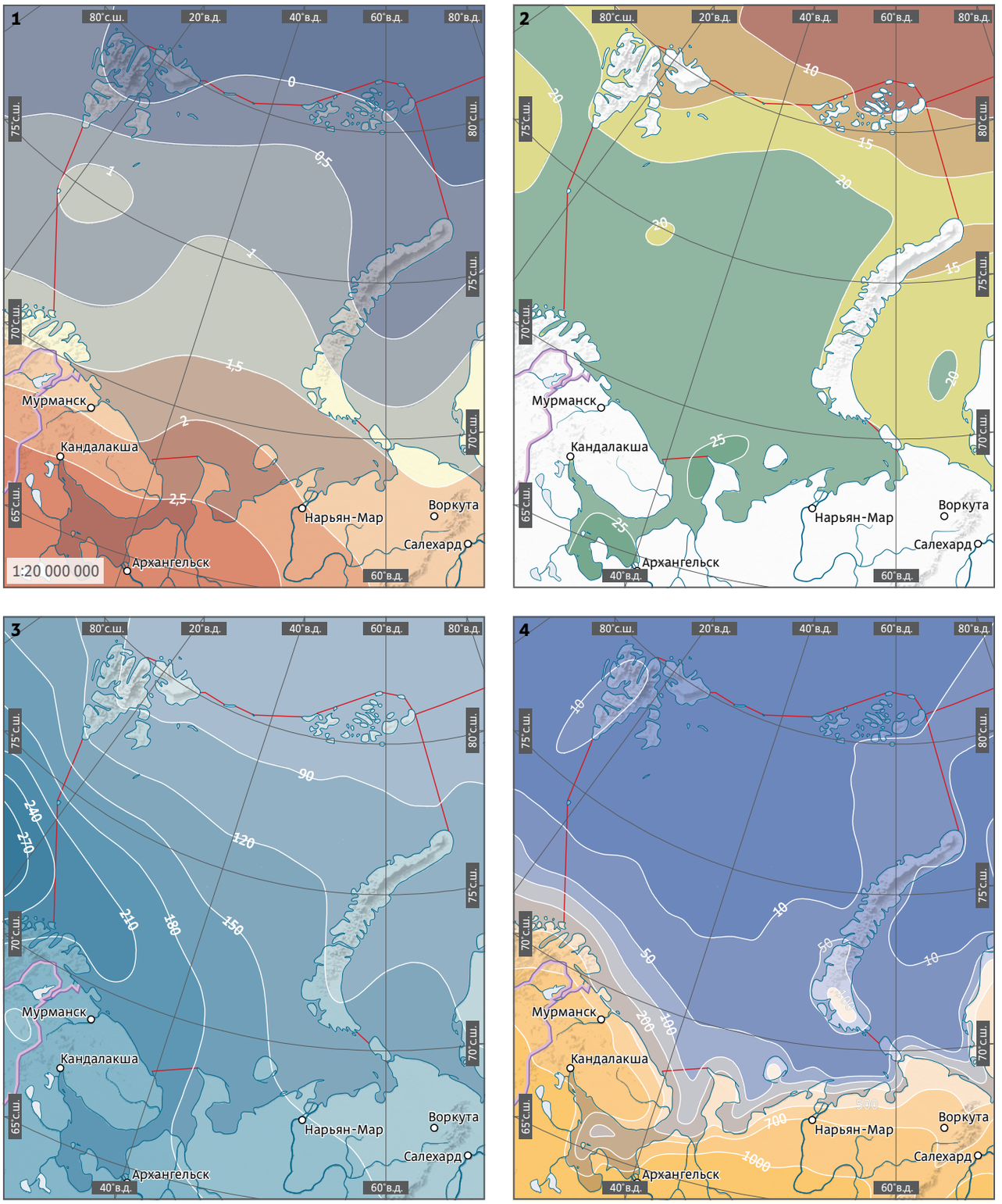
Граница между Россией и Норвегией в Баренцевом море проходит по зал. Варангер-фьорд. Длина межгосударственной морской границы составляет 23,3 км. В 2010 г. после подписания договора «О разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане» между Россией и Норвегией не осталось неурегулированных территориальных споров [6].

Печорское море является частью Баренцева моря, но отличается от него историей развития, рельефом, строением осадочной толщи, гидрологическим и ледовым режимом. Ю.А. Павлидис выделял границы Печорского моря согласно Постановлению ЦИК СССР от 28 ноября 1935 г. Так, с северо-запада Печорское море ограничивается линией о. Колуев — м.Черный на арх. Новая Земля, с юго-запада линией о. Колгуев — м. Святой нос на Тиманском берегу Малоземельской тундры [7]. В пределах Печорского моря имеется несколько заливов (губ): Раменка, Колоколкова, Паханческая, Болванская, Хайпудырская, Печорская. Из рек, впадающих в море, самой крупной является р. Печора [8].

Тиманский берег начинается на востоке от п-ова Русский Заворот и тянется на запад до входного мыса Чёшской губы — м. Святой Нос. Берег пологий, ровный, песчаный, береговые яры невысокие. В берег вдаются бух. Песчаная и Колоколкова губа [9].

Печорская низменность представляет собой волнистую равнину с множеством озер и рек, цепочками гряд и холмов, которая разделена долиной р. Печоры на западную (Малоземельскую) и восточную (Большеземельскую) тундры [10]. Большеземельская тундра — холмистая моренная равнина, с юга-запада и запада ограничена р. Печора и ее притоком р. Уса, с востока — хребтами Полярного Урала и Пай-Хоя [9]. Малоземельская тундра занимает приморскую низину северо-запада Печорской низменности [11]. С юга она ограничена реками Цильма и Пёза, на западе — р. Ома. На севере берег тундры, который поморы называли «Тиунским», омывают Чёшская губа и Поморский пролив.

Белые медведи, архипелаг Земля Франца-Иосифа



Солнечная радиация: 1 — суточный радиационный баланс, средний за год; 2 — суточная фотосинтетически активная радиация, средняя за год; 3 — средняя продолжительность безморозного периода в год; 4 — средняя сумма активных температур воздуха в год

1.2. Климатические условия

Климат Баренцева моря, по классификации Б.П. Алисова, согласно которой выделяют климатические пояса, исходя из условий общей циркуляции атмосферы [1], относится к субарктическому и арктическому. Граница между арктической и субарктической климатическими зонами проходит по положению арктического атмосферного фронта, расположенного летом примерно вдоль параллели 67° с. ш. Отличительными чертами климата Баренцева моря являются чередование полярного дня и ночи, низкий радиационный баланс, наличие ледяного покрова в северной части моря. Лето (июль—август) короткое со средней температурой воздуха 4,8 °С над акваторией и прилегающей сушей, пасмурное, с преимущественно северо-восточными ветрами, зима относительно теплая. Средняя температура воздуха в холодный период года (с ноября по апрель) достаточно высокая для северных широт и составляет –10,4 °С, что объясняется влиянием теплых морских течений и поступлением теплого воздуха из Атлантики в результате циклонической деятельности. Зимой преобладают юго-западные ветры с высокими скоростями — с порывами до 40–50 м/с. Годовое количество осадков составляет 500 мм в западной и 300 мм в северной частях моря. Количество атмосферных осадков уменьшается с запада на восток при удалении от зон циклонической активности, и с юга на север с уменьшением температуры воздуха, а следовательно и с уменьшением его влагосодержания.

Поверхностные течения в Баренцевом море образуют циклонический круговорот. В юго-западной части моря в феврале—марте температура поверхности воды составляет +(3–5) °С, в августе — +(7–9) °С. Севернее 74°с. ш. и на юго-востоке акватории моря температура поверхности воды зимой ниже –1 °С, а ее температура летом на севере +(0–4) °С, на юго-востоке — +(4–7) °С [2].

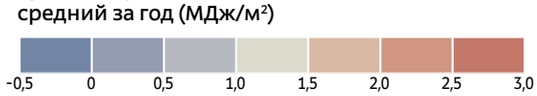
Солнечная радиация

Солнечная радиация является основным источником энергии для термодинамических процессов, происходящих в атмосфере и гидросфере. Акватория Баренцева моря расположена за полярным кругом, поэтому здесь наблюдаются низкие высоты Солнца, существуют явления полярного дня и полярной ночи. Вследствие этого наблюдаются большие внутригодовые изменения суммарной солнечной радиации в условиях безоблачного неба. В годовом ходе средняя суточная суммарная солнечная радиация при облачном небе изменяется от 0 в декабре и январе до 17,8 МДж/м^2 в июне [3]. Баренцево море является одним из наиболее облачных районов Арктики, в связи с чем действительная продолжительность солнечного сияния невелика. В апреле наблюдается основной годовой максимум продолжительности солнечного сияния, дополнительный максимум проявляется в июне—июле и связан с продолжительностью полярного дня [3].

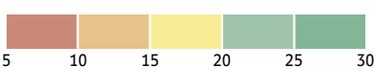
Радиационный баланс земной поверхности является приходно-расходным соотношением между радиационными потоками: суммарной солнечной радиацией, отраженной солнечной радиации, длинноволновым излучением Земли и противоизлучением атмосферы. Разность пото-

Солнечная радиация

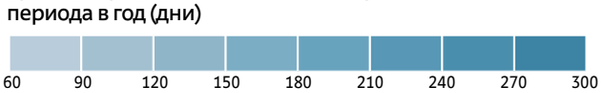
1 Суточный радиационный баланс средний за год (МДж/м^2)



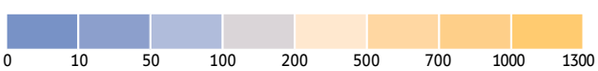
2 Суточная фотосинтетически активная радиация средняя за год (Э/м^2 в день)



3 Средняя продолжительность безморозного периода в год (дни)



4 Средняя сумма активных температур воздуха (среднесуточная температура воздуха больше 10°С) в год (°С)



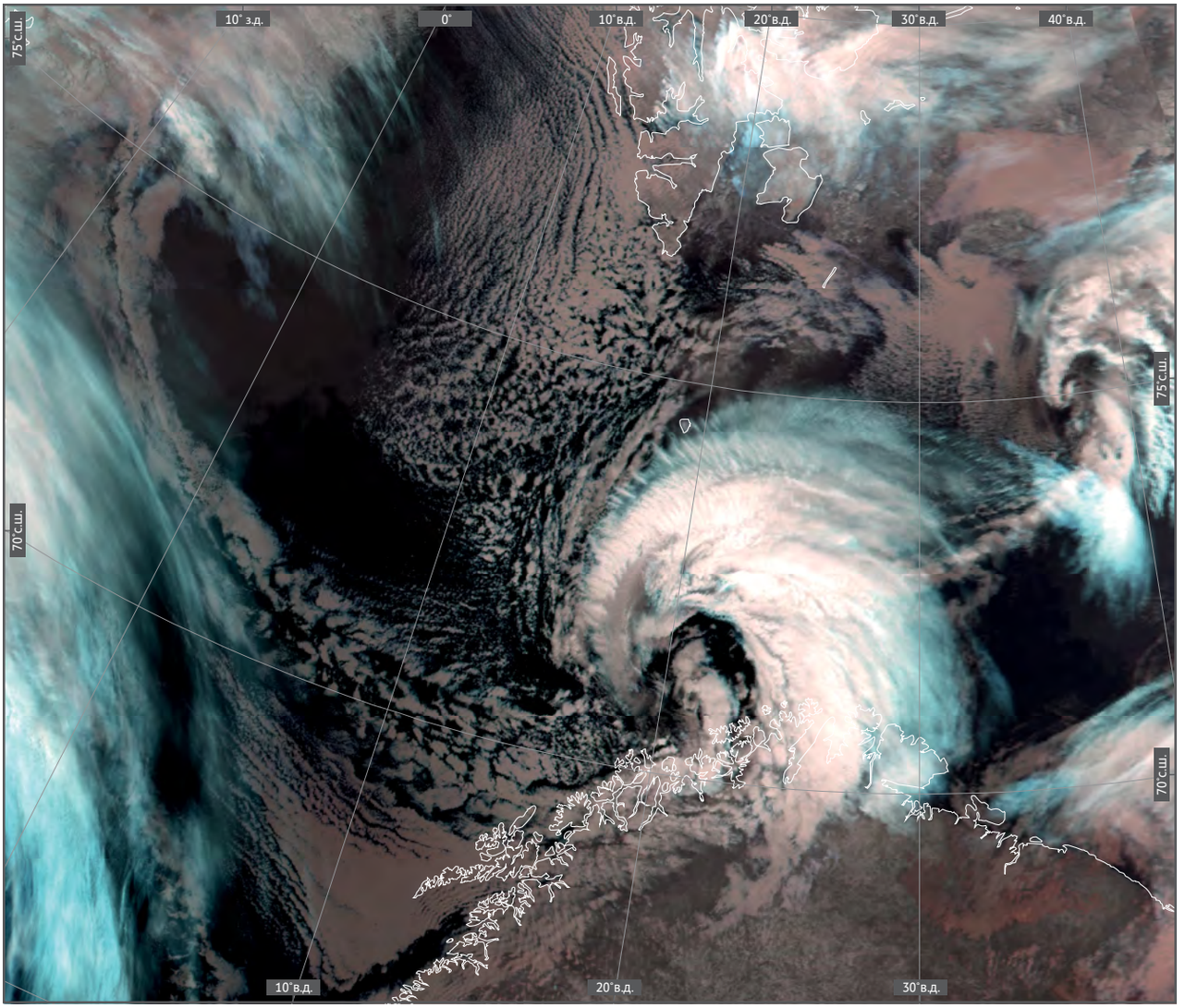


Рис. 1.2.1 Полярный мезоциклон в стадии максимального развития у побережья Норвегии 24 марта 2014 г. Белый цвет на изображении соответствует высокой облачности с низкими температурами, серый — низкой, более теплой облачности, голубой — кристаллической облачности верхнего яруса. Данные получены из MET-Norway/NOAA

ков суммарной солнечной радиации и отраженной солнечной радиации представляет поглощенную солнечную радиацию, разность длинноволнового излучения Земли и противоизлучения атмосферы составляет эффективное излучение.

Поглощенная солнечная радиация в течение года повторяет ход суммарной радиации. Дополнительное влияние на годовой ход поглощенной радиации оказывает изменение альбедо поверхности: наличие ледяного покрова приводит к уменьшению величины поглощенной радиации. Основными факторами, влияющими на эффективное излучение, являются облачность и температура подстилающей поверхности. В южной, свободной ото льда части Баренцева моря радиационный баланс подстилающей поверхности отрицательный с октября по март, но суточный радиационный баланс земной (средний за год) поверхности положительный — 1,5 МДж/м^2 [3]. В период полярной ночи радиационный баланс земной поверхности отрицательный и определяется эффективным излучением. Над свободной ото льда морской поверхностью радиационный баланс меньше за счет увеличенного потока излучения от поверхности моря.

В июле радиационный баланс земной поверхности положительный и увеличивается с уменьшением географической широты за счет роста суммарной радиации. Наименьший радиационный баланс в июле наблюдается над поверхностью заснеженных островов вследствие большего вклада отраженной

радиации. Максимальные значения радиационного баланса достигаются в прибрежной континентальной зоне. В среднем за год радиационный баланс на всей акватории моря положительный и составляет 0–2 МДж/м^2 и отрицательный — на архипелагах Шпицберген и Новая Земля.

Солнечная энергия в диапазоне длин волн 400–700 нм, доступная для фотосинтеза (фотосинтетически активная радиация, ФАР), влияет на развитие компонентов морской биоты, контролирует рост фитопланктона.

Пространственно-временное распределение ФАР над океанами имеет значение для понимания биогеохимических циклов углерода, питательных веществ и кислорода [4, 5]. Распределение ФАР у поверхности моря определяется с помощью сенсоров, установленных на борту метеорологических спутников, и специальных методик расчета. На карте 2 на с. 46 представлены среднегодовые значения ФАР за период 2000–2018 гг., полученные с помощью измерений сенсора MODIS спутника TERRA. Как и суммарная солнечная радиация, ФАР испытывает небольшие пространственные вариации. На большей площади морской акватории многолетние среднегодовые значения ФАР составляют 20–25 Э/м^2 сут. (примерное соотношение 1 МДж = 4,6 Э (Эйнштейн) позволяет перейти к энергетическим единицам измерения), достигая максимальных значений в районе п-ова Канин. В годовом ходе ФАР на акватории моря максимум наблюдается в июле. Главным фактором, влияющим на поступление ФАР, за исключением изменения высоты Солнца, является облачность: при одном и том же значении ФАР на верхней границе атмосферы ее суточные значения на поверхности моря изменяются почти в 5 раз в зависимости от облачности — от менее 10 до 45 Э/м^2 сут. [6].

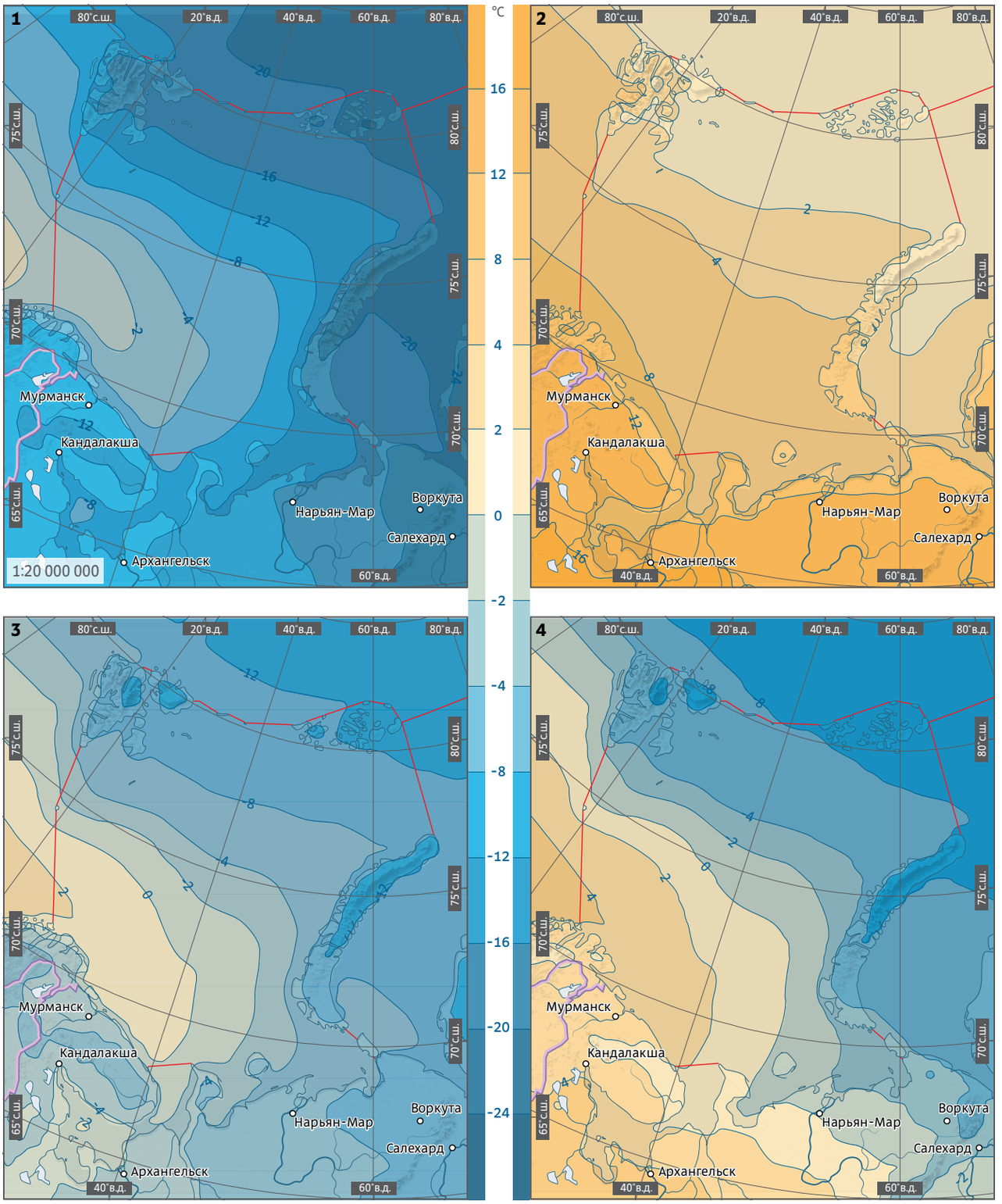
Атмосферная циркуляция

Атмосферная циркуляция, наряду с радиационными процессами и состоянием подстилающей поверхности (суша, море, лед), определяет климатические сезоны Баренцева моря. За счет неравномерного распределения суши и моря барическое поле (поле атмосферного давления) разделяется на ячейки повышенного (максимумы) и пониженного (минимумы) давления. Такие ячейки называются центрами действия атмосферы и имеют собственные названия в зависимости от их географической локализации.

Исландский минимум — центр действия атмосферы с преобладанием циклонических образований — атмосферных вихрей с замкнутой циркуляцией и пониженным давлением в центре. Зимой ложбина исландского минимума, направленная вдоль теплого Северо-Атлантического течения, простирается на Баренцево море. Такая картина распределения атмосферного давления сохраняется до апреля. В связи с этим в холодное время года территория Баренцева моря находится под воздействием активной циклонической деятельности, что приводит к частым вторжениям более теплого умеренного воздуха в теплых секторах циклонов. Большое количество циклонов с их атмосферными фронтами делают западную часть Баренцева моря самой облачной областью в Арктическом регионе. Глубокие циклоны с низким давлением в центре приводят к сильным, штормовым скоростям ветра и усилению морского волнения.

Кроме циклонов синоптического масштаба, имеющих характерный диаметр около 1000 км и продолжительность жизни около 5–7 дней, над акваторией Баренцева моря формируются полярные мезоциклоны [7]. Продолжительность существования полярных мезоциклонов составляет приблизительно одни сутки, а их диаметр — от 50 до 400 км [8]. Наиболее изученной областью формирования полярных мезоциклонов является область западнее от арх. Шпицберген. Полярные мезоциклоны возникают преимущественно в зимнее время года, в период с октября по апрель, за счет резких контрастов температур Арктического региона и поступающего тепла из Атлантики. После возникновения полярные мезоциклоны перемещаются со средней скоростью 50 км/ч на юг, к побережью Скандинавского полуострова, а порой достигают Карского моря. Активно полярные мезоциклоны стали исследоваться с развитием спутниковых методов дистанционного зондирования земной поверхности (рис. 1.2.1). Интенсивные полярные мезоциклоны становятся причиной больших скоростей ветра, штормового волнения, которое может привести к обледенению судов, выпадению интенсивных осадков. Один из значительных штормов (с периодом повторяемости раз в 400 лет), связанный с воздействием полярного мезоциклона, наблюдался в начале января 1975 г. Шторм достиг наибольшей интенсивности 3 января 1975 г., в южной и восточной частях Баренцева моря скорость ветра превышала 20 м/с, минимум давления в центре циклона составил 941 гПа. Шторм привел к повышению приповерхностной температуры воды приблизительно на 1,5 °С у южных берегов арх. Шпицберген и практически на 1 °С — в центральной части Баренцева моря и у западных берегов арх. Новая Земля [9].

Весной (в апреле) над акваторией моря начинается перестройка барического поля. Преобладающие в зимний период юго-западные ветры



Температурный режим: 1 — среднемноголетняя температура воздуха, февраль; 2 — среднемноголетняя температура воздуха, июль; 3 — среднемноголетняя минимальная температура воздуха; 4 — среднемноголетняя максимальная температура воздуха

Табл. 1.2.1 Основные метеорологические станции

Номер станции	Название станции	Широта, с. ш.	Долгота, в. д.
20046	ОГМС им. Э.Т. Кренкеля	80,62	58,05
20107	Баренцбург	78,07	14,25
20744	Малые Кармакулы	72,37	52,72
22003	Вайда-Губа	69,93	31,96
22028	Териберка	69,20	35,12
22140	Святой Нос	68,15	39,77
22165	Канин Нос	68,65	43,30
22095	Колгуев Северный	69,53	49,08
22292	Индига	67,68	48,68

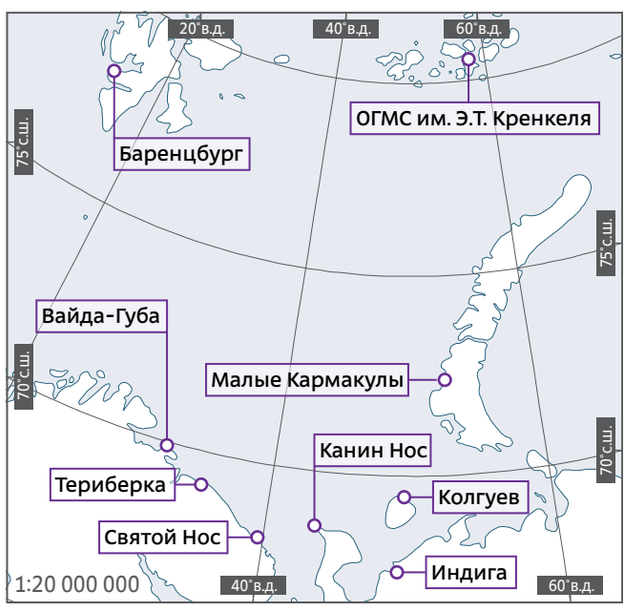
сменяются ветрами других направлений. К маю барическое поле становится малоградиентным. К концу июня формируются летние условия циркуляции: исландский минимум ослабевает, атмосферное давление над холодной поверхностью моря становится повышенным. Арктический фронт смещается к северу, уменьшается циклоническая активность и уменьшается количество атмосферных осадков в акватории моря. Осенью вновь усиливается влияние исландского минимума, в октябре—ноябре атмосферная циркуляция перестраивается на зимний режим.

Температурный режим

Для характеристики климатических условий необходимы однородные данные многолетних (свыше 30 лет) метеорологических наблюдений. Под современным климатом подразумеваются средние значения метеорологических параметров за период 1981–2010 гг. Наиболее точную информацию о большом числе метеорологических элементов и явлений погоды предоставляют метеорологические станции, однако они расположены лишь на побережье или заякоренных морских станциях. Основные действующие метеорологические станции с однородным рядом наблюдений представлены в табл. 1.2.1 и на рис. 1.2.2. В связи с недостаточностью метеорологической информации в центральных частях Баренцева моря для анализа режима температуры воздуха над акваторией моря дополнительно привлечены данные современного реанализа (продукта синтеза разных метеорологических данных) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды ERA5 [10].

В годовом ходе температуры воздуха минимум приходится на февраль, максимум — на июль. Наибольшая среднегодовая температура воздуха наблюдается на западном побережье Кольского полуострова — до 7 °С. У северной оконечности Кольского полуострова среднегодовая температура воздуха составляет +(1–2) °С. К северу среднегодовая температура воздуха уменьшается и переходит нулевую отметку примерно по широте северной оконечности арх. Шпицберген. На о. Хейса среднегодовая температура воздуха составляет –12 °С.

Характерной особенностью режима температуры воздуха над Баренцевым морем в декабре — феврале является сглаженный ход многолетней средней месячной температуры воздуха. Такой ход температуры воздуха формируется при частом образовании теплоядерных зим, т. е. зим с аномально повышенной температурой воздуха в один из месяцев в результате активной циклонической деятельности. В отдельные зимы наблюдаются два или три теплых ядра или ядро не выделяется (так называемая безъядерная зима с отсутствием четко выраженного минимума температуры воздуха в течение зимы) [3]. Понятия теплоядерных и безъядерных зим были развиты в отечественной климатологии в 1950–1960-х гг. (например, в работе [11]) и используются в настоящее время [12] для характеристики синоптических особенностей зимнего периода. Температура воздуха в феврале изменяется от +(2–4) °С на юго-западе моря у Кольского полуострова за счет влияния теплого Северо-Атлантического течения и широтно убывает, достигая –(26–24) °С на архипелагах Шпицберген, Новая Земля, Земля Франца-Иосифа. Минимум среднемесячной многолетней температуры воздуха в ее годовом ходе на о. Хейса (Объединенная гидрометеорологическая обсерватория (ОГМС) им. Э.Т. Кренкеля) [13] приходится на февраль



Расположение метеостанций из табл. 1.2.1–1.2.6 Рис. 1.2.2

Ветровой режим

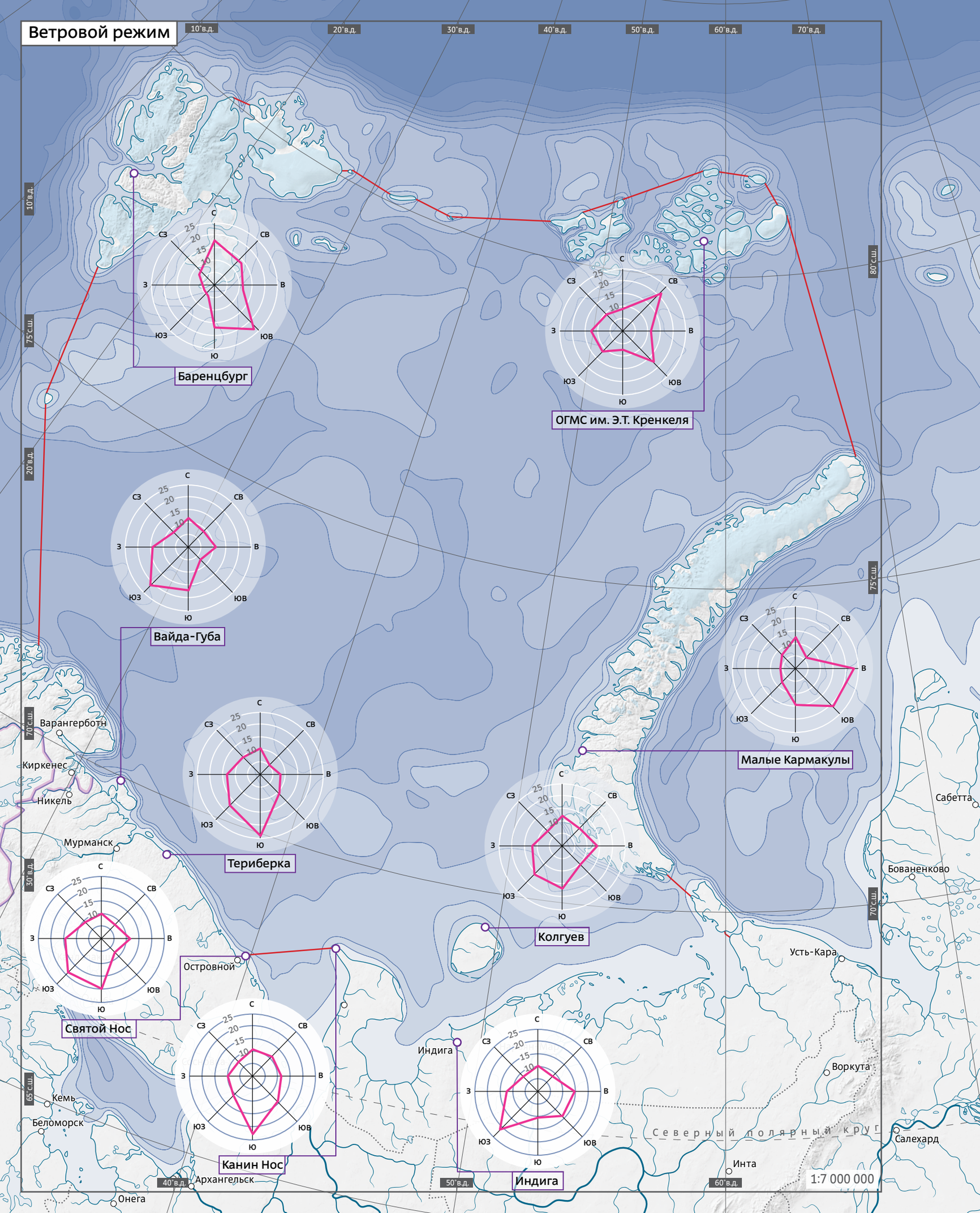


Табл. 1.2.2 Среднемесячная многолетняя температура воздуха, °С, в 1981–2010 гг. (по [13])

Название станции	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
ОГМС им. Э.Т. Кренкеля	–22,7	–23,1	–23,0	–18,6	–8,6	–1,4	0,7	0,1	–2,8	–11,0	–15,3	–21,9	–12,3
Баренцбург	–12,0	–12,5	–12,4	–9,4	–3,2	2,3	6,0	5,1	1,1	–4,7	–7,6	–10,2	–4,8
Малые Кармакулы	–14,2	–14,6	–12,2	–9,9	–3,6	2,7	7,3	6,8	3,8	–2,1	–7,3	–11,2	–4,5
Вайда-Губа	–4,9	–5,1	–3,5	–0,7	3,2	7,2	10,6	10,2	7,3	2,9	–1,6	–3,5	1,8
Териберка	–7,2	–7,8	–4,9	–1,3	3,0	7,6	11,4	11,0	7,3	2,2	–3,0	–5,3	1,1
Святой Нос	–6,6	–7,2	–5,0	–1,9	1,8	5,9	9,2	9,2	7,2	6,1	–1,6	–4,0	1,1
Канин Нос	–8,3	–9,2	–7,0	–4,4	–0,4	4,8	9,0	8,5	6,1	2,2	–2,1	–5,3	–0,5
Колгуев Северный	–11,3	–12,6	–9,9	–7,1	–1,9	3,3	7,7	7,8	5,1	0,4	–4,4	–7,5	–2,5
Индига	–14,4	–13,8	–9,9	–5,8	0,1	6,5	10,9	9,8	6,5	0,8	–6,7	–10,9	–2,3

— минимальные значения, — максимальные значения

и составляет –23,1 °С. На станции Баренцбург, находящейся примерно на 2,5° южнее (арх. Шпицберген), температура воздуха в феврале уже почти на 10 °С выше. У континентального побережья Евразии температура воздуха в феврале увеличивается до –7,2 °С (табл. 1.2.2).

В июле распределение температуры воздуха принимает субширотный характер, у побережья Скандинавского полуострова температура воздуха достигает 12 °С, а севернее 77 ° с. ш. — +(0–2) °С.

Продолжительность безморозного периода максимальна у западного побережья Кольского полуострова в связи с влиянием теплого Северо-Атлантического течения и минимальна на архипелагах Шпицберген и Новая Земля — 20–40 дней. Сумма активных температур (свыше 10 °С) также максимальна в районе теплого Северо-Атлантического течения. Севернее 75° с. ш. температур воздуха выше 10 °С не наблюдается. Большие суммы активных температур отмечаются на Южном острове арх. Новая Земля в связи с нагревом подстилающей поверхности в летний период года.

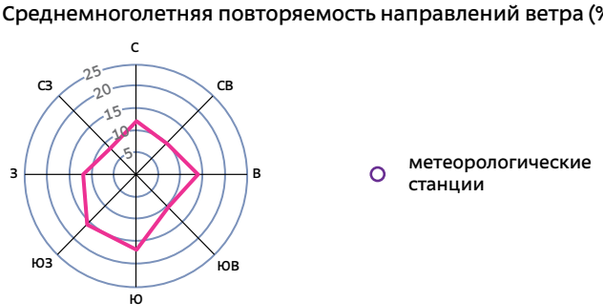
С точки зрения возникновения неблагоприятных гидрометеорологических явлений кроме продолжительности безморозного периода важны и календарные даты перехода температуры воздуха через ноль. В ОГМС им. Э.Т. Кренкеля положительные температуры воздуха (около 0 °С) наблюдаются только два месяца в году: в июле и августе, а на станции Баренцбург продолжительность периода с температурами воздуха больше нуля составляет уже четыре месяца. В южной части Баренцева моря положительные температуры воздуха наблюдаются с мая по октябрь включительно (см. табл. 1.2.2).

Средние максимальные температуры воздуха достигают наибольших значений (до 8 °С) в юго-западной части акватории Баренцева моря. В северной части Баренцева моря, покрытой льдом, средние максимальные температуры воздуха отрицательные и достигают –12 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха, зарегистрированный в 1980 г. в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля, составил 8,8 °С (табл. 1.2.3). Абсолютные максимумы температуры воздуха, зафиксированные на станциях в южной части Баренцева моря, превышали 30-градусные отметки (до 38,4 °С на станции Териберка).

Средние минимальные температуры воздуха над акваторией моря и прилегающей сушей находятся примерно в интервале от –16 °С до 6 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха зафиксирован в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля — –43,5 °С (см. табл. 1.2.3).

Ветровой режим

Среднемноголетняя повторяемость направлений ветра (%)



Скорость ветра

Режим ветра, его скорость и направление определяется главным образом конфигурацией поля давления. Учет экстремальных скоростей ветра важен для оценок ветровых нагрузок на здания и инженерные сооружения [14]. Большие скорости ветра, особенно в холодный период

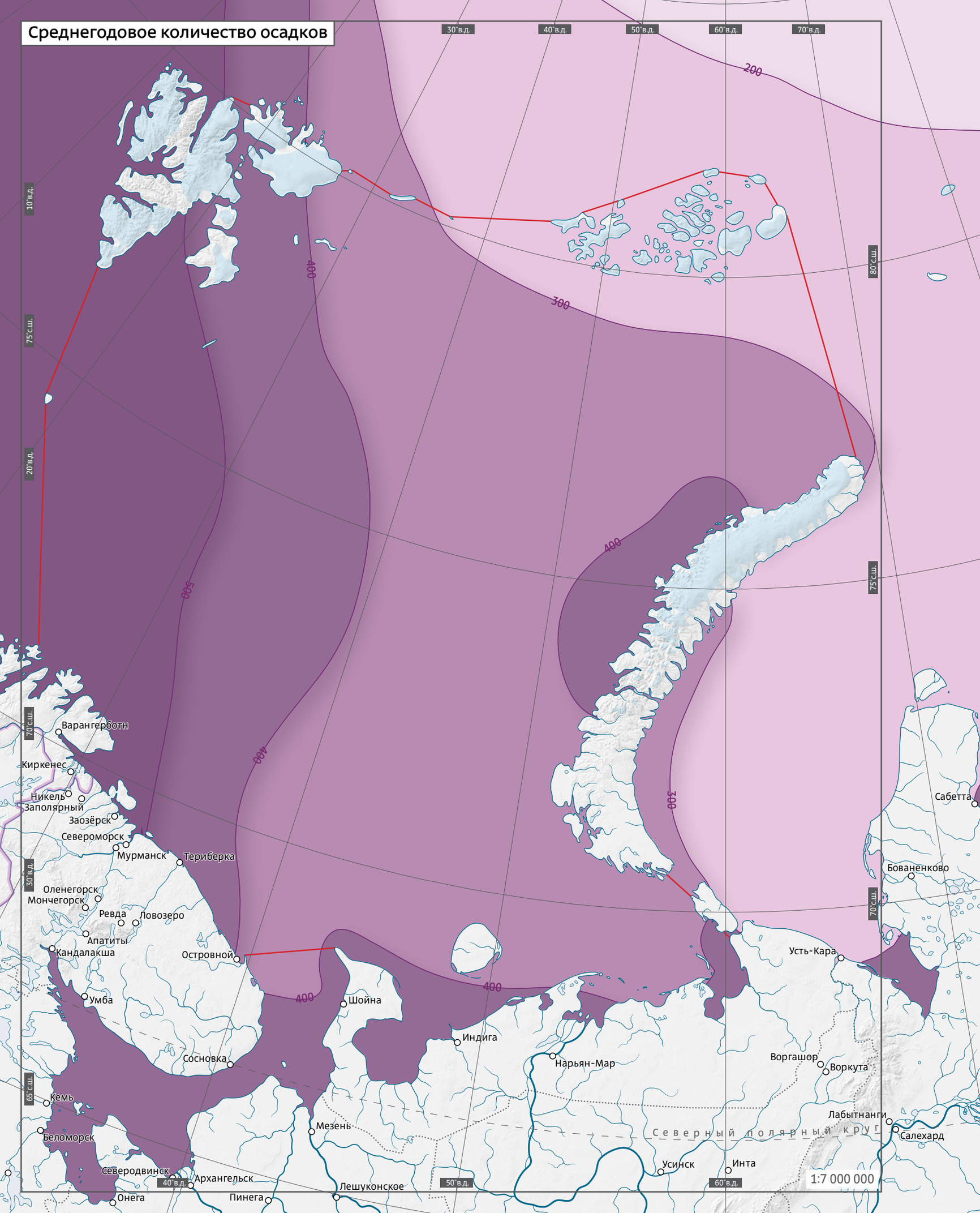
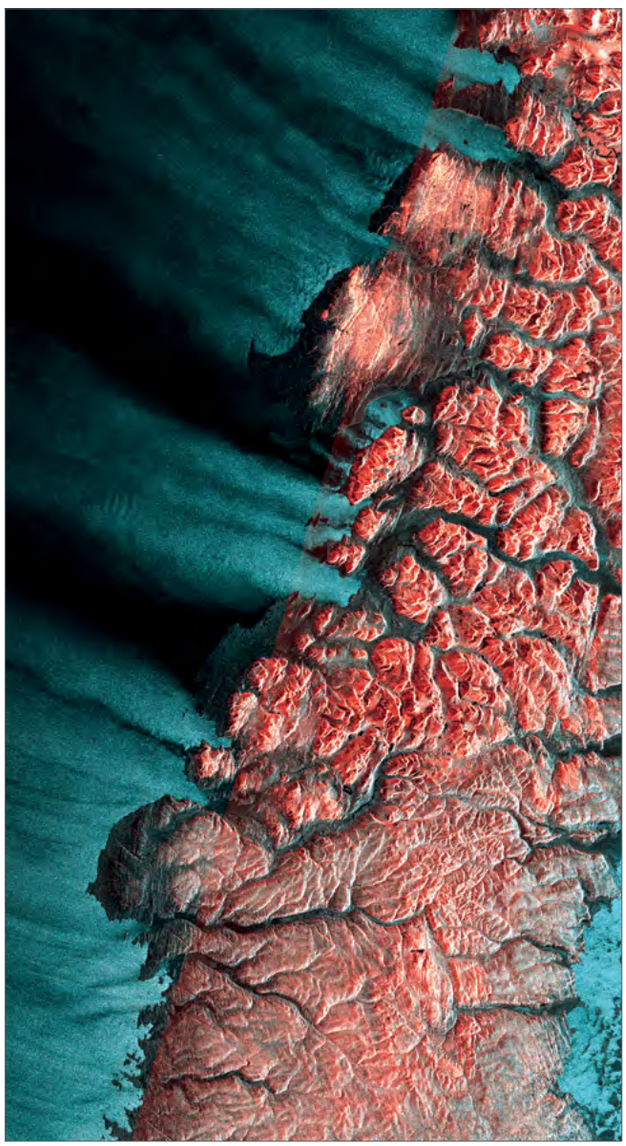

Среднегодовое количество осадков
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
200
300
400
500
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Бованенково
Сабетта
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Северный полярный круг
1:7 000 000

Табл. 1.2.3 Экстремумы температуры воздуха и квантили за период 1980–2017 гг., °С (по [13])

Название станции	Минимум	Максимум	Квантиль 5%	Квантиль 95%
ОГМС им. Э.Т. Кренкеля	–43,5	8,8	–31,6	1,8
Баренцбург	–39,8	20,3	–20,6	7,6
Малые Кармакулы	–35,7	28,3	–22,4	10,1
Вайда-Губа	–24,6	30,4	–9,9	14,0
Териберка	–29,6	38,4	–13,4	16,0
Святой Нос	–25,1	29,9	–11,5	12,9
Канин Нос	–31,7	27,5	–14,8	11,9
Колгуев Северный	–37,6	30,0	–19,3	10,9
Индига	–43,2	31,2	–24,0	15,3

года, увеличивают жесткость погоды, сокращая возможное время работы на открытом воздухе (табл. 1.2.4). В зимний сезон преобладают ветры южных румбов (юго-западные, южные), однако в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля наибольшую повторяемость имеют северо-восточные ветры. Средние значения скорости ветра в Баренцевом море зимой составляют 4–10 м/с, летом — 3–7 м/с. В зимний сезон наблюдаются максимальные скорости ветра, в среднем составляющие 30–35 м/с, что связано с усилением циклогенеза в зимнее время по сравнению с теплым периодом года [15, 16]. Ветры с восточной составляющей и большой скоростью (50 м/с) фиксируются на арх. Новая Земля. Такие сильные ветры обусловлены орографическими особенностями островов архипелага и носят название Новоземельская бора (рис. 1.2.3). Этот местный ветер возникает за счет усиления скорости ветра при обтекании воздушным потоком горного хребта небольшой высоты на западном побережье арх. Новая Земля. Подветренные бури в Арктике изучены слабо, что связано с малой плотностью наблюдательной сети. Единственная метеорологическая станция архипелага, расположенная на Южном острове, — Малые Кармакулы, является уникальным источником данных о явлении Новоземельской боры. Кроме Новоземельской боры, восточные орографические ветры регистрируются на арх. Шпицберген [17].

Летом в связи с перестройкой барического поля увеличивается повторяемость ветров северных румбов, максимальная скорость ветра в среднем уменьшается до 20 м/с.



Новоземельская бора, остров Южный, архипелаг Новая Земля. Радиолокационный снимок Sentinel-1B от 13 мая 2019 г. Рис. 1.2.3

Среднегодовое количество осадков (мм)

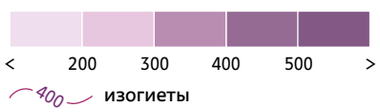


Табл. 1.2.4 Статистические характеристики скорости ветра, м/с, в разные сезоны года (по [13])

Показатель	Зима	Весна	Лето	Осень
20046 ОГМС им. Э.Т. Кренкеля				
Среднее значение	6	5,5	5,1	6,5
Стандартное отклонение	4,4	3,1	3	3,5
25%	2	3	3	4
50%	6	5	5	6
75%	9	7	7	9
Максимум (порыв)	31 (39)	21 (25)	19 (26)	26 (33)
20107 Баренцбург				
Среднее значение	4,3	3,1	3,1	3,6
Стандартное отклонение	3	2	1,8	2,3
25%	2	2	2	2
50%	4	3	3	3
75%	6	4	4	5
Максимум (порыв)	22 (36)	19 (29)	17 (28)	17 (26)
20744 Малые Кармакулы				
Среднее значение	9,7	7,3	6,5	7,6
Стандартное отклонение	6,3	5,2	4,4	4,4
25%	5	4	3	4
50%	8	6	6	7
75%	13	9	8	10
Максимум (порыв)	45 (50)	40 (48)	34 (42)	35 (43)
22003 Вайда-Губа				
Среднее значение	7,7	5,4	5	6,2
Стандартное отклонение	3,8	2,8	2,6	3,3
25%	5	3	3	4
50%	7	5	5	6
75%	10	7	7	8
Максимум (порыв)	34 (40)	18 (27)	18 (28)	22 (36)
22028 Териберка				
Среднее значение	8,2	6	5,5	7,3
Стандартное отклонение	4,6	3,4	3,3	4,2
25%	4	3	3	4
50%	8	6	5	7
75%	11	8	7	10
Максимум (порыв)	35 (43)	21 (30)	23 (37)	32 (38)
22140 Святой Нос				
Среднее значение	8,7	5,6	5	7,2
Стандартное отклонение	4	2,8	2,6	3,6
25%	6	4	3	4
50%	8	5	5	7
75%	12	7	6	10
Максимум (порыв)	30 (40)	20 (26)	24 (34)	28 (40)

Показатель	Зима	Весна	Лето	Осень
22165 Канин Нос				
Среднее значение	8,3	6,7	6,3	7,4
Стандартное отклонение	4,2	3,5	3,2	3,8
25%	5	4	4	4
50%	8	6	6	7
75%	11	9	8	10
Максимум (порыв)	28 (34)	24 (29)	20 (39)	26 (29)
22095 Колгуев Северный				
Среднее значение	7,5	6,1	5,7	6,6
Стандартное отклонение	3,6	2,8	2,6	3,2
25%	5	4	4	4
50%	7	6	5	6
75%	10	8	7	8
Максимум (порыв)	26 (35)	21 (27)	20 (34)	24 (32)
22292 Индига				
Среднее значение	7,2	5,8	5,6	6,8
Стандартное отклонение	4	2,8	2,8	3,4
25%	4	4	4	4
50%	7	6	5	6
75%	10	8	7	9
Макимум (порыв)	26 (33)	29 (39)	21 (30)	23 (29)

Осадки и атмосферные явления

Годовое количество осадков, фиксируемое на метеорологических станциях, расположенных в акватории Баренцева моря, составляет от 276 мм в год в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля (о. Хейса) до 545 мм в год на станции Баренцбург (арх. Шпицберген) (табл. 1.2.5). Станция Баренцбург относится к району избыточного увлажнения. Максимум осадков в годовом ходе для станций Баренцбург, ОГМС им. Э.Т. Кренкеля и Малые Кармакулы приходится на холодный период года. На побережье Кольского полуострова максимум в годовом ходе осадков приходится на летний период в связи со смещением циклонической деятельности в более южные широты. Летом арктический фронт локализуется по южной окраине тундровой зоны (примерно вдоль 67° с. ш.) [18]. По мере продвижения на восток максимум в годовом ходе осадков смещается на осень, например максимум в годовом ходе осадков на о. Колгуев наблюдается в октябре.

Табл. 1.2.5 Годовое количество осадков, мм (по [13])

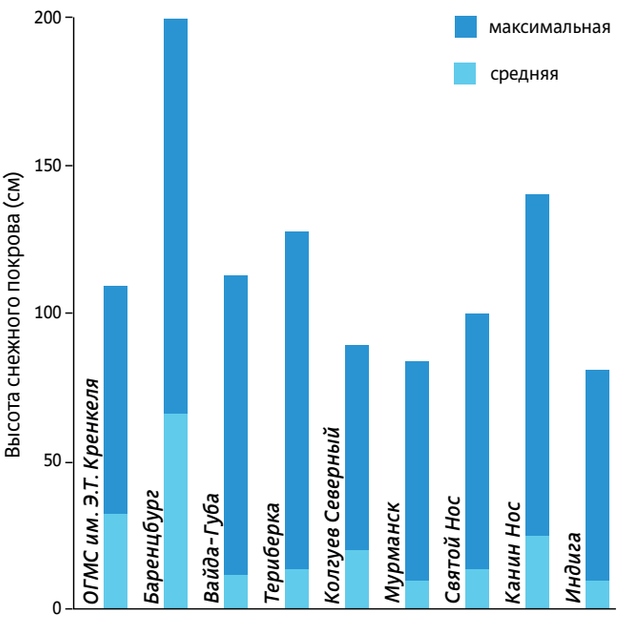
Номер станции	Название станции	Годовое количество осадков, мм
20046	ОГМС им. Э.Т. Кренкеля	276
20107	Баренцбург	545
20744	Малые Кармакулы	330
22003	Вайда-Губа	517
22028	Териберка	470
22140	Святой Нос	394
22165	Канин Нос	441
22095	Колгуев Северный	354
22292	Индига	419

Вместе с тем для всех станций акватории Баренцева моря наблюдается преобладание суммарного количества осадков холодного периода (октябрь — май) над осадками теплого периода года. Наибольшее отношение суммарного количества осадков холодного периода года к количеству осадков теплого периода года наблюдается на станции Баренцбург и в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля — 3 и 2,5 раза соответственно, что связано с активизацией циклонической деятельности на арктическом фронте в зимний период.

Табл. 1.2.6 Суточные суммы осадков за период 1981–2010 гг., мм (по [13])

Номер станции	Название станции	Квантиль 95%	Квантиль 99%	Максимум
20046	ОГМС им. Э.Т. Кренкеля	3,2	9,3	71,5
20107	Баренцбург	7,4	15,0	51,0
20744	Малые Кармакулы	4,4	9,5	42,7
22003	Вайда-Губа	6,1	12,6	49,5
22028	Териберка	5,8	12,4	71,7
22095	Колгуев Северный	4,2	9,0	30,4
22140	Святой Нос	4,9	11,2	51,4
22165	Канин Нос	5,3	10,7	36,1
22292	Индига	5,4	12,1	58,2

Штиль, мыс Желания, архипелаг Новая Земля



Высота снежного покрова за период 1981–2010 гг., см (по [13]) Рис. 1.2.4

Значения суточных сумм осадков невысоки (табл. 1.2.6). Максимальные суточные суммы осадков, вероятно, связаны с перемещением атлантических циклонов. Экстремально большая суточная сумма осадков (71 мм) (см. табл. 1.2.6) в холодный период года была отмечена в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля, что связано с активизацией циклонической деятельности в холодный период года. Влияние интенсивной циклонической деятельности приводит и к максимальному снегонакоплению, в частности на станции Баренцбург высота снежного покрова достигала 200 см (рис. 1.2.4).

Среди опасных метеорологических явлений можно выделить метели и туманы, приводящие к сильному уменьшению дальности видимости. Большое число дней (в среднем половина месяца) с метелями, переносом снега над поверхностью земли ветром достаточной силы отмечается в холодный период года на станциях Канин Нос и Индига. Часты туманы на п-ове Канин, в зал. Чёшская губа. Максимальное количество дней с туманами наблюдается в июле на станциях Канин Нос, Святой Нос, Колгуев Северный, в среднем 12 дней в месяц (рис. 1.2.5).

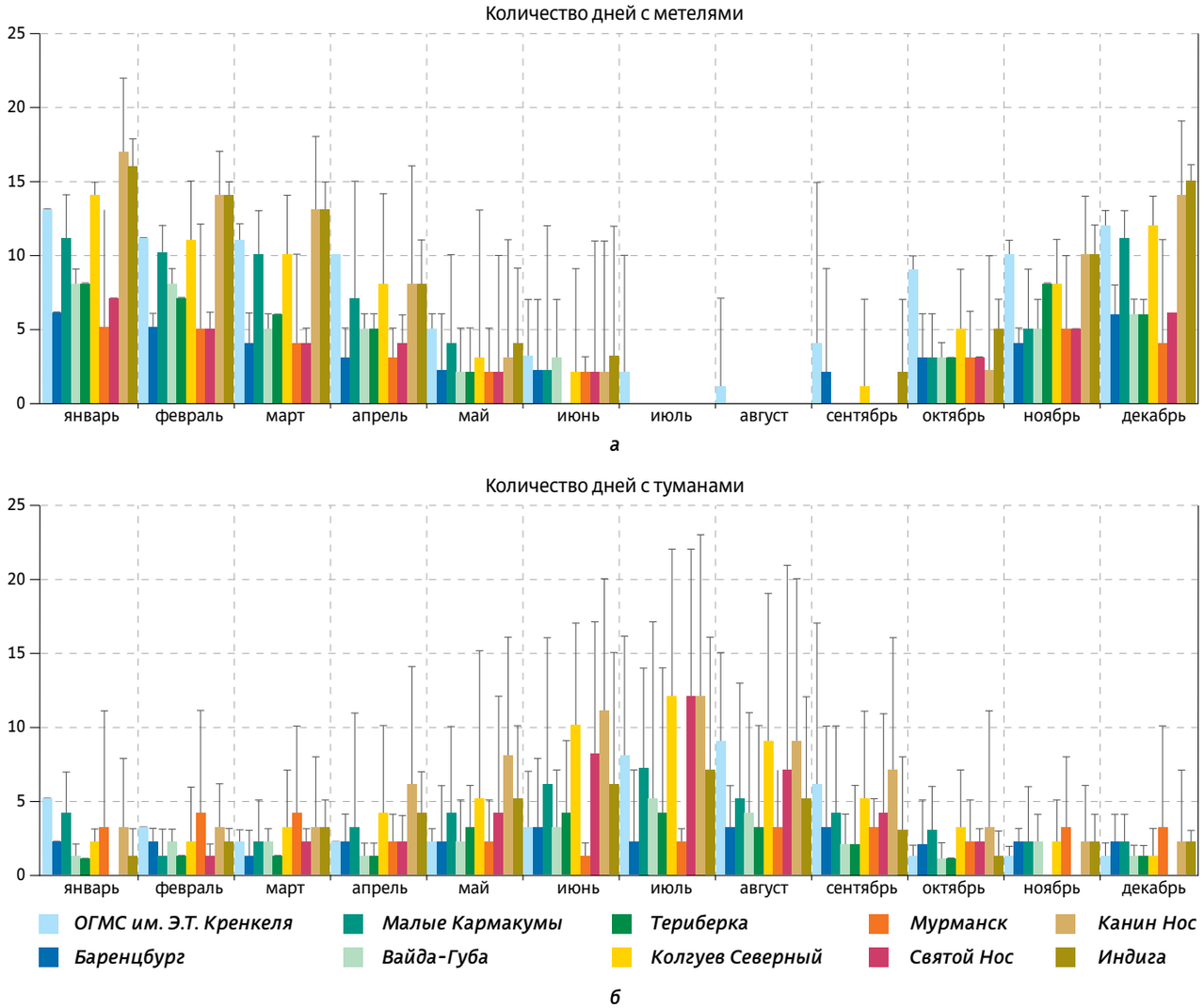


Рис. 1.2.5 Среднегодовое количество дней с метелями (*а*) и туманами (*б*) за период 1981–2010 гг. Вертикальными планками показано максимальное количество дней (по [13])

Наблюдения за состоянием приземной атмосферы в Северной полярной области свидетельствуют, что в последние годы в высоких широтах сохраняется тенденция потепления. За период с начала инструментальных измерений по 2019 г. наблюдается значимый положительный тренд температуры воздуха — +0,15 °С/10 лет с наиболее значимыми изменениями весной (+0,26 °С/10 лет) и летом (+0,1 °С/10 лет) [19]. В частности, на станции Баренцбург 2012 г. по значению средней годовой температуры воздуха стал наиболее теплым за весь период наблюдений [20]. Расчеты, проведенные для станций Мурманск и Териберка, показали, что для периода 1950–2015 гг. даты весеннего перехода становятся в целом более ранними, а даты осеннего перехода, наоборот, более поздними [21]. Таким образом, наблюдается увеличение продолжительности периода положительных температур воздуха в течение года.

Количество атмосферных осадков в Баренцевом море растет (+7 мм/10 лет) за счет увеличения количества осадков в холодный период года [19]. Суточные суммы осадков в отдельные дни могут быть значительными, например, суточная сумма осадков в ОГМС им. Э.Т. Кренкеля, повторяющаяся в среднем один раз за 30 лет в зимний период года, составляет 82 мм [22].

При глобально отмечаемой тенденции роста экстремальных погодных явлений [23] увеличения числа штормов в Баренцевом море за период 1979–2015 гг. не наблюдается [24].

Абразионный берег, выработанный в коренной породе, полуостров Рыбачий

1.3. Геолого-геоморфологические условия

Баренцево море является самым западным среди российских арктических морей и обладает самым широким и глубоким шельфом в мире. Во многом это связано с его геологическим строением и особенностями развития в четвертичное время.

Строение дочетвертичного цоколя

Баренцево море расположено в пределах коры континентального типа докембрийского возраста, имеющей гетерогенное строение. В пермское и мезозойское время земная кора претерпела несколько этапов деструкции. Выделяются районы с возрастом формирования континентальной коры архейского, гренвильского и байкальского возрастов. Первая развита в пределах подводного продолжения Восточно-Европейской платформы, вторая — на Баренцевоморской (Свальбардской) плите, третья — в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (рис. 1.3.1).

Фундамент Балтийского кристаллического щита, сложенный гранитоидами и гранито-гнейсами Мурманского блока Карело-Кольского подвижного складчатого пояса, слагает дно в юго-западной части баренцевоморского шельфа. Эти породы имеют преимущественно архейский возраст и метаморфизованы в гранулитовой фации

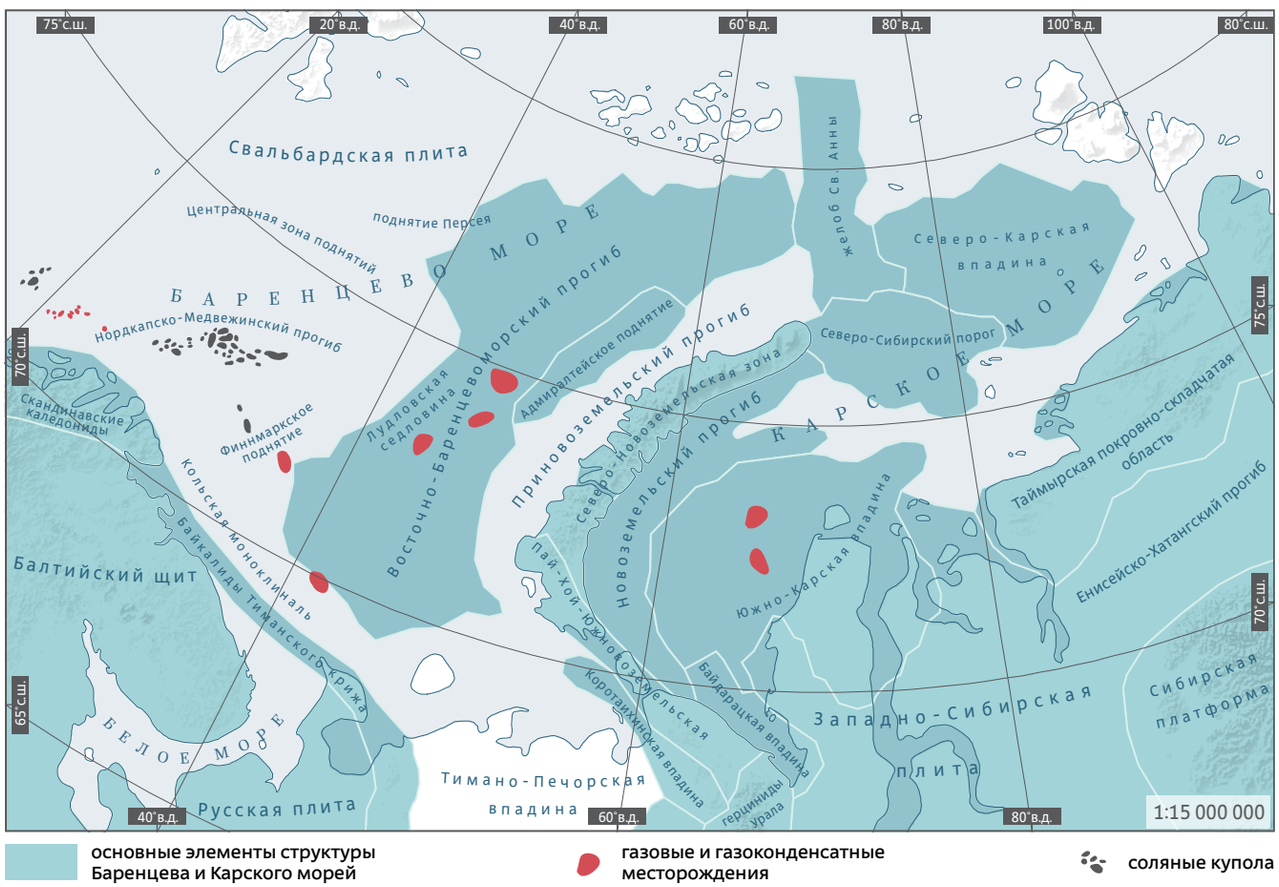


Рис. 1.3.1 Схема расположения основных элементов структуры Баренцева и Карского морей и их обрамления

умеренных давлений (кольский тип) [1], их возраст более 3 млрд лет. Породы Мурманского блока протягиваются узкой полосой вдоль северного берега Кольского полуострова и отделены от других структур в пределах Баренцева моря разломом Карпинского, по которому кристаллический фундамент опущен в сторону моря и ступенчато погружается под осадочный чехол Кольской моноклинали (Кильдинско-Святоносская ступень Баренцевоморской плиты) [2]. Эта структура сложена преимущественно терригенными породами рифейского возраста, которые обнажаются на юге полуостровов Варангер, Средний, Рыбачий и на о. Кильдин, образуя фундамент Северо-Кольской области погружения Баренцевоморской плиты. Особенности строения коренного цоколя в зоне перехода от Балтийского кристаллического щита к Баренцевоморской плите показаны на рис. 1.3.2.

Мощность рифейских песчаников, по геофизическим данным, может достигать 2–5 км [3]. С северо-запада к Кольской моноклинали примыкает Западно-Арктическая (Баренцевоморская) плита, в которой выделяются следующие региональные элементы: Свальбардская плита, Баренцевоморский мегапрогиб, Тимано-Печорская (Печорская) плита (см. рис. 1.3.1). Наиболее важной структурной единицей является Восточно-Баренцевоморский прогиб, в котором, в свою очередь, выделяются Северо-Баренцевоморская и Южно-Баренцевоморская впадины, разделенные Лудловской седловиной. Это крупнейшие в мире осадочные седиментационные бассейны, мощность осадочного покрова в которых достигает 18 км и более. Осадочный чехол по большей части представлен меловыми и юрскими породами, и именно с ними связаны основные месторождения нефти и газа [4].

Северная часть Баренцева моря в тектоническом отношении приурочена к Свальбардской плите (см. рис. 1.3.1), фундамент которой представлен добайкальскими комплексами, выступающими на поверхность на востоке арх. Шпицберген, на островах Медвежий, Северо-Восточная Земля, Белый и на арх. Новая Земля. В южной и западной краевых зонах плиты фундамент переработан гренвильскими движениями (880–1000 млн лет — ранний неопротерозой) с четко выраженным перерывом и несогласием на границе с поздним рифеем и вендом, а на крайнем западе и юго-западе, в непосредственной близости к складчатым поясам арх. Шпицберген и северной части Скандинавского полуострова, — каледонскими движениями. Свальбардская плита отделена от пород каледонского возраста, слагающих северную часть Скандинавского полуострова, принадлежащую Норвегии, Нордкапско-Медвежинским прогибом, которому в современном рельефе отвечает Медвежинский прогиб, открывающийся на континентальный склон в сторону Атлантического океана (см. рис. 1.3.1).

Таким образом, большая часть дна Баренцева моря входит в состав платформенной области (Баренцево-Печорская плита), осложненной прогибами и разделяющими их возвышенностями. Важной особенностью является очень слабое развитие прибрежных мелководий. Даже внутри островных архипелагов располагаются глубокие проливы с крутыми бортами. При этом на прибрежных и островных поднятиях получили развитие фиардовые берега (арх. Новая Земля, Кольский полуостров и плоскогорье Финмаркен). Происхождение их первично-тектоническое, связанное с растрескиванием метаморфических пород при поднятии блоков земной коры, впоследствии существенно модифицированных ледниковой экзарацией.

Основные черты строения четвертичного покрова

Дно Баренцева моря относится к так называемым гляциальным шельфам, т. е. тем участкам континентального шельфа, которые в четвертичное время испытали покровное оледенение, сменившееся процессами дегляциации и установления морского режима. Данный термин был введен в практику научных исследований Х. Холтедалем [5] в 1964 г. и подразумевал несколько принципиальных моментов: гляциоизостатическое погружение под давлением ледниковой нагрузки, большую роль структурного рельефа в формировании современного рельефа морского дна и распределении специфических гляцигенных осадков и связанных с ними форм рельефа. Все эти признаки присущи баренцевоморскому шельфу. Его бровка располагается на отметках 300–700 м, рельеф поверхности расчленен, характерны чередование крупных желобов с поднятиями, которые непосредственно отражают строение коренного субстрата, широкое развитие грядообразного рельефа, связанного с распространением ледниковых покровов и специфических отложений, отражающих влияние ледников: морен, ледниково-морских осадков и пр. При этом для большей части четвертичного покрова, который четко выделяется, располагаясь стратиграфически выше последнего регионального несогласия (см. рис. 1.3.2), характерно хорошо выраженное трехчленное строение, представленное сменой (снизу вверх) моренных образований, гляциально-морских отложений и венчающих разрез моренных морских отложений [6] (рис. 1.3.3).

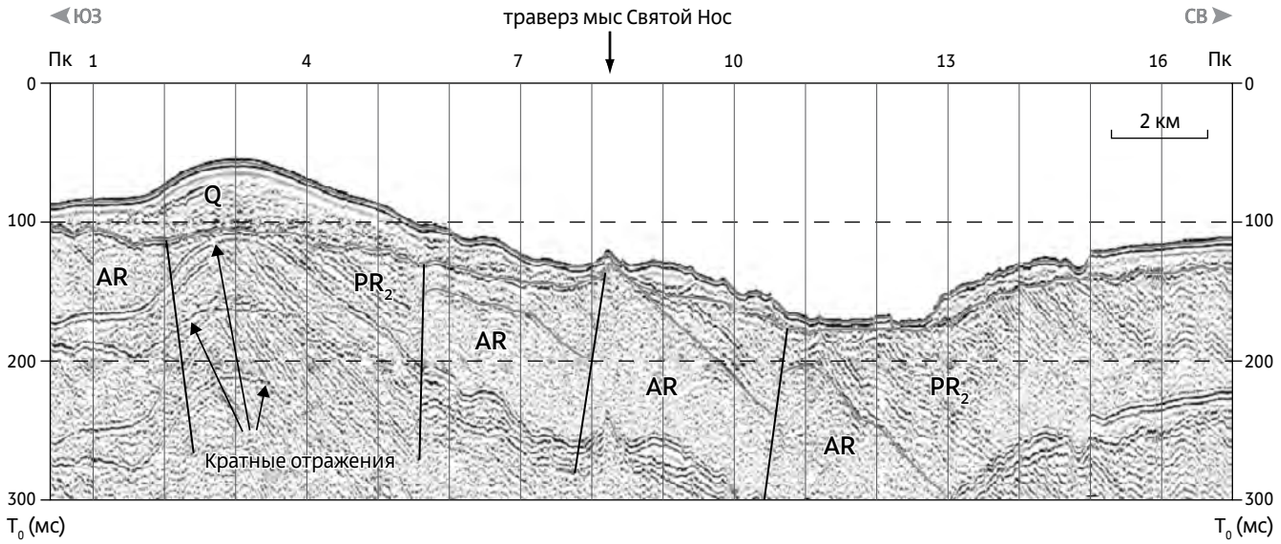


Рис. 1.3.2 Строение верхнепротерозойских образований Кильдинско-Святоносской ступени Баренцевоморской плиты: Q — четвертичные отложения; AR — кристаллические породы архей-нижнепротерозойского возраста; PR_2 — терригенные породы Кильдинской серии верхнепротерозойского (рифей) возраста (интерпретация С.И. Шкарубо) (по [4])

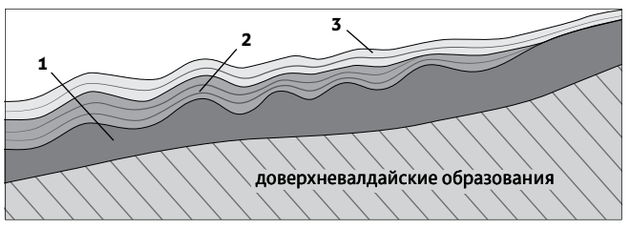


Рис. 1.3.3 Принципиальная схема строения комплекса верхневалдайско-голоценовых отложений на верхнекайнозойских гляциальных шельфах: 1 — морена; 2 — гляциально-морские отложения; 3 — морские осадки (по [6])

Все эти три горизонта обычно хорошо выражены в сейсмоакустической записи. Так, моренные отложения характеризуются «хаотической» записью, отражающие рефлекторы — непротяженны и разноориентированы. Характерно, что в большинстве случаев морена несогласно залегает на подстилающих образованиях. Вышележащие отложения отчетливо слоисты. Гляциально-морские осадки без размыва несогласно с облеканием перекрывают кровлю морены. Морские отложения, в свою очередь, на глубинах менее 150–200 м несогласно с размывом залегают на подстилающих образованиях. При этом они обычно формируются только в отрицательных формах рельефа, а огромные приподнятые выровненные участки морского дна представляют собой абразионную поверхность ледниково-морских отложений.

В настоящее время имеется достаточно много абсолютных датировок по всем указанным выше сейсмогоризонтам: для сейсмостратиграфического комплекса III (моренные отложения) — 25–16 тыс. лет, для сейсмостратиграфического комплекса II (ледниково-морских) — 15–10 тыс. лет, для сейсмостратиграфического комплекса I — менее 12–10 тыс. лет [6].

Происхождение четвертичных отложений и их состав являются предметом острых дискуссий. При наличии довольно большого количества буровых скважин анализ вещественного состава и текстурные наблюдения недостаточны. Данные сейсмоакустических исследований не всегда однозначны, трактуются по-разному и не могут безоговорочно приниматься в качестве доказательной базы. Даже верхнее региональное несогласие, которое обычно отчетливо выделяется на сейсмограммах, на значительных площадях баренцевоморского шельфа просматривается с трудом. С одной стороны, это связано с гляциотектоническими дислокациями рыхлых мезозойских отложений в подошве ледникового горизонта [7], а с другой — с тем, что литофизические свойства четвертичных, палеогеновых, а часто и мезозойских осадочных образований весьма близки между собой.

Как было установлено, батиметрический контроль слабо влияет на распределение мощностей рыхлых осадков на дне Баренцева моря. В среднем она составляет 30–40 м, сокращаясь к северу от 74° с. ш. [8], при этом существуют огромные площади, где общая мощность четвертичных осадков не превышает 1 м. Максимальные мощности рыхлого покрова, по данным сейсмоакустических исследований, характерны как для относительно

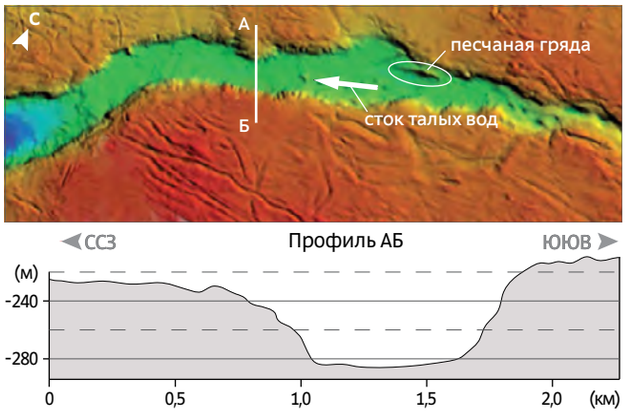


Рис. 1.3.4 Подледниковый канал и песчаная гряда (белый овал). Ширина канала 1050 м, глубина 64 м, глубина моря 282 м, сток талых вод шел в юго-западном направлении (белая стрелка) (по [11])

возвышенных участков морского дна (Северо-Канинское структурное плато и Мурманская возвышенность), так и для ряда впадин и желобов (Самойлова, Южно-Новоземельский и Гусиный). Мощности четвертичного покрова резко возрастают в юго-восточной части Баренцева моря (в так называемом Печорском море, к востоку от Гусиной и Канинской банок), при этом меняется и характер разреза рыхлого покрова [9]. По данным Г.А. Тарасова [8], на отдельных участках Печорского шельфа мощность четвертичного покрова превышает 200 м, при этом он считает, что на его образование оказывали существенное влияние неоднократные гляциоэвстатические колебания уровня Мирового океана. Смена морских обстановок континентальными сопровождалась развитием мощных ледниковых покровов и, соответственно, регрессивным снижением уровня Мирового океана. Наоборот, таяние ледника приводило к повышению уровня моря и его трансгрессивному наступлению на приморскую сушу. Это привело к формированию чрезвычайно сложно построенной толщи неоплейстоценовых отложений, представленной чередованием моренных и межледниковых отложений, которая перекрыта морскими голоценовыми отложениями также повышенной мощности. По мнению Г.А. Тарасова [10], в Печорском море в раннем и среднем неоплейстоцене бесспорно существовали ледники, поскольку в нескольких скважинах были вскрыты моренные отложения, перекрывающиеся морскими микулинскими осадками.

Как отмечалось выше, четвертичные отложения Баренцева моря представлены преимущественно образованиями последнего гляциально-седиментационного цикла от ледниковых до морских голоценовых. Древние отложения (от эоплейстоцена до среднего неоплейстоцена) обычно приурочены к различным палеоврезам, существующим как в открытом (рис. 1.3.4), так и в погребенном (рис. 1.3.5) состоянии. Большое количество подобных палеоврезов показано на листах государственных геологических карт четвертичных отложений [4], а также выявлено при инженерно-геологических изысканиях. Ледниковые отложения представлены несколькими морфологическими формами с различным петрографическим составом.

Первым типом, наиболее ярко выраженным морфологически, являются гряды. Впервые эти морфоскульптуры были подробно описаны Г.Г. Ма-

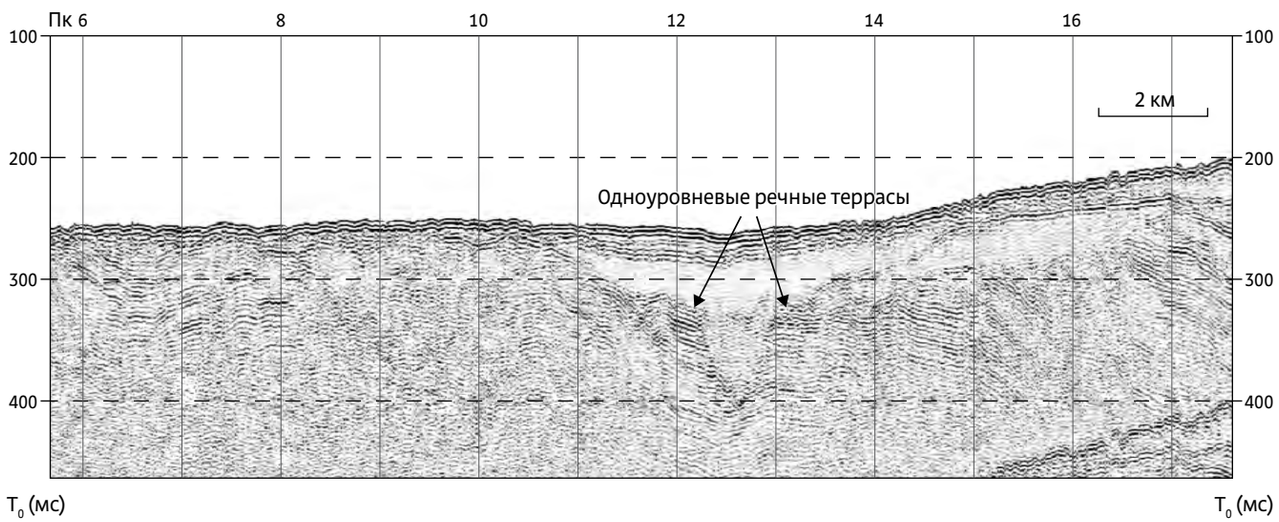


Рис. 1.3.5 Фрагмент сейсмоакустического профиля. Верхнеплиоцен-эоплейстоценовый палеоврез (интерпретация Д.А. Костина) (по [4])

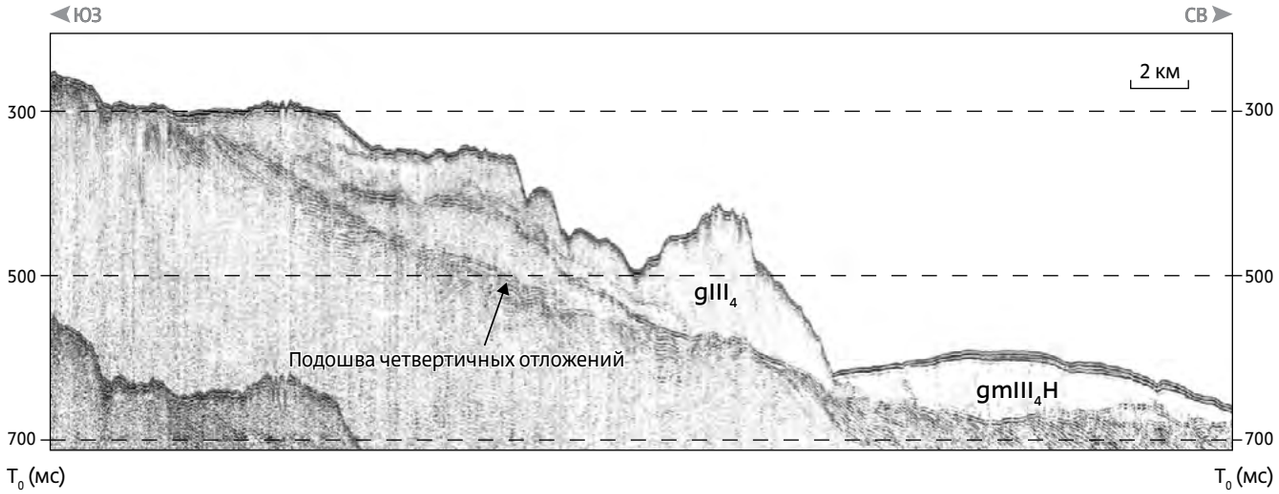


Рис. 1.3.6 Фрагмент сейсмоакустического профиля G-03-14 НИС «Гидролог», 2003 г. (по материалам ВНИИОкеангеологии), желоб Литке: $gIII_4$ — ледниковая гряда; $gmIII_4H$ — толща ледниково-морских осадков (интерпретация Д.А. Костина (по [4])

тишовым [12, 13]. Составленная им детальная карта показала, что эти гряды опоясывают острова арх. Новая Земля, южной периферии арх. Земля Франца-Иосифа и др. и связаны с проникновением ледников с суши (Скандинавского полуострова и арктических островов) в Баренцево море. В ряде случаев были установлены и локальные центры оледенения, располагавшиеся на поднятиях, в частности на Центральной возвышенности. Впоследствии наличие здесь ледниковых отложений было подтверждено работами Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ) [14].

Краевые ледниковые формы выделяются на сейсмоакустических разрезах по комплексу признаков — по акустически прозрачной, осветленной или хаотической записи. Морены, как правило, образуют положительные формы донного рельефа (холмы и гряды) с ровной подошвой и пилообразной кровлей (рис. 1.3.6). Они перекрыты морскими осадками разного возраста, что позволяет более или менее уверенно провести их относительное датирование — «более древние — более молодые» [15]. Проведенные ВСЕГЕИ в 1974–1989 гг. комплексные геологические работы вдоль западного побережья о. Северный арх. Новая Земля показали, что по крайней мере часть ледниковых гряд приурочена к резкому перегибу доледникового рельефа на глубинах около 150 м, который может быть сопоставлен с бровкой островного шельфа архипелага. В этом случае ледниковые отложения на приновоземельской платформе представляли континентальные фации, а моренные гряды формировались в зоне отрыва шельфового ледника от морского дна [16, 17].

Вторым типом ледниковых отложений, по данным О.П. Эпштейна и А.В. Старовойтова [18], являются однородные по акустическим признакам отложения, слагающие положительные формы рельефа, абсолютно прозрачные для сейсмических сигналов. Они известны достаточно давно, выделяются разными авторами под названием «прозрачная» толща и слагают огромные тела площадью до десятков тысяч квадратных километров и мощностью до 50–70 м. Эти аккумулятивные образования авторы относят к так называемым мягким моренам, формирующимся при большом участии талых вод и преобладающем тонкозернистом составе обломочного материала. Именно их А.В. Старовойтов [19] выделяет в Центральной впадине Баренцева моря как свидетельство полного оледенения баренцевоморского шельфа (рис. 1.3.7). В качестве доказательств он приводит установленную по анализу сейсмограмм дислоцированность ледниковых («хаотических») отложений по краям Центральной впадины, как свидетельство движения ледников по дну этой впадины. Однако однородный в акустическом отношении характер отложений, слагающих подобные тела, плохо соотносится с генезисом морен, которые по гранулометрическому составу представляют типичные диактомиты или песчано-глинистые алевриты. Они характеризуются повышенной плотностью (следовательно, и скоростью прохождения звука) и содержат дресвяные или щебнистые обломки. Скорее всего, эти тела сложены песками и имеют флювиально-гляциальный генезис, что хорошо совпадает и с положением этих тел либо в желобах, либо на поднятиях, где в толще ледника и возникали первые водные каналы.

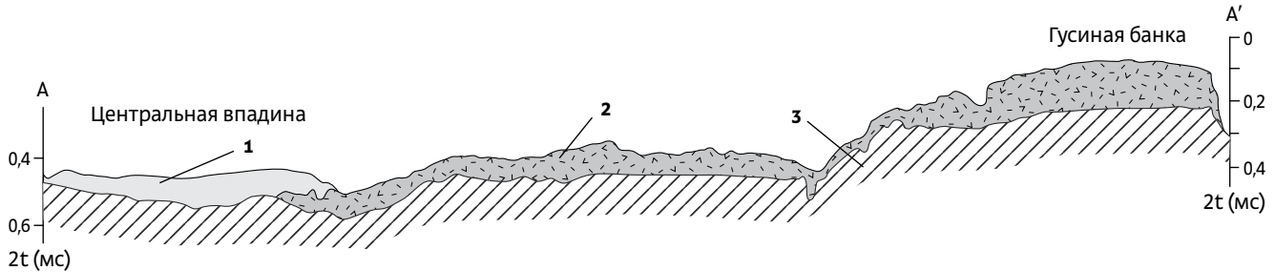


Рис. 1.3.7 Сейсмогеологический разрез от Гусиной банки до Центральной впадины Баренцева моря: 1 — «прозрачная» толща; 2 — «хаотический» (ледниковый) комплекс; 3 — коренные отложения (по [19])

Наконец, *третий тип* ледниковых отложений, отмечающийся обычно на глубинах до 150 м, — это горизонт с отчетливой хаотической записью, залегающий обычно на коренных породах, облекающий дочетвертичный рельеф и имеющий относительно небольшую мощность (первые метры). Он представляет собой основную морену.

Ледниковые образования перекрываются фациально разнообразными осадками. В пределах мелководной платформы арх. Новая Земля — это плотные глинистые алевриты темно-серого цвета с неоднородной, местами слоистой текстурой и слабо песчанистыми глинами и алевроглинами серого цвета с постоянной примесью дресвы и гравия. В мористой (глубоководной) части они обычно перекрыты серыми и буровато-серыми глинами (плотными алевритистыми илами (пелитовыми алевритами)), часто горизонтально слоистыми, вплоть до переслаивания глинистых песков и тонкослойчатых глин. Эти отложения являются одним из самых распространенных литотипов на баренцевоморском шельфе. Все указанные фациальные разновидности имеют ледниково-морской генезис, а различие структурно-текстурных характеристик связано с положением относительно края ледника.

По мере удаления от фронта ледника характер описываемых осадков изменяется [20]. Они формируют тела заполнения, облекания и покровы. Характерной чертой этих осадков, что лучше выявляется на высокочастотных записях, является тонкая, почти ритмичная запись, связанная с пульсационным таянием ледниковых массивов. Таким образом, мористее края ледников, залегающих непосредственно на поверхности коренных пород, ледниково-морские отложения, вероятно, формировались в виде своеобразных приледниковых водоемов, заполняя их мощным чехлом обломочного материала. При окончательной дегляциации в результате инверсии эти отложения и формировали положительные формы рельефа. А далее в море, где ледниковый покров уже отсутствовал, материалы таяния ледников выполняли депрессионные формы рельефа, как это и полагается при нормальном осадочном процессе. При этом поступление обломочного материала было пульсационным, тесно связанным с характером таяния ледникового покрова. Дальнейшая деградация ледникового щита и его постепенное отступание приводили к тому, что интенсивность поступления продуктов ледникового генезиса уменьшалась, что приводило к постепенному снижению его доли в формировании осадка, а также к утоньшению самого обломочного материала.

В настоящее время указанные осадки часто слагают обширные поверхности на морском дне. С поверхности они прикрыты тонким горизонтом перлювия, имеющего песчано-глинистый состав, который формировался при более низком уровне моря в результате частичного размыва ледниково-морских границ и выноса мелкозема.

Располагающийся выше сейсмостратиграфический комплекс выделяется на сейсмограммах по светлому тону. Он характеризуется слоистой, пунктирной и другими схожими типами записи и представлен мягкими алевропелитовыми осадками зеленовато-серого цвета, часто с гидротроилитом, содержащими обломки раковин морских моллюсков и многочисленные фораминиферы. Практически все исследователи трактуют эти осадки как морские голоценовые нефелоидные отложения. При этом верхний сейсмостратиграфический комплекс, соответствующий данным осадкам, далеко не всегда присутствует на сейсмограммах, так как при стандартной для непрерывного сейсмоакустического профилирования частоте излучения 1000–1200 Гц мощность этого слоя меньше, чем разрешающая способность аппаратуры. Отсутствие отложений верхнего сейсмостратиграфического комплекса приводит к тому, что значительные пространства морского дна сложены более древними четвертичными отложениями и даже коренными породами, затопленными в ходе голоценовой гляциоэвста-

тической трансгрессии. Это четко отражено на карте мощности голоценовых отложений, опубликованной в 2011 г. Д.А. Костиным и Г.А. Тарасовым [20], а также на «Карте четвертичных отложений масштаба 1:2 500 000 территории Российской Федерации» (2010) [21], где показано, что значительная часть дна Баренцева моря сложена верхненеоплейстоценовыми и более древними отложениями четвертичного возраста вплоть до обширных выходов дочетвертичных образований.

Рельеф баренцевоморского шельфа

Баренцево море является типичным окраинным шельфовым морем. Принадлежность его к гляциальным отражается прежде всего в рельефе: с одной стороны, Баренцево море характеризуется равнинно-платформенным строением, с другой — рельеф поверхности морского дна расчлененный и в целом нехарактерный для шельфов. На расстояниях десятков километров перепады глубин составляют 50–100 м.

На макроуровне устройство донной поверхности представлено чередованием структурно-денудационных пластовых равнин и краевых желобов (см. рис. 1.3.1) [22]. Структурно-денудационные возвышенности — Мурманская, Демидовская, Новоземельская, Центральная, Персея и Медвежинско-Надеждинская — это крупные мелководные (100–200 м) поднятия дна с относительной высотой 200–400 м. Они имеют длину 100–300 миль, ширину 50–150 миль, пологие (15–60') склоны и тесно связаны с тектоническими элементами в строении коренного цоколя. Эти возвышенности отвечают выступам (антеклизы, антиклинории) фундамента на глубинах меньше 1–3 км, образуя с ними единые морфоструктуры. Не исключено, что высокие скальные останцы на глубинах 40–90 м (иногда до 160 м) на вершинах возвышенностей представляют собой выходы кристаллических и метаморфических пород фундамента [23].

Описанные возвышенности вдоль центральной части шельфа разделяются субширотными широкими (10–15 миль) грабенообразными желобами с глубинами до 300–400 м и шириной от 3–6 миль до 20–40 миль. Они расположены вдоль края прибрежного шельфа северной части Скандинавского полуострова, принадлежащей Норвегии, архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. В морфологическом плане это впадины (Южно- и Северо-Новоземельская) с глубинами 250–450 м, которые сформировались в зоне контакта кристаллических и метаморфических пород с мезо-кайнозойским платформенным чехлом. Крутой (2–5°) прибрежный склон желобов является поверхностью флексур и моноклиналей, образованных коренными породами, местами нарушенных сбросами. Как правило, они заполнены четвертичными отложениями мощностью до 200–300 м [24]. В районе Кольского полуострова тектонический контакт между щитом и осадочным чехлом (разлом Карпинского) почти совпадает с береговой линией, поэтому краевой желоб не выражен в морфологии дна [23].

Наряду со структурно-денудационными возвышенностями значительную часть дна баренцевоморского шельфа занимают обширные глубоководные (300–500 м) аккумулятивные низменности (Медвежинская, Северо-Восточная, Финмаркинская, Мурманская и Центральная), являющиеся прямыми морфоструктурами (рис. 1.3.8). Они соответствуют глубоким платформенным впадинам — синеклизам, в пределах которых мощность осадочного чехла может достигать 18 км. К таким низменностям относятся Центральная (280×100 миль), Северо-Восточная (200×100 миль) и Франц-Виктория (140×50 миль) с глубинами 300–400 м. Все они входят в субмеридиальную трансбаренцевоморскую зону тектонических прогибаний (см. рис. 1.3.8).

Наряду с крупными элементами рельефа, создающими пересеченность рельефа на макроуровне, существенный вклад в морфологию морского дна вносят элементы мезорельефа. Большой материал по этому вопросу был собран С.Г. Миронюком и А.А. Ивановой [11]. К этим элементам мезорельефа в первую очередь относятся уже упомянутые ледниковые гряды. Существенно усложняют рельеф таких макроформ, как Мурманский вал, венчающие их выпуклые аккумулятивные формы «прозрачных» участков. Наконец, мощные и не перекрытые современными осадками русла палеодолин и связанные с ними конусы выноса также существенно усложняют характер донной поверхности. Формами мезорельефа являются друмлины и ледниковые отторженцы, выделенные по данным многолучевого эхолотирования, размеры которых могут превышать 100 м.

Из форм микрорельефа можно упомянуть борозды выпахивания глубиной не более 1 м, песчаные гряды и рифели, развитые в северной части Белого моря (в северной части прол. Воронка), а также в зал. Чёшская губа. Эти формы встречаются и на восточно-арктическом шельфе. В любом случае именно донный рельеф, кроме характера гидрологии, является одним из главных факторов распределения донных осадков.

Донные осадки

Распределение донных осадков (см. карту на с. 70) [25–28] имеет мозаичный характер, характерный для литологических карт морей гляциальной зоны. Это обстоятельство во многом связано с донным рельефом, о чем говорилось выше, а также с тем, что современные (верхнеголоценовые) осадки занимают на шельфе Баренцева моря ограниченные площади, а на значительных площадях развит перлювий различной размерности, перекрывающий более древние осадки, за счет размыва которых при более низком уровне моря он и возник [29].

Рассмотрим конкретное распределение донных осадков. Ученые используют для выделения размерности осадка так называемую генетическую классификацию, наследующую традиции Л.Б. Рухина, который ввел это понятие в литологию [30]. Часто используемая для этих целей классификация В.П. Безрукова и А.П. Лисицина [31] формально использует десятичный принцип разделения донных осадков по размерности частиц и не дает возможности выделять широкий спектр донных осадков, которые присутствуют на шельфе. Шкала размерности фракций приведена в табл. 1.3.1.

Дальнейшая классификация осадков проводится в соответствии с Инструкцией по организации и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 [32] с использованием триангулярных диаграмм (рис. 1.3.9). Далее рассмотрено распределение конкретных литотипов на поверхности дна Баренцева моря.

Алевропелиты (глинистые илы). В чистом виде глинистые илы (используя классификацию Л.Б. Рухина) в Баренцевом море крайне редки. Определяющими причинами этого являются постоянный фактор ледового переноса и характерность для гляциальных шельфов повышенного количества алевритовых частиц как продукта перетирания горных пород ледником [29]. Поэтому чистые пелиты и алевропелиты могут встречаться в наиболее глубоководных частях впадин. Условия образования этих отложений будут рассмотрены ниже. Осадки всегда обогащены тем или иным количеством алеврита и тонкого песка.

Глинистые алевриты и алевритовые миктиты (алевритистые илы). Это особые осадки, где ни одна из основных фракций (псаммитовая, алевритовая и пелитовая) не превышает 50%, занимающие большую часть дна различных котловин. Они маркируют зоны голоценовой седиментации и близки по гранулометрическому составу к алевропелитам (глинистым илам). Отличаются

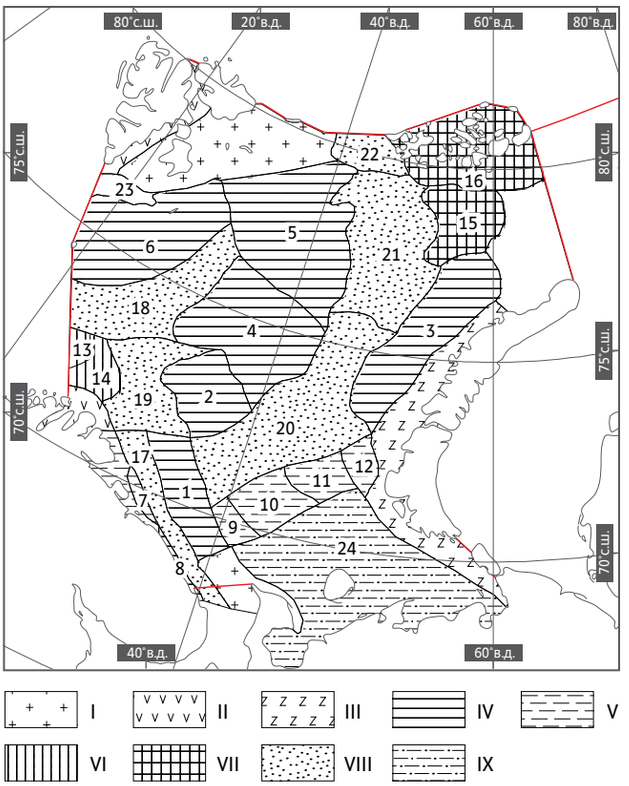


Рис. 1.3.8 Схема морфоструктурного районирования шельфа Баренцева моря: I–III — цокольные денудационные равнины и плато: на докембрийском фундаменте (I), на каледонском (I) и герцинском (III) складчатом основании; IV — структурно-денудационные возвышенности: 1 — Мурманская, 2 — Демидовская, 3 — Новоземельская, 4 — Центральная, 5 — Персея, 6 — Медведжинско-Надеждинская; V — структурные плато: 7 — Рыбачье, 8 — Кильдинское, 9 — Южно-Канинское, 10 — Северо-Канинское, 11 — Гусиное, 12 — Моллера; VI — моноклинально-пластовые возвышенности: 13 — Копытова, 14 — Нордкинская; VII — базальтовые плато: 15 — Северо-Восточное, 16 — Земля Франца-Иосифа; VIII — аккумулятивные низменности: 17 — Мурманская, 18 — Медвежинская, 19 — Финмаркинская, 20 — Центральная, 21 — Северо-Восточная, 22 — Франц-Виктория, 23 — Зюйдкапская; IX — аккумулятивные (мелководные) равнины: 24 — Печорская (по [23])

еще большим количеством алевритовых частиц, причем в ряде случаев количество алеврита так велико, что осадок переходит в разряд смешанных (миктитов с преобладанием алевритовых частиц). Дно в зонах накопления таких осадков ровное, хорошо выражена зона окисления. Особенно развиты в северной части Печорского моря.

Алевриты, песчанистые алевриты (песчанистые илы) являются одними из наиболее распространенных осадков в Баренцевом море. Они также маркируют зоны современной седиментации, но мощность их, как правило, существенно снижена. Развиты на глубинах 50–150 м, выстилают пери-

Табл. 1.3.1 Шкала размерности обломочных частиц по Л.Б. Рухину [30]

Литотип	Разновидность	Размеры, мм
Глыбы		>1000
Валуны	Крупные Средние Мелкие	1000–500 500–250 250–100
Галька	Крупная Средняя Мелкая	100–50 50–25 25–10
Гравий	Крупный Средний	10–5 5–2
Песок	Грубый Крупный Средний Мелкий Тонкий	2–1 1–0,5 0,5–0,25 0,25–0,10 0,10–0,05
Алеврит	Крупный Мелкий	0,05–0,01 0,01–0,005
Пелит	Крупный Мелкий Тонкий	0,005–0,001 0,001–0,002 <0,002

ферийные части большинства впадин, покрывают дно пластовых равнин, а также окружают подножия подводных возвышенностей.

В состав этих осадков попадают продукты как донного размыва, так и ледового разноса. В них часто фиксируется повышенное количество песчаных частиц и появляется гравий. В этом случае эти осадки переходят в другой литотип — ***песчаные алевриты с гравием.*** Они обычно развиты на склонах крупных впадин. Гранулометрические полигоны этих осадков резко смещены в сторону грубой фракции, что уже указывает на примесной характер частиц данной размерности. Четких границ между песчанистыми алевритами и песчанистыми алевритами с гравием практически не существует. В связи с этим вслед за авторами российско-норвежской карты было в настоящем Атласе принято решение не ограничивать в данном конкретном случае эти литотипы, а показать границу неопределенной за счет расстановки мелких точек. Такие поля развиты преимущественно в северо-западной части моря, где велика роль разгрузки льдов. Кроме этого, они покрывают морское дно между отдельными поднятиями. Эти осадки часто ассоциируются с перлювием, залегающим на размытой поверхности ледниково-морских отложений. Мощность этого слоя до 30–90 см, нижний контакт резкий. Для описываемых осадков характерен бурый оттенок из-за того, что зерна кварца и полевого шпата покрыты железистой рубашкой, придающей осадкам буроватый тон.

Глинистые пески и ***пески*** генетически сопряжены. Преимущественно развиты на глубинах до 10–20 м. Так, пески покрывают поверхность Гусиной и Северо-Канинской банок. Здесь пески уже подвержены волновым движениям и потому практически отмыты. Характерно преобладание тонкопсаммитовой фракции. Песками, причем значительной мощности, покрыто дно всей южной части Печорского моря. При этом на крупномасштабных картах видно чередование полей глинистых песков и песков. Это говорит о седиментационном, а не деструктивном характере накопления этих песков. Как и у предыдущего литотипа, основная часть сформировалась как подводный перлювий, в крайнем случае как палимсестовые осадки, т. е. в результате смешивания реликтового материала, возникающего в результате размыва, и современного тонкозернистого, больше отвечающего условиям существующей гидродинамики.

Разновидностью данного литотипа являются ***глинистые пески с гравием.*** Это типичные полимодальные осадки, возникшие в результате сложного сочетания процессов размыва вблизи гряд ледникового происхождения и аккумуляции современного взвешенного материала. Они зафиксированы на карте только в одном месте — на абразионной поверхности Центральной возвышенности. В генетическом отношении это типичный морской перлювий, сформировавшийся в условиях регрессии и в настоящее время располагающийся в зоне транзита обломочного материала.

Еще одной парной группой донных осадочных образований является пространственный симбиоз ***песков с гравием*** и ***гравийно-галечных отложений с цементирующей массой глинистого песка.*** Они

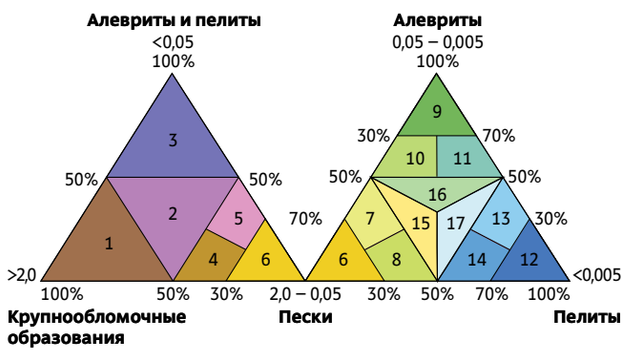
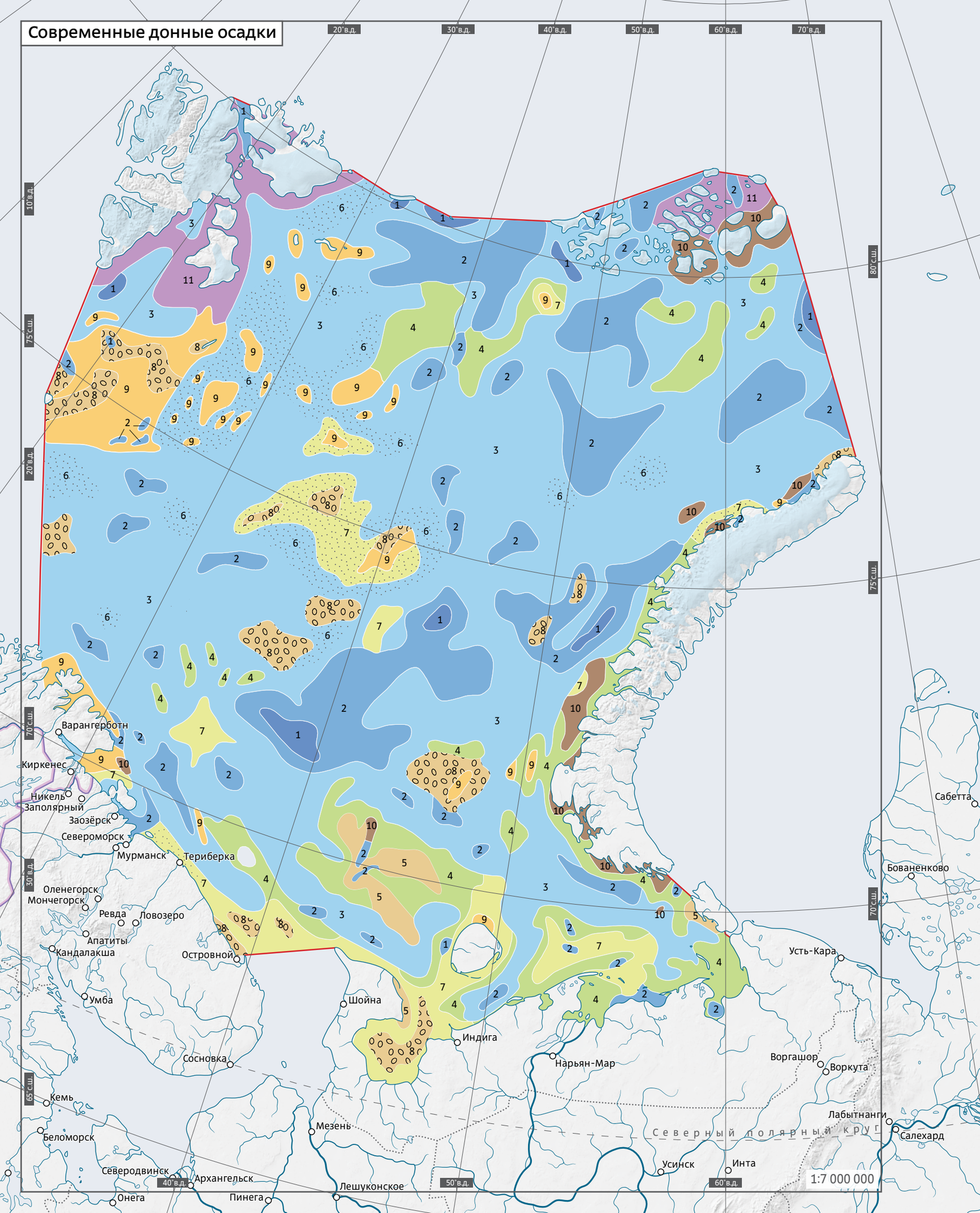


Рис. 1.3.9 Триангулярная диаграмма гранулометрического состава донных осадков: 1 — грубообломочный материал (валуны, галька, гравий); 2 — миктиты (галька, песок, алевропелиты); 3 — алевропелиты с галькой и гравием; 4 — пески с галькой и гравием; 5 — алевропелитовые пески с примесью гравия; 6 — пески; 7 — алевритовые пески; 8 — глинистые пески; 9 — алевриты; 10 — песчаные алевриты; 11 — глинистые алевриты; 12 — пелиты; 13 — алевропелиты, 14 — песчаные пелиты; 15 — пески алевроглинистые; 16 — алевриты песчано-глинистые; 17 — пелиты песчано-алевритовые (по [32])


Современные донные осадки
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

покрывают как поверхность гряд, в том числе и моренных, образуя на них почти сплошную гравийно-галечную мостовую, так и выстилают поверхности отдельных структурных равнин на северо-западе Баренцева моря уже в пределах приостровной платформы арх. Шпицберген, располагающегося вне пределов карт Атласа. Преобладают мелкие поля этих осадков, четко связанные с локальными поднятиями.

Валуно-галечные отложения обычно представляют перлювий, развитый на ледниковых отложениях. Узкие поля этих отложений выявлены на северном побережье Кольского полуострова. Они обычно настолько узки, что не могут быть показаны в масштабе на представленной карте.

С этими осадками пространственно и генетически связаны ***песчано-галечно-валунные отложения, перекрывающие тонким слоем коренные породы.*** Их мощность может достигать и даже превышать 1 м. Эти поля показаны в значительной мере условно, особенно в пределах арх. Земля Франца-Иосифа. Здесь чередуются узкие и глубокие ложбины с крутыми бортами (продолжение фьордов, а также проливы).

Прибрежное мелководье (также узкое) покрыто смешанными осадками, которые тонким слоем покрывают коренные породы. Гряды также перекрыты валунно-галечными отложениями. Между ними расположены узкие линейные пятна алеврито-песчаного состава с примесью гальки и гравия, приуроченные ко дну депрессий.

Подводя итог описанию донных отложений, необходимо подчеркнуть, что в целом оно носит «мозаичный» характер, во многом связанный с расчлененностью донного рельефа и неоднородным полем течений. Эта особенность вообще является характерной для шельфов окраинных морей, к числу которых принадлежит Баренцево море. Но во многом «мозаичность» усиливается именно на гляциальных шельфах, куда при дегляциации ледников поступает разнородный по гранулометрическому составу обломочный материал.

Типы берегов

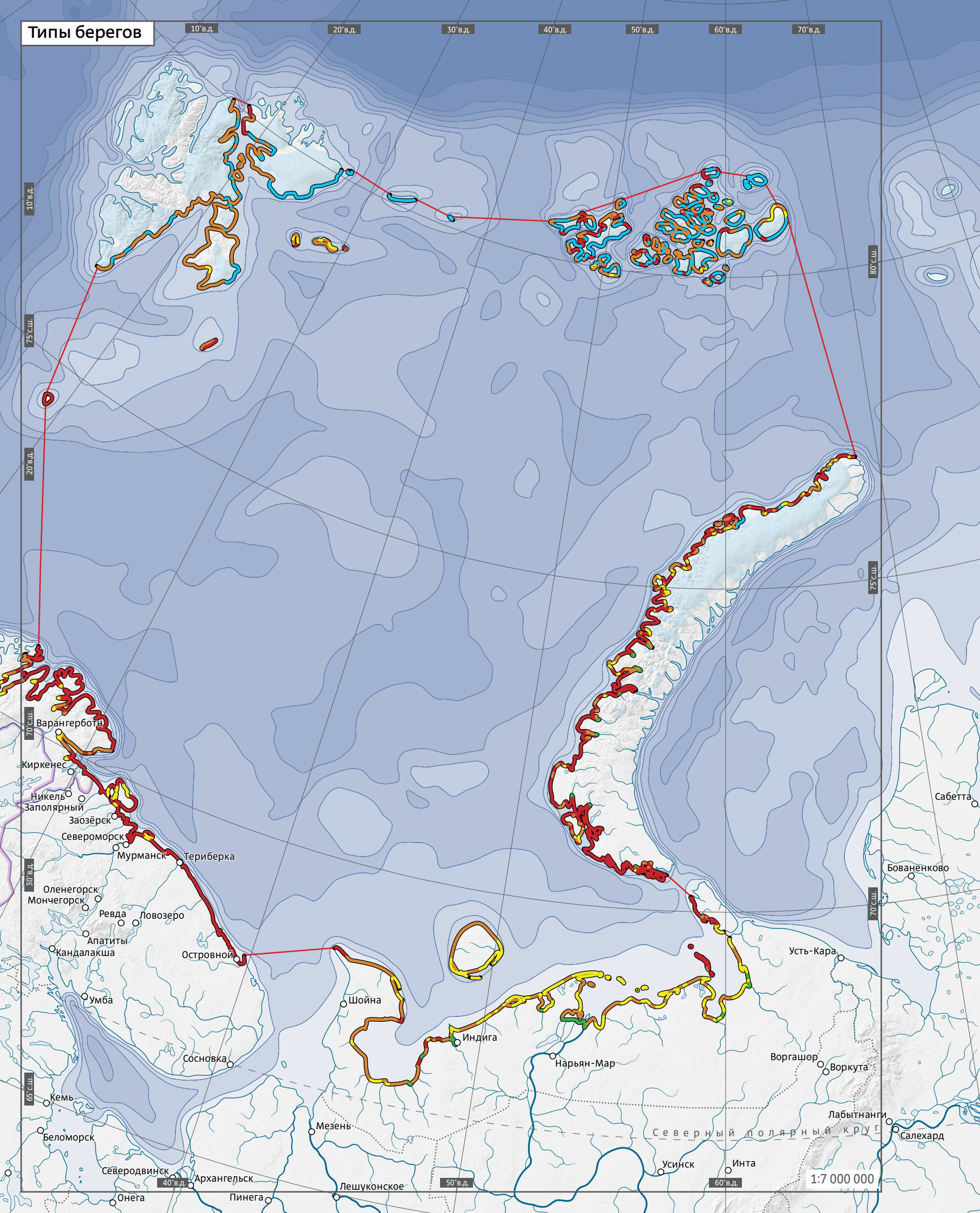
Несмотря на общность климатических ритмов и связанных с ними колебаний уровня моря в позднем плейстоцене и голоцене, эволюция рельефа на материковом побережье и островах Баренцева моря протекала существенно различным образом. Это обусловлено сложным структурно-тектоническим строением региона, в пределах которого материковые и шельфовые структуры сочленяются с земной корой континентального и переходного типа. Побережье Кольского полуострова располагается в пределах древнего Балтийского кристаллического щита — выступа докембрийского фундамента древней Восточно-Европейской платформы. Восточнее прол. Горло Белого моря фундамент перекрыт рыхлым чехлом Русской плиты, которая, в свою очередь, граничит с молодой Тимано-Печорской плитой. Последняя на шельфе Баренцева моря сменяется Баренцевоморской областью, рассеченной трогами и впадинами [33], и расположенной на северо-западе Свальбардской плитой, в пределах которой находится выступ массива арх. Земля Франца-Иосифа. С востока Тимано-Печорская и Баренцевоморская области отделены от молодых Карской и Западно-Сибирских плит Уральско-Новоземельской складчатой областью [34].

Все области характеризуются различным тектоническим строением, предопределившим неоднородный характер движений земной коры на неотектоническом этапе и формирование резко различных по составу, возрасту и свойствам геологических комплексов побережья: кристаллического фундамента, представленного метаморфическими и магматическими породами архея и протерозоя, а также интрузиями палеозойского возраста и неравномерно распространенного осадочного чехла, образованного рифейскими и четвертичными морскими и континентальными отложениями.

В зависимости от исходных уклонов подводного слона, литологии пород, скорости и направ-

Современные донные осадки

1. алевропелиты (глинистые илы)
2. алевритовые миктиты и глинистые алевриты (алевритовые илы)
3. алевриты, песчанистые алевриты (песчанистые илы)
4. глинистые пески
5. пески
6. песчаные алевриты с гравием
7. глинистые пески с гравием
8. пески с гравием
9. галька, гравий с примесью песка или глинистого песка (песчаный миктит)
10. валунно-галечные отложения
11. коренные породы, прикрытые тонким (до 0,5 м) слоем гальки, гравия с песком


Типы берегов
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Мезень
Лешуконское
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

ленности тектонических движений преобразование берегового контура в ходе послеледниковой трансгрессии протекало с различной интенсивностью. В результате рельеф побережий и современные берега Баренцева моря отличаются большим разнообразием. Этому в немалой степени способствуют неоднородные гидрологические и метеорологические условия отдельных частей моря, обусловливающие различную интенсивность таких факторов развития берегов, как волнение, течения, штормовые нагоны, приливы, морские льды и др. Региональные особенности позволили выделить ряд геоморфологических районов, рассмотренных ниже.

Берега Кольского полуострова (Мурманский берег). Формирование баренцевоморских берегов Кольского полуострова имело структурно-тектоническую предопределенность, связанную с обособлением глыбы Балтийского кристаллического щита по системе разломов сбросового типа в ходе рифейско-палеозойской эволюции литосферы пассивной континентальной окраины [35]. Современное оформление Мурманского побережья происходило в период позднеплейстоцен-голоценовой активизации тектонических движений, сопровождавшейся интенсивным разломообразованием и дифференциацией блоков земной коры вдоль крупнейшей региональной разломной зоны Карпинского на фоне общей тенденции к направленному относительному поднятию полуострова в течение голоцена с постепенно снижающейся скоростью [34, 36].

Бóльшая часть Мурманского берега сложена очень прочными архейско-протерозойскими кристаллическими породами (граниты, гнейсы, гранитогнейсы, кристаллические сланцы и др.). Здесь преобладает структурно-денудационный рельеф приморских холмистых и грядово-увалистых расчлененных цокольных равнин. Большинство положительных форм рельефа и выступающие в море элементы берегового контура практически полностью лишены покрова рыхлых осадков. Морские отложения сохранились на ограниченных площадях, приуроченных к депрессиям коренного рельефа и участкам унаследованного развития аккумулятивных процессов.

В таких условиях преобладают не измененные или слабо измененные береговыми процессами первично-тектонические и абразионно-денудационные берега, не обнаруживающие тенденции к выравниванию своего контура. Высокая изрезанность береговой линии подчеркивает роль тектоники в эволюции побережья и характеризуется фиардовым, фиордовым и шхерным типами расчленения. К типичным фиордам, обусловленным разломной тектоникой, относят Кольский и Печенгский заливы, губы Ара, Ура и другие. Общая расчлененность побережья усиливается благодаря многочисленным мелким бухтам и узким заливам (губам) фиардового типа, глубоко врезающимся в сушу, а также группам островов, образующим области абразионного шхерного мелководья.

Высокая устойчивость архейско-протерозойских комплексов, слагающих береговые уступы, и повсеместно приглубый береговой склон определяют резкий дефицит осадочного материала. Поэтому аккумулятивные берега здесь имеют ограниченное распространение и приурочены главным образом к устьевым областям рек и вершинам бухт и заливов (губы Климковка, Долгая, Лодейная, Воронья и др.).

В северо-западной части Мурманского берега выделяются отличные по геологическому строению ***п-ова Средний и Рыбачий и о. Кильдин***, сложенные осадочными породами верхнего протерозоя. Эти породы существенно менее устойчивы к абразии, поэтому здесь распространены разрушающиеся абразионные и аккумулятивные пляжевые берега, развитие которых протекает при заметном участии волнения.

Высокие скорости позднеплейстоцен-голоценовых мелкоблоковых тектонических движений, превышавшие скорости подъема уровня моря, стали причиной формирования рельефа и отложений Мурманского берега в условиях неравномерного относительного поднятия берегов. Это привело к образованию серии разновысотных береговых комплексов, среди которых заметно преобладают абразионные уровни (рис. 1.3.10). Древние аккумулятивные формы сохранились лишь на отдельных участках, как, например, в северо-западной части

Типы берегов

- абразионные и абразионно-денудационные, выработанные в коренных (литифицированных) породах
- абразионные, термоабразионные и абразионно-термоденудационные, выработанные в рыхлых отложениях
- термоденудационные ледяные (образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками)
- аккумулятивные
- дельтовые

Рис. 1.3.10 Древние абразионные уступы полуострова Средний

Серии поднятых террасовых уровней на западном побережье полуострова Средний Рис. 1.3.11

п-ова Средний (рис. 1.3.11). Здесь насчитывается 66 валунных береговых валов до высоты 73 м и не менее двух абразионных уровней на высотах 82–92 и 102–105 м [37]. Общее количество древних береговых уровней закономерно сокращается по направлению к восточной периферии Кольского полуострова, отличающейся пониженными значениями неотектонического поднятия.

Материковые берега юго-восточной части Баренцева моря. В пределах побережья юго-восточной части Баренцева моря по структурно-геологическим и орографическим условиям можно выделить три области [38]: две коллизионные складчатые области — байкальская Канино-Тиманская и раннекиммерийская Пайхойско-Новоземельская [39] — и расположенный между ними осадочный бассейн Печорской синеклизы Тимано-Печорской плиты. Широкое распространение рыхлых многолетнемерзлых четвертичных толщ разительно отличает материковые берега юго-восточной части Баренцева моря от берегов Кольского полуострова. Здесь развит широкий спектр природных морфодинамических процессов, таких как размыв берегов, термоабразия, термоденудация, аккумуляция, дефляция, ледовая экзарация, а береговая зона отличается многообразием литодинамических обстановок [38, 40–47 и др.].

Полуостров Канин и северо-восточный берег залива Чёшская губа относятся к древней орогенной зоне Тиманского кряжа и характеризуются развитием структурно-денудационного рельефа. Здесь на мысах Канин Нос, Микулкин Нос и Бармин к морю подходят метаморфические сланцы протерозоя и осадочные породы нижнего и среднего палеозоя, но обнажаются они только на мысах Канин Нос и Микулкин Нос. На остальной части коренные породы перекрыты маломощным слоем морских и ледово-морских четвертичных отложений. Здесь развиты преимущественно абразионные и термоабразионные берега, разрушению которых способствуют высокие (2–3 м) приливы. Береговые аккумулятивные формы, в том числе протяженные косы и бары (м. Лайденный, о-ва Камбальницкие Кошки), характерны для областей новейшего относительного опускания, а их питание осуществляется в основном за счет абразии берегов. Исключение составляют лишь приустьевые и дельтовые участки некоторых рек, где объем твердого стока превышает объем поступления абразионного материала [48].

Побережье к востоку от п-ова Канин вплоть до Хайпудырской губы лежит в пределах Тимано-Печорской плиты, коренной фундамент которой погребен под мощным чехлом палеозойских и мезозойских пород, с поверхности перекрытых толщей четвертичных отложений. Рельеф этой области формировался в условиях генеральной тенденции к новейшему погружению. В большинстве случаев прибрежная суша представляет собой выходы к морю низменных, заболоченных и заозеренных пластовых или аккумулятивных равнин Печорской низменности и о. Колгуев, осложненные долинами и дельтами крупных рек [48]. Для рассматриваемого побережья характерны абразионные (в рыхлых породах), термоабразионные и термоденудационные, аккумулятивные пляжевые, лагунно-бухтовые и дельтовые берега [38, 43, 48 и др.].

Берега Чёшской и Индигской губ весьма разнообразны и включают как термоабразионные, так и аккумулятивные (лагунно-бухтовые, дельтовые) типы. Как и на п-ове Канин, термоабразии подвержены многолетнемерзлые глинистые отложения, формирующие уступы различной высоты. На северо-востоке зал. Чёшская губа, в районе м. Бармин, а также на берегах Индигской губы выделяют-

Рис. 1.3.12 Весенние паводки в дельте реки Печора

ся абразионные и абразионно-денудационные берега, связанные с выходами коренных пород Тиманского кряжа. Высокие (до 3,2 м) приливы обусловливают широкое развитие песчано-илистых осушек и лайд высотой до 2,0–3,0 м. Наибольшей ширины (до 2–3 км) они достигают в вершинной части зал. Чёшская губа, обусловливая крайне незначительные уклоны подводного берегового склона. В устьевых областях многочисленных рек (Пёша, Ома, Вижас, Чёша и других) формируются подводные авандельты, простирающиеся на 4–6 км и плавно переходящие в дно мелководной бухты.

Тиманский береговой район простирается от м. Святой Нос на восток до п-ова Русский Заворот. Основание м. Святой Нос представляет собой аккумулятивную форму двойного питания типа переймы [38], соединившую берег с останцом коренных пород и сформированную за счет продуктов разрушения термоабразионных берегов в Индигской и Горностальей губах. Сам мыс образуют абразионные берега с широкими скалистыми бенчами. К востоку от Горностальей губы простирается крупная аккумулятивная форма — Тиманский берег протяженностью более 200 км. В генетическом отношении это мощный береговой бар, на значительном протяжении примкнувший к суше или переходящий в островной бар (о. Сенгейский), отделяющий от моря несколько крупных лагун. В современных условиях бар подвержен размыву, и на отдельных участках, в частности восточнее Колоколковой губы, отмечается термоабразионное разрушение позднеплейстоцен-голоценовой террасы высотой до 10–15 м [43]. Завершается Тиманский берег аккумулятивным п-овом Русский Заворот, на продолжении которого более 50 км тянется полуподводный, местами островной бар Гуляевские Кошки.

Острова Гуляевские Кошки ограждают Печорскую губу с севера и представляют собой цепь из девяти островных баров, подразделяемых на Западные (три острова) и Восточные. Приливы и течения формируют между ними проливные дельты [49], а волнения — косы на их оконечностях. В целом эти формы, питаемые наносами с морского дна и из Печорской губы, устойчивы, но положение и размеры Восточных Кошек вследствие местных особенностей гидродинамического режима постоянно меняются [40]. Влияние приливов в Печорской губе достаточно ощутимо, их высота достигает 1,2 м [38]. Широко распространенные в частично изолированных акваториях и в «волновой тени» аккумулятивные острова и косы имеют регулярные осушки и подводные грядовые образования.

Низкие берега ***Печорской губы*** образованы термоабразионными и термоденудационными уступами, выработанными в многолетнемерзлых отложениях и торфах, чередующимися с отмелыми лагунно-бухтовыми берегами с широкими осушками. Южную часть губы занимает дельта р. Печора (рис. 1.3.12), которая по своим морфологическим признакам относится к типу многорукавных дельт

выполнения. Значительную протяженность имеют участки с отмершими абразионными уступами, окаймленными низкой заболоченной и заозеренной современной террасой — лайдой. Лайды приурочены к берегам полузамкнутых заливов (Кузнецкая и Коровинская бухты, Болванская губа) и низким берегам рек и формируются под влиянием высоких штормовых нагонов, высота которых достигает 2,0–3,0 м [43].

Варандейский береговой район включает о-ва Песяков и Варандей, отделенные от материкового побережья узкими протоками, и часть материкового побережья Большеземельской тундры до восточного окончания п-ова Медынский Заворот. Прибрежная суша очень низменна, абсолютные отметки не превышают 10–12 м, поверхность сильно заболочена и заозерена. Общая протяженность берегов этого участка около 90 км, береговая линия изрезана слабо, что связано с преобладанием зрелых выровненных талассогенных аккумулятивных берегов (лагунно-бухтовых и с примкнувшей аккумулятивной террасой) и ярко выраженной тенденцией к их размыву вследствие заметной активизации абразионных процессов.

Острова Песяков и Варандей в геоморфологическом отношении представляют собой крупные аккумулятивные формы типа островных и береговых баров с сохранившимися процессами аккумуляции и широким распространением эоловых форм, характерных для юго-восточной части Баренцева моря в целом. Они сложены песчаным материалом и по строению схожи с п-овом Русский Заворот [40]. В настоящее время вследствие эволюции береговой зоны центральные части баров подвержены размыву, интенсивность которого усиливается в результате антропогенного воздействия [43, 50–54 и др.]. К северо-востоку от о. Варандей на протяжении более 40 км простирается материковое побережье, которое генетически также представляет собой древний береговой бар, на значительном своем протяжении примкнувший к суше. В настоящее время корневая часть этого берега на протяжении около 20 км к востоку от устья р. Песчанки интенсивно отступает. Термоабразии подвержены уступы относительно высокой (5–15 м) позднеплейстоценовой террасы [47], в значительной степени сложенные многолетнемерзлыми глинисто-суглинистыми отложениями. Процессы аккумуляции продолжаются лишь на восточной оконечности п-ова Медынский Заворот [55].

С юго-запада и северо-востока Варандейский береговой район ограничен мелководными губами лагунного типа — Паханческой и Перевозной, представляющими обширные пространства преимущественно неволновой аккумуляции. Хотя средняя величина прилива в губах невелика — 0,8–1,2 м, здесь так же, как и в Печорской губе, широкое развитие получили осушки и лайды высотой до 2,0–2,5 м, затапливаемые при штормовых нагонных поднятиях уровня моря. Этому способствуют очень пологие уклоны как прибрежной суши, так и подводного берегового склона. К югу от Перевозной губы вплоть до горла Хайпудырской губы сформировалась обширная аккумулятивная форма, развивающаяся под воздействием сгонно-нагонных колебаний уровня. Наземную часть этой формы образует лайда, рассеченная густой сетью каналов стока, подводную — сгонная осушка [43].

Берега Хайпудырской губы отличаются большим разнообразием, обусловленным многообразием морфогенетических комплексов рельефа побережья. Выделяются высокие (до 50 м) термоденудационные уступы морских террас, типичные термоабразионные, аккумулятивные пляжевые, отмелые лагунно-бухтовые и дельтовые берега, характерны протяженные ветровые осушки.

По мере приближения к западной границе Уральско-Пайхой-Новоземельской складчатой области равнинный рельеф низменных аккумулятивных равнин Печорской низменности уступает место денудационному рельефу низкогорий и возвышенных равнин Югорского полуострова. Здесь выделяется ***Западно-Югорский береговой район***, который протирается от м. Синькин Нос до прол. Югорский Шар. Отличительной особенностью данного района является большое содержание валунно-галечного материала в рыхлых толщах, слагающих берега, и выходы коренных терригенно-карбонатных палеозойских пород. Скальные породы обнажаются на мысах (м. Синькин Нос) и в северной части побережья. Южные и юго-восточные берега района характеризуются преимущественным развитием аккумулятивных процессов, чему в немалой степени способствует твердый сток р. Коротаиха, в устье которой формируется обширный конус выноса — авандельта этой реки [43]. Сравнительно крупной аккумулятивной формой является п-ов Бельковский, росту которой способствует вдольбереговой поток волновой энергии, направленный в южном направлении.

Остров Колгуев расположен в мелководной части Баренцева моря и целиком сложен рыхлыми многолетнемерзлыми четвертичными отложениями. Западное, северное и северо-восточное побережье о. Колгуев, где к морю подходит пологохолмистая равнина с высотами до 65 м, а также отдельные участки абразионно-аккумулятивных террас на южном и юго-восточном побережье интенсивно разрушаются. Этому способствует

Рис. 1.3.13 Термоабразионные берега острова Колгуев

широкое распространение залежей пластовых льдов, вскрывающихся на высоких (до 50 м) береговых уступах, и связанная с этим активизация термоденудационных процессов (рис. 1.3.13) [41, 56]. Интенсивный размыв берегов хорошо согласуется с общей округлой формой острова, которая нарушается лишь на участках аккумуляции в южной и юго-восточной части в волновой тени самого острова. Здесь ослабевают потоки волновой энергии и наносов, генерируемые ветрами северных румбов, и формируются довольно крупные аккумулятивные формы — косы Западные, Южные и Восточные Плоские Кошки, ряд свободных форм типа островных и береговых баров, отгораживающих мелководные заливы (губа Промойная) с широкими осушками, обширными авандельтами крупных и мелких рек и лайдами.

Острова Матвеев, Голец, Долгий, Большой Зеленец и Малый Зеленец представляют собой невысокий (до 10–18 м) линейно вытянутый структурно-грядовый выступ коренных пород на западной окраине Уральско-Пайхой-Новоземельской складчатой области, частично перекрытый маломощным чехлом рыхлых отложений и переработанный волновыми процессами и физическим выветриванием. Берега цепочки островов преимущественно абразионные, абразионно-аккумулятивные и абразионные бухтовые [43], с прислоненными и карманными галечно-щебнистыми пляжами и широкими грядовыми бенчами, осложненными многочисленными скалистыми подводными и надводными останцами [47].

Орографически **арх. Новая Земля и о. Вайгач** являются продолжением Уральских гор. Однако в геологическом отношении они принадлежат к Пайхой-Новоземельской раннекиммерийской покровно-складчатой системе, имеющей герцинский возраст складчатости [57]. Основные особенности рельефа островов обусловлены генеральной тенденцией к активному и весьма дифференцированному воздыманию этой складчатой области, продолжавшемуся в течение всего новейшего времени. В итоге преобладающее развитие получили денудационные типы рельефа от структурно-денудационных низкогорий на крайнем севере до низких голоценовых абразионных и абразионно-аккумулятивных равнин вблизи берега и на островах, образованных серией террасовых уровней. Тенденция к поднятию и сложный морфоструктурный план региона с преобладанием линейно ориентированных структур северо-западного простирания [57, 58] привела к значительному эрозионно-тектоническому расчленению поверхности и малой мощности (2–10 м) прерывистого чехла рыхлых отложений, лишь на отдельных участках достигающего 30–60 м. Основные линии разломов пересекаются густой сетью поперечных нарушений, переработанных деятельностью рек и ледников в троговые долины. Впоследствии их низовья были подтоплены трансгрессирующим морем, в результате чего побережье стало характеризоваться интенсивным фиордовым и фиардово-шхерным расчленением берегов. Общая изрезанность побережья усиливается благодаря подтоплению синклиналей и грабенов, что сближает эти берега с так называемым далматинским типом расчленения [38]. Так, на берегах проливов Карские Ворота и Югорский Шар, заложенных вдоль крупных линеаментов северо-восточного простирания, ориентированных поперек основного северо-западного простирания геологических структур, и в районе губы

Рис. 1.3.14 Абразионные и абразионно-денудационные берега северо-западного побережья острова Вайгач

Абразионные берега острова Вайгач Рис. 1.3.15

Лямчина береговая линия весьма изрезана, для рассматриваемого побережья характерны многочисленные полуострова и мысы, чередующиеся с заливами, происхождение которых обусловлено развитием зон новейшего погружения (рис. 1.3.14). Сбросово-глыбовые берега, простирание которых совпадает с простиранием пород, характеризуются значительной выровненностью.

В целом на о. Вайгач преобладают абразионные типы берегов, сложенные терригенными и карбонатными породами палеозойского возраста (рис. 1.3.15) и редко — рыхлыми отложениями, где происходит выработка абразионных бухт, и берега можно отнести к абразионно-бухтовым [38]. Аккумулятивные типы берегов развиты локально, в вершинах заливов. Здесь выделяются пляжевые и лагунные берега. Устья рек носят эстуарный характер, подчеркивая продолжающиеся тектонические движения побережья.

На ***открытом побережье арх. Новая Земля*** также широко развиты абразионные, а во внутренних частях заливов и проливов — абразионно-денудационные берега, выработанные в устойчивых коренных породах (преимущественно терригенно-карбонатных, на северо-западе о. Южный — терригенных) (рис. 1.3.16). Для рек характерно прямое впадение, в заливах формируются дельты выполнения и выдвижения. Аккумулятивные формы (косы, пересыпи, переймы) маломощны и отмечаются главным образом в кутовых частях заливов. Довольно часто встречаются свободные и в вершинах некоторых заливов даже замыкающие аккумулятивные формы. На открытых побережьях, приуроченных как правило к активным линеаментам или крыльям геологических структур, в условиях значительных уклонов подводного берегового склона и высокой волновой активности осадочный материал не накапливается и выравнивание берегового контура не происходит. На участках выхода ледников к морю формируются характерные для полярных областей ледяные берега, развитие которых протекает главным образом под влиянием термоденудационных процессов. Выводные ледники арх. Новая Земля и других островов Баренцева моря продуцируют большое количество айсбергов различного масштаба [59].

Острова арх. Земля Франца-Иосифа. По данным последних лет, архипелаг насчитывает более 200 островов общей площадью свыше 16 тыс. км^2, и их число продолжает увеличиваться за счет сокращения ледников, покрывающих около 87% территории. В геологическом отношении архипелаг вместе с прилегающими участками морского дна образует крупное сводовое поднятие на северном крае Баренцевоморской плиты [60]. Поднятие разбито системами глубоких пересекающихся разломов на отдельные блоки (острова), испытавшие в новейшее время значительные вертикальные смещения друг относительно друга. Это предопределило общую раздробленность и сильную вертикальную расчлененность рельефа, образованного рядом горстов и грабенов — межостровных проливов [38]. Максимальные высоты в пределах островов достигают 620 м (о. Винер-Нёйштадт) [61].

Центральные части островов занимают сильно дислоцированные скальные массивы мезозойских вулканогенно-осадочных пород. Здесь преобладает структурно-денудационный рельеф крупных платообразных поверхностей, или силлов, с крутыми склонами, обусловленный излиянием базальтовых покровов и отпрепарированный деятельностью ледников. К этому же типу рельефа относятся поверхности нунантаков, выступающие из-под ледникового покрова. Денудационный рельеф представлен пологонаклонными слабохолмистыми равнинами и локальными поднятиями, приурочен-

Рис. 1.3.16 Абразионные и абразионно-денудационные берега архипелага Новая Земля

ными к выходам коренных пород и перекрытых чехлом делювиальных отложений. Денудационно-экзарационные формы рельефа — это цирки, кары и троговые долины [61].

Рельеф приморья, как и на Кольском полуострове и на островах арх. Новая Земля, формировался на фоне дифференцированного тектонического воздымания, скорости которого превышали скорости подъема уровня моря. В результате на отдельных участках образовались морские аккумулятивные и абразионно-аккумулятивные террасовые уровни, осложненные валунно-галечными береговыми ва-

Рис. 1.3.17 Ледяные берега, архипелаг Земля Франца-Иосифа

лами. Серии разновозрастных голоценовых террас прослеживаются на о-вах Гукера, Мейбел, Белл и др. до высоты 40 м [37].

Береговая линия большинства островов архипелага имеет изрезанный контур, осложненный многочисленными бухтами и мысами. На отдельных участках прослеживаются прямолинейные контуры, совпадающие с направлениями тектонических нарушений (о-ва Галля, Мак-Клинтона и др.). Часть островов имеет плавные очертания (о-ва Рудольфа, Райнера, Сальм и др.) [61]. Более 60% береговой линии образуют фронты ледниковых покровов, спускающиеся прямо в море. Ледяные обрывы в виде вертикальных или вогнутых стен и барьеров [49] высотой в несколько десятков метров — один из наиболее распространенных типов берегов арх. Земля Франца-Иосифа (рис. 1.3.17). На свободных ото льда окраинах островов широко распространены денудационные берега в скальных породах, не измененные или слабо измененные морем, а также абразионно-денудационные уступы базальтовых плато, которые, как правило, круты и образованы осыпными или обвальными склонами. Собственно абразионные берега с клифами и бенчами имеют ограниченное распространение [38].

Аккумулятивные участки с хорошо выраженными береговыми валами и небольшими отчлененными ими лагунами известны на о-вах Земля Вильчека и Циглера. На других участках берега образуют серии невысоких голоценовых террас (рис. 1.3.18). В кутовых частях заливов формируются обширные низменные равнины, часть которых является дельтовыми образованиями, как, например, устье р. Романтиков на о. Хейса, или связана с отступанием ледниковых покровов (бух. Суровая на о. Галля, бух. Елены Гульд на о. Земля Вильчека и др.) [37].

Остров Виктория расположен между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Шпицберген и является самым западным участком островной суши в российском секторе Арктики. Еще в середине 1990-х гг. практически вся поверхность острова, за исключением его северной оконечности, была

Рис. 1.3.18 Поверхности голоценовых террас на острове Алджер, архипелаг Земля Франца-Иосифа

покрыта ледником [38]. Однако уже в 2012 г. ледник занимал лишь 56% площади острова. Активно разрушающиеся ледяные берега уступают место абразионным и аккумулятивным, формирующимся волновыми процессами [62].

Острова арх. Шпицберген относятся к поясу каледонид, тектоническая структура которого осложнена разломами меридионального и субмеридионального простирания, а также системой широтных и субширотных разломов. Для островов архипелага наиболее характерен горный рельеф и рельеф поверхности обширных ледниковых покровов, занимающих свыше 50% площади островов. Имеется ряд долинных ледников, представляющих собой сложные выводные ледники [63], оканчивающиеся в море. Широкое распространение ледяных берегов является одной из характерных особенностей архипелага. Самая грандиозная ледяная береговая стена протяженностью около 180 км и высотой до 40–100 м находится на юго-восточном берегу о. Северо-Восточная Земля, а ледяные клифы ледника Короля Иоганна на о. Эдж имеют высоту до 200 м [38].

На отдельных участках вдоль берега протягивается ступенчатая узкая береговая равнина типа норвежского стрэндфлета, встречаются аккумулятивные и абразионно-аккумулятивные морские террасы голоценового возраста, поднятые на значительную (до 50–60 м) высоту. Результатом активной тектонической деятельности и ледниковой экзарации является весьма интенсивное, преимущественно фиордовое и фиардово-шхерное расчленение побережья, изобилующего многочисленными заливами, бухтами и островами. На открытых морю участках, сложенных прочными скальными породами, преобладают берега, не измененные морем, а также абразионно-денудационные берега заливов и проливов. На участках распространения узких приморских низменностей, сложенных морскими и ледниковыми многолетнемерзлыми отложениями, развиты термоабразионные берега. Аккумулятивные берега имеют небольшую протяженность и ограниченное распространение, на о. Эдж наряду с береговыми аккумулятивными формами имеются лайды высотой до 1,5–2,0 м [38].

Остров Медвежий на западной границе Баренцева моря расположен на своде пологой древней антиклинали на продолжении каледонских структур арх. Шпицберген. Баренцевоморские берега острова преимущественно абразионные и абразионно-денудационные, выработанные в прочных скальных породах. Высота клифов, подножие которых абрадируется, достигает 150 м, верхняя часть уступов подвержена интенсивной денудации [38].

Завершая краткую характеристику берегов Баренцева моря, следует подчеркнуть, что многообразие гидродинамических обстановок и литологической основы обеспечивает широкий набор рельефообразующих процессов, протекающих в пределах береговой зоны и определяющих сложную и изменчивую морфологию этих берегов. С целью создания региональной характеристики геоморфологии и динамики берегов Баренцева моря была разработана их типизация, основанная на выделении современных береговых форм рельефа, обладающих сходным обликом, строением, происхождением и динамикой. Результаты такой морфодинамической типизации и районирования береговой зоны и подробное описание каждого выделенного типа берега приведены в гл. 6.

Глава 2

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Моевка *Rissa tridactyla*, птичьи базары острова Харлов, архипелаг Семь островов, Баренцево море

2.1. Гидрологическая структура

Гидрологический режим Баренцева моря отличается большим разнообразием. Температура воды является одним из важнейших элементов гидрологического режима. Она характеризует распространение теплых атлантических вод на акватории моря, которые существенным образом влияют на ледовые и климатические условия региона. Максимальные значения температуры воды наблюдаются в течение всего года в юго-западной части моря. Пределы годовой изменчивости температуры воды повсеместно и на всех горизонтах сравнительно невелики: так, на поверхности в юго-западной и в северной частях моря она не превышает 5–6 °С и только на юго-востоке достигает 10 °С. По мере увеличения глубины сходство поверхностных и глубинных полей температуры сохраняется [1].

Температура воды в целом характеризуется понижением с юго-запада на северо-восток и с юга на север на всех глубинах в течение года [2]. Крупномасштабные особенности полей температуры воды объясняются совместным влиянием радиационных и адвективных факторов. В теплый период (август—сентябрь) температура поверхностных вод меняется в диапазоне 3–13 °С и близка к температуре воздуха [3]. В северной части моря температура близка к температуре замерзания. Летние максимумы поверхностной температуры в северной части моря достигают 4 °С к северу от 78° с. ш. и 7 °С к северу от 76° с. ш. На юго-востоке моря возможно летнее повышение температуры до 15 °С в открытой части и до 23 °С в Печорской губе. Минимальная температура в юго-восточной части моря даже в сентябре, когда отсутствие льда гарантировано, может быть до 3–4 °С в открытой части и до 0 °С у побережья арх. Новая Земля. В зимний период температура на юго-западе моря меняется в диапазоне 3–6 °С, в юго-восточной части моря ограничена температурой замерзания.

Придонные температуры близки к минимальным зимним поверхностным, их изменения в годовом ходе незначительны. Только в мелководной прибрежной полосе на крайнем юго-востоке моря возможно летнее повышение придонной температуры до 5–8 °С. На с. 116 приведены карты распределения поверхностной температуры воды в марте и августе (3 и 4), рассчитанные с помощью модели морской циркуляции INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model) [4] с усвоением климатических данных о температуре поверхности моря [5], реализованной для акватории Баренцева моря, с пространственным разрешением приблизительно 2,5 км [6] и осредненные за период 1993–2013 гг., которые довольно хорошо отражают сезонную изменчивость температуры и согласуются с результатами натурных наблюдений из работы [1].

Формирование сезонного термоклина происходит в летний период в результате прогрева поверхностного слоя. Толщина квазиоднородного слоя и верхняя граница термоклина для большей части Баренцева моря располагаются на глубине 30 м, а в прибрежных районах — на 10–25 м. В сентябре поверхностный слой моря охлаждается в результате интенсивной теплоотдачи в атмосферу, к ноябрю (на севере моря уже к октябрю) термоклин полностью разрушается [1].

Сезонная изменчивость солености для большей части Баренцева моря в основном определяется интенсивностью его водообмена с окружающими акваториями, а в прибрежной зоне — речным стоком и процессами ледообразования и таяния льда. Изменение солености практически на всей акватории моря, за исключением его юго-восточной части, происходят в узком диапазоне значений: приблизительно от 33,0 до 35,2 psu. Максимальная соленость наблюдается в западной части моря, куда поступают атлантические воды. Наиболее распресненные воды находятся в юго-восточной части моря, где происходит основной приток пресных материковых вод. В придонном слое соленость распределена более однородно, чем на поверхности, сезонная и межгодовая изменчивость выражена слабо. На бóльшей части акватории моря придонная соленость меняется в диапазоне 34,7–34,9 psu, однако на мелководной юго-восточной части моря соленость может быть меньше 34,0 psu.

Процессы, связанные с плотностной структурой вод (конвекция, образование слоев скачка плотности), определяются по большей части

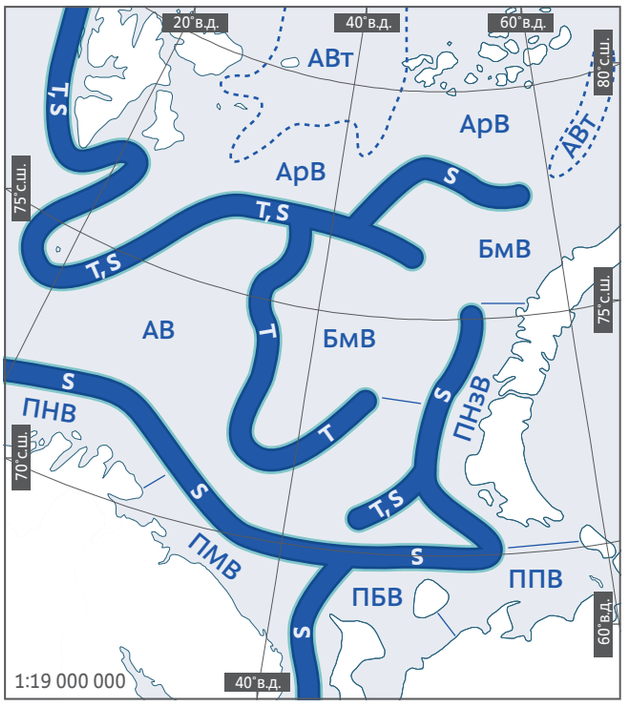


Рис. 2.1.1 Фронтальные зоны и основные типы водных масс на акватории Баренцева моря: фронтальные зоны — температурная (T), халинная (S), термохалинная (T, S); водные массы — атлантическая (АВ), подтип атлантической трансформированной водной массы (АВт), арктическая (АрВ), баренцевоморская (БмВ), подтип прибрежной норвежской водной массы (ПНВ), подтип мурманской водной массы (ПМВ), подтип прибрежной беломорской водной массы (ПБВ), подтип прибрежной печорской водной массы (ППВ), подтип новоземельской прибрежной массы (ПНзВ) (по [8]). Пунктирной линией обозначены промежуточные водные массы

термическими факторами [1]. По результатам расчетов поверхностной солености воды (см. далее карта 3 на с. 98) прослеживается наличие «языка повышенной солености» в западной части моря, который указывает на распространение атлантических вод Нордкапским течением. Подробно циркуляция вод Баренцева моря описана в разд. 2.5. По мере движения этих вод на восток и северо-восток их соленость понижается от 34,9 до 34,4 psu. В южной части моря режим солености определяется интенсивностью Беломорского стокового течения, характерная соленость вод которого составляет 32,0–33,0 psu, а в юго-восточной части — пресноводным стоком р. Печора (здесь соленость может составлять 30,0 psu и ниже). У западных берегов арх. Новая Земля пониженная соленость в летний период связана с таянием морского льда и переносом опресненных вод из Карского моря. В северной и северо-восточной частях моря соленость арктических вод ниже солености атлантических и составляет в теплый период приблизительно 33,0 и 34,4 psu соответственно.

Изменения плотности по вертикали в западной части моря, куда поступают атлантические воды, в течение года минимальны. В северной части моря и у берегов арх. Новая Земля присутствует сезонный пикноклин, так как здесь влияние летнего прогрева и передачи тепла в глубинные слои слабее. В летний период верхний слой юго-восточной части моря сильно стратифицирован по вертикали. Повышенные градиенты плотности в данной области совпадают с сезонным термоклином и галоклином [1].

Как уже отмечалось, определяющее влияние на гидрологический режим моря оказывает интенсивность его водообмена с соседними морями (Норвежским, Гренландским и Белым) и с Северным Ледовитым океаном. В формировании режима участвуют воды различного происхождения и с различными свойствами. Так, в Баренцевом море выделяют четыре основных типа и несколько подтипов водных масс [1, 2, 7, 8] (рис. 2.1.1):

— *атлантические воды (подтип атлантические трансформированные воды)* с повышенной температурой и соленостью, поступающие с Норвежским течением из Северной Атлантики, переходящим в Нордкапское течение, а в глубинных слоях приходящие также с севера из Центрального Арктического бассейна;

— *арктические воды* с отрицательной температурой и пониженной соленостью, поступающие как поверхностные воды из Центрального Арктического бассейна;

— *прибрежные воды (подтипы: норвежские, мурманские, беломорские, печорские, новоземельские)* со значительной амплитудой годового хода температуры и пониженной соленостью, образующиеся под действием материкового стока и опресненных прибрежных течений и поступающие из Белого моря и с прибрежным Норвежским течением вдоль берегов части Скандинавского полуострова, принадлежащей Норвегии, которое, достигнув прибрежной зоны г. Мурманска, переходит в Мурманское течение (часть Прибрежного течения). Подробное описание постоянных течений будет приведено в разд. 2.5;

— *баренцевоморские воды* с низкой температурой и высокой соленостью, образующиеся в пределах моря в результате перемешивания атлантических водных масс, приходящих извне, и их трансформации под влиянием внешних условий.

В табл. 2.1.1 приведены основные характеристики (изменчивость температуры и солености) водных масс Баренцева моря [9, 10].

Табл. 2.1.1 Характеристики основных водных масс

Тип водных масс	Температура, °C	Соленость, psu
Атлантические [9]	>3	>34,8
Арктические [9]	<0	<34,7
Прибрежные [10]	>2	<34,7
Баренцевоморские [9]	⩽2	>34,8

Теплые и соленые *атлантические воды* поступают в западную часть моря с Нордкапским течением и вдоль западной границы моря в северном направлении с Западно-Шпицбергенским течением. Около 88% тепла, которое несут атлантические воды, расходуется в пределах моря, поэтому оно является одним их самых теплых арктических морей [11]. На акватории моря, в его центральной и юго-западной частях, до 75° с. ш. в течение всего года наблюдаются положительные значения поверхностной температуры воды, и эта область практически никогда не замерзает.

Юго-западная и центральная части Баренцева моря в течение всего года заполнены *атлантическими водами* от поверхности до дна. Это наиболее устойчивая водная масса, для которой характерны соленость 34,5–35,0 psu и повышенная температура по сравнению с другими районами моря на всех горизонтах и во все сезоны, кроме летнего (когда происходит выравнивание температуры поверхностного слоя на юго-западе и юго-востоке моря). В зимний период температура в поверхностном слое составляет 3,0–5,0 °C и достигает 8,0–10,0 °C в летний период. Основной вклад в формирование глубинной и придонной температуры воды вносят адвективные факторы. При усилении интенсивности поступления более теплых атлантических вод отмечается повышение уровня теплосодержания вод в глубинных и придонных слоях. В холодный период в арктических морях существует инверсия температуры в верхнем слое (с глубиной температура увеличивается) за счет того, что происходит охлаждение и распреснение верхнего слоя поступающей из Норвежского моря атлантической воды в результате взаимодействия с атмосферой, процессов таяния льда, вертикальной конвекции и поступления пресных вод с материка [6]. Температура в юго-западной и центральной части Баренцева моря остается положительной на всех горизонтах и не опускается ниже 3 °C [1].

Атлантические воды в основном распространяются в восточном направлении, трансформируясь по мере своего продвижения: охлаждаясь на поверхности моря в зимний сезон и распресняясь в летний. В северной и северо-восточной частях моря в промежуточных слоях расположен подтип атлантических трансформированных вод. Атлантические воды распространяются совместно с Западно-Шпицбергенским течением на север. Достигнув северной оконечности арх. Шпицберген, огибают его, где в результате отдачи тепла в атмосферу уплотняются и опускаются в глубинные слои и продолжают движение в восточном направлении, образуя подтип трансформированных атлантических вод. По мере движения на восток часть вод этого подтипа проникает в Баренцево море через желоб между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа и через пролив между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля и распространяется в юго-западном направлении. Этот подтип вод представляет собой теплый промежуточный слой (глубины более 100 м) с температурой 1,0–3,0 °C и соленостью 34,8–34,95 psu.

Годовой приток атлантических вод составляет примерно 74 тыс. км^3 [1], что на два порядка превышает составляющие пресноводного баланса. Пресноводный приток в Баренцево море довольно трудно оценить, учитывая малую изученность водосбора рек данной акватории, принадлежность территории водосбора нескольким государствам, а также сложность оценки объема стока с арктических островов архипелагов Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Суммарный речной сток в Баренцево (около 263 км^3/год) и Белое (около 215 км^3/год) моря равен приблизительно 478 км^3/год (около 318 мм в пересчете на толщину слоя моря), разность между осадками и испарением — примерно 118 км^3/год (около 79 мм на толщину слоя), результирующий ледообмен Баренцева моря с окружающими морями и островами (исключая площадь Белого моря) в пересчете на объем воды примерно 134 км^3/год или около 95 мм на толщину слоя [1, 12].

Таким образом, в формировании гидрологического режима Баренцева моря материковый пресноводный сток играет меньшую роль по сравнению с водообменом с окружающими морскими акваториями, но имеет ярко выраженный сезонный ход, и его роль повышается в паводковые периоды. Максимум речного стока наблюдается в конце весны в результате таяния речного льда и снега в бассейне рек, минимум — зимой и осенью, когда основная подпитка рек происходит посредством дождей и грунтовых вод. Речной сток относительно небольшой, большая его часть сосредоточена в юго-восточной части моря, где он существенно отражается на гидрологических условиях региона, который называют Печорским морем. Средний сток р. Печора составляет 130 км^3/год. На северное побережье Норвегии и берег Кольского полуострова стекают небольшие реки горного типа,

Рис. 2.1.2 Река Тулома

например Тулома (рис. 2.1.2), Печенга, Западная Лица, Кола, Териберка, Воронья, Рында, Иоканга и т. д. [2]. Суммарный речной сток (без разделения по бассейнам морей и без учета айсбергов) с поверхности островов архипелагов составляет: Шпицберген — 35,5 км^3/год, Земля Франца-Иосифа — 3,65 км^3/год, Новая Земля — 32,5 км^3/год. Кроме этого, следует учитывать водообмен с Белым морем, в которое впадают такие довольно большие реки, как Северная Двина, Мезень, Онега.

Арктическая водная масса занимает северную часть моря и представляет собой поверхностную водную массу Центрального Арктического бассейна, которая образуется к северу от архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа в результате конвекции, достигающей глубины 50–70 м, и процессов образования и таяния льда. Для данной водной массы характерны пониженная соленость с широким внутригодовым диапазоном — 32–34,8 psu [7] и низкая температура с небольшим диапазоном сезонных изменений: от –1,8 °С до –1 °С в среднем слое от 20 до 100 м [1]. На мелководье арктические воды распространены от поверхности до дна, а в глубоководных районах они обычно подстилаются атлантическими водными массами и подтипом трансформированных атлантических вод.

Прибрежные воды Баренцева моря отличаются региональными особенностями и сезонной изменчивостью температуры воды. В основном они распространены в поверхностных горизонтах, а в глубоководных подстилаются атлантическими водами. В восточной и северо-восточной частях моря придонные слои занимают баренцевоморские воды. Для прибрежных водных масс характерна пониженная соленость (менее 34,5 psu), которая зависит от речного стока в одних частях моря и от водообмена с Белым и Карским морями в других. Выделяются четыре подтипа прибрежных водных масс: мурманский, беломорский, печорский и новоземельский.

Мурманский подтип распространяется вдоль Кольского полуострова, его соленость составляет 34,3–34,5 psu и определяется в основном речным стоком Скандинавского полуострова. Сезонная изменчивость солености не превышает 0,3 psu, температура меняется в диапазоне 1,0–9,0 °С.

Беломорский подтип вод формируется в южной части Баренцева моря в результате водообмена с Белым морем и трансформации воды под действием приливного перемешивания на выходе из Белого моря в слое 0–40 м. Этот подтип распространяется на север и восток в виде потока, ширина которого меняется от 50 км зимой до 100–150 км летом. Соленость вод меняется в годовом ходе в диапазоне 33,0–34,0 psu зимой и весной и 31,0–32,0 psu летом и осенью; температура в летние месяцы ниже на несколько градусов по сравнению с окружающими водами. Диапазон сезонных изменений температуры составляет от –1,8 до 8,0 °С. В зимний период акватория, покрытая беломорским подтипом вод, покрывается льдом.

Печорский подтип водной массы формируется в юго-восточной части Баренцева моря стоком р. Печора (около 85 км^3 за май — июль). Это самостоятельный подтип вод, для которого характерна максимальная для всего моря пространственная изменчивость солености (0–30 psu) и температуры (от –1,8 до 8,0 °С [8]. Распространение этого подтипа вод происходит только в поверхностном слое. На глубине от 10 до 20 м расположен слой скачка плотности, под которым располагаются беломорский подтип вод. Область распространения печорского подтипа вод зависит от речного стока, зимой этот подтип не выходит за пределы Печорской губы.

Новоземельский подтип вод ограничен узкой прибрежной полосой, занятой течением Литке, и вдоль западного берега арх. Новая Земля. Зимние значения солености (34,0–34,5 psu) сохраняются до июня. В июле—августе соленость в районе прол. Карские Ворота составляет 28,0–30,0 psu вследствие поступления вод пониженной солености через пролив, а также поступления пресноводного стока с берегов в результате таяния снега и льда в теплый сезон года. Летом поверхностная температура воды составляет 5–6 °С, что ниже температуры воды на той же широте к западу на несколько градусов. Температура в течение года колеблется от –1,8 до 6,0 °С.

Баренцевоморский подтип вод наиболее распространен в центральной части Баренцева моря. Соленость этого подтипа однородна по пространству и составляет около 34,7 psu зимой и около 34,5 psu летом на поверхности, а различия в температуре обусловлены только зависимостью летнего прогрева от широты [8]. Формирование этого подтипа вод происходит в результате трансформации поступающих атлантических вод. Осенне-зимняя конвекция приводит к выравниванию температуры вод по вертикали, приближая ее к температуре замерзания. В июне формируется верхний квазиоднородный слой, который сохраняется до сентября, а затем разрушается под действием конвекции. Ниже, на глубине 30–50 м, куда не проникают глубинные атлантические воды, расположен холодный промежуточный слой, в котором температура воды отрицательная.

Особенности рельефа дна влияют на гидрологические условия моря. Средняя глубина Баренцева моря составляет 200 м, однако разность глубин в открытой части моря может достигать 400 м [8] (см. разд. 1.3). Горизонтальный водообмен затруднен в понижениях рельефа дна (Центральной впадине, Новоземельском желобе), однако образования обособленных придонных водных масс в них не происходит. Подводные возвышенности являются препятствиями на пути движения вод. В местах их обтекания потоками воды образуются характерные «шапки холодной воды». В целом градиенты гидрологических характеристик локально зависят от морфометрии дна, но в большей степени они определяются контрастом условий между западной, северной и юго-восточной частями моря и интенсивностью горизонтального и вертикального перемешивания [1].

Фронтальные зоны чаще всего являются границами водных масс [1]. Внутри фронтальных зон происходит значительное увеличение горизонтальных градиентов температуры и солености воды, что приводит к повышенной динамической активности [13]. В Баренцевом море выделяют до семи фронтальных зон, основными из которых являются Полярная фронтальная зона, расположенная в центральной части моря и Прикромочная фронтальная зона в северной части акватории (см. рис. 2.1.1).

Полярная фронтальная зона — это устойчивая фронтальная зона, которая образуется в результате взаимодействия теплых и соленых атлантических вод с холодными и распресненными арктическими водами. Она постоянно прослеживается на акватории моря, распространяясь вдоль южных берегов арх. Шпицберген в восточную и юго-восточную части моря. Согласно работе [13], эту фронтальную зону можно разделить на следующие подзоны в соответствии с их географическим положением: *медвежинская фронтальная подзона* (область взаимодействия вод Медвежинского течения с водами Северной ветви Нордкапского течения); *фронтальная подзона периферии Западного желоба* (область взаимодействия Северной ветви Нордкапского течения с окружающими водами); прикромочные фронтальные подзоны (области взаимодействия линзы талых вод с окружающими водами); *фронтальная подзона района Центральной возвышенности* (область взаимодействия вод Центральной ветви Нордкапского течения с ба-

ренцевоморскими водами); *фронтальная подзона периферии Центрального желоба* (область взаимодействия баренцевоморских вод с атлантическими и прибрежными); *фронтальная подзона восточной части Баренцева моря* (область взаимодействия вод Мурманского и Новоземельского течений с водами шельфа арх. Новая Земля); *прибрежные фронтальные подзоны* (области взаимодействия баренцевоморских вод, вод Мурманского течения и вод речного стока). Для фронтальных зон характерна мезомасштабная и внутрисезонная динамика положения основных фронтальных разделов. Их положение определяется главным образом топографией дна, распределением ледяного покрова, адвекцией атлантических вод и может меняться в диапазоне от десятков до сотен километров [14].

Прикромочная фронтальная зона образуется в основном только в теплый период года вблизи о. Медвежий и распространяется в северном направлении в сторону арх. Шпицберген и в северо-восточном направлении в сторону арх. Земля Франца-Иосифа. Она формируется вдоль линзы холодных распресненных вод, которые образуются в результате таяния арктического льда [14].

В Баренцевом море функционирует стандартная сеть океанографических наблюдений, на основе которой осуществляется мониторинг многолетней и сезонной изменчивости гидрологических характеристик [11]. Гидрологические параметры на разрезах, в свою очередь, характеризуют мощность потока атлантических вод, его пространственно-временные изменения и положение полярного фронта [15]. Анализ полученных данных дает возможность осуществлять мониторинг климатообразующих факторов. Кроме того, они могут быть использованы для разработки долгосрочных температурных, ледовых и рыбопромысловых прогнозов [16].

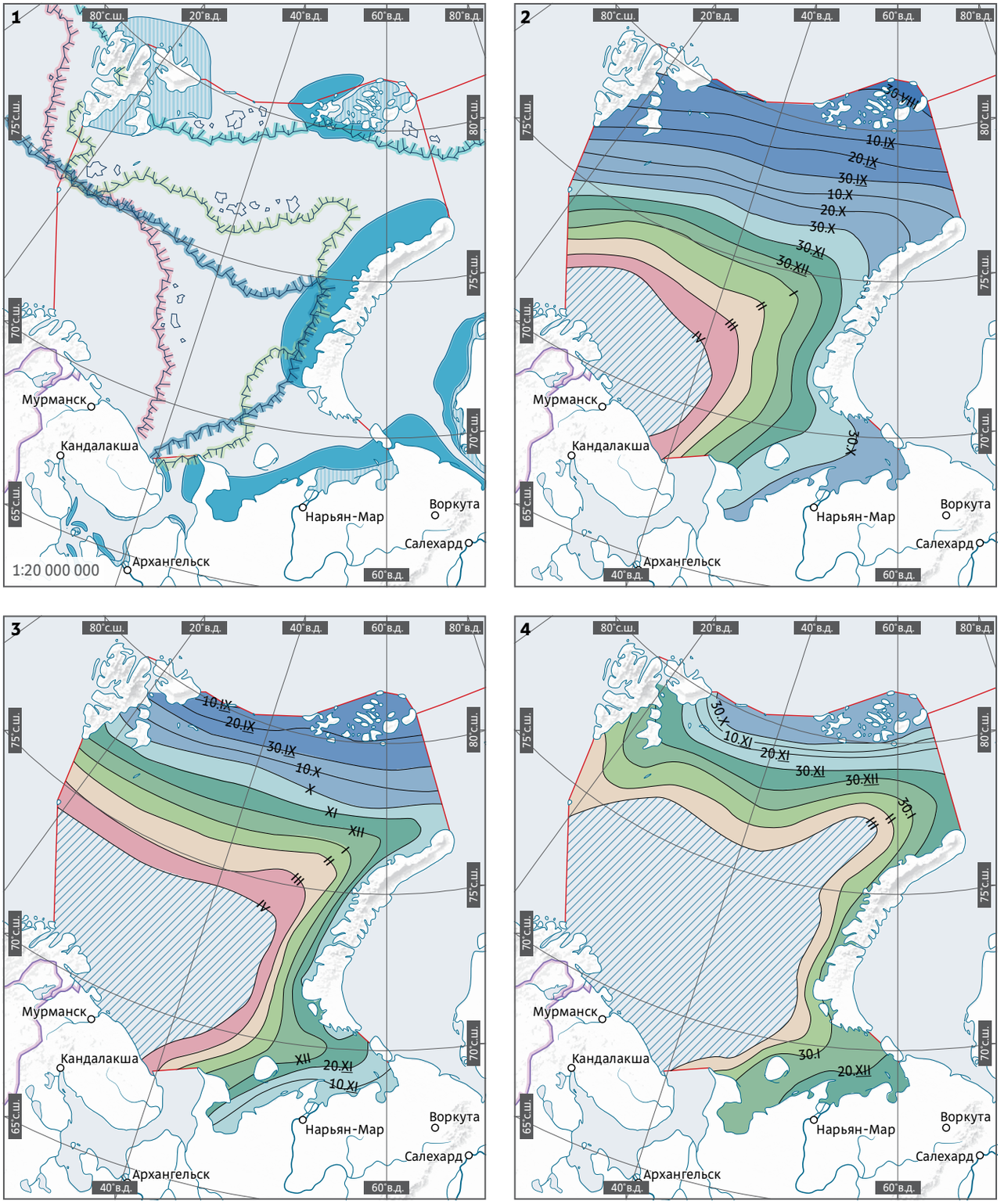
За многолетний период экспедиционных наблюдений в Баренцевом море в Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО) накоплен большой массив океанографических данных, в особенности на стандартном океанографическом разрезе «Кольский меридиан». Разрез расположен в Баренцевом море к северу от Кольского залива вдоль 33°30’ в. д. от 69°30’ до 77°00’ с. ш. и состоит из 16 станций. Первые наблюдения начались в 1900 г. и практически непрерывно продолжаются по настоящее время. Следует отметить, что разрез пересекают потоки атлантической воды, которые поступают через западную границу Баренцева моря в его южную, центральную и восточную части.

Основными индикаторами динамики климата морей высоких широт являются изменения температуры воздушных и водных масс и ледовитости моря. Линейная комбинация этих показателей представляет собой климатический индекс, по результатам анализа межгодовой изменчивости которого в XX в. ученые выделяют два холодных периода (начало XX в. — 1920-е гг. и 1960-е — 1989 г.) и два теплых периода (1930-е — 1960-е гг. и 1989 г. — настоящее время) [17]. Так, XX в. можно условно разбить на несколько периодов по времени, учитывая изменения температуры поверхности воздуха и воды и ледовитость моря: I — начало XX в. — 1920-е гг., II — 1930-е — конец 1950-х гг., III — 1960-е —1989 г., IV — 1989–2010 г. и V — 2010 г. — настоящее время. I и III периоды считаются холодными периодами, а II, IV и V — теплыми. Периоды потепления обычно связаны с увеличением притока теплых и соленых атлантических вод в акваторию Баренцева моря и с уменьшением площади ледяного покрова [18].

Теплая климатическая фаза в 1930–1950-е гг. (II период) связана с общим потеплением климата за счет естественной изменчивости климата Земли (так называемое потепление 1940-х гг. [19] и вследствие этого повышением температуры на побережьях и островах, сокращением сезонного ледового покрова в арктических морях [15]. На разрезе «Кольский меридиан» была отмечена положительная аномалия в 1930-е гг., которая составила приблизительно 0,5 °С [18]. В 1970-е гг. (III период) вследствие некоторого похолодания климата [19] холодные аномалии температуры на разрезе «Кольский меридиан» в слое 0–200 м также составили около 0,5 °С [18].

Потепление IV и V периодов вызвано общим потеплением климата за счет антропогенных и естественных факторов климатических изменений [20], проявляющихся, как и во II периоде, в усилении переноса теплого атлантического воздуха из Северо-Восточной Атлантики и увеличением адвекции вод системой Гольфстрима и Северо-Атлантического течения. В 2000–2010-х гг. среднегодовая температура в слое 0–200 м на разрезе «Кольский меридиан» (70°30’–72°30’ с. ш. 33°30’ в. д.) во все годы превышала среднемноголетнее значение. При этом 2006, 2007, 2012, 2013, 2015 и 2016 гг. были аномально теплыми. В современный (V) период в 2012 г. был зарегистрирован исторический максимум среднегодовой температуры на разрезе — она на 1,3 °С превысила среднемноголетнее (1951–2010 гг.) значение [21]. В 2016 г. как у дна, так и в промежуточных слоях по сравнению с 2015 г. наблюдалось существенное уменьшение области, занятой водами с отрицательной температурой. При этом в придонном слое площадь, занятая этими водами, составляла лишь 0,4%, что является абсолютным минимумом за последние 16 лет [16].

Плавающие льды у берегов архипелага Земля Франца-Иосифа



Ледовая обстановка: 1 — положение заприпайных полыней и припая в их максимальном распространении, среднее многолетнее положение кромки льда; 2–4 — сроки начала устойчивого ледообразования: изохроны ранних сроков устойчивого ледообразования (2), изохроны средних сроков устойчивого ледообразования (3), изохроны поздних сроков устойчивого ледообразования (4)

2.2. Ледовая обстановка

Ледовый режим Баренцева моря характеризуется значительной сезонной и межгодовой изменчивостью. Он формируется под воздействием атмосферы и в результате взаимодействия холодных вод Северного Ледовитого океана и теплых вод Атлантического океана и поэтому зависит от интенсивности теплого Нордкапского течения, проникающего в западную часть Баренцева моря, атмосферной циркуляции и общего потепления или похолодания Арктики [1]. Подробное описание системы квазипостоянных течений Баренцева моря приведено в разд. 2.5.

Поступление теплых атлантических вод за счет Норвежского течения и его продолжения — Нордкапского течения и его ответвлений, приводит к тому, что Баренцево море никогда полностью не замерзает в отличие от других арктических морей. Кроме этого, течения оказывают существенное влияние на межгодовые изменения положения ледовой кромки, особенно в районе 40–45° в. д., где смещение кромки в направлении восток-запад может достигать 400 км [2].

Положение кромки льдов определяет характеристику состояния ледяного покрова Баренцева моря — ледовитость (площадь, покрытая льдом разной сплоченности, измеряемая в процентах от общей площади моря), коэффициент корреляции между которыми составляет 0,7–0,9. Ледовитость моря, в свою очередь, характеризует экстремальные распространения ледяного покрова, климатические изменения в данном регионе и возможные тенденции климата, что определяет ледовые условия плавания и эксплуатации гидротехнических сооружений [3]. По среднемноголетним данным наблюдений, максимум ледовитости приходится на апрель, минимум — на сентябрь [4]. Тесная связь ледовитости Баренцева моря с температурой морской воды показана в работе [5]. Коэффициент корреляции между ледовитостью в августе и температурой воды на разрезе «Кольский меридиан» составляет 0,83. В аномально теплые годы море полностью очищается ото льда в августе–сентябре, в аномально холодные годы в этот период 40–50% площади поверхности моря, преимущественно в его северной части, покрыто льдом. В период наиболее суровых зим мощные сплоченные льды покрывают свыше 90% площади моря, а в течение особенно теплых зим наибольшая ледовитость не превышает 20% даже в апреле. Более того, для ледовитости Баренцева моря характерна большая инерционность: ледовитость текущего месяца зависит от значений предыдущего месяца, а среднегодовая ледовитость, в свою очередь, связана со среднеиюньской [3].

Продолжительность ледового периода составляет от 6 до 10 месяцев в зависимости от гидрометеорологических условий [6]. Ледообразование обычно начинается в сентябре, но сроки появления устойчивого ледяного покрова колеблются вследствие сезонных изменений метеорологических

Ледовая обстановка

1 Положение заприпайных полыней и припая в их максимальном распространении

заприпайные полыньи

припай

Среднее многолетнее положение кромки льда в зимний и летний периоды

среднеклиматическое (февраль) наибольшее распространение

максимальное распространение в зимний период (1979 г.)

среднеклиматическое (август) наименьшее распространение

минимальное распространение в зимний период (2006 г.)

2-4 Сроки начала устойчивого ледообразования (месяц)

VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV

чисто

изохроны сроков устойчивого ледообразования

и гидрологических условий. Даты формирования льда в конкретные годы могут существенным образом отличаться от среднегодовых и смещаться на 40–120 дней, однако в прибрежных областях, особенно в устьях рек, разброс дат составляет около 10 дней [7]. Необходимыми условиями возникновения льда являются охлаждение воды до температуры замерзания и наличие морского льда, который не растаял в течение летнего периода.

Формирование льда происходит по принципу зональности: на севере ледообразование начинается раньше, чем на юге. В северной части Баренцева моря ледяной покров существует при среднемноголетних условиях на протяжении всего года. Устойчивое ледообразование в проливах арх. Земля Франца-Иосифа и о. Северо-Восточная Земля арх. Шпицберген начинается в конце сентября. Для остальной части моря характерен более значительный прогрев воды в поверхностном слое, поэтому здесь формирование молодого льда происходит позже (после того как зимняя конвекция достигнет примерно средней части холодного промежуточного слоя воды, залегающего на глубинах 50–75 м), в октябре в центральной части, а в ноябре — в юго-восточной части моря [1]. В течение зимнего периода льды распространяются с севера на юг и с востока на запад.

Таяние и разрушение льда начинается в мае и продолжается до октября. В этот период прослеживается отступление кромки льда на север и на восток и разрежение льда, которое происходит главным образом за счет вытаивания более тонких льдов [3]. В период с августа по октябрь в центральной и восточной частях Баренцева моря наблюдается чистая вода. В июне—июле толщина льда местного происхождения в центральной части моря не превышает 1 м. В целом по морю в зимний период наибольшая толщина льда достигается на северо-востоке моря, в окрестности м. Желания, где преобладают обширные ледяные поля и их обломки, и может достигать 150–160 см [1]. В среднем юго-восточная часть моря освобождается ото льда в мае, в случае аномально холодных лет — в августе. Толщина льда здесь в зимний период составляет 70–80 см. В прикромочной зоне толщина льда в конце зимы составляет около 30 см. В основном здесь преобладает битый лед и отсутствуют ледяные поля [8]. В результате действия ветра, течений и приливов ледяные поля часто разламываются, а в процессе взаимодействия друг с другом торосятся и снова смерзаются.

Торосы наиболее часто встречаются в северной и юго-восточной частях Баренцева моря. Их высота часто превышает толщину льда и может достигать 5–10 м. Наибольшие значения торосистости характерны для юго-восточной части Баренцева моря. Здесь средняя высота торосов меняется в пределах 1–2 м, подводная часть в основном 5–7 м, реже до 10 м [9]. Прочность торосов увеличивается в результате термодинамической консолидации льда — образования ледяных перемычек между затопленными блоками льда [10].

Припай в Баренцевом море развит слабо. Он наблюдается у о. Колгуев, в некоторых заливах южного побережья (Печорская губа, Хайпудырская губа и др.) и вдоль берегов арх. Новая Земля. Кроме этого, устойчивый припай ежегодно устанавливается в бухтах и фьордах арх. Шпицберген, в проливах арх. Земля Франца-Иосифа. В юго-восточной части моря ширина припая обычно не превышает нескольких сотен метров (в редких случаях — километров), при этом он подвергается частым взломам. Припай наиболее развит в конце зимнего периода (март—апрель) [4], его внешняя граница в основном совпадает с изобатой 10 м [1].

В зимний период сплоченность льда в северной и центральной частях Баренцева моря довольна высокая, однако у южного и юго-западного побережья арх. Земля Франца-Иосифа, вдоль берегов арх. Новая Земля, в окрестности о-вов Колгуев и Вайгач часто образуются заприпайные обширные полыньи. Основным фактором, влияющим на их образование и положение, является наличие устойчивого отжимного ветра [1].

В прибрежной мелководной юго-восточной части Баренцева моря образуются стамухи, торосистые ледяные образования, сидящие на мели. Они формируются зимой как в виде одиночных ледяных образований, так и в виде групп или скоплений у берега или границы припая при нажиме и торошении дрейфующего льда. Средняя высота гряд может составлять 1,4–2,0 м, среднее расстояние между ними — 40–160 м [9]. Стамухи способствуют ускорению развития припая в осенне-зимний период, а в весенний период — задерживают взлом и разрушение припая [4].

Среди плавучих льдов распространены айсберги. Источниками их образования в Баренцевом море являются ледники арктических архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля [4]. По акватории моря айсберги распространяются неравномерно, наибольшее количество айсбергов наблюдается вблизи мест их образования. Граница распространения айсбергов проходит северо-западнее о. Колгуев, однако отмечаются случаи аномального вторжения айсбергов в южную часть моря [1]. Размеры айсбергов обычно не превышают 25 м в высоту и 600 м в длину. Движение айсбергов происходит в результате сложного, нелинейного взаимодействия внешних факторов

(ветер, течение, волнение и др.) как между собой, так и с самим айсбергом, в зависимости от его формы, размеров, массы, которые довольно трудно определить достаточно точно, что вносит значительные неопределенности при прогнозировании их перемещения [4]. Средняя скорость движения айсбергов составляет 0,1–0,2 м/с.

Ледообмен Баренцева моря с Арктическим бассейном, Карским и Белым морями незначителен и составляет около 3% от общего количества льда на акватории моря в конце зимы [1]. В центральной и юго-восточной части моря обычно преобладают однолетние льды различной толщины, которые формируются за счет атмосферного выхолаживания в осенний и зимний периоды. В отдельные годы в северную часть моря происходит вынос многолетних льдов из Северного Ледовитого океана между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа под влиянием холодных арктических течений и ветрового дрейфа. Обычно это старый лед, который представляет собой сложное ледовое образование, включающее айсберги, образующиеся на архипелагах Шпицберген или Земля Франца-Иосифа, и поля всторошенного льда [11]. В северо-восточную часть Баренцева моря поступают льды из северной части Карского моря, в южную и юго-восточную часть — из Белого моря в период преобладания южных ветров с последующим переходом на ветры западных направлений [4] и из юго-западной части Карского моря через прол. Карские ворота [3]. Карский лед, более толстый и более торосистый, чем лед местного образования, распространяется на значительные расстояния в виде «языка» при преобладании северных и северо-восточных ветров вследствие наличия стационарного течения Литке вдоль южного берега арх. Новая Земля. Особенно часто карский лед проникает на акваторию Баренцева моря в начале зимнего сезона [4].

Лед находится в постоянном движении под действием течений и приводного ветра. В зависимости от сложившейся гидрометеорологической обстановки скорость дрейфа льда может достигать 0,8–1 м/с [8] и даже бóльших значений. Средняя скорость дрейфа составляет около 2 см/с. Траектории дрейфа льда обычно имеют петлеобразный характер, объясняющийся совместным влиянием прилива и ветра [10]. Например, в работе [12] приведены траектории дрейфа буев, установленных на ледовых полях в весенний период 2008 и 2010 гг.

Над акваторией Баренцева моря в зимний период (с октября по апрель) преобладают южные и юго-восточные ветры. Это приводит к тому, что общий дрейф льда в море направлен в северном и северо-западном направлении, причем при встречном потоке льда из Северного Ледовитого океана и Карского моря происходят сильные сжатия и торошения льдов [3]. Холодные арктические воды, распространяющиеся в западном направлении от арх. Земля Франца-Иосифа (течение Персея) и в юго-западном направлении вдоль восточных берегов арх. Шпицберген (Медвежинское течение), способствуют выносу льдов и айсбергов в северо-западную и западную части Баренцева моря в основном в весенний и летний периоды (рис. 2.2.1). Далее ледяные образования могут продолжить движение вместе с холодными водами в западном направлении или, достигнув фронтальной зоны между атлантическими и арктическими водами, которая расположена восточнее о. Надежды, могут переноситься в восточном направлении [13]. С мая по август (летний период) преобладают северные и северо-восточные ветры, которые, в свою очередь, способствуют переносу льдов в западном направлении, где, попав в центральную часть моря, они быстро разрушаются под действием теплых вод [3].

Циклоны, проникающие на акваторию Баренцева моря с Атлантического океана, приносят относительно теплый и влажный воздух, что замедляет рост льда. Сильные штормовые ветры влияют на дрейф льда, взаимодействие ледовых полей друг с другом, а также усиливают вертикальное перемешивание на акватории, свободной ото льда. Более теплые глубинные атлантические воды проникают в вышележащие слои, усиливая таяние и замедляя процессы образования новых льдов [14]. Прохождение глубоких циклонов над акваторией моря может в некоторых случаях приводить к экстремальным смещениям ледовой кромки. Полярный циклон 1–5 января 1975 г. над акваторией Баренцева моря со скоростью ветра, превышающей штормовые значения (более 20 м/с) в центральной части моря, привел к смещению ледовой границы на север приблизительно на 50 км. Штормовой ветер 19–21 февраля 1979 г. юго-западного и западного направлений со скоростями 20–25 м/с привел к очищению акватории ото льда от о. Медвежий до м. Зюйдкап (арх. Шпицберген), ледовая кромка сместилась на северо-восток практически на 150 км [3]. В работе [10] было показано, что под действием сильного порывистого ветра, присущего полярным циклонам, образуется язык торосистого льда, простирающийся на юг от о. Надежды до о. Медвежий. В то же время скорость дрейфа ледяных полей может достигать приблизительно 1,7 м/с [10].

Существует небольшое количество наблюдений за ледовыми характеристиками Баренцева моря до начала XX в. Так, зима 1866 г. считается

Рис. 2.2.1 Ледовые поля, архипелаг Земля Франца-Иосифа, Баренцево море

одной из наиболее суровых зим — тогда ледовая кромка практически достигла берега Норвегии [14]. В России наиболее регулярные данные о льдах Баренцева моря начали поступать и систематизироваться в конце XIX в., когда начались транспортные перевозки из сибирских рек в порты Европейского Севера (города Архангельск, Кола) и в страны Европы [3].

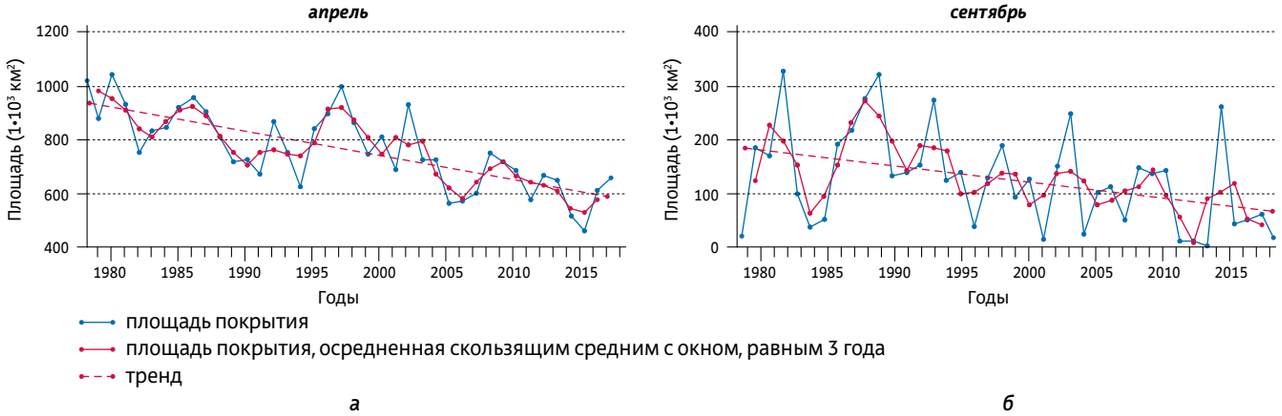
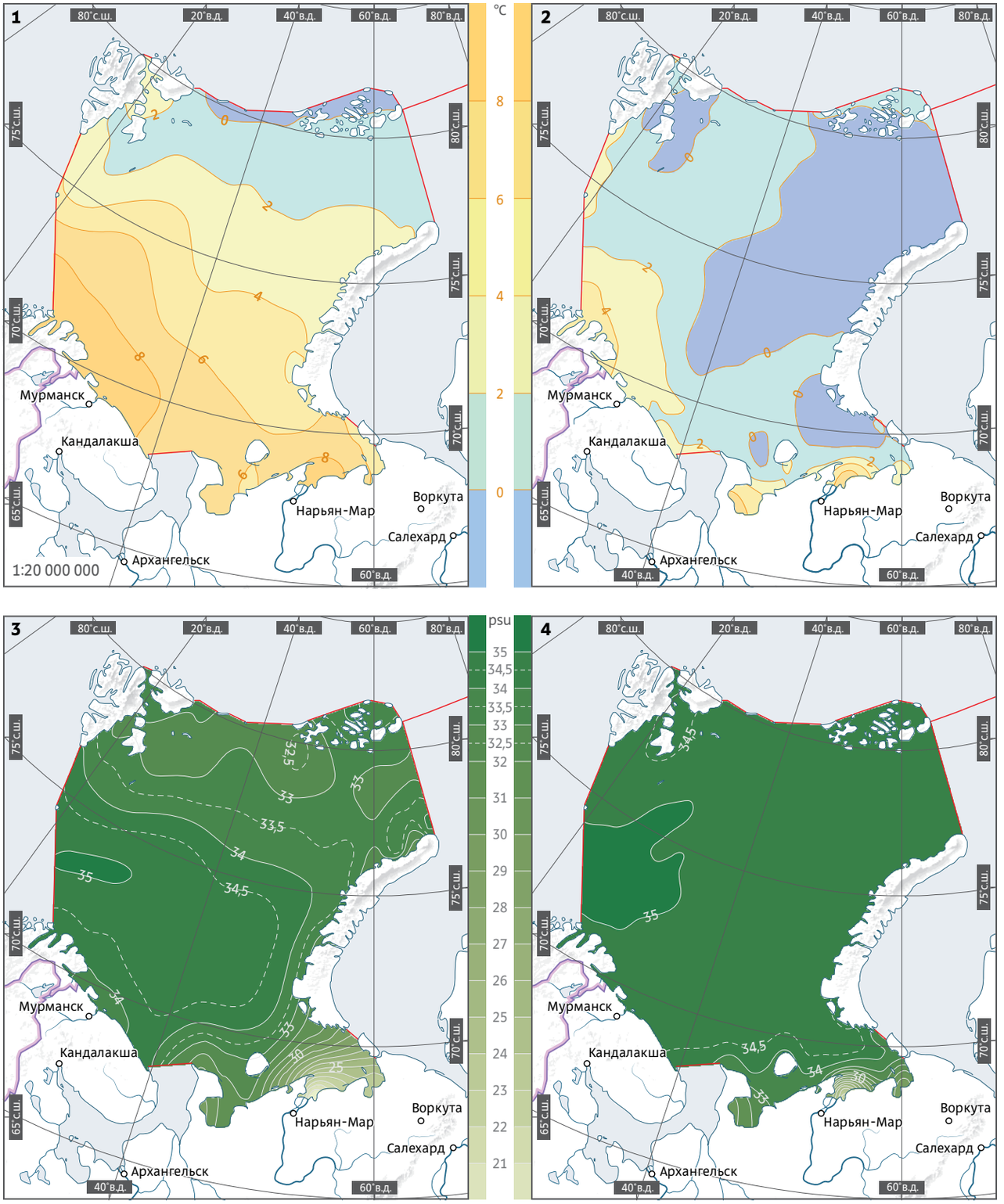


Рис. 2.2.2 Изменчивость площади ледяного покрова (1•10³ км²) на акватории Баренцева моря в апреле (*а*) и сентябре (*б*) за период 1979–2018 гг. (по [17])

В разд. 2.1 отмечалось, что XX в. был условно разбит на следующие периоды по времени, учитывая изменения температуры поверхности воздуха и воды и ледовитость моря: I — начало XX в. — 1920-е гг., II — 1930-е — конец 1950-х гг., III — 1960-е — 1989 г., IV — 1989–2010-е гг. и V — 2010 г. — настоящее время. Проведенный в работе [3] анализ данных о площади льдов в Баренцевом море в апреле — августе за период с 1899 по 1984 г. показал, что в I периоде начиная с 1900 по 1907 г. ледовитость моря уменьшалась, однако затем вплоть до 1917 г. произошло ее резкое увеличение (это десятилетие было наиболее ледовитым за рассматриваемый период). Площадь льда достигла максимальных значений в апреле 1917 г. (около 92% площади моря). Далее количество льдов уменьшалось до 1922 г., а затем резко повысилось к концу 1920-х гг. (1929). Во II периоде, так называемом периоде потепления Арктики, началось уменьшение площади льдов вплоть до середины 1950-х гг. Для III периода характерно увеличение ледовитости, которое продолжалось до середины 1970-х гг. По абсолютным значениям ледовитость в 1960-е — конце 1970-х гг. близка к значениям начала XX в. В целом для весенне-летнего периода (1899–1984) отмечается общая тенденция на снижение ледовитости моря [3].

По результатам анализа среднегодовой ледовитости за период с 1960 по 2011 г., проведенного в работе [5], выделяются два временных интервала: с 1960-х до начала 1990-х гг., период с преобладанием тяжелых ледовых условий, который совпадает с III периодом, и с начала 1990-х и до 2011 г. — период с благоприятными условиями, совпадающий с IV периодом. Повышенная ледовитость продолжительностью более одного года наблюдалась: январь 1963 г. — октябрь 1964 г. (22 мес.), январь 1966 г. — январь 1968 г. (25 мес.), март 1968 г. — декабрь 1969 г. (22 мес.), ноябрь 1979 г. — август 1981 г. (22 мес.), декабрь 1981 г. — декабрь 1982 г. (13 мес.), декабрь 1986 г. — март 1989 г. (26 мес.). Начиная с 1990 г. длительность периодов повышенной ледовитости не превышала 6 мес., а после 2000 г. только в одном случае достигла 5 мес. (ноябрь 2002 г. — март 2003 г.). Наиболее быстро площадь льда стала сокращаться после 2003 г. [15]. В начале 2010-х гг. среднегодовая площадь льдов в море оценивалась в 200 000 км², что составляло около 14% площади моря, в то время как в II периоде (1950-х гг.) она составляла около 30% площади моря [14].

В современный (V) период, на протяжении последнего десятилетия, начиная с 2010-х гг., акватория Баренцева моря практически полностью свободна ото льда в летний и осенний сезоны. В зимний период сезонная кромка льда находится в северной части Баренцева моря, в восточной части моря вблизи берегов арх. Новая Земля и в южной и юго-восточной части моря [16]. Согласно данным Норвежского полярного института о площади ледяного покрова Баренцева моря в апреле и сентябре (рис. 2.2.2) за период с 1979 по 2018 г., в апреле 1981 г. количество льда на акватории моря было одним из самых больших — около 1 млн км² [17]. Однако сокращение льда в 2019 г. продолжается: площадь льда во всей Арктике в апреле оценивается как вторая наименьшая площадь за период наблюдений начиная с 1979 г. [18]. Такие климатические изменения в ледовом покрове определяются теми же факторами, что и изменение температурного режима Баренцева моря, описанного в разд. 2.1: интенсивность Нордкапского течения и распространение теплых атлантических вод на акватории моря, водообмен с окружающими морями, атмосферная циркуляция и общее потепление Арктики.



Термохалинные характеристики морской воды (среднемноголетние значения за июль): 1 — температура приповерхностного слоя морской воды; 2 — температура придонного слоя морской воды; 3 — соленость приповерхностного слоя морской воды; 4 — соленость придонного слоя морской воды

2.3. Термохалинные характеристики

Температура воды

Температура воды принадлежит к числу важнейших элементов гидрологического режима любого морского бассейна. Для Баренцева моря ее значение по многим причинам особенно велико — она служит основным показателем, характеризующим распространение теплых атлантических вод, которое, в свою очередь, определяет ледовые условия и климат приатлантического сектора Арктики.

Термический режим Баренцева моря складывается под влиянием двух основных факторов: радиационного и адвективного, при этом температуре воды свойственна значительная пространственно-временная изменчивость, обусловленная закономерным изменением этих двух факторов по пространству и в годовом ходе.

Температура воды в поверхностном слое. Годовой ход температуры воды повсеместно асимметричен: период ее роста (апрель — август) примерно вдвое короче периода падения. Позднее начало роста температуры объясняется малым радиационным притоком тепла в начале весны и значительной тепловой инерцией ледяного покрова. Осеннее падение температуры воды происходит значительно медленнее, чем весенний рост, что является следствием большой теплоемкости водных масс, вовлеченных в процесс конвекции.

Основная тенденция пространственного изменения температуры воды на поверхности — ее понижение в направлении с юго-запада на северо-восток, что определяется проникновением теплых атлантических вод в юго-западную часть моря.

Зимой на юге и юго-западе температура поверхностного слоя равна 4–5 °С, в центральной части она понижается от 3 до 0 °С, а в северной и северо-восточной частях она близка к температуре замерзания, равной –1,8 °С [1]. Весной из-за расположения моря в арктических широтах поверхность его прогревается незначительно и в целом соответствует зимним величинам [2].

Летом значения температуры воды на поверхности и температуры воздуха близки. В этот период максимальные значения температуры отмечаются во всей южной части моря. В юго-западной части моря они лежат в диапазоне 7–13 °С, на самом юге моря составляют обычно 8–9 °С, а в юго-восточной части возможно летнее повышение температуры до 15 °С в открытой части и до 23 °С в Печорской губе [3]. Минимальная температура в этом районе даже в сентябре, когда отсутствие льда гарантировано, возможна до 3–4 °С в открытой части и до 0 °С у побережья арх. Новая Земля [1]. К северу и северо-востоку температура воды на поверхности постепенно понижается, достигая вблизи кромки льда нулевых значений. Однако летние максимумы поверхностной температуры в северной части моря могут достигать величин 4 °С (к северу от 78° с. ш.) и даже до 7 °С (к северу от 76° с. ш.) [3].

Осенью поверхность моря охлаждается вслед за температурой воздуха, температура воды начинает медленно понижаться до 5–6 °С на юго-западе и до 1–3 °С в центре моря. Начиная с 76° с. ш. и далее к северу она принимает отрицательные значения. При дальнейшем охлаждении температура воды на поверхности соответствует зимнему типу распределения.

В Печорской губе температура распресненных вод изменяется в годовом ходе от 0 °С во все зимние месяцы до 14 °С в июле—августе, при этом максимальные значения могут достигать 23 °С [3].

Распределение температуры воды по вертикали. Распределение температуры в толще воды в значительной мере зависит от распространения теплых атлантических вод, от охлаждения в результате зимней вертикальной конвекции, распространяющейся на значительную глубину, и от рельефа дна моря. В связи с этим изменение температуры воды с глубиной в разных районах моря происходит по-разному. Однако общая особенность для всех районов такова: с глубиной, по мере того как убывает влияние летнего прогрева, диапазон возможных колебаний температуры становится меньше, придонные температуры близки к минимальным зимним поверхностным, а их изменения в годовом ходе незначительны. Так, на горизонте 50 м максимальная летняя температура только у побережья Кольского полуострова может превысить 11 °С, а в юго-восточной части моря, даже с учетом запаздывания годового хода, не достигает и 7 °С [3].

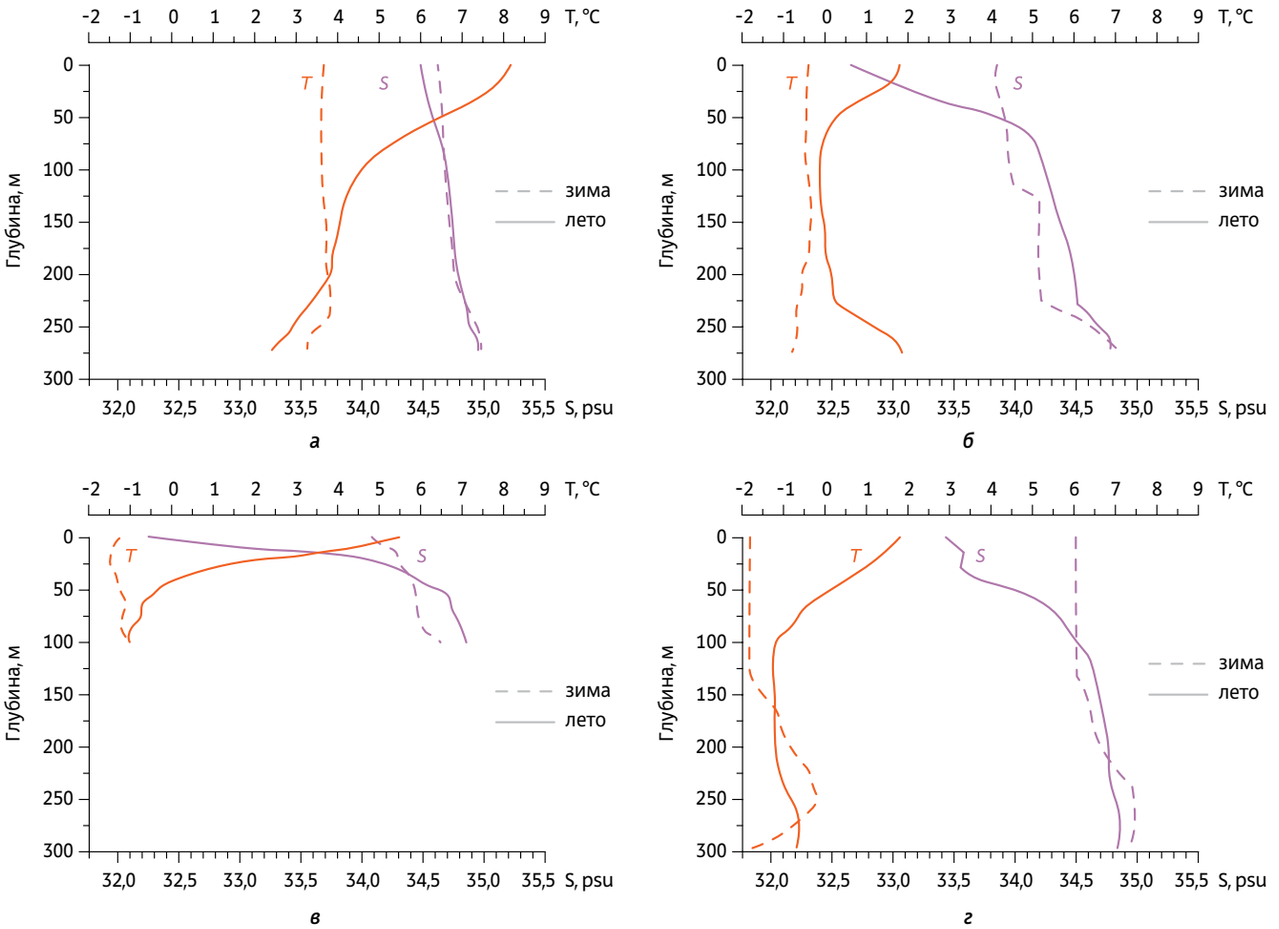


Рис. 2.3.1 Вертикальное распределение термохалинных характеристик в различных районах Баренцева моря: *а* — юго-западная часть; *б* — северная часть; *в* — юго-восточная часть; *г* — северо-восточная часть

Летний прогрев и формирование сезонного термоклина во всех районах моря начинается в июне. К августу—сентябрю термическая стратификация развивается максимально, толщина верхнего квазиоднородного слоя и глубина верхней границы термоклина достигают 30 м, а наибольшие градиенты температуры приходятся на горизонты 30–50 м. В сентябре поверхностный слой начинает терять тепло, накопленное за летний период, и к ноябрю термоклин полностью разрушается [3].

В юго-западной части, наиболее подверженной влиянию атлантических вод, обычно в течение всего года отмечается постепенное уменьшение температуры от поверхности до дна, однако зимой за счет непрерывного охлаждения поверхности и вызванной этим конвекции и перемешиванием температура в верхнем слое (0–300 м) одинакова [4]. Летний прогрев усиливает стратификацию, которая наиболее выражена в августе. Интенсивное перемешивание и охлаждение поверхности моря в осенний сезон в этом районе приводит к постепенному выравниванию вертикального профиля температуры. В придонном слое в течение года она изменяется незначительно и составляет от 3 до 4 °С (рис. 2.3.1, *а*).

В северной части моря зимой верхняя часть вертикального термического профиля до глубин 150–170 м представляет собой однородный слой с температурой, близкой к температуре замерзания: –(1,6–1,8) °С. Далее на глубинах около 150–250 м температура увеличивается до 0 °С, а иногда и выше, что вызвано распространяющейся здесь трансформированной атлантической водой. Температура в придонном слое этой части моря сильно зависит от глубины. Иногда у самого дна здесь отмечается понижение температуры, которое связано с присутствием более плотных и охлажденных вод, образовавшихся в результате зимней конвекции на мелководных участках моря, и погрузившихся в придонные слои [4, 5]. В апреле—мае с началом таяния льда в северной

части моря на поверхности формируется достаточно тонкий распресненный слой, который быстро прогревается. Максимального развития этот прогретый слой достигает в августе: до глубины 15–20 м. Глубже следует достаточно резкий термоклин, ниже которого профиль в целом повторяет зимний. В сентябре—октябре с началом осеннего выхолаживания и вертикального перемешивания температура на поверхности начинает понижаться, и на какое-то время в нижней части пикноклина появляется подповерхностный максимум температуры [4]. С ноября термический профиль соответствует зимнему типу вертикального распределения, описанному выше (рис. 2.3.1, *б*).

В северо-восточной части моря, в разных ее частях, характер вертикального профиля температуры может быть различным. На самом севере, вблизи берегов арх. Земля Франца-Иосифа весь слой от поверхности до дна в течение всего года занят холодной водой с температурой, близкой к температуре замерзания — арктической водной массой. В направлении на юго-восток температура на глубинах 100–200 м постепенно начинает незначительно повышаться, что вызвано проникновением сюда трансформированной атлантической воды, которая уже потеряла значительную часть запаса тепла при распространении в акватории Баренцева моря. Ее температура сильно зависит от степени ее трансформации (от –1,5 до +2 °С) [4]. На участках акватории моря около арх. Новая Земля эта вода занимает основную часть толщи. Зимой на мелководных участках трансформация и выхолаживание атлантической воды происходит наиболее интенсивно. Этот процесс поддерживается непрерывной зимней вертикальной циркуляцией, а вертикальный профиль температуры может быть однородным от поверхности до дна. В районе, граничащем на северо-востоке с Карским морем, на глубинах от 50 до 300 м регулярно отмечается слой с температурой выше 1 °С, вызванный проникновением сюда из желоба Святой Анны относительно теплой, так называемой «фрамовской» ветви атлантических вод [6]. В летний период на поверхности формируется прогретый слой, а его толщина и температура увеличиваются к берегам арх. Новая Земля. На мелководных участках вблизи побережья архипелага отмечается значительный сезонный ход температуры воды. Так, если зимой вся толща здесь однородна и перемешана, ее температура близка к температуре замерзания, то к концу лета температура всего слоя становится положительной, достигая на поверхности 5 °С (рис. 2.3.1, *г*) [3].

В мелководной юго-восточной части моря сезонные изменения температуры воды наиболее хорошо выражены и прослеживаются от поверхности до дна. Зимой низкая температура воды отмечается во всей толще, весенний прогрев распространяется до горизонтов 10–12 м, глубже температура резко понижается до дна (рис. 2.3.1, *в*). Летом толщина верхнего прогретого слоя увеличивается до 15–18 м, температура с глубиной понижается и только в мелководной прибрежной полосе на крайнем юго-востоке моря придонные значения температуры могут повышаться до 5–8 °С [3]. Максимальные вертикальные градиенты температуры в этой части моря летом бывают весьма значительны — 0,4 °С/м, а к востоку от Печорской губы даже 1 °С/м [3].

Многолетняя изменчивость. Межгодовая изменчивость температуры воды в Баренцевом море весьма значительна и наиболее ярко проявляется в районе взаимодействия теплых атлантических вод и холодных арктических, где может быть сравнима, а иногда и превосходить сезонную изменчивость [7]. За последние 50 лет в Баренцевом море выделяются два больших климатических периода: холодный — с 1965 по 1989 г. и теплый — с 1990 по 2017 г. [8]. В последние годы в море все чаще наблюдаются аномально высокие величины температуры воды: так, в 2012 г. был зафиксирован исторический максимум среднегодовой температуры воды, осредненной по разрезу «Кольский меридиан», который превысил среднемноголетнее значение на 1,3 °С [8], а разница между максимальной и минимальной среднегодовыми температурами составила более 2 °С [9]. Современное потепление вод Баренцева моря вызвано усилением переноса теплого атлантического воздуха из Северо-Восточной Атлантики и увеличением адвекции вод системы Гольфстрима и Северо-Атлантического течения [8].

Соленость вод

Соленость вод любого морского бассейна определяется интенсивностью его водообмена с Мировым океаном, пресноводным балансом (включающим осадки, речной сток и испарение), процессами ледообразования и таяния льда. Для Баренцева моря ведущим фактором является интенсивность его водообмена с Мировым океаном. Вследствие существенной связи с океаном и малого материкового стока соленость Баренцева моря мало отличается от средней солености океана (35,0 psu). Ледовые процессы слабо сказываются на среднегодовых значениях солености, но могут приводить к заметным межсезонным изменениям солености поверхностного слоя, обусловленным осолонением при ледообразовании и распреснением при

ледотаянии. Приток атлантических вод на западной границе моря на два порядка превышает составляющие пресноводного баланса. Речной сток в Баренцево море незначителен по отношению к площади моря и составляет около 263 км^3/год, при этом 90% его приходится на юго-восточную часть, а 50% — на р. Печора, которая сбрасывает в среднем около 130 км^3/год.

Солевой состав вод основной части Баренцева моря близок к среднему океаническому. Незначительные отклонения от него отмечаются в юго-восточной части моря, где впадают самые крупные реки, а также и в Мурманском (части Прибрежного) течении, которое также испытывает влияние материкового стока. Здесь отмечается некоторое увеличение доли сульфатов и кальция. Кроме этого, незначительное изменение солевого состава вод моря возможно в период ледообразования (обогащение ионами калия, магния, хлора) и таяния льдов (обогащение ионами кальция) [10].

Пространственная изменчивость солености на большей части акватории Баренцева моря, как правило, невелика. Наиболее высокие значения солености — около 35,0 psu отмечаются в атлантических водах (максимально до 35,3 psu). В отдельных частях моря (например, около архипелагов Шпицберген или Новая Земля) у дна регистрировались значения солености до 35,1 и даже до 35,2 psu. В северной части соленость не превышает 35,0 psu, а в юго-восточной 34,0 psu. Самая низкая соленость отмечается летом на поверхности в прибрежных районах за счет влияния материкового стока, а также в районах активного таяния льда. Пространственная изменчивость минимумов солености значительно больше, чем у максимумов, особенно в прибрежной зоне. В незамерзающей части моря на расстояниях более 50–100 км от берега соленость никогда не бывает ниже 34,0 psu, во всех других районах, кроме юго-восточного, предельно возможным летним минимумом солености следует считать 30,0 psu [3].

Соленость воды в поверхностном слое. Наибольшая соленость на поверхности моря (около 35,0 psu) отмечается в юго-западной части в районе Нордкапского желоба, в проникающих в Баренцево море атлантических водах [2] и принимает максимальные значения в зимний период. Весной в прибрежной полосе у Мурманского берега и в акватории между п-овом Канин и о. Колгуев за счет увеличения материкового стока соленость начинает понижаться, однако уже на расстояниях 5–10 км от берега соленость даже на крайних южных станциях стандартных разрезов обычно не бывает ниже 34,0 psu. Летом за счет уменьшения притока атлантических вод, превышения осадков над испарением и продолжения поступления пресных вод за счет речного стока соленость в юго-западной части уменьшается до 34,5 psu [2].

В северной части моря зимой характерные значения солености на поверхности увеличиваются в направлении с севера на юг от 34,0 до 34,7 psu [5]. Такие величины свойственны для арктической водной массы Северного Ледовитого океана, которая отличается от атлантической более низкой средней годовой соленостью. В безледный период соленость в поверхностном слое дополнительно понижается из-за таяния льда и составляет 32,0–34,0 psu [11].

Поверхностный слой в северо-восточной части моря находится под влиянием как более пресной арктической водной массы, так и трансформированной атлантической, которая, теряя в Баренцевом море тепло, сохраняет между тем свою высокую соленость (34,7–35,0 psu). С началом таяния льда, которое начинается на границе между атлантическими и арктическими водами, здесь образуется незначительный распресненный слой. В летний период поверхностные воды характеризуются соленостью в диапазоне 33,5–34,5 psu.

У всего побережья арх. Новая Земля зимой и весной соленость составляет около 34,5 psu, летом и осенью понижается вдоль северного и западного побережья до 33,5–34,0 psu (годовой минимум солености в поверхностном слое у побережья арх. Новая Земля приходится на июнь), а вдоль южного побережья островов архипелага — до 30,0 psu и менее, что объясняется поступлением сильно опресненных вод Карского моря с течением Литке [3].

В юго-восточной части в зимний период соленость на поверхности наиболее низкая относительно других районов моря и составляет около 32,5–33,0 psu [2]. Это определяется как материковым стоком, так и влиянием Беломорского стокового течения, которое приносит в эту часть моря воду с соленостью около 31,0 psu летом и около 33,0 psu зимой. Весной соленость понижается еще сильнее. Паводковый сток рек, и в особенности р. Печора, приводит к значительному снижению солености и формированию обширной зоны распресненных вод, которая достигает максимального развития в июле [3]. Наибольшие изменения солености отмечаются в Печорской губе в мае — июле, когда проходит волна паводка р. Печора (на это время приходится больше половины годового стока р. Печора) [3]. Во второй половине лета величины солености в юго-восточной части моря достигают 29,0 psu, а иногда и 25,0 psu. Осолонение при ледообра-

зовании в осенне-зимний период не приводит к заметному повышению солености у поверхности, так как ледообразование сопровождается интенсивным конвективным перемешиванием [3].

Распределение солености воды по вертикали. Изменение солености по вертикали в разных районах моря происходит по-разному, что связано с притоком атлантических и речных вод, формированием или разрушением ледяного покрова, а также с особенностями рельефа дна.

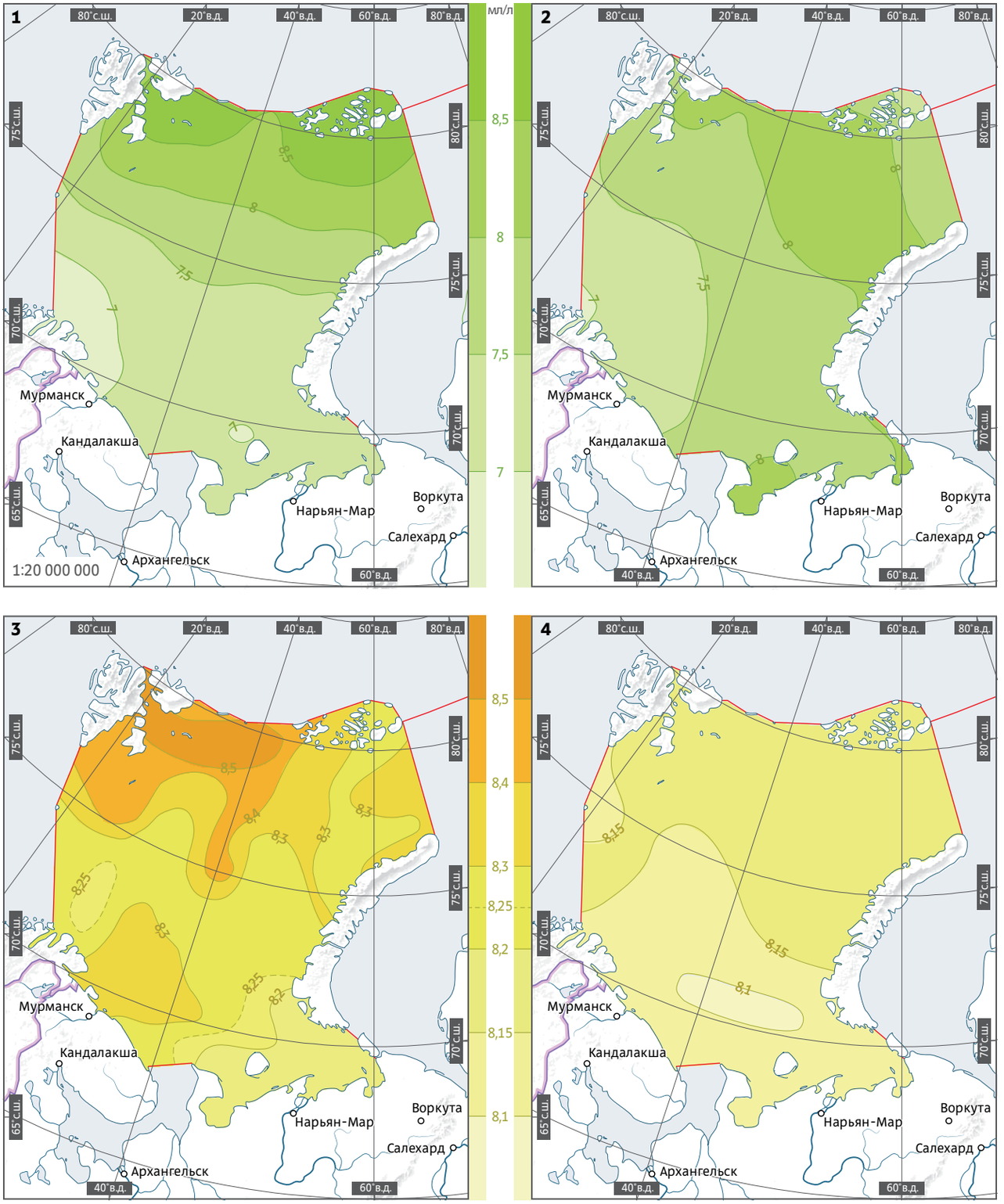
Вертикальный профиль солености наиболее стабильный и выровненный в юго-западной части, где преобладают атлантические воды. Зимой здесь соленость почти одинаковая во всей толще воды и составляет около 35,0 psu (см. рис. 2.3.1, *а*). Формирование верхнего распресненного слоя начинается в июне и достигает максимального развития в июле—августе. В это время слой скачка солености галоклин совпадает с термоклином и располагается на глубинах 30–50 м. Осенью этот минимум размывается под действием конвективного перемешивания.

В северной части моря зимой основная толща вод занята относительно распресненной арктической водной массой. Здесь соленость слабо повышается с глубиной от 34,5 до 34,7 psu и более резко увеличивается в придонном слое (где появляется атлантическая вода) до 35,0 psu (см. рис. 2.3.1, *б*). В апреле—мае, с началом таяния льда, начинает формироваться распресненный слой, толщина которого в самом начале составляет около 5 м, а потом увеличивается до 15–20 м в течение лета и ранней осени. Степень поверхностного распреснения и стратификации (см. рис. 2.3.1, *б*) зависит от количества льда. Распресненный слой всегда хорошо перемешан. От нижележащих вод он отделяется достаточно резким слоем скачка — сезонным галоклином, толщина которого изменяется от 5 м ранней весной до 15 м осенью. С началом ледообразования происходит процесс осолонения, что приводит к вертикальному перемешиванию и разрушению сезонного галоклина [4].

В северо-восточной части основной характер вертикального профиля солености зимой характеризуется двумя относительно выраженными слоями: верхним с соленостью около 34,5–34,6 psu и нижним с соленостью более 34,7 psu (см. рис. 2.3.1, *г*). Верхний слой преимущественно сформирован арктической водой, а нижний — атлантической, причем в его формировании участвует не только та часть атлантической воды, которая заходит в море с запада, но и так называемая «фрамовская» ветвь, проникающая в море с северо-востока через желоб Святой Анны. Формирование верхнего распресненного слоя начинается с началом ледотаяния, однако здесь он выражен не столь значительно, а сезонный галоклин более размыт по глубине.

В юго-восточной части моря, включая Печорскую губу, отмечается высокая пространственная изменчивость солености. В зимне-весенние месяцы соленость на всех горизонтах близка к характерной для других районов моря (см. рис. 2.3.1, *в*). Прохождение волны паводка приводит к формированию распресненного поверхностного слоя толщиной около 0–10 м, а вертикальные градиенты солености в июне—июле даже для средних месячных значений превышают 1 psu/м (см. рис. 2.3.1, *в*). С августа по ноябрь, когда средний месячный речной сток уменьшается по сравнению с паводковым в 3–5 раз, а процессы перемешивания в море усиливаются, соленость снова постепенно возрастает до 32,0–33,0 psu, а ее горизонтальные и вертикальные градиенты сглаживаются. К началу ледообразования зона солоноватых вод с соленостью ниже 24,7 psu не выходит за пределы Печорской губы, поэтому есть основания полагать, что летнее распреснение мало сказывается на ледовых условиях последующей зимы [3]. В этом отношении юго-восточная часть Баренцева моря отличается от других морей арктического шельфа, особенно Карского, где аналогичный процесс протекает намного интенсивнее и зона солоноватых вод значительно обширнее, что ускоряет ледообразование и нарастание льда.

Многолетняя изменчивость. Межгодовая изменчивость солености зависит от изменчивости количества поступающих атлантических вод и от колебания речного стока и в меньшей степени от других составляющих. Во всех районах моря годовая изменчивость солености максимальна в поверхностном слое, тогда как ниже 30 м (что примерно совпадает с глубиной сезонного термоклина) внутригодовой изменчивости практически нет [3]. В свою очередь, условия распространения пресных вод в море очень изменчивы, поэтому связь между аномалиями солености и речного стока может выявиться лишь при значительном пространственно-временном осреднении данных о солености. Как показали результаты расчетов модели [12], даже значительные изменения стока мало сказываются на режиме солености акватории моря за пределами Печорской губы. Анализ межгодовой изменчивости солености вод в Баренцевом море за последние 50 лет показал наличие трех больших периодов: двух соленых — с 1965 по 1977 г. и с 2000 по 2017 г. и одного распресненного — с 1978 по 1999 г. [8]. Разница между минимальной и максимальной среднегодовой соленостью на разрезе «Кольский меридиан» за последние 50 лет составила около 0,3 psu [9].



Содержание растворенного кислорода и pH (среднемноголетние значения): 1 — содержание растворенного кислорода в приповерхностном слое морской воды в летний период (мл/л); 2 — содержание растворенного кислорода в приповерхностном слое морской воды в зимний период (мл/л); 3 — распределение pH в приповерхностном слое морской воды в летний период; 4 — распределение pH в приповерхностном слое морской воды в зимний период

2.4. Гидрохимические характеристики

Высокоширотное расположение Баренцева моря в значительной степени определяет сезонный характер его гидрохимического режима. Отсутствие солнечной радиации полярной ночью и ее постоянное присутствие полярным днем приводит к значительным различиям в фотосинтетической деятельности зимой и летом. Интенсификация процесса фотосинтеза начинается в апреле, и к концу летнего сезона в вертикальном распределении гидрохимических характеристик формируется ярко выраженная поверхностная структурная зона, характеризующаяся повышенным содержанием растворенного кислорода, где величины его относительного содержания превышают 100%, увеличением кислотно-щелочного показателя (pH) и уменьшением содержания биогенных элементов: кремния, минерального фосфора, нитратного азота. Нижняя граница этой зоны очень изменчива и определяется положением пикноклина. В глубинных и придонных слоях, расположенных ниже пикноклина, между тем происходит накопление и разложение органического вещества, регенерация минеральных форм биогенных элементов и вследствие этого уменьшение содержания растворенного кислорода и величины pH. С наступлением зимы фотосинтез затухает, а осенне-зимнее конвективное перемешивание приводит к выравниванию профилей вертикального распределения гидрохимических характеристик.

Важный фактор, оказывающий непосредственное влияние на распределение гидрохимических характеристик в море, — поступление в его юго-западную часть теплых и соленых атлантических вод, которые круглый год поддерживают на значительной акватории моря положительные температуры и препятствуют образованию ледяного покрова даже в условиях полярной ночи. В зимний период, проникая дальше в море, атлантическая вода охлаждается и погружается в придонные слои в результате осенне-зимней конвекции, обеспечивая тем самым хорошую вентиляцию и аэрацию толщи вод моря.

В северной части Баренцева моря, наоборот, значительную часть года на поверхности существует достаточно устойчивый ледяной покров, который затрудняет процессы газообмена с атмосферой, а также служит препятствием для проникновения солнечной радиации, что замедляет и затрудняет процесс фотосинтеза. В результате этого весной и летом с началом полярного дня и интенсификацией фотосинтеза на свободных ото льда акваториях вблизи границы ледяного покрова или прикромочной зоны формируются значительные горизонтальные и вертикальные градиенты гидрохимических характеристик. При таянии и разрушении ледяного покрова запас биогенных элементов, накопившийся в подледном слое за зиму, при наличии достаточного количества поступающей солнечной радиации внезапно становится доступным для фитопланктона, что способствует быстрому и массовому его развитию. Поэтому на открытых акваториях моря вблизи границы ледовых полей весной и летом процесс фотосинтеза носит очень резкий или «взрывной» характер [1]. Содержание биогенных элементов при этом начинает быстро падать, а концентрация растворенного кислорода и pH увеличиваться. Одновременно с этим происходит продуцирование значительного количества органического вещества, которое при отмирании оседает в нижележащие слои. От положения прикромочной зоны в том или и ином районе будет в значительной степени зависеть наступление сроков начала цветения фитопланктона и, как следствие, особенности перехода гидрохимической структуры вод от зимнего состояния к весеннему. Примерно через три-четыре недели после освобождения ото льда биогенные элементы в этом районе полностью потребляются, а насыщение кислородом достигает максимальных значений. После этого наступает относительный баланс в поступлении биогенных элементов за счет их регенерации и расхода за счет фотосинтеза в течение всего лета [2].

Слой воды, в котором происходит фотосинтез, выделяющийся на поверхности по пониженным концентрациям биогенных элементов и изолинии насыщения растворенным кислородом 100% по глубине, имеет наибольшую толщину — около 75–100 м в зоне распространения атлантических вод на западе моря и в центральной части и минимальную — в северной части и на востоке моря (30–50 м) [2].

Растворенный кислород

Кислородный режим Баренцева моря формируется под действием продукционно-деструкционных процессов, динамических процессов и газообмена с атмосферой [2]. Зимой, когда толща воды перемешана и замедлен фотосинтез, содержание растворенного кислорода определяется в первую очередь степенью растворимости, зависящей от температуры и солености. Поэтому минимальные его значения на поверхности в этот сезон отмечаются в теплых атлантических водах (около 7,0 мл/л), а максимальные — в юго-восточной части моря (около 8,0 мл/л), где соленость наименьшая вследствие повышенного речного стока. В этот сезон поверхностные воды немного недонасыщены кислородом: на открытой воде относительное содержание составляет около 96–97%, а в областях, занятых льдом, чуть ниже — до 90% к концу зимы, что связано с потреблением кислорода на окислительные процессы подо льдом в отсутствие газообмена с атмосферой [2].

Весной, в первой половине апреля, с увеличением количества приходящей солнечной радиации начинается процесс интенсификации фотосинтеза и содержание кислорода на поверхности начинает расти. При этом наибольшая как пространственная, так и временная изменчивость отмечается в районе кромки льда, где в этот период содержание кислорода увеличивается до 8,5 мл/л, а степень насыщения до 110–112%. В мае нижняя граница слоя влияния фотосинтетических процессов на распределение растворенного кислорода максимально прослеживается в юго-западной части до глубин 150–200 м, что определяется, по-видимому, динамическими причинами [2].

Летом основной закономерностью в распределении растворенного кислорода в водах Баренцева и Карского морей является постепенное увеличение его абсолютного содержания в направлении с юго-запада на северо-восток. Это в первую очередь связано с уменьшением температуры и солености в этом направлении и соответственно с увеличением растворимости кислорода в воде. Минимальные концентрации в этот сезон (менее 7 мл/л) наблюдаются в юго-западной части Баренцева моря, куда заходят теплые и соленые атлантические водные массы, а максимальные (более 8,5 мл/л) — в северной части морей, где поверхностный слой океана активно распресняется в результате таяния льдов. В таких районах летом вблизи границы активно тающих льдов содержание растворенного кислорода значительно увеличивается за счет интенсивного фотосинтеза и насыщение может достигать 120–130%. В районах южнее усиление окислительных процессов и уменьшение запаса биогенных элементов в поверхностном слое приводит к стабилизации величины степени насыщения кислородом: в июне — 108–110%, в июле — 106–109%, а в августе — 103–105% [2].

К началу сентября насыщение растворенным кислородом поверхностных вод все еще не опускается ниже 100%, а в северной части, в прикромочной зоне, по-прежнему может наблюдаться значительное пересыщение. В среднем осенью содержание растворенного кислорода изменяется от 10,0 до 11,5 мл/л. К концу сентября — началу октября начинается переход от летнего состояния к зимнему, а относительное содержание кислорода по всей акватории моря на поверхности составляет около 100%. Дальнейшие процессы осенне-зимнего перемешивания приводят к выравниванию профиля растворенного кислорода и восстановлению зимних показателей.

Глубинные и придонные слои Баренцева моря достаточно хорошо аэрированы: минимальные концентрации растворенного кислорода составляют обычно около 6,7 мл/л, или 84% насыщения, и наблюдаются в северной части моря. Однако наиболее низкое содержание кислорода (около 70–75%) иногда фиксируется в глубоких частях впадины в Медвежинском желобе и на севере Печорского моря [1]. В юго-западной части моря относительное содержание растворенного кислорода в придонном слое подвержено сезонному ходу. Так, на разрезе «Кольский меридиан» на глубинах 250–300 м оно изменяется от 90% в декабре до 96% в мае [2].

Многолетние изменения абсолютных величин растворенного кислорода находятся в тесной связи с изменениями температуры воды [3]. В центральной части моря в придонном слое отмечалась незначительная межгодовая изменчивость степени насыщения растворенным кислородом, в то время как в южной она практически незаметна. Многолетние изменения кислородонасыщения придонных слоев Баренцева моря характеризуются чередованием периодов с относительно выраженными минимумами с более продолжительными периодами, когда аэрация незначительно превышает норму. События снижения аэрации придонных слоев, возможно, связаны с началом усиления притока атлантических вод на акваторию Баренцева моря, вследствие чего усиливается стратификация водной толщи при распространении «свежих» вод атлантического генезиса в поверхностных слоях над «застойными» шельфовыми водами в придонных слоях, а также интенсификацией процессов трансформации поступающих в Баренцево море вод,

увеличением потока органического вещества из фотического слоя и его деструкцией в придонных слоях [3, 4].

Кислотно-щелочной показатель и общая щелочность

На распределение и изменчивость **кислотно-щелочного или водородного показателя (pH)** влияют продукционно-деструкционные процессы, а также распространение речных и талых вод на поверхности моря. Повышению pH в поверхностном слое способствует процесс фотосинтеза, при котором происходит изъятие углекислого газа из воды и, как следствие, уменьшение кислотности вод. В придонных горизонтах, а также на поверхности океана на акваториях, занятых льдом, вследствие затрудненного газообмена с атмосферой происходит увеличение содержания углекислого газа и уменьшение pH. Зимой величины pH распределены достаточно однородно как по вертикали, так и по горизонтали. В поверхностном слое в этот период его характерные значения составляют 8,10–8,15, а ко дну отмечается небольшое снижение до 7,95–8,05. Весной с интенсификацией фотосинтеза величина pH растет в первую очередь в прикромочной и прибрежной зонах моря. Максимальные значения pH отмечаются летом в северной части на поверхности и достигают величин 8,30–8,50 и более, что вызвано более интенсивным протеканием продукционных процессов после освобождения ото льда. В этот период времени изолиния 8,30 достаточно точно отграничивает северную часть моря от центральной, и эта граница хорошо согласуется с аналогичной границей по насыщенности вод кислородом [2]. Осенью при затухании продукционных процессов значения pH уменьшаются до 8,20–8,25, а при появлении в северной части ледяного покрова и прекращении газообмена с атмосферой и до 8,00–8,10 подо льдом.

В юго-восточной части моря в течение всего года отмечается область пониженных значений pH, которые не поднимаются здесь выше 8,20, что связано с влиянием речного стока. В водах рек, впадающих в Баренцево море, отмечаются достаточно низкие значения водородного показателя. Так, в водах р. Печора величина pH варьирует от 6,60 весной до 7,30 летом [2]. Кроме этого, окисление органического вещества, содержащегося в большом количестве в речных водах, повышает концентрацию углекислого газа, что также приводит к уменьшению pH.

На распределение **общей щелочности** основное влияние оказывает распространение атлантических вод, материкового стока и наличие ледяного покрова. Наиболее высокую щелочность имеют атлантические воды — более 2,35 мг-экв/л. Летом в поверхностном слое центральной части моря общая щелочность составляет 2,30–2,35 мг-экв/л (минимально до 2,05–2,15 мг-экв/л), на северо-западе — 2,20–2,30 мг-экв/л. В юго-восточной части под влиянием речного стока величины общей щелочности понижены до 1,80–2,10 мг-экв/л. С глубиной отмечается незначительное увеличение общей щелочности. В придонных слоях максимальные величины общей щелочности достигают 2,40 мг-экв/л [2].

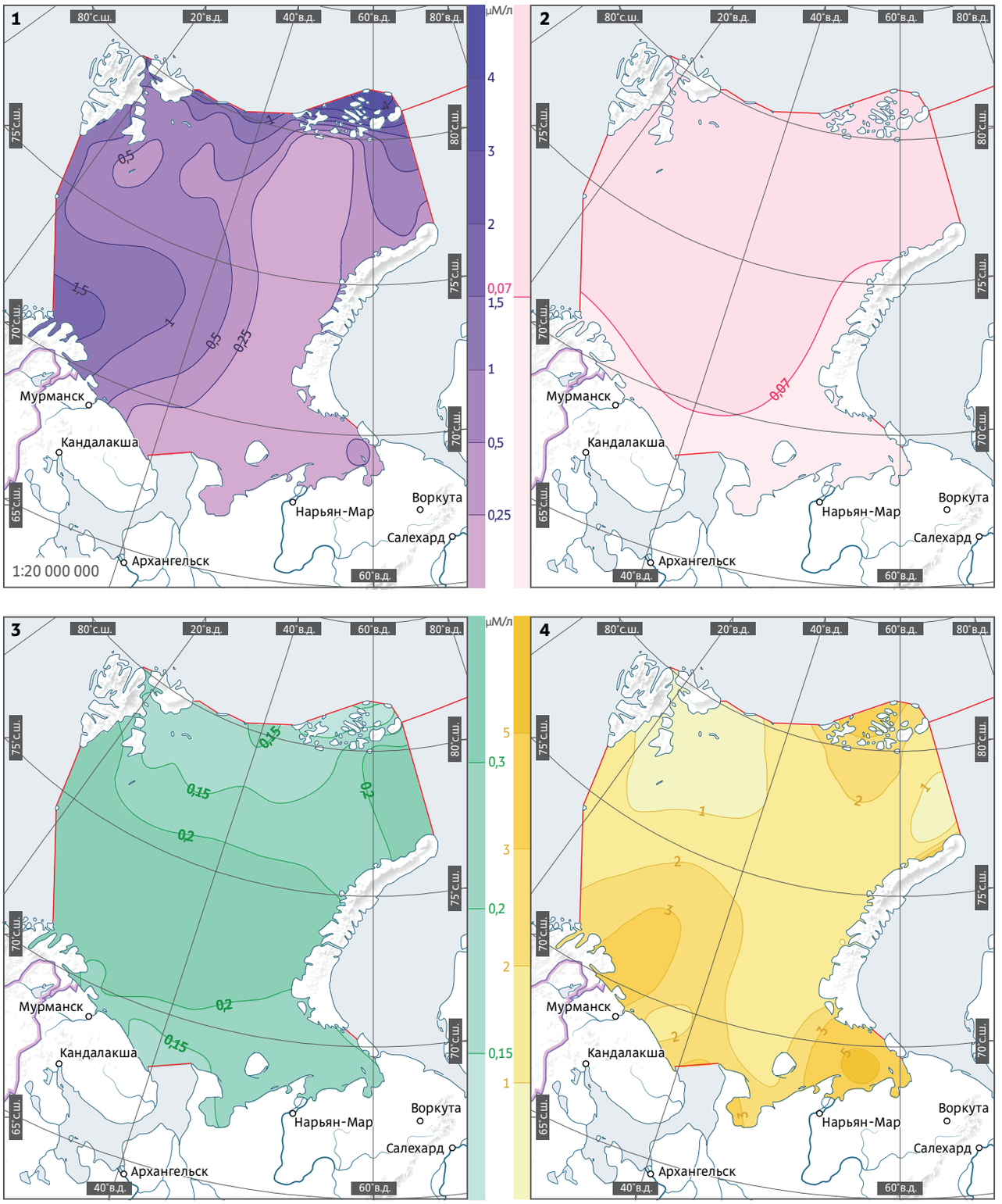
Растворенный неорганический кремний

Основными источниками растворенного неорганического кремния в море служат поступающие в море атлантические воды, а также материковый сток. На дальнейшее распределение содержания кремния в водах Баренцева моря влияют такие факторы, как интенсивность биохимических процессов (фотосинтез и окислительные процессы), перераспределение кремния с водными массами и процессы зимнего вертикального конвективного перемешивания. Наибольшие средние концентрации кремния в поверхностном слое, так же как и остальных биогенных элементов, отмечаются в зимний сезон — около 3,5–4,5 мкмоль/л, когда процессы вертикального перемешивания поддерживают достаточно однородную по вертикали структуру его распределения. Пространственная изменчивость в этот сезон также наименьшая.

В начале весны с усилением активности основного потребителя кремния — диатомового фитопланктона — содержание кремния в поверхностных водах начинает снижаться. Начало цветения отмечается в прибрежной части у Кольского полуострова, а также в восточной части вблизи кромки льдов. Содержание кремния летом на поверхности Баренцева моря в целом незначительно (0,7–2,1 мкмоль/л), а в некоторых районах моря, например в его северной части вблизи кромки тающего льда, иногда близко к нулевым значениям, что связано с активным его потреблением диатомовым фитопланктоном [2].

К осени содержание кремния и на поверхности, и на глубине начинает возрастать за счет ослабления фотосинтеза, перемешивания с нижележащими слоями и растворения створок диатомовых водорослей [2].

Относительно высокие концентрации кремния на поверхности отмечаются в юго-восточной части моря, где впадают наиболее крупные реки,



Распределение биогенных элементов (среднемноголетние значения за летний период): 1 — концентрация нитратов в приповерхностном слое морской воды (мкмоль/л); 2 — концентрация нитритов в приповерхностном слое морской воды (мкмоль/л); 3 — концентрация фосфатов в приповерхностном слое морской воды (мкмоль/л); 4 — концентрация силикатов в приповерхностном слое морской воды (мкмоль/л)

при этом наибольшее увеличение его содержания отмечается весной, когда сток наибольший. Максимальный вынос кремния обеспечивает самая крупная река — Печора. Содержание кремния в водах Печорской губы изменяется от 17–35 мкмоль/л в летне-осенний период до 143 мкмоль/л в апреле, а на границе губы с прилежащей частью Печорского моря в летне-осенний сезон обычно составляет 3,5–7,5 мкмоль/л [2]. Содержание кремния в этой части моря сильно зависит от преобладающих ветров, которые определяют направление выноса речных вод. Так, вблизи пос. Варандей в конце осени 1998 г. отмечалось увеличение концентрации кремния до 22–31 мкмоль/л [4]. Кроме этого, незначительное увеличение его содержания в течение всего года отмечается в прибрежной зоне Кольского полуострова, что также связано с влиянием материкового стока.

На всей акватории моря концентрация кремния с глубиной возрастает и в придонном слое обычно достигает величин около 5,3 мкмоль/л, а в наиболее глубоких районах — 7,0–7,5 мкмоль/л. В придонном слое отмечается сезонный ход содержания кремния с минимумом весной и максимумом в конце осени [2].

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению средних зимних концентраций кремния во входящих в Баренцево море атлантических водных массах. В период с 1990 по 2010 г. среднее зимнее содержание кремния в этих водах уменьшилось примерно на 1 мкмоль/л, что составляет около 20% общей концентрации кремния. Подобное уменьшение концентраций отмечается и в водах Норвежского моря, что, вероятно, связано с общими тенденциями увеличения осолонения и потепления вод Северо-Атлантического течения (более теплая и соленая модификация водных масс Северо-Атлантического течения содержит меньше кремния) [1]. Такие тенденции могут иметь серьезные последствия для экосистемы и даже привести к ее перестройке. Уменьшение содержания кремния в поступающих атлантических водах может привести к полному исчерпанию его запасов диатомовым фитопланктоном, тем самым вызвав замедление продукции диатомовых и ослабление их относительного доминирования в пользу других видов, что приведет к изменению видового состава зоопланктона. В частности, в период с 1990 по 2010 г. одновременно отмечалось снижение биомассы копепод *Calanus finmarchicus* и *Calanus glacialis* — основных потребителей диатомового фитопланктона, а это, в свою очередь, способно повлиять на популяции промысловых видов рыб, основу рациона которых составляют эти виды копепод [1]. Следует отметить, что понижение концентраций кремния в поверхностном слое Баренцева моря в летний период до аналитического нуля в последние годы наблюдается все чаще. Если в ранних (1970–1980-е гг.) исследованиях полное потребление кремния в фотическом слое отмечалось в летний период очень редко [2], то в более поздних (2000–2010-е гг.) отмечается почти полное исчерпание кремния в верхних нескольких десятках метров, а минимальное содержание достигает нулевых значений [5, 6].

Минеральный фосфор

На распределение минерального фосфора по акватории Баренцева моря оказывает влияние поступление атлантических вод, процессы фотосинтеза на поверхности, способствующие его изъятию из воды, накопление в процессе регенерации из органического вещества в толще воды, и в особенности в придонном слое, а также процессы зимнего конвективного перемешивания, способствующие выравниванию профиля вертикального распределения минерального фосфора [2].

Максимальные концентрации минерального фосфора в поверхностном слое отмечаются в марте, который считается наиболее холодным месяцем для Баренцева моря. При этом области наиболее высокого его содержания, до 0,8 мкмоль/л, приурочены к юго-западной и центральной частям моря, где в этот период зимнее вертикальное перемешивание достигает придонных горизонтов [3]. В направлении с запада на восток содержание минерального фосфора на поверхности уменьшается до 0,5 мкмоль/л в юго-восточной и прибрежной частях моря [2]. В апреле усиливающийся процесс фотосинтеза приводит к уменьшению концентраций минерального фосфора в поверхностном слое, при этом наиболее активно потребление биогенных элементов происходит в прикромочной и прибрежной зоне [2]. Считается, что к концу мая — началу июня во многих районах моря убыль минерального фосфора за счет его потребления фитопланктоном и его поступление за счет распада органического вещества компенсируют друг друга, поэтому его содержание на поверхности с этого момента стабилизируется около значений 0,14–0,15 мкмоль/л и остается квазипостоянным до начала осени [2]. Однако по результатам последних исследований в поверхностном слое Баренцева моря летом иногда отмечаются нулевые концентрации минерального фосфора [5, 6].

В сентябре с уменьшением активности продукционных процессов на значительной акватории моря отмечается незначительный рост содержания минерального фосфора до величин 0,3–0,4 мкмоль/л.

В октябре с развитием конвективного перемешивания и продолжающейся интенсивной бактериальной деструкцией накопленного органического вещества на большей части акватории моря содержание минерального фосфора на поверхности увеличивается до 0,6 мкмоль/л, а вертикальный профиль распределения выравнивается. В это время лишь в юго-восточном районе у южных берегов арх. Новая Земля и на восточных склонах возвышенности Персея отмечаются достаточно низкие величины минерального фосфора — около 0,3 мкмоль/л [3].

Несмотря на относительно высокое содержание минерального фосфора в водах впадающих в Баренцево море рек, заметного влияния речного стока на его распределение не выявлено [3].

В придонных водах отмечается увеличение содержание минерального фосфора в направлении от прибрежных и атлантических к арктическим водам [7]. Наиболее высокое содержание минерального фосфора отмечается у дна в наиболее глубоких котловинах (250–300 м) центральной и восточной частей моря и приурочено к баренцевоморским водам, где его содержание достигает 1,2–1,3 мкмоль/л [3]. Кроме этого, в отдельных районах относительно высокие концентрации минерального фосфора отмечаются и на меньших глубинах. Так, например, на восточных склонах возвышенности Персея в баренцевоморских водах на горизонте 100 м к осени формируется зона повышенных концентраций фосфатов, что, вероятно, является следствием накопления и распада на промежуточных глубинах продуктов метаболизма фитоценоза [8].

По результатам исследований на разрезе «Кольский меридиан» обнаружено наличие многолетних колебаний содержания минерального фосфора с периодом около 10 лет. Так, в частности, в южной части моря в водных массах атлантического происхождения отмечалось значительное его увеличение с начала 1960-х до середины 1980-х гг. и последующее снижение до среднемноголетнего уровня. При этом отмечается, что указанные изменения происходили квазисинхронно с аналогичными изменениями в деятельном слое вод атлантического происхождения на обширной акватории Северо-Восточной Атлантики. Вероятными причинами такого увеличения содержания минерального фосфора считаются: уменьшение стратифицированности и усиление вертикального перемешивания водной толщи, а также снижение интенсивности адвекции атлантических вод. Еще одна возможная причина — глобальный «трансатлантический» перенос обогащенных фосфатами водных масс [4].

Минеральные соединения азота

Минеральный азот присутствует в водах Баренцева моря в трех формах: аммонийной, нитритной и нитратной. Однако в силу более сложных и многоступенчатых биохимических процессов, формирующих цикл азота в море, в их пространственном распределении имеются некоторые различия. Процесс окисления азотосодержащих органических соединений проходит несколько стадий, включающих в себя образование вначале аммонийной формы азота, которая при окислении затем переходит в нитритную и далее в нитратную форму. В виде нитратов минеральный азот накапливается в толще воды, и поэтому именно эта форма азота является преобладающей в водах океана и в том числе Баренцева моря. В среднем концентрация нитратного азота примерно на порядок выше, чем аммонийного и на два порядка выше, чем нитритного [2]. При потреблении минеральных соединений автотрофными организмами, и в первую очередь фитопланктоном, азот вновь переходит в органическую форму, и его круговорот замыкается. Молекулярная газообразная форма азота, несмотря на ее избыток, в биологическом круговороте азота практически не участвует.

Аммонийный и нитритный азот лучше усваиваются фитопланктоном, чем нитратный, поэтому при начале фотосинтеза и появлении в воде продуктов метаболизма, распада органического вещества и одновременного исчерпания нитратного азота основной запас азота, необходимый для фитопланктона, формируется за счет аммонийного (в первую очередь) и нитритного азота. Именно присутствие этих форм азота способно поддерживать процесс первичного продуцирования даже при нулевых концентрациях нитратного азота.

Уровень аммонийного и нитритного азота минимален в зимний период, когда процесс продукции органического вещества замедлен. Содержание аммонийного азота в конце зимы по всей толще воды составляет менее 0,5 мкмоль/л, а нитритного — около предела их обнаружения.

Весной с интенсификацией фотосинтеза вследствие отмирания и последующего окисления органического вещества содержание азота в аммонийной и нитритной формах начинает возрастать. Так, в начале июня содержание аммонийного азота в поверхностном слое может достигать величин более 5 мкмоль/л. Далее, в процессе развития фотосинтеза, образования и оседания отмершего органического вещества максимум аммонийного азота смещается в промежуточные слои и к концу осени — началу зимы достигает

придонных горизонтов. Пространственное распределение аммонийного азота определяется фазой фотосинтеза: быстрее он появляется в воде там, где раньше начинается фотосинтез [2]. Максимум нитритов летом приурочен к слою наибольшего скачка плотности, при этом максимальное содержание нитритного азота отмечается в конце лета — начале осени и достигает величин порядка 0,35–0,43 мкмоль/л. Во многих районах моря, где вертикальный нисходящий поток мертвых органических остатков проникает в придонные слои, следом перемещается и максимум нитритов. Однако здесь содержание нитритного азота обычно не превышает 0,2–0,28 мкмоль/л. В юго-восточной части моря, вблизи пос. Варандей в конце осени отмечаются весьма высокие концентрации нитритного азота (до 0,7–0,9 мкмоль/л), что также может быть связано с продолжающимися процессами окисления органического вещества в водах, привносимых р. Печора [4].

Распределение нитратного азота в море формируется примерно теми же факторами, что и для минерального фосфора. Основной источник его поступления — атлантические воды, в поверхностном слое существует ярко выраженный сезонный ход, а накопление происходит в глубинных и придонных слоях. Содержание нитратов на поверхности максимально зимой и изменяется в пределах акватории от 7 до 10 мкмоль/л, при этом наиболее высокие концентрации, так же как и для минерального фосфора, отмечаются в районах наиболее интенсивного вертикального перемешивания [2]. Содержание нитратного азота в поверхностном слое начинает резко снижаться весной в начале апреля с усилением процесса фотосинтеза, что наиболее ярко проявляется в районе кромки льда и в прибрежной зоне. К концу весны — началу лета концентрации нитратного азота в поверхностном слое снижаются до величин менее 1 мкмоль/л, а в некоторых районах даже до аналитического нуля [2]. Согласно данным последних исследований, в разгар летнего периода слой почти полной утилизации нитратного азота может занимать верхние 50 м [5, 6]. В направлении с юга на север сроки начала уменьшения содержания нитратного азота на поверхности смещены на более позднее время и всецело определяются положением кромки льда. К началу осени минимальные концентрации нитратного азота отмечаются именно в северной части моря, вблизи кромки льда, куда в это время доходят сроки наступления биологической весны, в то время как в более южных районах за счет перемешивания и окисления органического вещества содержание нитратного азота в поверхностном слое постепенно увеличивается, а с началом осенне-зимней конвекции восстанавливается и уже к концу осени вновь приобретает зимние величины — более 7 мкмоль/л.

Наиболее высокие концентрации нитратов отмечаются у дна и достигают максимальных значений в самых глубоких районах моря. Отмечается наличие ярко выраженного сезонного хода в содержании нитратов в придонном слое, при этом сроки наступления максимумов и минимумов отличаются от таковых для верхнего слоя. Минимальные значения нитратного азота в придонном слое отмечаются весной и составляют около 7–9 мкмоль/л, а максимальные — до 13–14 мкмоль/л, осенью, когда максимально развиты окислительные процессы, преобразующие значительное количество органического вещества, сформированного и накопленного в течение лета, в минеральные соединения. Последующее конвективное перемешивание в зимний период уменьшает содержание нитратного азота в придонном слое и увеличивает в поверхностном [2].

Дополнительным источником минеральных соединений азота в поверхностном слое Баренцева моря может служить морской лед, в котором отмечается относительно высокое содержание азота в аммонийной и нитритной формах, поступающих туда, по всей видимости, из атмосферы и в результате деятельности микроорганизмов [2, 3].

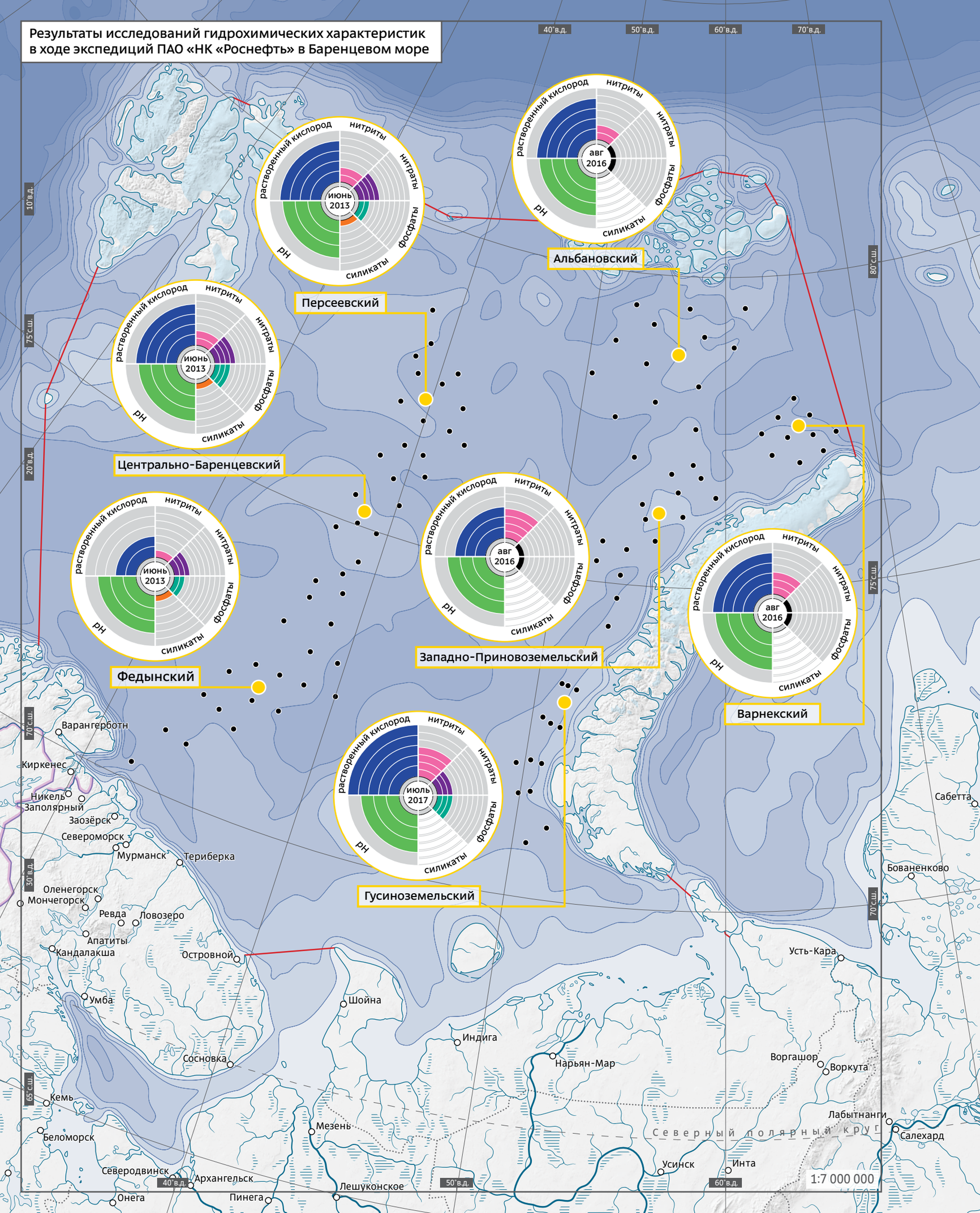
Результаты исследований гидрохимических характеристик в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть»

Для оценки качества вод на лицензионных участках Компании в Баренцевом море были использованы предельно допустимые концентрации (ПДКрх) для водных объектов рыбохозяйственного назначения (табл. 2.4.1) [9].

Общие закономерности распределения гидрохимических характеристик морской воды по акватории Баренцева моря могут быть проиллюстрированы фактическими данными измерений на лицензионных участках Компании, выполненных в рамках эколого-рыбохозяйственных исследований и фонового экологического мониторинга в период с 2012 по 2019 г. (рис. 2.4.1).

В центральной части акватории Баренцева моря располагается группа из трех смежных ***лицензионных участков: «Федынский», «Центрально-Баренцевский» и «Персеевский»***. Работы по изучению гидрохимических показателей морских вод этих участков были проведены в июне 2013 г. в рамках эколого-рыбохозяйственных исследований. Для этой акватории характерно высокое насыщение воды кислородом (более 80%), причем

Результаты исследований гидрохимических характеристик в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море



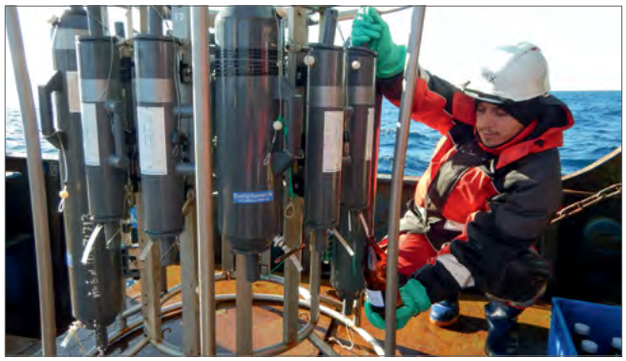


Рис. 2.4.1 Отбор проб морской воды с помощью розетты для проведения гидрохимического анализа

в промежуточном слое в сравнении с поверхностным отмечалось его повышение. Содержание биогенных элементов и загрязняющих веществ не превышало ПДКрх. В целом по гидрохимическим показателям акватория может быть охарактеризована как благоприятная для водных обитателей.

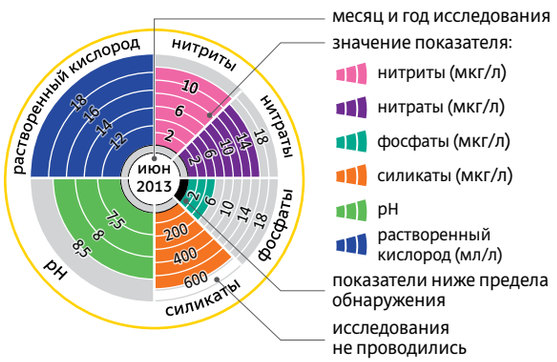
В ходе исследований величина pH на всех трех лицензионных участках не выходила за пределы установленного норматива ПДКрх (6,5–8,5) как в поверхностном (8,12–8,36), так и в придонном (8,0–8,21) слое.

Насыщение воды кислородом по всей вертикали отмечалось достаточно высоким (>90%), при этом в промежуточном слое содержание кислорода было несколько выше, чем в поверхностном, что соответствует данным Росгидромета для региона [10]. Наибольшие значения содержания растворенного кислорода отмечены в поверхностном слое. Концентрация растворенного кислорода изменялась в пределах 6,38–9,32 мл/л. Высокий уровень растворенного кислорода — один из показателей благоприятности среды обитания для водных организмов.

Содержание нитратов (0–171 мкг/л) и нитритов (<0,01–5,8 мкг/л) было существенно ниже ПДКрх.

Значения гидрохимических показателей

- станции отбора проб



ПДК для водных объектов рыбохозяйственного водопользования (ПДКрх) Табл. 2.4.1

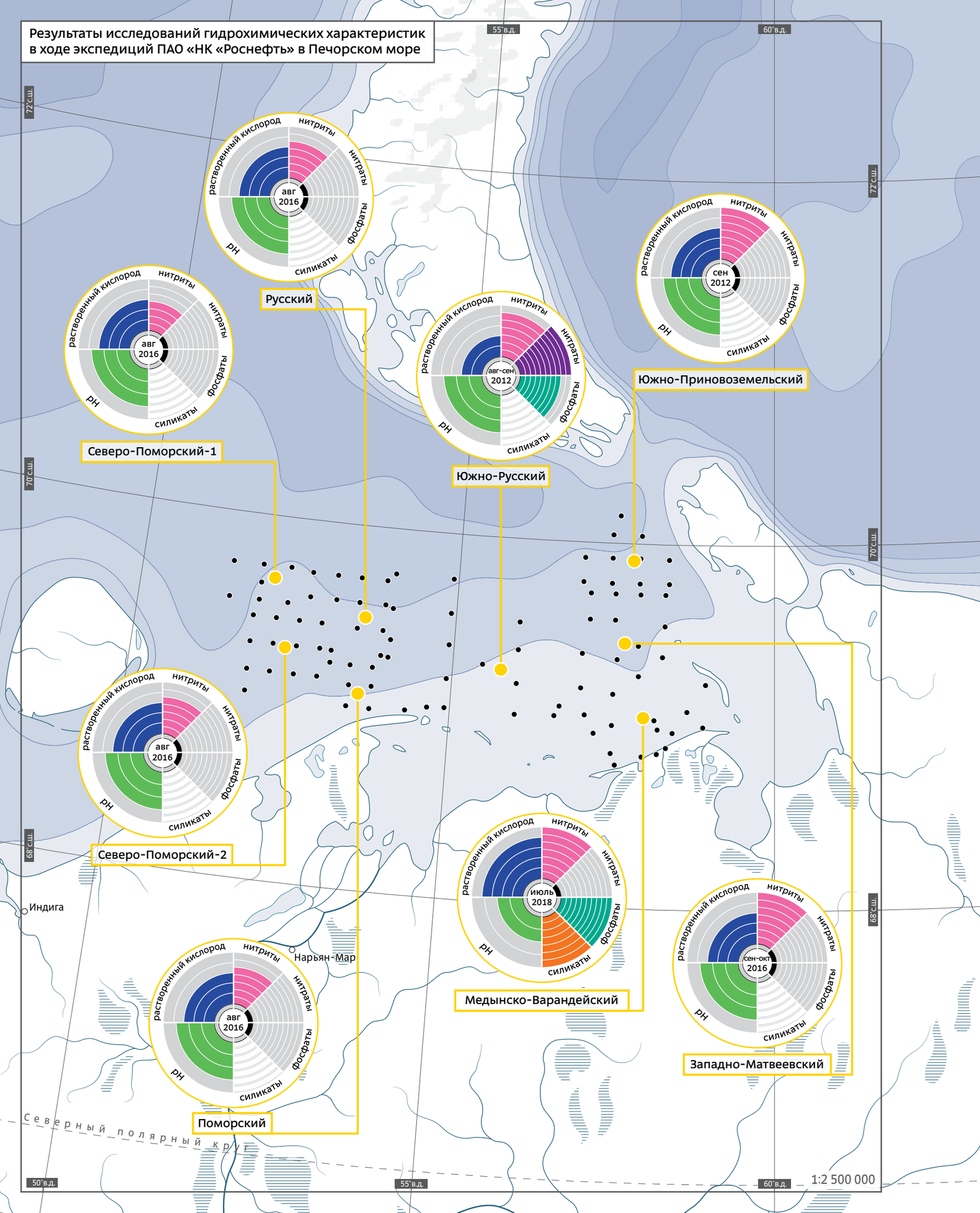
Показатели качества воды водных объектов	ПДКрх
O_2, мг/л	>6
O_2, %	>70%
pH in situ	6,5–8,5
NO_2, мкг/л	20
NO_3, мкг/л	9000
NH_4, мкг/л	2320
PO_4, мкг/л	150
Взвешенные вещества, мг/л	10
Нефтяные углеводороды, мг/л	0,05
Фенолы, мкг/л	1
СПАВ, мкг/л	100
АПАВ, мг/л	0,1
ПХБ (сумма), мг/л	<0,00001
Железо, мг/л	0,05
Алюминий, мг/л	0,04
Медь, мг/л	0,005
Цинк, мг/л	0,05
Барий, мг/л	2
Кадмий, мг/л	0,01
Свинец, мг/л	0,01
Хром, мг/л	0,02
Ртуть, мг/л	0,0001
Мышьяк, мг/л	0,01

Концентрация фосфатов и силикатов возрастала с глубиной: от 6 до 36 мкг/л у поверхности и от 31 до 154 мкг/л у дна соответственно, что характерно для баренцевоморских вод и на большинстве станций не превышает ПДКрх (150 мкг/л). Содержание взвешенных веществ было ниже пределов обнаружения используемой методики анализа проб воды.

Концентрации нефтяных углеводородов (<0,04 мг/л), фенолов (0,1–0,6 мкг/л) и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) (5–91 мкг/л) не превышали ПДКрх, как и концентрации тяжелых металлов. Заметных пространственных различий в гидрохимических показателях на акваториях этих трех лицензионных участков не обнаружено.

В Приновоземельском секторе располагаются четыре лицензионных участка Компании: ***«Альбановский», «Варнекский», «Западно-Приновоземельский»***, обследованые летом 2016 г. в рамках эколого-рыбохозяйственных исследований, а также ***«Гусиноземельский»***, исследованный в июле 2017 г. По показателям pH, содержанию кислоро-

Результаты исследований гидрохимических характеристик в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Печорском море



да, биогенных и загрязняющих веществ вода на акваториях лицензионных участков может быть охарактеризована как чистая и благоприятная для обитания морской биоты.

В ходе исследований кислотно-щелочной показатель pH изменялся от 7,79 в придонном слое до 8,40 в слое пикноклина и находился в пределах ПДКрх. Наблюдалась общая тенденция снижения pH с увеличением глубины. Насыщение воды растворенным кислородом варьировало от 86% в придонном слое до 125% в поверхностном при допустимом для водоемов рыбохозяйственного назначения значении 70%. Содержание растворенного кислорода в поверхностных горизонтах и пикноклине составляло 8,54–10,22 мл/л, в придонном слое чуть ниже: 8,61–9,17 мл/л, что также свидетельствует о высоких значениях показателя насыщения кислородом. Концентрации биогенных элементов нитритного (<0,5–6,1 мкг/л) и нитратного азота (<5–14 мкг/л) не превышали ПДКрх (20 и 9000 мкг/л соответственно). Содержание аммонийного азота и фосфатов не превышало ПДКрх на всей акватории. Мутность воды — низкая, взвешенные вещества в воде обнаружены в концентрациях, не превышающих ПДКрх (менее 3 мг/л).

Содержание загрязняющих веществ: тяжелых металлов и нефтяных углеводородов в воде было ниже пределов обнаружения. На лицензионном участке «Западно-Приновоземельский» отмечено превышение нормативов по алюминию (35 ПДКрх) и железу (25,2 ПДКрх); на лицензионном участке «Гусиноземельский» — по цинку (6 ПДКрх), железу (4 ПДКрх) и алюминию (19 ПДКрх), что, наиболее вероятно, связано с особенностями геохимического фона терригенных осадков данного участка акватории моря.

В Печорском море располагается кластер смежных ***лицензионных участков: «Северо-Поморский-1», «Северо-Поморский-2», «Поморский», «Русский»***, обследованные в августе 2016 г., ***«Южно-Русский»***, где исследования проводились в августе 2012 г., ***«Западно-Матвеевский»*** и ***«Южно-Приновоземельский»*** — в октябре 2016 г. ***На лицензионном участке «Медынско-Варандейский»*** контроль состояния компонентов окружающей среды в акватории участка, в том числе гидрохимических показателей, проводился в летние месяцы с 2013 по 2019 г.

Для акватории Печорского моря в разные годы исследований также характерны благоприятные значения гидрохимических параметров: высокое содержание растворенного кислорода, низкие или ниже предела обнаружения концентрации взвешенных и загрязняющих веществ.

Кислотно-щелочной показатель (pH) в среднем составлял 8,0–8,2 и был почти однороден по вертикали и не выходил за пределы установленного норматива ПДКрх (6,5–8,5).

Отмеченные кислородные условия в акваториях лицензионных участков благоприятны и соответствуют средним многолетним показателям для региона: содержание растворенного кислорода в поверхностном слое составляло 5,88–7,97 мл/л, в слое скачка возрастало до 6,09–9,03 мл/л, а в придонных горизонтах составляло 7,87–8,33 мл/л в связи с фотосинтетической активностью микроорганизмов и высокой растворимостью кислорода в более холодных придонных слоях.

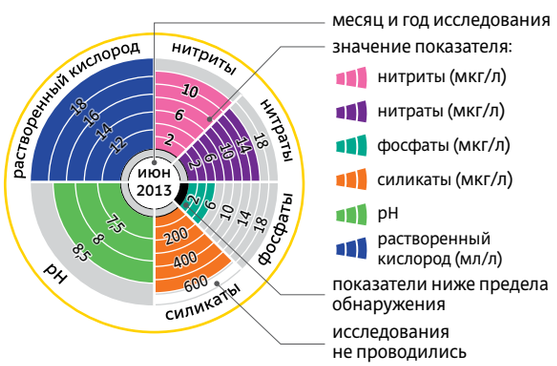
В ходе работ отмеченная мутность воды была низкой (в большинстве случаев менее 1 ЕМФ), прозрачность — высокой (1200 см), что характеризует воду как благоприятную для развития планктоных организмов.

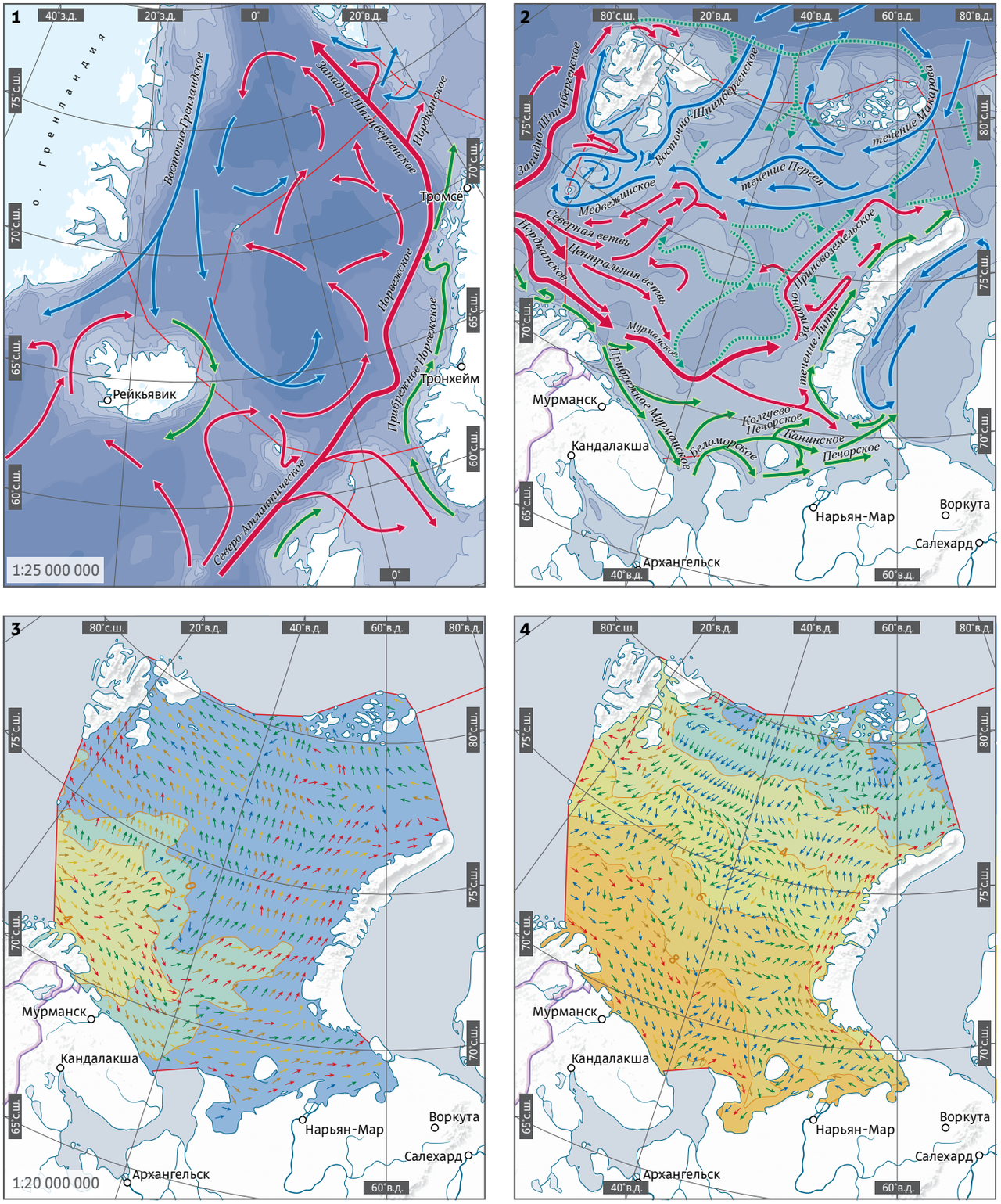
Содержание биогенных элементов на большей части акватории лицензионных участков было ниже границы определения: <0,04 мг/л для аммонийного азота, <0,2 мг/л для нитратного азота, <0,01 мг/л для нитритного азота и <0,05 мг/л для фосфатов. В июле 2016 г. отмечено повышение концентрации биогенных элементов на лицензионном участке ***«Медынско-Варандейский»*** вплоть до повсеместного превышения ПДКрх в поверхностном слое, что, скорее всего, связано с сильным влиянием речного стока р. Печора.

Содержание фенолов (<0,6 мкг/л), нефтепродуктов (<0,2 мг/л), анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) (<24 мкг/л), полихлорированных бифенилов (ПХБ) на большей части акватории было ниже предела обнаружения используемых методик анализа проб. Тяжелые металлы: медь, цинк, железо, ртуть, мышьяк, свинец, хром, барий, кадмий обнаружены в следовых количествах, их концентрации зарегистрированы ниже нижнего предела обнаружения. Превышений ПДКрх по содержанию в воде тяжелых металлов не выявлено за весь период наблюдений.

Значения гидрохимических показателей

- станции отбора проб





Квазипостоянные течения в поверхностном слое воды: 1 — схема постоянных течений в Гренландском и Норвежском морях; 2 — схема постоянных течений в Баренцевом море; 3–4 — поверхностные скорости течений по результатам моделирования за зимний (март) и летний (август) периоды

2.5. Циркуляция вод

Квазипостоянные течения в поверхностном слое воды. Система поверхностных течений в Баренцевом море формируется совокупным действием крупномасштабных процессов в системе океан — атмосфера в Северной Атлантике, изменчивостью синоптических условий непосредственно над акваторией Баренцева моря и изменчивостью горизонтальной и вертикальной плотностной структуры морских вод. Непосредственное влияние на формирование поверхностных течений также оказывают приливная волна, распространяющаяся из Атлантического океана в Баренцево море, и сложная морфометрия дна и береговой линии [1].

Структура квазистационарных (устойчивых) течений Баренцева моря во многом связана с притоком вод из соседних морских бассейнов [2], вызывая сложную пространственную структуру плотности вод Баренцева моря, которая, в свою очередь, формирует сложную структуру градиентных течений. Мощный и устойчивый поток теплых и соленых вод из северной части Атлантического океана оказывает существенное влияние на гидрологический режим не только Баренцева моря, но и всех арктических морей. Теплое ***Северо-Атлантическое течение*** вблизи Фареро-Исландского порога, поворачивая на север и затем снова на северо-восток, переходит в ***Норвежское течение***, которое, в свою очередь, разветвляется на Нордкапское и Западно-Шпицбергенское течения у берегов Норвегии [3].

Западно-Шпицбергенское течение движется в северном направлении вдоль западных берегов арх. Шпицберген. К северу от архипелага течение разветвляется так, что значительное количество потока рециркулирует непосредственно в прол. Фрама и возвращается на юг в северные моря Атлантического океана [4]. Только часть потока опускается и в приповерхностных и глубинных слоях проникает в Северный Ледовитый океан через восточную часть прол. Фрама, где формирует теплый промежуточный слой [5, 6] и продолжает движение на восток вдоль континентального склона Евразии, частично проникая в Баренцево море: с севера между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа и с северо-востока через пролив между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля [7].

Нордкапское течение входит в акваторию Баренцева моря с запада между о. Медвежий и Скандинавским полуостровом и продолжается далее в восточном направлении, распадаясь на многочисленные ветви [1, 8, 9]. Средняя скорость Нордкапского течения составляет 5–10 см/с. Основными ветвями Нордкапского течения считаются Северная и Центральная ветви [10]. ***Северная ветвь*** движется на север вдоль западного желоба (котловины Надежды), где снова делится на ветви, одна из которых осуществляет циклоническую рециркуляцию и покидает Баренцево море в западном направлении вдоль южных берегов о. Медвежий [11]. Другая ветвь Северной ветви Нордкапского течения движется в восточном направлении и над Центральной возвышенностью участвует в антициклоническом круговороте [8]. Часть вод Северной ветви погружается и продолжает движение на север вдоль западного склона возвышенности Персея и на восток между возвышенностью Персея и Центральной возвышенностью как промежуточный слой [10]. Перемещаясь по периферии Центральной возвышенности, ос-

Квазипостоянные течения в поверхностном слое воды

1-2 Постоянные течения в Гренландском, Норвежском и Баренцевом морях

- воды атлантического происхождения
- воды арктического происхождения
- прибрежные воды
- промежуточные воды

3-4 Температура поверхностного слоя воды (°С)*

< 0 2 4 6 8 10 >

изотермы

Поверхностная скорость течений (см/с)*

0,5 2 4 6 8 >

** данные рассчитаны по модели морской циркуляции INMOM и осреднены за период 1993-2013 гг.*

новная масса этих вод вовлекается в поток, который следует в район Центральной впадины. При достижении Центральной впадины часть этих промежуточных вод участвует в циклоническом круговороте. С северо-восточной периферии этой впадины воды уносятся на север и северо-восток вдоль западного склона Новоземельской банки к выходу из Баренцева моря.

Центральная ветвь Нордкапского течения распространяется в восточном направлении параллельно системе прибрежных течений у Скандинавского полуострова, которые выделяются в прибрежной зоне Норвежского и Баренцева морей. У северного побережья Скандинавского полуострова, примерно на 25° в. д., Центральная ветвь этого течения переходит в Мурманское течение, которое распространяется со скоростью около 5 см/с. При достижении повышения дна в районе меридиана 40° в. д. оно поворачивает на северо-восток и переходит в Западно-Новоземельское течение [2], которое движется на северо-восток вдоль арх. Новая Земля к выходу из Баренцева моря.

На шельфе Норвежского моря выделяется ***Прибрежное Норвежское течение*** с характерной низкой соленостью и сезонной изменчивостью температуры воды и скорости течений в диапазоне приблизительно 15–40 см/с [10, 12]. Прибрежное Норвежское течение проникает вдоль прибрежной зоны Скандинавского полуострова в юго-западную часть Баренцева моря, где далее продолжается как ***Прибрежное Мурманское течение***, скорость которого составляет 20–25 см/с. Оно распространяется на юго-восток вдоль берегов Кольского полуострова. На входе в Белое море усиливается выходным ***Беломорским стоковым течением*** и следует далее на восток со средней скоростью около 15–20 см/с [2].

В районе Северо-Канинской банки вблизи о. Колгуев Прибрежное Мурманское течение разветвляется на ***Канинское течение***, которое распространяется в юго-восточную часть моря и далее к проливам Карские Ворота и Югорский Шар, и ***Колгуево-Печорское течение***, которое вначале идет на восток, а затем у побережья арх. Новая Земля на северо-восток. Через прол. Карские Ворота в Баренцево море проникает холодное ***течение Литке***, воды которого распространяются вдоль южных берегов арх. Новая Земля. В свою очередь, вблизи о. Вайгач через прол. Карские ворота прослеживается поступление распресненных прибрежных вод в Карское море [9].

Холодные воды Северного Ледовитого океана перемещаются в южном и юго-западном направлениях от арх. Земля Франца-Иосифа и через северную часть Баренцева моря, формируя течение у восточных берегов арх. Шпицберген (***течение Баренца, или Восточно-Шпицбергенское течение***). С востока на запад, пересекая возвышенность Персея, проходит ***течение Персея***, которое вблизи о. Надежды формирует ***Медвежинское течение***, распространяющееся в юго-западном направлении вдоль Медвежинского желоба. На северо-востоке в море поступает ***течение Макарова***, огибающее арх. Земля Франца-Иосифа с востока и юга и распространяющееся далее в юго-западном направлении [13]. Холодные течения более слабы и неустойчивы по сравнению с течениями южной части моря, их скорость составляет несколько сантиметров в секунду [14].

Таким образом, в Баренцевом море квазистационарные течения, тесно связанные с водообменом на его границах, формируют общее движение поверхностных вод, которое происходит против часовой стрелки. Этот циклонический круговорот возникает в результате взаимодействия теплых атлантических вод (разветвленная система теплого Нордкапского течения) с холодными стоковыми водами Северного Ледовитого океана в северной части моря.

В целом направление течений не меняется с глубиной, уменьшается только модуль скорости [8]. В работе [1] отмечалось, что на глубинных горизонтах от 25 до 100 м направления течений, рассчитанных по динамическому методу, изменяются мало, а скорости уменьшаются с глубиной до 1–4 см/с по сравнению с 2–15 см/с на поверхности.

Исторические схемы постоянных течений. Первые представления о системе квазистационарных течений Баренцева моря были получены в XX в. Детализированные схемы течений построены А.И. Танцюрой [15] и В.П. Новицким [16] в начале 1960-х гг. Обобщенным результатом этих работ является карта, подготовленная ПИНРО в 1961 г. [1]. В этой работе также приводится схема течений в навигационном слое (тонкий слой поверхностной воды толщиной 10–15 м), рассчитанная с помощью динамического метода, которая и на сегодняшний момент является прикладным пособием по течениям Баренцева моря. На схеме хорошо выражены практически все поверхностные течения, ранее установленные разными авторами. Наиболее полная современная схема поверхностных течений представлена в работе [9].

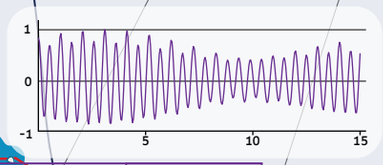
Схемы постоянных течений, полученные различными методами (как с помощью динамического метода, так и с помощью численного моделирования), довольно трудно сопоставить с данными наблюдений, так как в суммарной скорости течений присутствует не только постоянная составляющая. В основном скорость постоянных течений

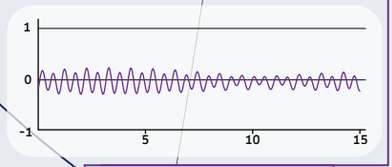
в несколько раз меньше приливной скорости, а при сильных штормовых ветрах — и дрейфовой. Реальная циркуляция вод Баренцева моря может отличаться от представленной на схемах и рассчитанной с помощью методов численного моделирования, с учетом значительной внутригодовой и межгодовой изменчивости ледово-гидрологических условий, подвижности фронтальных зон, сезонной неустойчивости направлений постоянных течений. Однако полное описание режима течений, особенно с учетом штормовых условий, можно получить только на основе численного моделирования с использованием апробированных и верифицированных численных моделей. Например, на сегодняшний момент для расчета гидрометеорологических характеристик на рассматриваемой акватории используются следующие модели: AARI-IOCM (Arctic and Antarctic Research Institute — Ice and Ocean Circulation Model) с пространственным разрешением 13,8 км [17], которая является частью системы оперативного моделирования прогноза уровня моря и течений в Северном Ледовитом океане и его морях; зарубежная модель The Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM), которая является частью системы Towards and Operational Prediction System for the North Atlantic European Coastal Zones (TOPAZ4), используемой для оперативного прогноза и ретроспективного анализа гидротермодинамических характеристик Центрального Арктического бассейна и Северной Атлантики с разрешением, меняющимся в диапазоне 12–16 км [18]; модель INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model) [19], которая имеет существенно более высокое пространственное разрешение (2,5 км) и служит основой системы оперативного диагноза и прогноза гидрометеорологических характеристик для западных морей российской части Арктики (Баренцево, Белое, Печорское и Карское моря).

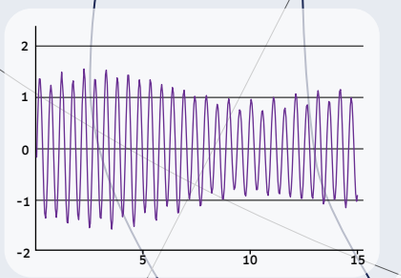
Пространственно-временная изменчивость течений. В зимний период потоки теплых атлантических и прибрежных вод представляют собой относительно узкие и интенсивные струи, летом интенсивность потоков уменьшается и увеличивается ширина самих течений. По мере распространения в Баренцевом море атлантические воды трансформируются вследствие перемешивания, выхолаживания поверхностного слоя моря, процессов таяния и образования морского льда, поступления пресных материковых вод и вод низкой солености из Карского моря и выходят за пределы моря в области к северу от арх. Новая Земля [5]. Сезонная изменчивость интенсивности и общей структуры течений довольно хорошо прослеживается по результатам численного моделирования с помощью трехмерной модели морской циркуляции INMOM [20]. На картах 3 и 4 на с. 116 представлены поверхностные скорости течений в марте (зимний период) и августе (летний период), осредненные за период с 1993 по 2013 г. Поверхностные течения в основном формируются под действием ветра, в суммарной скорости течений дрейфовая составляющая превалирует над постоянными течениями. В зимний период на акватории Баренцева моря преобладают южные ветры [1], что сказывается на циркуляции в северной части моря. В целом как в зимний период, так и в летний прослеживаются основные теплые и холодные течения Баренцева моря, согласующиеся с общей схемой квазипостоянных течений. Как уже отмечалось в разд. 2.1, сложную гидрологическую структуру Баренцева моря во многом формируют течения. Для демонстрации этого на карте 3 средние мартовские течения показаны на фоне средней мартовской температуры поверхности моря, где явно видно, как входящие из Атлантического океана течения формируют языки более теплых вод Баренцева моря. Для системы течений юго-востока Баренцева моря характерны как квазистационарная циркуляция, так и течения синоптического масштаба (штормовые нагоны) и приливные течения. Квазипостоянные течения представлены Беломорским стоковым, Колгуево-Печорским, Печорским течениями и течением Литке с пониженной соленостью, описанными выше. Скорость течений составляет до 20 см/с. Во время нагонов их скорость может достигать 50–60 см/с и выше [21]. Приливные течения Баренцева моря имеют довольно сложный характер, так как приливная волна, распространяющаяся с запада на восток, трансформируется под влиянием рельефа дна, ледяного покрова и других факторов. Более подробное описание приливных течений приведено в разд. 2.6.

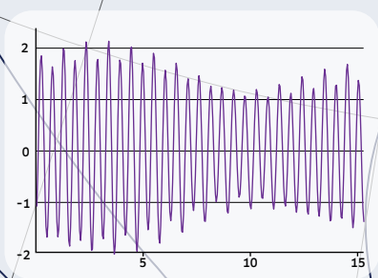
Значительная пространственно-временная изменчивость структуры течений Баренцева моря связана с разнообразием синоптических ситуаций и ледово-гидрологических процессов, но в большей степени — с интенсивностью атмосферных циклонов, проходящих через Баренцево море. В случае, когда Полярный антициклон расположен у берегов п-ова Аляска и Канады и при более западном расположении Исландского минимума происходит интенсификация Медвежинского и Восточно-Шпицбергенского течений за счет вод Западно-Новоземельского течения, которые проникают далеко на север и отклоняются в западном направлении, усиливаясь водами, поступающими из Центрального Арктического бассейна восточнее арх. Земля Франца-Иосифа.

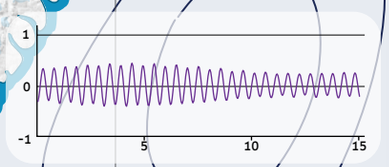
Уровенный режим

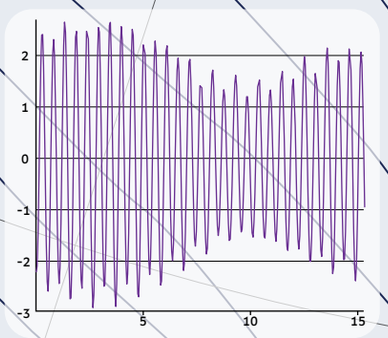


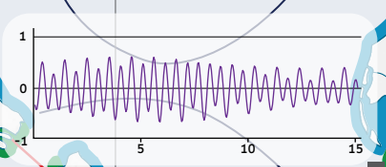


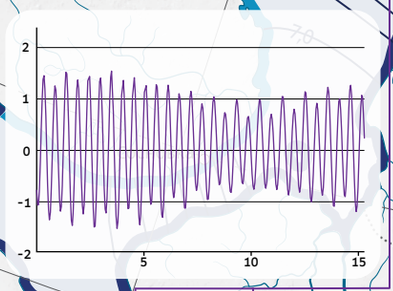


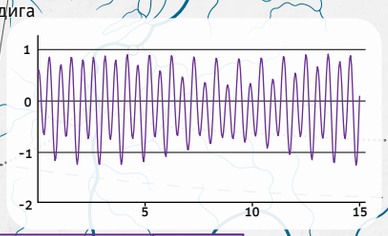












Варангерботн
Киркенес
Никель
Мурманск
Кандалакша
Умба
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Островной
Шойна
Индига
Усть-Кара
Воркута
Салехард
Инта
Бованенково
Сабетта
Северный полярный круг
1:7 000 000

2.6. Колебания уровня моря

Баренцево море является морем приливного типа, так как значительное влияние на его уровенный режим оказывают приливо-отливные явления [1]. Колебания уровня моря также определяются ледовыми, гидрологическими и метеорологическими факторами (ветровое воздействие и изменения атмосферного давления) и поступлением пресной воды с материка в юго-восточной части моря, особенно в период весеннего половодья [2]. В данном разделе рассмотрены периодические колебания уровня моря (приливно-отливные колебания), сезонные колебания среднего уровня моря, непериодические (сгонно-нагонные явления), а также ветровое волнение.

Приливные колебания. Приливы бóльшей части Баренцева моря индуцируются внешней приливной волной, которая приходит из Атлантического океана в западную часть моря между берегами части Скандинавского полуострова, принадлежащей Норвегии, и арх. Шпицберген и далее движется вдоль материка в восточном направлении, в сторону арх. Новая Земля. В северную часть Баренцева моря проникает приливная волна из Северного Ледовитого океана, вследствие чего у северо-восточных берегов архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа происходит интерференция атлантической и северной волн [3].

Уровенный режим

станции наблюдений за уровнем моря

0,8 линии равной наибольшей величины прилива (м)

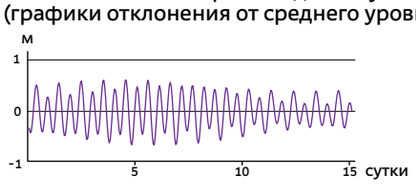
Характер прилива

полусуточный прилив

неправильный полусуточный прилив

полусуточный мелководный прилив

Высота месячного прилива для августа
(графики отклонения от среднего уровня моря)



Приливы в Баренцевом море главным образом определяются полусуточными приливными гармониками M2, S2 и суточными K1, O1. Преобладающая приливная составляющая соответствует основной лунной полусуточной гармонике M2. Амплитуды гармоник K1, O1 достигают небольших значений по сравнению с полусуточными гармониками, что подтверждает правильный полусуточный характер приливов в Баренцевом море. В южной и западной частях Баренцева моря за счет сильного преобладания волны M2 прилив носит правильный полусуточный характер: подъем и падение уровня происходят практически два раза за сутки с периодом, примерно равным 12,5 часов, и выражаются симметричной синусоидальной кривой [1]. В юго-восточной части моря, у южных берегов арх. Шпицберген, западных и юго-западных берегов арх. Земля Франца-Иосифа приливы имеют неправильный полусуточный характер [1, 4].

Графики приливного хода уровня моря в выбранных пунктах, построенные по данным атласа ТРХО8 [5], представлены на карте на с. 120. Показанные здесь примеры временного хода правильных и неправильных и полусуточных приливов подтверждают их вышеописанное пространственное распределение. Также хорошо прослеживаются ярко выраженные сизигийные и квадратурные приливы, которые определяются положением Луны и Солнца относительно Земли. Два раза в месяц (периоды новолуния и полнолуния), когда Солнце и Луна находятся приблизительно на одной линии с Землей, приливообразующие силы Луны и Солнца складываются, что приводит к возникновению сизигийных приливов (приливов с самой большой высотой). Когда плоскости Солнце — Земля и Луна — Земля составляют почти прямой угол, то приливообразующие силы Солнца ослабляют приливообразующие силы Луны (также два раза в месяц — в I и IV четвертях фаз Луны), причем в это время наблюдаются квадратурные приливы (приливы с наименьшими высотами).

Подробное описание приливных гармоник Баренцева моря дано в диссертационной работе С.К. Попова [6], в которой по результатам моделирования с помощью трехмерной гидродинамической модели со свободной поверхностью построены

котидальные карты (на которых представлены линии равных амплитуд и фаз отдельных приливных гармоник) и показана характерная скорость приливных течений основных суточных и полусуточных гармоник на поверхности.

Наибольший вклад в формирование приливов Баренцева моря вносят полусуточные гармоники M2 и S2. В южной части Баренцева моря происходит увеличение высоты прилива с запада на восток. Наибольшие значения амплитуды волны M2 реализуются в южной части Баренцева моря, вдоль Кольского полуострова, на входе в Белое море и в зал. Чёшская губа и достигают 3–4 м. В юго-восточной части Баренцева моря, от м. Канин Нос до южных берегов арх. Новая Земля, высота прилива убывает до нескольких десятков сантиметров. В северной части моря, у южных берегов арх. Шпицберген, величина прилива может достигать 1–2 м, а у южного побережья арх. Земля Франца-Иосифа — 20–30 см. Наименьшие значения характерны для центральной части моря [7], что связано с положением основной амфидромии, которая находится к северо-востоку от о. Медвежий и определяет здесь структуру прилива. Еще две амфидромии расположены в юго-западной части арх. Новая Земля и в прол. Горло Белого моря, в районе м. Вепревский. Амплитуда приливной волны S2 существенно меньше амплитуды волны M2. Наибольшие значения достигаются на входе в Белое море и в зал. Чёшская губа. На остальной акватории моря величина амплитуды практически не превышает 30 см. Амфидромические системы волны S2 достаточно близки к амфидромиям волны M2. Такой большой разброс значений величины прилива на акватории Баренцева моря объясняется особенностями рельефа дна, конфигурацией берегов и интерференцией атлантической приливной волны и волны из Северного Ледовитого океанов, что приводит к увеличению величины прилива в одних районах и к уменьшению в других [3].

Согласно исследованию, проведенному в работе [8], амплитуды и фазы основных приливных гармоник не являются постоянными, чаще всего в изменчивости характеристик прилива отмечается выраженный годовой ход. Считается, что значения констант прилива зависят от поля ветра, атмосферного давления, стока рек, ледовых условий. Но их механизм до сих пор изучен недостаточно хорошо. Для описания изменчивости констант прилива в работе [8] использовались длительные ряды измерений уровня на станциях Болванский Нос, Югорский Шар и Печора. В целом разброс значений амплитуды гармоники M2 может превышать 10% от средней амплитуды; разброс значений угла положения гармоники M2 также превышает 5°. Изменение амплитуды и фазы индивидуально для различных пунктов, даже расположенных в одном районе. Как правило, на рассмотренных станциях отмечается два максимума в изменении фазы при доминировании одного из максимумов. На станциях Югорский Шар и Болванский Нос наибольшая фаза наблюдается в зимние месяцы.

В результате нелинейного взаимодействия основных волн прилива (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1) в Баренцевом море появляются обертоны, остаточные эффекты, долгопериодные и короткопериодные приливные гармоники. Амплитуда нелинейных гармоник в среднем составляет около 10% от общей высоты прилива. Максимальное значение (более 25%) наблюдается над Центральной банкой и вдоль юго-восточного и южного побережья арх. Новая Земля. Большое влияние нелинейных волн приурочено к амфидромическим и узловым точкам полусуточных волн: так, в районе амфидромии Белого моря сумма амплитуд нелинейных гармоник даже превышает амплитуды основных волн [2].

Вследствие наличия устойчивого ледового покрова на акватории Баренцева моря в зимний период обычно происходит уменьшение величины прилива, что, в свою очередь, приводит к запаздыванию времени наступления полных и малых вод по сравнению с безледным периодом [1]. Наличие горизонтально-неподвижного льда на акватории Баренцева моря значительно влияет на основные характеристики прилива (амплитуду и фазу приливных волн), особенно в прибрежных районах. Прослеживаются изменения картины колебаний уровня моря и происходит смещение положений основных амфидромий, что приводит к росту амплитуды колебаний уровня в некоторых районах моря. Так, для волны M2 в районах п-ова Канин и пос. Индига амплитуда волны выше в апреле (максимум льда), чем в сентябре (минимум льда) [9].

В свою очередь, приливы влияют на гидрологический режим моря. Они могут усилить вертикальное перемешивание, что приводит к передаче тепла в приповерхностные слои, учитывая, что на акватории Баренцева моря более холодные и распресненные воды лежат над более теплыми и солеными атлантическими водами, тем самым интенсифицируются процессы таяния морского льда. Кроме этого, приливы могут привести к изменению скорости и направления дрейфа морского льда [10] и также к торошению льдов при их взаимодействии.

Приливные течения Баренцева моря имеют довольно сложный характер. Направление приливных течений меняется в различных районах моря неодинаково. Например, течение, возникаю-

щее при приливе в прибрежной юго-восточной части Баренцева моря, меняется на прямо противоположное при отливе. В открытых частях моря направление течений в большинстве случаев меняется по часовой стрелке, а на некоторых возвышенностях — против часовой стрелки. Смена направлений приливных течений происходит одновременно по всему слою воды от поверхности до дна [11].

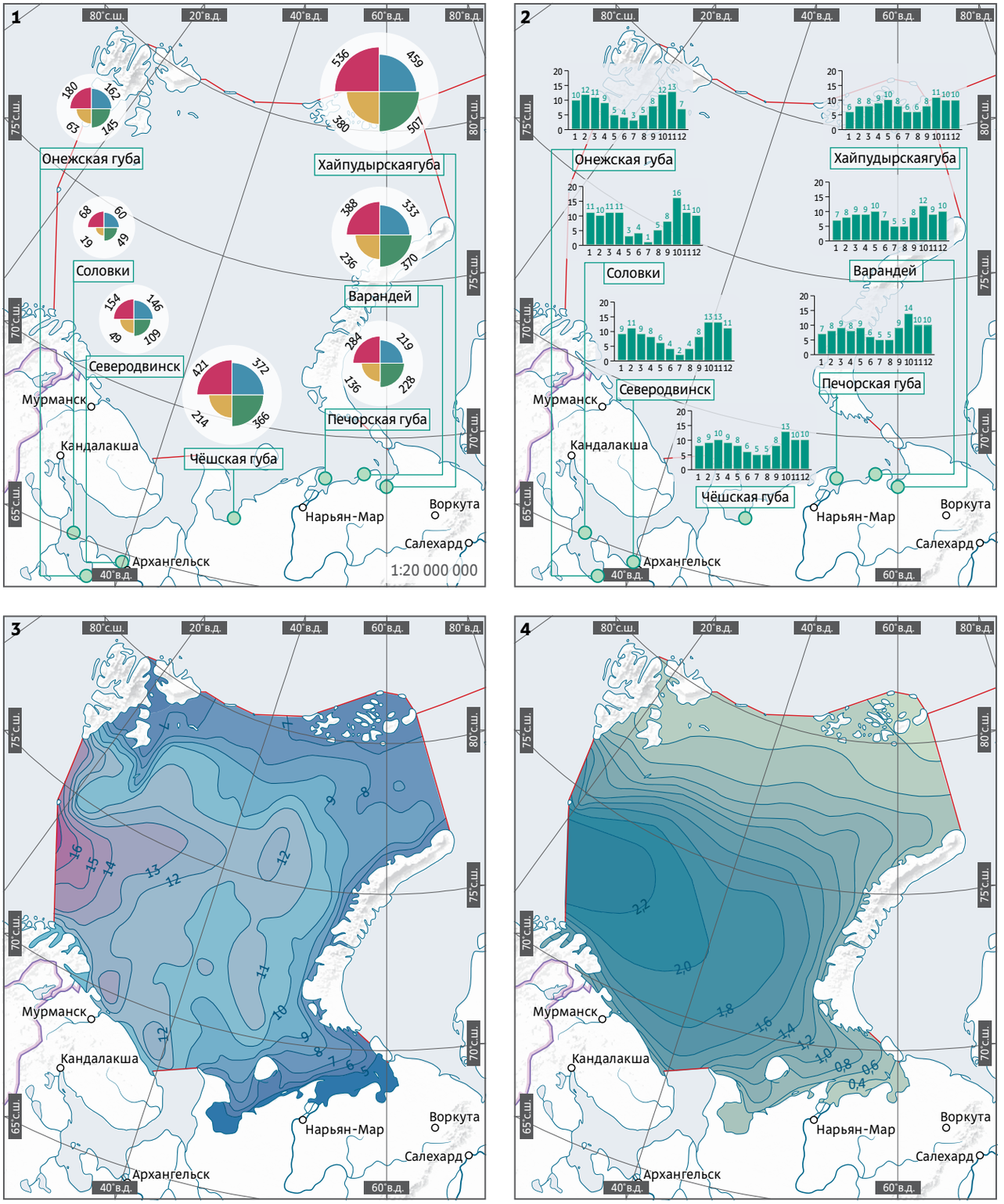
В целом скорости приливных течений по величине превосходят скорости средних квазипостоянных течений. Даже при слабых штормовых условиях в суммарных течениях обычно преобладает приливная компонента [1]. Наибольшие скорости приливных течений достигаются на поверхности в южной части моря, вдоль Мурманского берега, в зал. Чёшская губа и на Южно-Шпицбергенском мелководье и превышают значения 100 см/с. В открытой части моря скорости приливных течений составляют 10–20 см/с, на юго-востоке 30–40 см/с, на западной границе моря 30–50 см/с [7]. Характерные скорости приливных течений полусуточных гармоник M2 и S2 на поверхности в апреле и сентябре, полученные по результатам численного моделирования, представлены в работе [6].

Средний уровень Баренцева моря. Значение среднего многолетнего уровня Баренцева моря в общегосударственной системе абсолютных отметок высот СССР (Балтийской системе высот БС 1950 г.) считается равным 0,46 м. Согласно данным наблюдений за уровнем моря на гидрометеорологических постах, прослеживается сезонная и межгодовая изменчивость среднего уровня моря, связанная с изменчивостью метеорологических процессов, температуры и солености воды. В многолетнем масштабе средний уровень моря меняется от 10 см до 30 см на всей акватории моря. В течение года минимальные значения среднего уровня моря обычно характерны для первой половины года (апрель—май), а максимальные — для второй (октябрь—ноябрь). Это согласуется с воздействием статического атмосферного давления на поверхность моря, причем повышение атмосферного давления вызывает понижение уровня и наоборот [12]. Однако на береговых гидрометеорологических станциях внутригодовая изменчивость среднего уровня обусловлена влиянием комплекса факторов, одним из которых также является сезонный ход поступления атлантических вод, что может приводить к смещению максимальных и минимальных значений. Сезонные изменения среднего уровня моря в прибрежных районах моря составляют 20–35 см, в открытом море достигают существенно меньших значений — примерно 8–11 см [1]. Средний уровень моря в устьевых областях северных рек, особенно в Печорской губе и окрестности р. Печора, меняется в соответствии с внутригодовым распределением стока рек, причем величина прилива здесь уменьшается [1].

Сгонно-нагонные колебания представляют собой непериодические колебания, временной масштаб которых составляет примерно 1–10 сут. В частности, нагон — это возмущение уровня моря, вызываемое метеорологическими причинами относительно поверхности, искривленной приливом, если он есть, и длиннопериодными колебаниями уровня моря [13]. Штормовой нагон относится к опасным морским гидрометеорологическим явлениям. Он представляет собой повышение уровня моря в его прибрежной зоне или морском устье реки под действием нагонного ветра, которое приводит к затоплению и разрушению береговых сооружений. Высота штормового нагона определяется для каждого конкретного наблюдательного пункта на основе многолетних данных о наводнениях и экстремальном уровне моря [14].

Метеорологические факторы (резкое изменение атмосферного давления, вызывающее статическую реакцию уровня моря согласно закону «обратного барометра» (изменения атмосферного давления вызывают обратные по знаку изменения уровня моря), динамическое воздействие на морскую воду движущихся барических систем и интенсивное ветровое воздействие), ветровое волнение, приливные колебания уровня моря, лед на поверхности моря, локальные особенности прибрежной батиметрии и форма береговой линии приводят к возникновению сгонно-нагонных колебаний уровня моря. Атмосферные факторы всегда действуют совместно, однако в зависимости от барической ситуации тот или иной фактор может преобладать [15]. В Баренцевом море количество нагонов, образованных только за счет атмосферного давления, существенно меньше, чем нагонов, образованных под действием ветра. В преобладающем числе случаев нагон формируется под действием ветра в Онежской губе (Белое море), Хайпудырской губе и на станции Варандей. В отдельных случаях вклад ветрового волнения в повышение уровня моря составляет до 5% (10 см), а отсутствие ледового покрова повышает уровень до 2–5% [14].

Обычно формирование нагона происходит локально в результате действия на верхний слой Баренцева моря перемещающегося глубокого (давление ⩽990 гПа) циклона [1]. Большинство нагонов образуется под действием ветрового напряжения на водную поверхность после прохождения циклонов с преобладающим западным направлением.



Сгонно-нагонные и волновые явления: 1 — количество нагонов высотой более 0,3 м по сезонам; 2 — количество нагонов высотой более 0,3 м по месяцам; 3 — пространственное распределение максимальной высоты значительных волн; 4 — пространственное распределение среднемноголетней высоты значительных волн

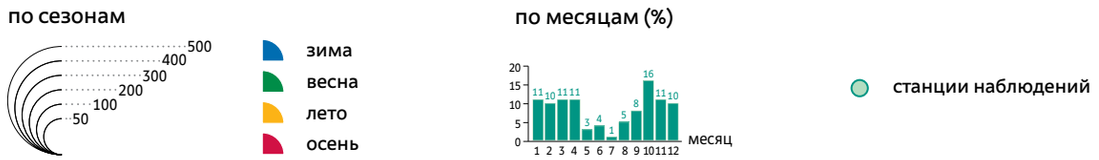
Средняя скорость перемещения глубоких циклонов составляет 34 км/ч, среднее давление в центре циклона — 985 гПа, средний диаметр — 1600–1900 км [14]. Наличие малоподвижного циклона в глубоководной части Баренцева моря приводит к подъему вод у берега за счет растекания вод из области шторма в результате совместного эффекта циклонического поля ветра и силы Кориолиса. В юго-западной части Баренцева моря (в районе северного побережья Скандинавского и Кольского полуостровов) наибольшие подъемы уровня моря происходят под действием ветров, параллельных береговой черте. В юго-восточной части моря, которая в отличие от уже описанных областей является мелководной, эти же явления связаны с ветрами, дующими перпендикулярно берегу, т. е. ветрами северных направлений [1].

Для определения высоты нагона из суммарного уровня моря исключаются приливные и низкочастотные составляющие (с периодом 35–40 сут.). В целом вклад приливной составляющей в колебания уровня Баренцева моря превосходит вклад непериодической составляющей (сгонно-нагонной). В период экстремальных ситуаций высота штормовых нагонов может быть сопоставима с высотой приливов, тем самым вклад непериодических колебаний в формирование уровенного режима Баренцева моря становится соизмеримым с вкладом приливных колебаний [13], а в некоторых случаях превышает его, особенно в тех районах, где приливные колебания невелики. На акватории моря существуют прибрежные области, значения сгонно-нагонных колебаний в которых могут составлять несколько метров. В мелководной юго-восточной части моря наблюдаются значительные сгонно-нагонные колебания уровня моря, которые могут достигать 3–4 м. Однако в прибрежной зоне Кольского полуострова, берег которого представляет собой холмистое плато с высотами 80–150 м над уровнем моря и приглубыми берегами, абсолютные значения нагонов и сгонов на порядок меньше приливных колебаний. Высота штормового нагона здесь, как и у берегов арх. Шпицберген, может составлять около 1 м, меньшие значения (0,5 м) наблюдаются у берегов арх. Новая Земля. По сведениям из лоций Баренцева моря, в устье р. Индига (зал. Чёшская губа) нагоны оценивались в 1,5 м, в устье р. Печора — 1,0–1,3 м [1]. Хайпудырская губа является районом наиболее частого образования нагонов, учитывая анализ закономерностей их формирования, представленный в работе [14]. Максимальная наблюдаемая высота нагона здесь составила 2,39 м. Согласно результатам численного моделирования уровня моря за период с 1968 по 1987 г., проведенного в диссертационной работе С.К. Попова [6], в сентябре максимальный нагон в Печорском море может составить 2,6 м (максимум суммарного уровня 3,2 м, а приливного 1,2 м), в Хайпудырской губе — 3,9 м (максимум суммарного уровня 4,2 м, а приливного 1,2 м).

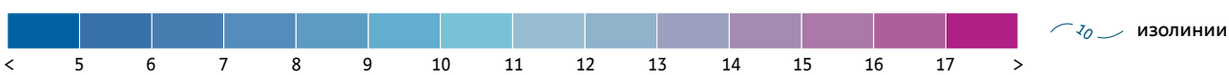
Следует отметить, что в Баренцевом море нагоны высотой более 1,2 м составляют 3% от их общего количества, высотой 0,9–1,2 м — 6% за период расчетов с 1979 по 2015 г. [14]. Сезонная изменчивость количества нагонов определяется характером циклонической деятельности на арктическом фронте. Наименьшее количество нагонов наблюдается в июле—августе, наибольшее — в октябре. В Печорской губе зафиксировано от

Сгонно-нагонные и волновые явления

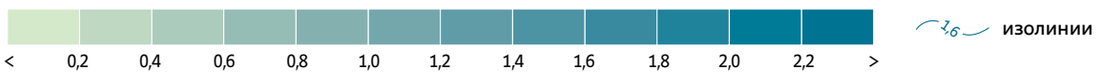
1-2 Количество нагонов высотой более 0,3 м* (по [14])



3 Пространственное распределение максимальной высоты значительных волн (м)** (по [18])



4 Пространственное распределение среднемноголетней высоты значительных волн (м)** (по [18])



** по данным моделирования за период 1979-2015 гг.*

*** по данным моделирования за период 1979-2010 гг.*

Рис. 2.6.1 Шторм у побережья Баренцева моря

15 до 36 нагонов в год, в пос. Варандей и в зал. Чёшская губа — от 24 до 53.

Экстремальный штормовой нагон 24 июля 2010 г. в пос. Варандей на побережье Баренцева моря привел к значительному затоплению территории и серьезным повреждениям инфраструктуры: обрушению автомобильной дороги, разрыву газопровода, обрыву линий электропередач, выходу из действия местной метеостанции, разрушению хозяйственных и жилых строений. В работе [16] показано, что подъем уровня моря 24 июля 2010 г. был максимальным за всю историю наблюдений начиная с 1951 г. и составил 3,68 м. Причиной нагона стал глубокий атлантический циклон, минимальное давление в центре которого составило 970 гПа. Скорость ветра в пос. Варандей достигла 27 м/с, а над акваторией Баренцева моря — более 35 м/с по результатам моделирования с помощью атмосферной модели COSMO-Ru. Западный ветер привел к повышению уровня моря по всему побережью от м. Канин Нос до Хайпудырской губы. В целом такая ситуация типична для образования нагонов в этом регионе [14]. Максимальные значения нагона в пос. Варандей наблюдались в 11:00 по МСК 24 июля 2010 г., причем произошло увеличение высоты нагона за счет сизигийного прилива, высота которого в данной области составляет приблизительно 1 м [14].

Волновой режим. Ветро-волновой режим является одним из определяющих факторов для проведения эффективной хозяйственной деятельности и безопасного судоходства. На распространение ветровых волн и зыби значительным образом влияет ветровой и ледовый режимы, изрезанность береговой черты, наличие островов, а также сильные приливные течения. Ледовый покров, в свою очередь, ограничивает разгоны штормового волнения. Приливные течения могут увеличивать высоту волны более чем в 2 раза при распространении волн навстречу потоку [2].

На протяжении последнего десятилетия в результате климатических изменений происходит сокращение площади ледяного покрова Арктики,

что приводит к увеличению свободной ото льда поверхности Баренцева моря. Кроме этого, происходят изменения в повторяемости и траекториях циклонов [17], а также меняется повторяемость высоких скоростей ветра. Это может привести к изменениям ветро-волнового режима [18], а увеличение повторяемости глубоких циклонов приводит к усилению штормового волнения.

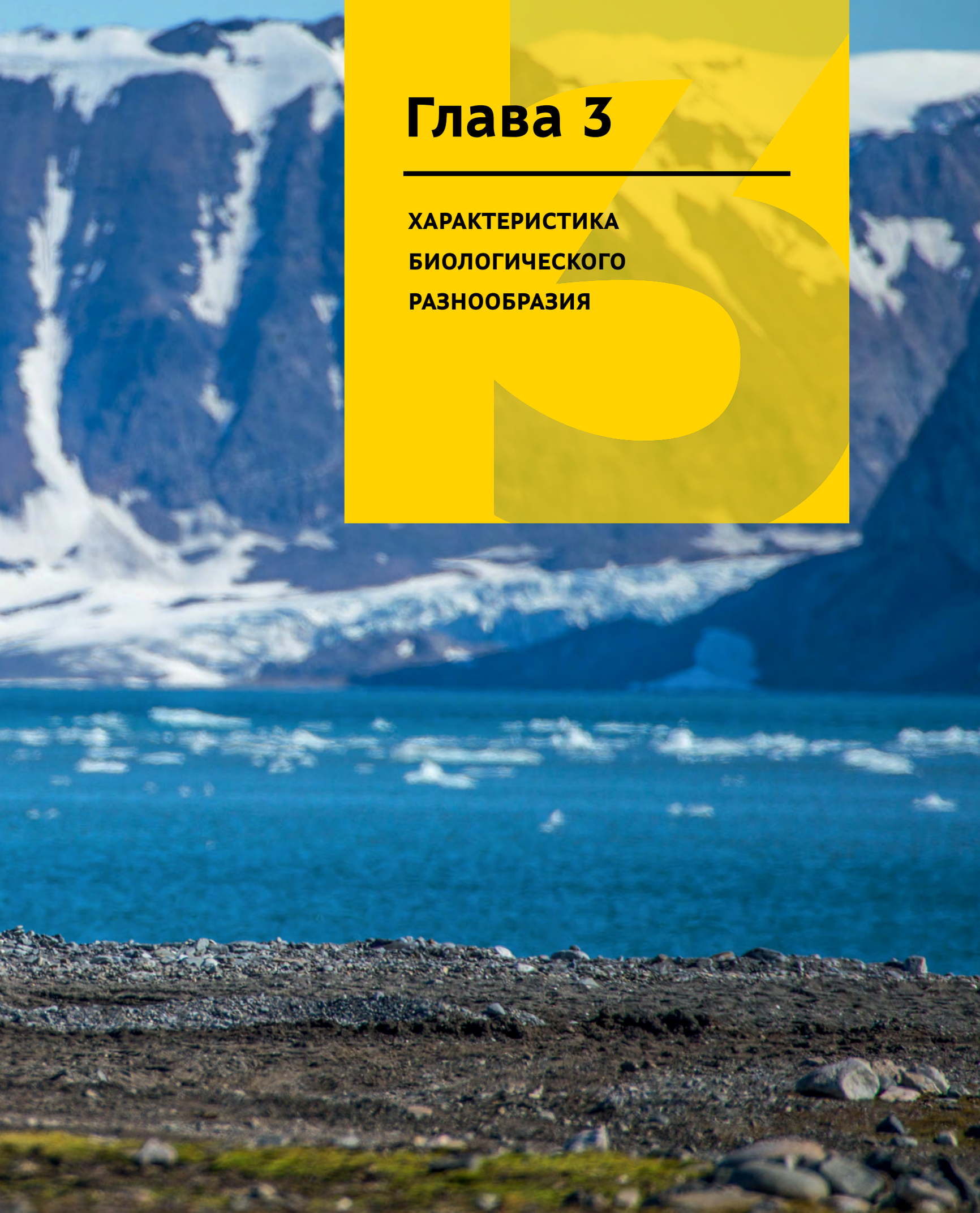
Ветровое волнение в центральных и западных частях Баренцева моря наблюдается в любое время года, так как данные акватории не замерзают. На акваторию моря свободно проникает как океанская зыбь, так и штормовое волнение, так как Баренцево море имеет открытую границу с Норвежским морем и Атлантическим океаном. Самые большие волны, приходящие из Норвежского моря, имеют северо-западное и западное направления, тогда как в самом море «экстремальное» волнение генерируется юго-восточными ветрами [19]. В зимний период наблюдается особенно сильное волнение. При наличии устойчивых (не менее 16–18 часов) западных и юго-западных ветров, скорости которых достигают значений 20–25 м/с, в центральных районах моря наиболее развитые волны могут достигать высоты 10–11 м. Волнение менее развито в прибрежных областях, что связано с преобладанием здесь ветров, которые дуют с берега. Высота волн достигает 7–8 м при продолжительных северо-западных штормовых ветрах. Интенсивность волнения уменьшается начиная с апреля. В летний период море наиболее спокойно, повторяемость штормовых волн высотой 5–6 м не превышает 1–3%. Осенью интенсивность волнения увеличивается и в ноябре приближается к зимней [3].

Циклоническая активность. С помощью волновой модели WAVEWATCH III в работе [18] рассчитаны параметры ветрового волнения на акватории Баренцева моря для периода 1979–2010 гг. Средняя многолетняя высота значительных волн составляет 1,8–2,2 м для центральной части Баренцева моря. Максимальные величины наблюдаются на границе Баренцева и Норвежского морей и составляют 15–16 м. В центральной части Баренцева моря максимальная высота значительных волн достигает 12–14 м.

Баренцево море является одним из самых штормовых морей (рис. 2.6.1). Периоды, в течение которых скорость ветра не превышает 15 м/с, в зимние месяцы, когда над Баренцевым морем развита интенсивная циклоническая деятельность, в среднем составляют 3–6 дней, т. е. значительную часть года над акваторией Баренцева моря преобладает штормовая погода [18]. Наиболее штормовым месяцем является январь, наименее штормовым — июль, а в марте—апреле повторяемость сильного ветра и волнения намного ниже, чем в предшествующие месяцы [1].

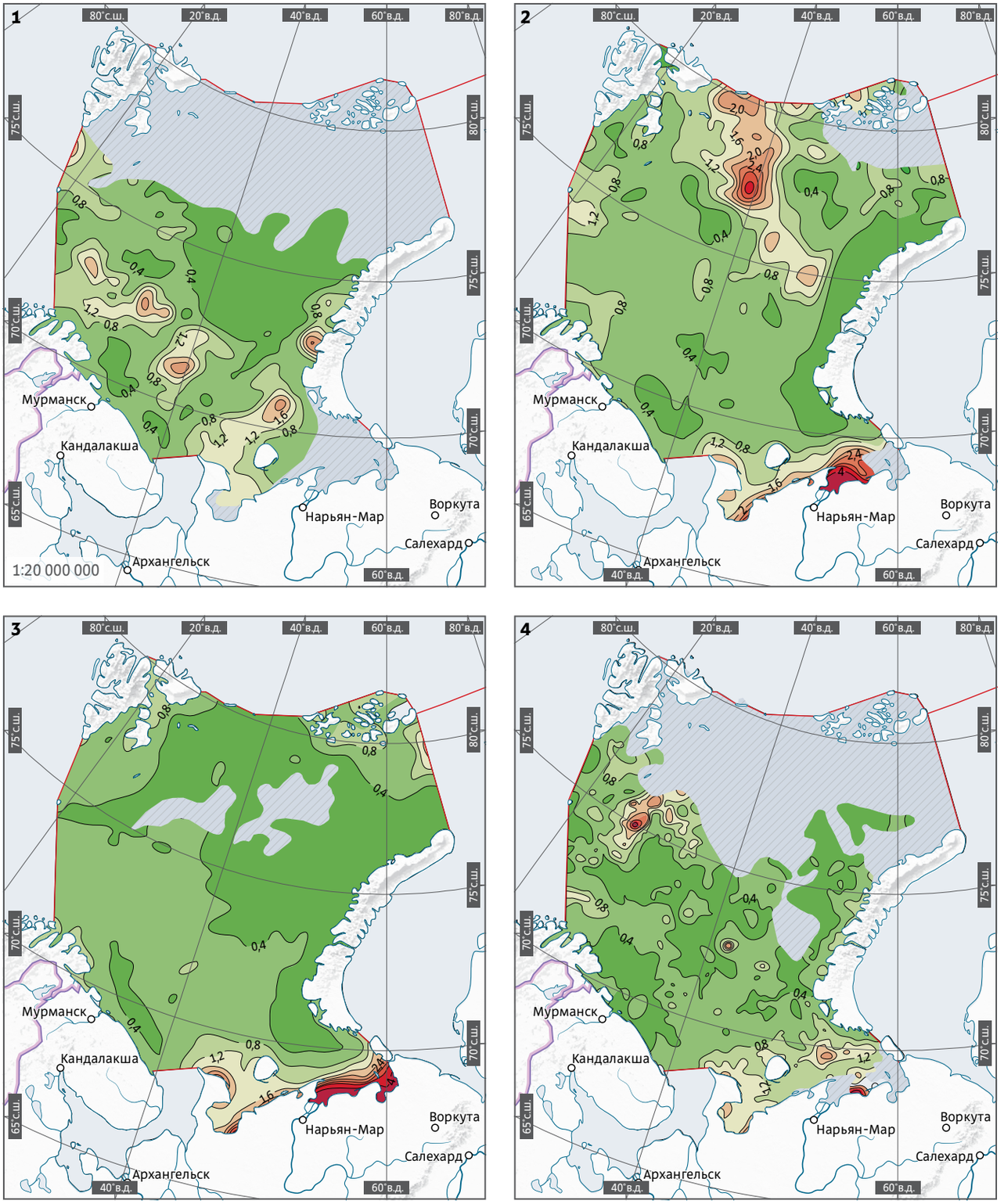
Согласно результатам выборки сезонных максимумов ветра и волнения за 15-летний период (1969–1983), один из наиболее сильных штормов в Баренцевом море наблюдался в начале 1975 г. [1]. Давление в центре циклона, по данным, снятым с синоптических карт, составляло около 940 гПа, а абсолютный максимум волнения, равный 13 м, был зафиксирован 2 января 1975 г. в 15:00 по МСК в точке с координатами 71°30' с. ш. 48° 00' в. д. при северо-западном ветре силой 22,5 м/с. Однако он недостаточно достоверен, так как других наблюдений в юго-восточной части моря за этот срок не было, а в последующие сроки при изменении направления штормового ветра (южный, 20 м/с) отмечались волны высотой 6–7 м. Отклик верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивного полярного циклона, который привел к развитию данной штормовой ситуации, исследуется по результатам численного моделирования, представленным в работе [19, 20]. В южной и восточной частях Баренцева моря скорость ветра превышала 20 м/с, а минимум давления в центре циклона составил 941 гПа. Наибольшие высоты волн отмечались у северо-западных берегов арх. Новая Земля, а в области Штокмановского газоконденсатного месторождения средняя высота волнения в момент наибольшей интенсивности шторма составила 8 м.

Акватория Баренцева моря подвержена прохождению интенсивных *полярных циклонов*, которые представляют собой мезомасштабные циклоны с характерным горизонтальным масштабом 200–1000 км, временем жизни до трех суток и скоростью перемещения до 40 км/ч [21]. Они также могут индуцировать значительные сгонно-нагонные колебания уровня моря и ветровые волны. В работе [22] приведены оценки высот волн, которые могут формироваться полярными циклонами. Показано, что значительные высоты волн могут достигать значений приблизительно 9 м и выше. На основе малопараметрической модели генерации ветровых волн движущимся циклоном в работе [23] проведены расчеты для получения пространственно-временных статистических характеристик полярных циклонов, которые показали, что частота появления волн высотой более 4 м составляет 3–5 случаев в год, высотой более 8 м — примерно один случай в год, а число событий появления волн высотой более 12 и 15 м составляет одно-два события за 10 и 20 лет соответственно.



Глава 3

ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ



Распределение средних значений концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое морской воды, оцененных по спутниковым данным: 1 — апрель 2018 г.; 2 — июнь 2018 г.; 3 — август 2018 г.; 4 — апрель 2019 г.

3.1. Планктон

Фитопланктон

История исследований

Фитопланктон — фотосинтезирующие одноклеточные и колониальные микроводоросли, свободно парящие в толще воды. Фитопланктон является важнейшим фактором формирования экологических систем, определяет сроки и последовательность событий в процессе их развития общую продуктивность экосистемы [1]. Создавая органическое вещество, микроводоросли фитопланктона являются основными первичными продуцентами, от которых происходит передача энергии к группам высокого трофического уровня. Фитопланктонное сообщество Баренцева моря имеет сложную структуру, достаточно хорошо изученную по сравнению с фитопланктоном других арктических морей.

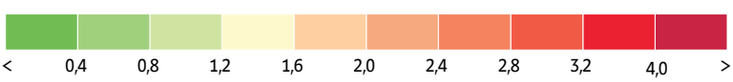
Исследования фитопланктона Баренцева моря берут начало в 1870-х гг., когда шло лишь накопление фактического материала. В исследованиях в этот период принимали участие европейские и российские ученые, совместно с Мурманской научно-промысловой экспедицией. Начало XX в. ознаменовалось интенсивными работами по изучению пелагической флоры Баренцева моря; сделаны первые обобщения по распределению сообществ микроводорослей [2]. Результатами работ в период с 1910 по 1938 г. стало расширение видового списка арктического фитопланктона. За этот период было проведено 20 экспедиций и выполнено почти 800 станций. Значимым этапом в изучении фитопланктона Баренцева моря явились фундаментальные работы Ж.И. Роухияйнен, выполненные в 1950–1960-х гг. [3]. В них рассматриваются и обсуждаются таксономический состав, пространственно-временное распределение и динамика сезонной изменчивости фитопланктонных сообществ прибрежных вод Кольского полуострова. В 1970-х гг. вышли работы А.А. Соловьевой и ее коллег, в которых рассматриваются проблемы изучения первичной продукции, содержания хлорофилла, динамики фитопланктона. В 1970–1980-е гг. появляется ряд статей В.М. Рыжова, посвященных сезонным и географическим группировкам пелагических водорослей, изучению воздействия фронтальных зон на распределение фитопланктона, использованию водорослей как биоиндикаторов водных масс [3]. Число экспедиций за 1950–1980-е гг. почти достигло ста, было выполнено около 2000 станций. Работы второй половины 1980-х гг. были ориентированы на изучение таксономического состава фитопланктона [4–6], пространственной структуры [7] и продукционных характеристик фитопланктона [8], а также на исследование сукцессионной системы [9, 10]. В 1990-е гг. особое внимание было обращено на прибрежье архипелагов Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Шпицберген, желоб Св. Анны в Северном Ледовитом океане, Печорское море. Большинство этих областей никогда не исследовались ранее. Рейсы атомных ледоколов зимой из Баренцева в Карское море и обратно позволили собрать материал о состоянии фитопланктона в районах, покрытых льдом.

Спутниковые наблюдения за распределением хлорофилла *a* и первичной продуктивности Баренцева моря, а также мониторинг ледовой обстановки проводятся на регулярной основе с 2003 г. [11].

Таксономический состав и экологические группы фитопланктона

Список видового разнообразия фитопланктона Баренцева моря включает в себя 640 таксонов [12]. По биогеографической характеристике около 45% баренцевоморского фитопланктона представляет собой виды арктического происхождения, около 35% — космополитного и около 20% — бореального.

Пространственное распределение концентрации хлорофилла *a* (мг/м³)



нет данных

0,4 изолинии концентрации хлорофилла *a*

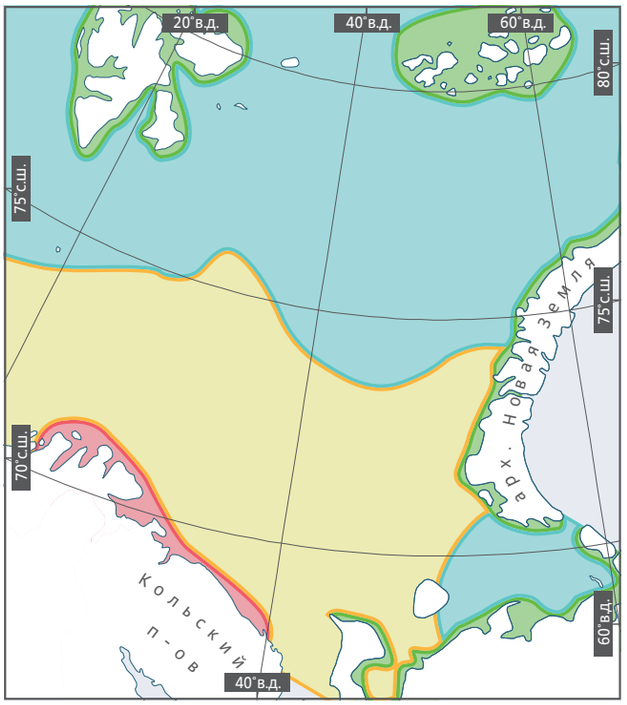


Рис. 3.1.1 Распределение фитопланктонных сообществ Баренцева моря

В терминах экологической принадлежности абсолютное большинство (около 60 %) составляют неритические, примерно по 15% — океанические и панталассные виды. В незначительной степени представлены регулярно встречающиеся в баренцевоморской прибрежной пелагиали пресноводные виды и представители микрофитобентоса, которые являются постоянными компонентами планктонного альгоценоза [3].

По своей систематической принадлежности подавляющее большинство зарегистрированных видов относятся к отделам Bacillariophyta (397 таксонов) и Dinophyta (187 таксонов). Остальные отделы (Chlorophyta, Haptophyta, Chrysophyceae, Cryptophyta, Euglenozoa) представлены незначительно. В наибольшей степени представлены центрические диатомовые рода *Chaetoceros* (40 видов) и динофитовые рода *Protoperidinium* (39 видов).

Пространственная и временная структура планктонного сообщества может быть представлена в виде закономерной смены флористических комплексов, каждому из которых присущи характерные особенности качественного (комплекс доминирующих таксонов) и количественного (показатели численности и биомассы) развития.

Годовой цикл фитопланктона включает четыре основных и четыре переходных периода, и в наиболее схематизированном, обобщенном виде может быть представлен следующим образом: зима, зимне-весенний переходный период, весна, весенне-летний переходный период, лето, летне-осенний переходный период, осень, осенне-зимний переходный период [13].

Ввиду того, что Баренцево море является геоморфологически и гидрологически сложно расчлененным бассейном, его пелагиаль представляет собой совокупность отдельных водных масс, в каждой из которых формируется специфический тип пелагической экосистемы. На акватории Баренцева моря выделяются четыре типа вод: арктические, атлантические, баренцевоморские и прибрежные (см. разд. 2.1), взаимодействие которых и формирует общую антициклональную систему макроциркуляции Баренцева моря. Наиболее универсальным признаком структурной организации водного столба является формирование сезонного пикноклина в теплый период года [14]. При этом по способу формирования сезонной стратификации можно выделить две принципиально отличающиеся области: субарктическая, для шельфа которой характерна термическая стратификация, и арктическая область, где водная толща стратифицируется в основном за счет распреснения поверхностного слоя, связанного с таянием ледяного покрова. По батиметрическому признаку все пелагические экосистемы материковой окраины распадаются на два основных ряда: открытого моря и прибрежные [15] (рис. 3.1.1). Таким образом, сообщества фитопланктона разделяются по глубинам и сезонной стратификации на четыре типа (см. рис. 3.1.1).

Пелагические сообщества открытого моря:

1) субарктическая область — юго-западная и центральная часть Баренцева моря, занятая атлантическими и баренцевоморскими водными массами;

2) арктическая область, в которой отдельно выделяются сообщества северной глубоководной зоны, занятой арктическими и атлантической водными массами, и мелководной зоны Печорского моря с прибрежной водной массой.

Прибрежные сообщества:

3) субарктическая область — побережье Кольского полуострова с прибрежной водной массой;

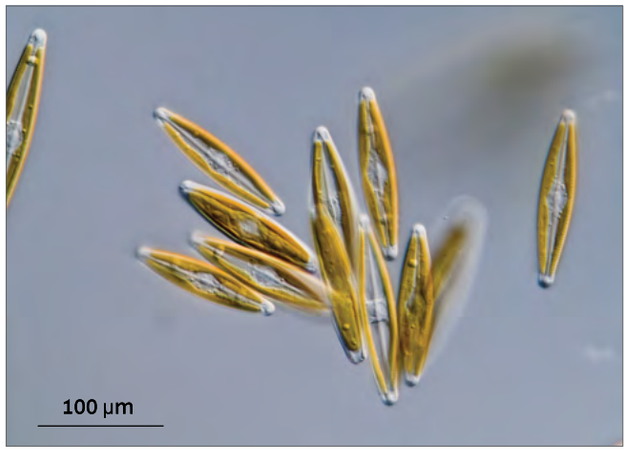
4) арктическая область — побережье восточной части Баренцева моря и арх. Шпицберген с арктической водной массой и арх. Новая Земля с баренцевоморской водной массой.

Пелагические сообщества открытого моря. Пелагические экосистемы открытого моря — наиболее распространенный тип экосистем на акватории Баренцева моря. Биотопически они ограничены со стороны открытого океана фронтами кромки шельфа, а со стороны берега — системами мелководных фронтов различного типа.

Субарктическая область. Все открытое пространство субарктического шельфа в Баренцевом море занято водами атлантического происхождения, что определяет сходство таксономической структуры сообществ фитопланктона и их сезонной динамики. Гидрологический цикл в этом районе, не покрывающемся сезонным льдом, определяется режимом прогрева поверхности моря. В обобщенном виде сукцессионный цикл фитопланктона может быть представлен так, как это сделано в работах [16–18].

I. *Весенний период* (с марта до мая) — период первого максимума развития водного фитопланктона. Началом биологической весны в пелагиали открытой части акватории Баренцева моря является март, в течение которого происходит нарастание количественных характеристик сообщества за счет интенсивного развития диатомового комплекса. Диатомовые водоросли в конце апреля — начале мая формируют первый весенний максимум цветения фитопланктона, во время которого количественные показатели и видовое разнообразие планктонного сообщества достигают своих максимальных годовых значений. Этот период по продолжительности занимает не более 2–3 недель. На субарктическом шельфе практически весь фитопланктон в этот период представлен аркто-бореальными неритическими формами. В его составе доминируют колониальные диатомеи из родов *Thalassiosira* (*T. angulata, T. antarctica, T. gravida, T. hyalina, T. nordenskioeldii*), *Nitzschia* (*N. arctica, N. cylindrus, N. grunowii*), *Navicula* (*N. granii, N. pelagica, N. vanhoeffenii*) (рис. 3.1.2) и *Chaetoceros* (*C. cinctus, C. curvisetus, C. debilis, C. diadema, C. fragilis, C. furcellatus, C. holsaticus, C. socialis* и другие), а также золотистая водоросль *Phaeocystis pouchetii*.

Численность и биомасса пелагического сообщества постепенно нарастают с юга на север в широтном направлении и достигают своих максимальных значений в зоне полярного фронта



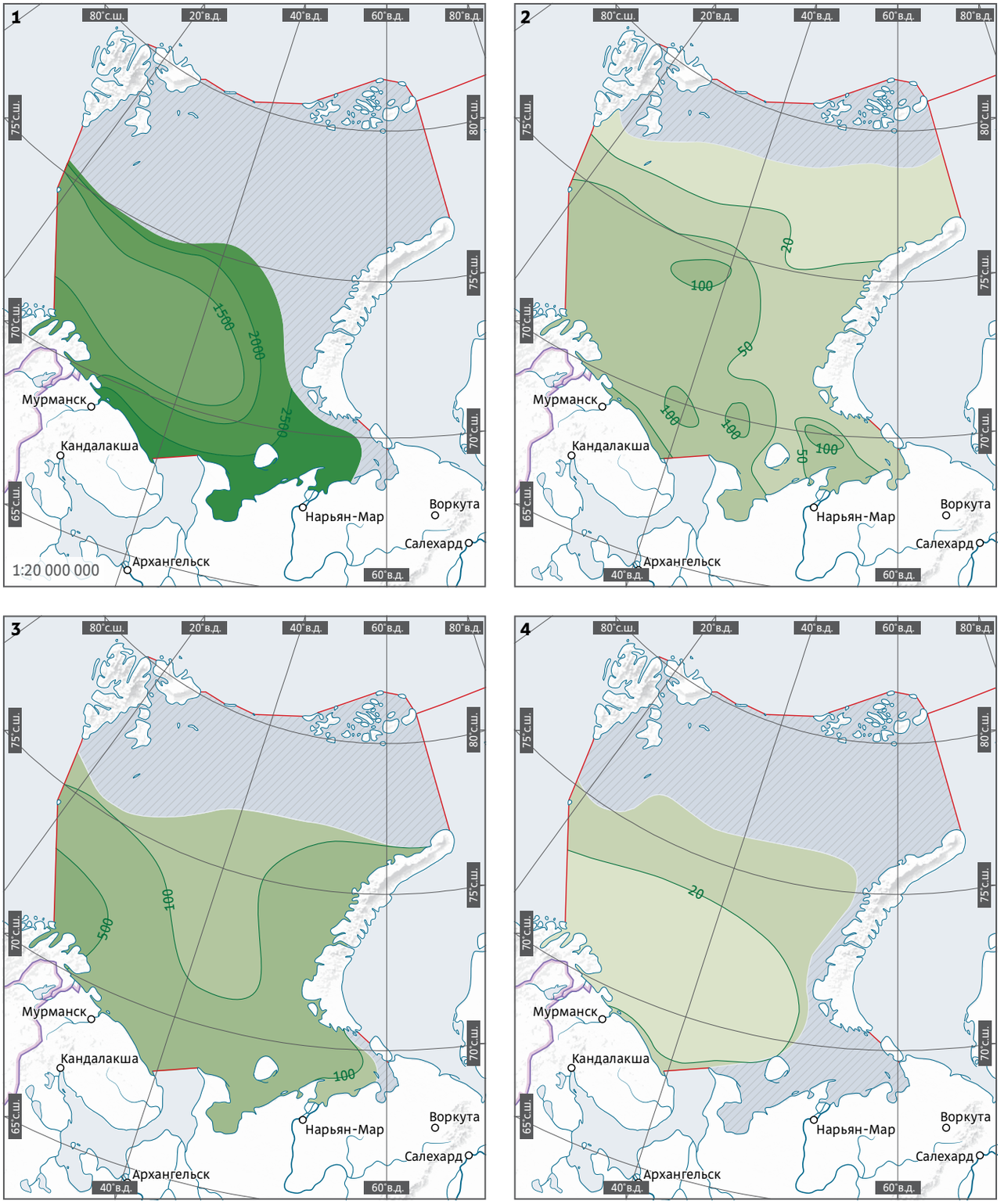
Navicula spp. Рис. 3.1.2

в центральной части акватории Баренцева моря. Обобщенная картина пространственного распределения биомассы фитопланктона на основе данных, полученных в ходе экспедиций в апреле—мае 1970–1993 гг. представлена на карте на с. 134 [3].

Для более южных участков акватории в то же самое время характерно замещение ранневесеннего комплекса поздневесенними и раннелетними формами диатомовых: *Chaetoceros curvisetus, C. diadema, Thalassiosira nordenskioeldii, T. anguste-lineata* и *T. decipiens*. В конце мая в пелагическом альгоценозе наблюдается второй весенний максимум цветения, который отличается более низкими количественными показателями и несколько иным набором доминирующих видов: наряду с золотистой водорослью *Phaeocystis pouchetii* в пелагиали появляются диатомовые *Thalassiosira gravida, Chaetoceros socialis*.

В течение *весенне-летнего переходного периода* (конец мая — начало июня) происходит быстрое падение продукционной активности пелагических водорослей и перераспределение биомассы фитопланктона по вертикали. В поверхностных горизонтах в составе фитопланктонного сообщества ведущее положение занимают группы жгутиковых (Cryptophyta, Prymnesiophyta, Chrysophyta и Dinophyta), диатомовые водоросли опускаются на пикноклин, образуя подповерхностный максимум численности фитопланктона.

II. *Летняя стадия* развития пелагического фитоценоза (июнь — август) характеризуется спадом количественных характеристик фитопланктонного сообщества и постепенной заменой весенних форм пелагических водорослей летним комплексом доминант (*Protoperidinium depressum, Ceratium arcticum, C. fusus, Leptocylindrus danicus* и *Chaetoceros decipiens, Skeletonema costatum*). Увеличение численности фитопланктона в летние месяцы



Пространственное распределение биомассы фитопланктона (на основе обобщенных данных экспедиций в 1970–1993 гг.) (по [3]): 1 — весна; 2 — лето; 3 — осень; 4 — зима

наблюдается у побережья Кольского полуострова (в основном за счет развития мелких динофлагеллят и центрической диатомеи *Skeletonema costatum*). По направлению к открытой части акватории численность фитопланктона монотонно падает ((см. карту 2 на с. 134), основано на данных летних экспедиций 1970–2005 гг.). Картина пространственного распределения биомассы может существенно отличаться от распределения численности, так как в большинстве случаев зоны максимальной биомассы связаны с присутствием в пелагиали крупных немногочисленных динофлагеллят (*Protoperidinium depressum, Ceratium arcticum, C. fusus*). В августе в пелагиали завершается биологическое лето, автотрофные виды микроводорослей замещаются миксотрофными и гетеротрофными, доминирующее положение приобретают динофлагелляты (представители родов *Protoperidinium, Gyrodinium, Dinophysis, Ceratium*).

III. *Осенняя фаза* сукцессионного цикла, которая приходится на сентябрь—октябрь, характеризуется присутствием в пелагиали смешанного комплекса диатомовых (родов *Thalassiosira, Chaetoceros, Rhizosolenia, Nitzschia*) и динофитовых (родов *Protoperidinium, Ceratium*) микроводорослей. Численность и биомасса фитопланктонного сообщества постепенно снижаются, достигая к началу ноября своих зимних значений. Пространственное распределение количественных показателей развития планктонных водорослей и таксономический состав достаточно однородны на всей акватории. Показатели обилия биомассы монотонно убывают от прибрежной зоны Кольского полуострова к открытой части акватории. Локальные увеличения численности на фоне довольно низких общих значений возможны в зоне прибрежного фронта за счет концентрирования в поверхностных горизонтах пелагиали мелких жгутиковых (см. карту 3 на с. 134).

IV. *Зимняя стадия* покоя продолжается с ноября по февраль. Ее определяющей чертой является максимальная дезинтегрированность фитопланктонного сообщества. Этому этапу свойственны низкие значения как количественных показателей, так и видового разнообразия пелагического альгоценоза, фоновыми формами которого являются в основном динофитовые: крупные представители родов *Protoperidinium, Ceratium, Dinophysis* (*Protoperidinium depressum, Ceratium longipes, C. tripos, Dinophysis norvegica*). Характерной особенностью пространственного распределения показателей количественного развития фитопланктона является преимущественная локализация пелагических микроводорослей в зоне образования ледовой кромки (представители родов *Achnanthes, Thalassiosira*) и постепенное снижение показателей обилия сообщества в южном направлении. Пространственное распределение биомассы фитоценоза в зимний период приведено на карте 4 на с. 134 (при построении использованы данные экспедиций за 1984–1999 гг.).

Вертикальное распределение фитопланктона в течение всего года определяется плотностной структурой водного столба: во время весеннего цветения ядро сообщества локализуется преимущественно в поверхностном горизонте, с установлением жесткой летней стратификации максимум обилия микрофитопланктона опускается на глубину 10–20 м, располагаясь непосредственно над слоем скачка плотности. С сентября–октября до марта, в период отсутствия сезонного пикноклина, пелагические водоросли равномерно распределяются по всей водной толще от поверхности до глубины залегания основного пикноклина.

Арктическая область. Баренцевоморскую арктическую область в пространственном отношении можно подразделить на две основные зоны: глубоководную зону (северная часть Баренцева моря, расположенная за полярным фронтом), и зону мелководий (Канино-Колгуевское мелководье и Печорское море) (см. рис. 3.1.1).

Глубоководная зона. Гидрологический год в арктической пелагиали, покрытой ледяным покровом начинается с формирования прикромочных зон (см. карты на с. 130 и 134). В составе комплекса водорослей доминирующее положение занимают ранневесенние неритические диатомовые и некоторые колониальные жгутиковые, такие как *Phaeocystis pouchetii* (рис. 3.1.3) и *Dinobryon balticum* (рис. 3.1.4) [19].

Стратифицированное состояние водной толщи после таяния ледяного покрова и распреснения поверхностного слоя сохраняется в арктической пелагиали в период открытой воды до начала активного вертикального осенне-зимнего перемешивания. В результате в летний период, после окончания весеннего цветения фитопланктона, происходит перераспределение биомассы фитопланктона по вертикали, и в зоне пикноклина формируется подповерхностный максимум биомассы микроводорослей в основном за счет *Phaeocystis pouchetii* и *Thalassiosira* spp.

Обобщенное пространственное распределение биомассы фитопланктона (мкг/л)

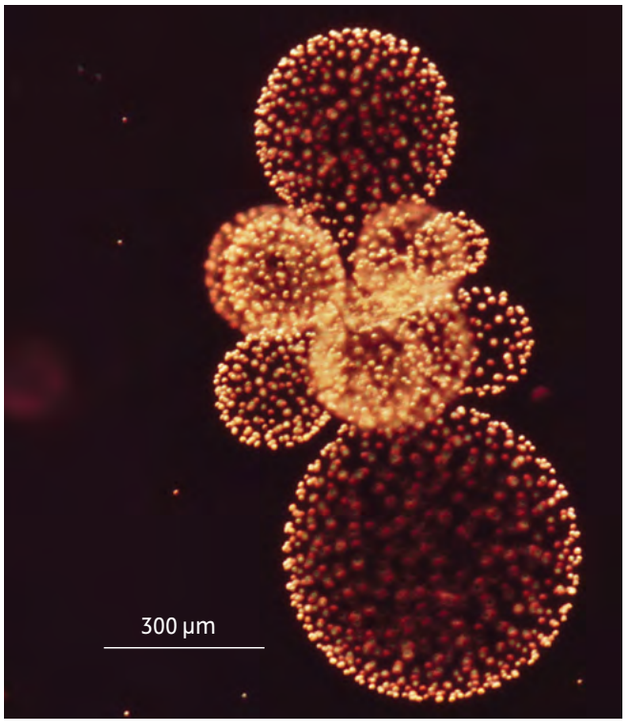


Рис. 3.1.3 Микрофотография молодой колонии водоросли *Phaeocystis pouchetii*

По мере продвижения в высокие широты осенний максимум постепенно выпадает из структуры годового цикла фитопланктона, и сезонная кривая развития водорослей приобретает однопиковый характер.

Мелководная зона (Печорское море). Главной характерной чертой юго-восточного сектора баренцевоморской арктической области (Печорское море) является его мелководность, ввиду чего вся водная толща от поверхности до дна в течение большего периода года представляет собой перемешанный слой.

С ноября по май почти вся акватория Печорского моря покрыта льдом, однако способность микроводорослей развиваться под ним при минимальной инсоляции увеличивает продолжительность периода их вегетации [20].

В целом по данным исследований всех лет на акватории Печорского моря зарегистрировано более 200 таксонов пелагических микроводорослей, принадлежащих к семи отделам. Абсолютными доминантами по таксономическому разнообразию являются диатомовые — 58% и динофитовые — 35%, остальные отделы представлены незначительно. По фитогеографической характеристике преобладают аркто-бореальные виды — 34%, почти столько же космополитов — 30,1%, меньше представителей бореальной флоры — 18,2%, для 17,7% географическая принадлежность не определена. Состав экологических групп в сообществе выглядит следующим образом: неритические виды — 49,3%, океанические — 14,8%, панталассные — 10,3%, пресноводные — 6,4%, солоноватоводные — 2,5%, 8,8% являются представителями микрофитобентоса, часто встречающимися в планктоне вследствие взмучивания грунта и перемешивания вод, экологическая характеристика 7,9% не установлена [21].

Общий диапазон значений численности пелагических микроводорослей в Печорском море на протяжении безледного периода достаточно широк: от 400 тыс. до 1 млн кл./л. Однако максимальные и минимальные величины обнаруживаются на узколокальных участках акватории: минимальные — на севере, у побережья арх. Новая Земля, максимальные — на юге, непосредственно у устья Печорской губы. На остальной акватории концентрация фитопланктона варьирует от 10 до 310 тыс. кл./л. Биомасса сообщества изменяется в пределах от 100 мкг/л до нескольких миллиграммов на литр, при этом картина распределения ее величин соответствует таковой для значений численности.

Данные по вертикальной структуре пелагического альгоценоза Печорского моря крайне малочисленны и позволяют выявить лишь самые общие закономерности: на мелководьях микроводоросли распределены в толще воды равномерно вследствие сильного ветрового и приливного перемешивания, в мористых областях летом определяющую роль играет сезонная стратификация — основная масса сообщества сосредоточена в слое над пикноклином в немногочисленных мористых областях [22].

В теплый период года выраженная мозаичная структура водных масс и фитопланктона затрудняют анализ пространственно-временной структуры пелагического сообщества. В целом с запада на восток наблюдается «омоложение» альгоценоза: в юго-восточной области бассейна он находится в поздневесенней фазе с полным преобладанием диатомовых (и высокими уровнями обилия, характеризующими весеннее цветение), на западе, у границы с баренцевоморскими водами, — на типично летней стадии с доминированием динофлагеллят и более низкими количественными показателями численности. Такая структура четко коррелирует со временем освобождения акватории ото льда. При этом, центральная часть Печорского моря содержит смешанный состав микроводорослей, причем в распределении сезонных комплексов наблюдается «меандрирование», вызванное уже гидродинамическими причинами: в этом районе течения образуют локальный круговорот, и проникновение с запада летнего динофитового фитоплан-

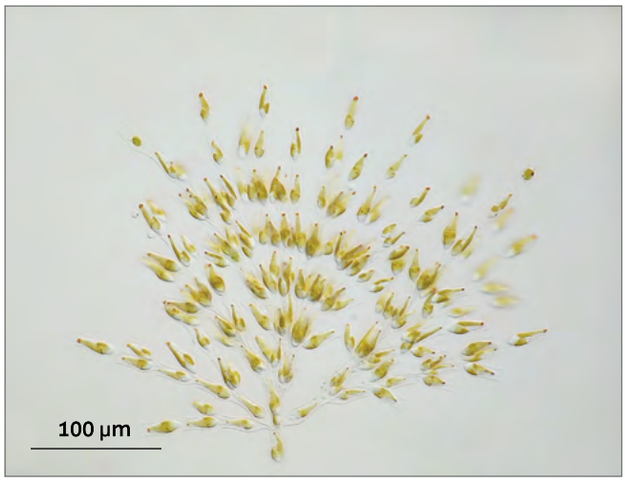


Рис. 3.1.4 *Dinobryon balticum*

ктона происходит в соответствии с направлением их струй. Таким образом, главными факторами, определяющими пространственно-временную структуру пелагического альгоценоза Печорского моря, являются время и скорость образования и разрушения ледяного покрова, динамика вод играет второстепенную роль.

I. Экологический год в *пелагиали* Печорского моря начинается в *феврале* с цветения криофлоры, которое приурочено к периоду завершения ледообразования и относительной стабилизации подледной водной массы. В это время сезонное состояние планктонного фитоценоза может быть охарактеризовано как стадия первичной активизации популяций диатомовых. А наиболее характерными флористическими элементами являются *Coscinodiscus* cf. *stellaris, Amphiprora kjellmanii, Cylindrotheca closterium, Gyrosigma fasciola, Nitzschia grunowii* и *Pleurosigma stuxbergii*.

II. *Весенний период* начинается с активного таяния припайных льдов. Однако в отличие от вод открытого шельфа, в силу высокой гидродинамической активности прибрежных вод на мелководьях, этот процесс не приводит к стабильной плотностной стратификации и формированию мигрирующей вслед за краем льда прикромочной зоны. На освобожденном пространстве прибрежной акватории цветение фитопланктона развивается во всем столбе воды. Начальная его стадия приходится на март и на отдельных участках характеризуется бурным развитием популяций ранневесенних форм центрических диатомовых. Количественные показатели быстро достигают максимальных значений: 100 тыс. — 1 млн кл./л по численности и 500–2800 мкг/л по биомассе. Нарастание биомассы осуществляется преимущественно за счет представителей рода *Thalassiosira*: *T. antarctica, T. gravida, T. hispida* и *T. hyalina*. Далее, в течение весеннего периода, их постепенно сменяют более мелкие *Skeletonema costatum, Leptocylindrus danicus, Thalassionema nitzschioides* и виды рода *Chaetoceros*: *C. debilis, C. mitra, C. decipiens, C. compressus*.

III. *Летний сезон* в западной области Печорского моря наступает в конце июня, в восточной — в начале августа, когда в пелагиали формируется стабильный пикноклин на глубине 5–20 м. Величины численности и биомассы фитопланктона падают в несколько раз, при этом почти полностью меняется таксономический состав сообщества: в нем теперь преобладают динофлагелляты. Доминирующими формами среди них являются *Protoperidinium pellucidum, P. bulla, Gyrodinium lachryma, G. fusiforme, Scrippsiella trochoidea*; значительную долю по численности составляет мелкая золотистая водоросль *Dinobryon balticum*, а по биомассе — крупная диатомея *Rhizosolenia setigera* [23]. Все эти виды являются типичными для всего баренцевоморского прибрежья [13].

IV. В начале октября, с разрушением скачка плотности, начинается *осенняя фаза* сукцессии, характеризующаяся спадом всех количественных показателей развития альгоценоза: резко снижается таксономическое разнообразие, численность доходит до нескольких тысяч клеток в литре при биомассе 1–20 мкг/л. В сообществе преобладают динофлагелляты родов *Protoperidinium* или *Gymnodinium, Scrippsiella trochoidea*, а также эвгленовая водоросль *Eutreptia lanowii* или диатомовые *Melosira moniliformis, Nitzschia longissima, Cocconeis* sp. В ноябре на акватории водоема начинается процесс ледообразования, и сообщество микроводорослей вступает в зимнюю фазу покоя.

Прибрежные сообщества фитопланктона. Прибрежные сообщества на акватории Баренцева моря ограничены системами фронтов различного типа [24]. Решающим фактором в формировании годового цикла прибрежной пелагиали является интенсивность стока пресной воды с континента и его сезонные характеристики [25]. Баренцеворские прибрежные сообщества могут быть разделены на субарктические (по Мурманскому берегу до м. Святой Нос, по границе распространения сезонного ледяного покрова) и арктические (побережье к востоку от прол. Горло Белого моря и у берегов полярных архипелагов) (см. рис. 3.1.1). Основные отличия развития фитопланктонных сообществ прибрежной зоны — более высокие количественные показатели и наличие факультативных пиков активности в течение года.

Субарктические прибрежные сообщества. Годовой цикл фитопланктона прибрежной пела-

гиали значительно усложнен по сравнению с циклом пелагиали открытого моря. В субарктических прибрежных сообществах в конце зимы и весной проходит два максимума развития фитопланктона — ранневесенний и поздневесенний; летняя фаза сбалансированного развития, наступающая после установления сезонной стратификации вод открытого моря, начинается раннелетним, а завершается осенним максимумами. По мере продвижения на северо-восток раннелетний и осенний циклы принимают факультативный характер и формируются лишь в отдельные годы [10].

Начало весенней активности фитопланктона (вторая декада марта) связано с появлением в прибрежной пелагиали ранневесенних форм диатомовых: *Thalassiosira hyalina, T.* cf. *gravida, Navicula pelagica, N. septentrionalis, Nitzschia grunowii, Amphora hyperborea*. Численность клеток в этот период невелика и может колебаться от нескольких десятков до нескольких сотен клеток на литр [18].

I. *Первый весенний максимум развития фитопланктона* — наиболее универсальное экологическое событие в прибрежной зоне, приходится на середину апреля и осуществляется за счет ранневесенних неритических аркто-бореальных диатомовых родов *Thalassiosira*, *Chaetoceros, Navicula, Nitzschia*. Показатели количественного развития фитопланктона достигают максимального уровня, который сохраняется в течение нескольких дней. Численность фитопланктона в период ранневесеннего цветения колеблется от нескольких сот тысяч до 2 млн кл./л, а биомасса от 1 до 3 мг/л. Основное ядро сообщества в этот период сконцентрировано в верхнем десятиметровом слое.

II. *Второй весенний максимум* (конец мая — начало июня) связан со стоком пресной воды с материка и варьирует год от года. В большинстве случаев он является повторением первого, возможно, с редуцированным набором доминант. В годы с минимальным уровнем пресного стока в пелагиали формируется цветение с доминированием *Phaeocystis pouchetii* (максимальные зарегистрированные численность и биомасса — 8 млн кл./л и 1,7 мг/л) [7]. В пространственном отношении волна весеннего цветения, стартуя у м. Святой Нос, распространяется с востока на запад с прибрежными водами Белого моря, богатыми биогенными веществами.

III. *Летняя фаза сбалансированного развития* (с конца июня до конца августа) наиболее вариабельна. Весь набор возможных экологических сценариев можно разделить на два основных типа: 1) летний минимум развития сообщества, представленного мелкими диатомовыми и динофлагеллятами, и 2) формирование одного сукцессионного цикла в конце июля с последующим спадом активности до конца летнего сезона. В этом случае раннелетний максимум, как правило, практически моноспецифичен и формируется за счет массового развития вида *Skeletonema costatum*, который формирует в этот период более 80% биомассы микрофитопланктона.

IV. *Осенний максимум* (с середины сентября до начала октября) носит факультативный характер и связан обычно с появлением в пелагиали весенних форм диатомовых [10, 26]. В этот период в пелагиали доминируют диатомовые рода *Chaetoceros* и динофитовые родов *Ceratium, Dinophysis, Protoperidinium*. Численность клеток не превышает 2 тыс./л, биомасса менее 5 мкг/л.

V. Фитопланктонное сообщество весь *зимний период* (середина ноября — середина марта) находится в стадии покоя. В пелагиали фитопланктон представлен одиночными крупными океаническими динофитовыми водорослями космополитного и аркто-бореального происхождения. Основу доминирующего комплекса составляют *Ceratium longipes, C. tripos, Dinophysis norvegica, Protoperidinium depressum* (рис. 3.1.5).

Краевые бассейны Западного и Восточного Мурмана различаются по типам и характеру циркуляции. Для Западного Мурмана характерно наличие таких крупных фьордовых систем, как губа Печенга, Мотовский и Кольский заливы. Для Восточного Мурмана характерны, почти без исключений, небольшие краевые бассейны открытого и полузамкнутого типа с морской циркуляцией [27]. Исключение составляет лишь губа Териберская с развитой эстуарной циркуляцией в своей кутовой части. Этим фактом, вероятно, объясняются особенности сезонного развития фитопланктона в прибрежной зоне Мурманского побережья.

I. *Весенний период.* Наиболее универсальным экологическим событием в прибрежной зоне является *первый весенний максимум* развития фитопланктона, который формируется за счет ранневесенних неритических аркто-бореальных диатомовых родов *Thalassiosira, Chaetoceros, Navicula, Nitzschia*. Сроки начала весенней активизации фитопланктонного сообщества в прибрежной зоне Мурманского берега достаточно стабильны и приходятся на середину марта. В типичном случае во второй половине марта в прибрежной зоне Восточного Мурмана наблюдается явная активизация ранневесеннего комплекса диатомовых (*Chaetoceros curvisetus, C. furcellarus, C. diadema, C. socialis, Navicula vanhoeffenii, N. pelagica, Nitzschia grunowii, Thalassiosita gravida, T. hyalina, T. nordenskioeldii*), причем их биомасса составляет около 100 мкг/л. В то же время при-

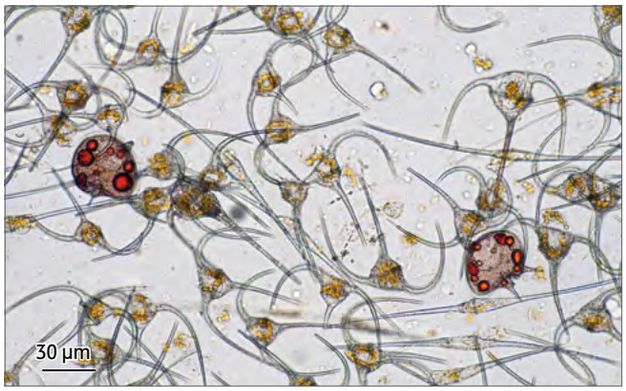


Рис. 3.1.5 *Protoperidinium depressum*

брежная зона Западного Мурмана в конце марта характеризуется типичным «зимним» состоянием микропланктонной биоты. Биомасса диатомовых в большинстве случаев не превышает 10 мкг/л, как и биомасса динофлагеллят, подавляющее большинство которых представлено мелкими формами из порядка Gymnodiniales.

Формирование ранневесеннего максимума — основного события сукцессионного цикла прибрежного фитоценоза, обусловлено в равной степени как общими закономерностями сезонного развития фитопланктона, так и морфологией и гидрологическим режимом отдельных участков акватории, в частности конкретных губ и заливов, что может приводить к значительной межгодовой изменчивости как качественных, так и количественных параметров функционирования пелагиали в целом.

II. *Второй весенний максимум* приходится на конец мая — начало июня. Он связан в основном со стоком пресной воды с континента и соответственно еще более варьирует год от года и по времени наступления, и по количественным характеристикам, и по качественному составу. В большинстве случаев второй весенний пик является повторением первого, возможно, с некоторой редукцией набора доминирующих видов. Характерной чертой развития фитопланктона в этот период, как и в период предвесенья, является пространственная неравномерность. Цветение пелагических микроводорослей начинается в открытых мористых участках раньше, чем в устьях заливов. Распределение количественных показателей обилия фитопланктона также неоднородно.

III. *Для летнего периода* сбалансированного развития характерно доминирование в пелагиали центрической диатомовой *Skeletonema costatum*. Субдоминантами в летнем видовом комплексе являются представители рода *Chaetoceros* и динофитовые водоросли родов *Amphidinium, Gymnodinium*. Пространственное распределение количественных характеристик отражает особенности таксономической структуры фитопланктонного сообщества различных участков прибрежной акватории. В заливах Восточного Мурмана доминируют колониальные центрические диатомеи (в основном *Skeletonema costatum*), а на западном побережье фитопланктон представлен динофитовыми водорослями, которые имеют бóльшую биомассу.

IV. К *осеннему периоду* может быть приурочен осенний максимум обилия микрофитопланктона, который носит факультативный характер и связан обычно с появлением в пелагиали весенних форм диатомовых. Второй вариант развития событий в осенней прибрежной пелагиали — постепенный спад обилия и видового разнообразия микроводорослей до минимальных зимних значений.

V. *Зимний период* характеризуется низкими абсолютными значениями и высокой мозаичностью пространственного распределения показателей. Доминирующее положение занимают мелкие пеннатные диатомовые.

Арктические прибрежные сообщества. Основной особенностью арктических прибрежных экосистем открытого типа является наличие сезонного ледяного покрова припайного типа. Как и в случае пелагических экосистем, вся сезонная динамика прибрежных вод (особенно в случае полярных архипелагов) фактически полностью определяется сезонной динамикой ледяного покрова.

Анализ многолетней динамики фитопланктона затруднен вследствие необходимости сравнения идентичных сезонов и сукцессионных стадий. При сравнении результатов исследований в одном и том же районе Баренцева моря (на так называемом «Кольском меридиане») в апреле—мае 1921, 1957, 1985 и 1997 гг. обнаруживалось постепенное снижение численности клеток фитопланктона с 10 000 до 4000, затем до 1200 и до 1000 млн кл./м^2 [3]. В том же районе в апреле 2016 г. максимальная численность фитопланктона составила около 10 млн кл./м^2 [28].

Продукционные характеристики фитопланктона

Первичная продуктивность сильно зависит от сезонного уровня инсоляции, устойчивого ледяного покрова и наличия питательных веществ и поэтому непостоянна в высоких широтах. Таяние и отступление морского льда в начале весны являются мощными движущими силами повышения продуктивности фитопланктона в Северном Ледовитом океане и прилегающих морях шельфа из-за повышенной доступности света и стратификации воды [29]. Недавнее уменьшение площади

арктического морского льда [30] в значительной степени способствовало изменению уровня первичной продукции во всей Арктике. Однако реакция первичной продукции на потерю морского льда может быть как сезонно, так и пространственно изменчивой [31, 32].

В арктической зоне Баренцева моря годовое количество солнечной энергии не превышает 251 кДж/см^2, тогда как его величина у полярного круга составляет 293 кДж/см^2. В районе 75–80° с. ш., при часто наблюдаемой сплошной облачности и относительно малых высотах Солнца (15–10 град. в марте и 39–34 град. в июне) его суммарная радиация, достигающая водной поверхности, остается низкой. Период вегетации фитопланктона здесь не превышает 2–3 мес. и является менее продолжительным, чем в расположенных южнее районах моря (5–6 мес.) [33].

Усиление инсоляции и атмосферный прогрев в значительной степени способствуют разрушению сезонного льда, при таянии которого создаются условия, необходимые для формирования центров цветения фитопланктона и, как следствие, биологической первичной продуктивности. Значительные объемы синтезируемого органического вещества в зону тающей ледовой кромки также поставляют ледовые альгоценозы [34, 35].

Согласно наблюдениям разных лет, максимальные концентрации хлорофилла *a* наблюдаются на акватории моря в мае [33, 36, 37]. *В субарктической области открытого моря и прибрежных водах* этот максимум может достигать 10–20 мг/м^3, первичная продукция в этот период достигает 2 г С/м^2 [36]. Для арктических водных масс характерно развитие весеннего цветения подо льдом и во временных полыньях [38, 39]. Типично наличие массового цветения у кромки тающего льда. Это цветение продвигается с юга на север по мере таяния льда и смещения границы ледяного покрова. Обилие фитопланктона в центральной части моря может достигать 12–14 мг/м^3 хлорофилла *a*, а первичная продукция составлять до 3,5 г С/м^2. В восточной части моря в зоне ледовой кромки эта величина может достигать 540 г С/м^2 [35].

В результате обильного весеннего развития фитопланктона в верхнем перемешанном слое в летний период сильно снижается концентрация биогенов, что приводит к снижению первичной продуктивности.

Верхний 100-метровый слой атлантической водной массы слабо стратифицирован, поэтому при ветровом воздействии происходит перемешивание водной толщи до глубин 40–80 м. При этом биогенные вещества, находящиеся глубже фотической зоны, поступают в верхние слои, способствуя развитию фитоплантона. Благодаря такому периодическому поступлению биогенов формируется меньший, летний, пик развития фитопланктона [35, 36]. Схожий механизм формирования летнего пика обилия фитопланктона характерен для прибрежных водных масс [35].

В арктической области открытого моря, в отличие от субарктической, сезонный пикноклин чрезвычайно выражен, и ветровое воздействие не способно перемешать водную толщу глубже 30 м. Это приводит к блокировке биогенных веществ в нижних слоях воды в следующие за весенним цветением летние месяцы. Первичная продукция не превышает 81 мг С/м^2 [35]. Только непосредственно в пикноклине может формироваться максимум биомассы фитопланктона с концентрацией хлорофилла *a* до 20 мг/м^3 [36, 40]. Этот максимум исчезает к осени по мере заглубления пикноклина.

Среднегодовые и годовые значения первичной продукции в водах субарктического шельфа Баренцева моря значительно выше, чем в арктических водах, в связи с отсутствием летнего пика развития фитопланктона в последних. Межгодовые различия в величинах первичной продукции могут быть обусловлены вариабельностью климатических условий [35, 36, 41, 42]. В арктическом секторе эта вариабельность более выражена [37]. Увеличение годовой первичной продукции в течение 2003–2019 гг. происходит за счет увеличения безледного периода и возрастания площади акватории, свободной ото льда [11]. Тренд, который демонстрирует изменение первичной продукции для Баренцева моря, — один из самых значительных в Арктике — 10,62 г С/м^2/год, или годовой прирост на 22,7% (для сравнения: среднее годовое увеличение продуктивности арктических морей 5,75 г С/м^2). В то же время, данные спутниковой оценки по Баренцеву морю за 2019 г. показывают отрицательную аномалию содержания хлорофилла *a* в мае 2019 г. Относительно низкие концентрации хлорофилла *a* в этот и последующий периоды связаны с увеличением площади ледяного покрова в этом регионе в течение всего сезона. Распределение хлорофилла *a* в 2018 г. более показательно и соотносится с основными закономерностями сезонной сукцессии сообществ фитопланктона.

Зоопланктон

История изучения зоопланктонных сообществ

Интенсивное изучение планктонных сообществ Баренцева моря началось в первой половине XX в. [43]. Эти исследования охватывали большую часть акватории, но носили преимущественно

эколого-фаунистический характер. По их результатам были составлены подробные списки видов и выделены группы зоопланктона, характерные для разных районов Баренцева моря. Уже тогда возникло понимание двойного генезиса баренцевоморской биоты: юго-западную часть моря населяют преимущественно бореальные виды, заносимые течением из Атлантического океана, а северо-восточную часть — арктические виды, типичные для Северного Ледовитого океана.

В период с 1970 по 2000 г. основной вектор исследований сместился в сторону количественного анализа: основное внимание уделялось особенностям распределения численности и биомассы зоопланктона по акватории моря, выделению зон биопродуктивности, а также оценке кормовой базы промысловых видов рыб [3, 43, 44].

На современном этапе изучение зоопланктона носит комплексный характер, т. е. включает как фаунистические, так и количественные исследования (хотя в основном прикладного характера, связанные с мониторинговыми работами в акватории моря). Данные о планктонных сообществах используются, в частности, для построения моделей экосистемы Баренцева моря, для оценок потоков органического вещества между толщей воды и дном, а также для анализа влияния климата на экосистемы Арктики [36, 45, 46].

Фауна и фаунистические комплексы

Список видов зоопланктона Баренцева моря включает около двухсот наименований [3]. Наиболее многочисленны и разнообразны веслоногие ракообразные (Copepoda), относящиеся к мезопланктону — организмам со средними размерами тела 1–5 мм. Они же, как правило, создают большую часть биомассы сообщества зоопланктона. По числу видов и биомассе среди них преобладает отряд Calanoida (рода *Calanus* (3 вида), *Pseudocalanus* (4), *Metridia* (2), *Acartia* (5), *Microcalanus* (2) и др.), но по численности им во многих случаях не уступают очень мелкие циклопы рода *Oithona* (отряд Cyclopoida). Представители отряда Harpactocoida (обычно в лице одного мелкого вида *Microsetella norvegica*) также часто встречаются, но не играют заметной роли в сообществах. Обычно веслоногие ракообразные составляют 70–90% численности и 40–80% биомассы всего зоопланктона [47].

Почти половину видового списка и зачастую почти половину биомассы (но не численности) составляет макропланктон (животные с характерными размерами от 5 до 30 мм). Это в первую очередь кишечнополостные: гидроидные и сцифоидные медузы, а также сифонофоры. Именно их скопления обычно определяют локальные пики биомассы баренцевоморского зоопланктона. Достаточно разнообразны и массовы бывают также высшие ракообразные: эвфаузииды и планктонные бокоплавы семейства Hyperiidae, включающие 6 и 7 видов соответственно [48]. Морские стрелки (тип Chaetognatha) и оболочники (класс Appendicularia) также регулярно встречаются в планктонном сообществе немногими (по 3 вида тех и других), но массовыми видами. Моллюсков представляют крылоногие гастроподы — так называемые морские ангелы (*Clione*) и морские чертики (*Limacina*).

Баренцево море обладает обширной шельфовой зоной с богатыми сообществами бентоса, и в периоды размножения донной фауны (главным образом летом) его водная толща наполняется плавающими личиночными стадиями донных организмов (мероплактоном), размерами обычно от 0,05 до 1–2 мм. В планктоне массово встречаются личинки полихет, моллюсков, мшанок, брахиопод и различных донных ракообразных (в основном десятиногих и усоногих).

Состав зоопланктона мористых и эстуарных акваторий Баренцева моря значительно различается как на уровне видов, так и на уровне таксонов ранга отряда и выше [49]. В частности, крупные медузы, морские стрелки и оболочники, типичные для акваторий центральной части моря, обычно полностью отсутствуют в мелководных опресненных заливах, однако при этом в них встречается довольно много ветвистоусых ракообразных.

Облик планктонного сообщества Баренцева моря определяется его географическим положением и характером распределения водных масс. Фауна имеет черты как бореального, так и арктического экологических комплексов. Баренцевоморский зоопланктон состоит из смеси космополитных, арктических, аркто-бореальных и бореальных видов [50, 51]. По вертикальной зональности их подразделяют на эпипланктические, населяющие слой водных масс от 0 до 25–50 м; интерзональные, обитающие на глубине от 25–50 до 150–200 м; и глубоководные, населяющие глубины свыше 200 м [52]. Каждый из этих комплексов обладает характерным набором таксонов, характеризующих определенную водную массу.

Ледово-неритический (арктический) комплекс зоопланктона связан с кромкой льда у берегов в зимний период, границей плавающих льдов и толщей вод под ними, а также с водными массами, выносимыми из этих районов течениями. Арктические виды предпочитают низкую, нередко ниже нуля, температуру воды и слегка пониженную, по сравнению с океанической, соленость. Выходя за границы типичных условий

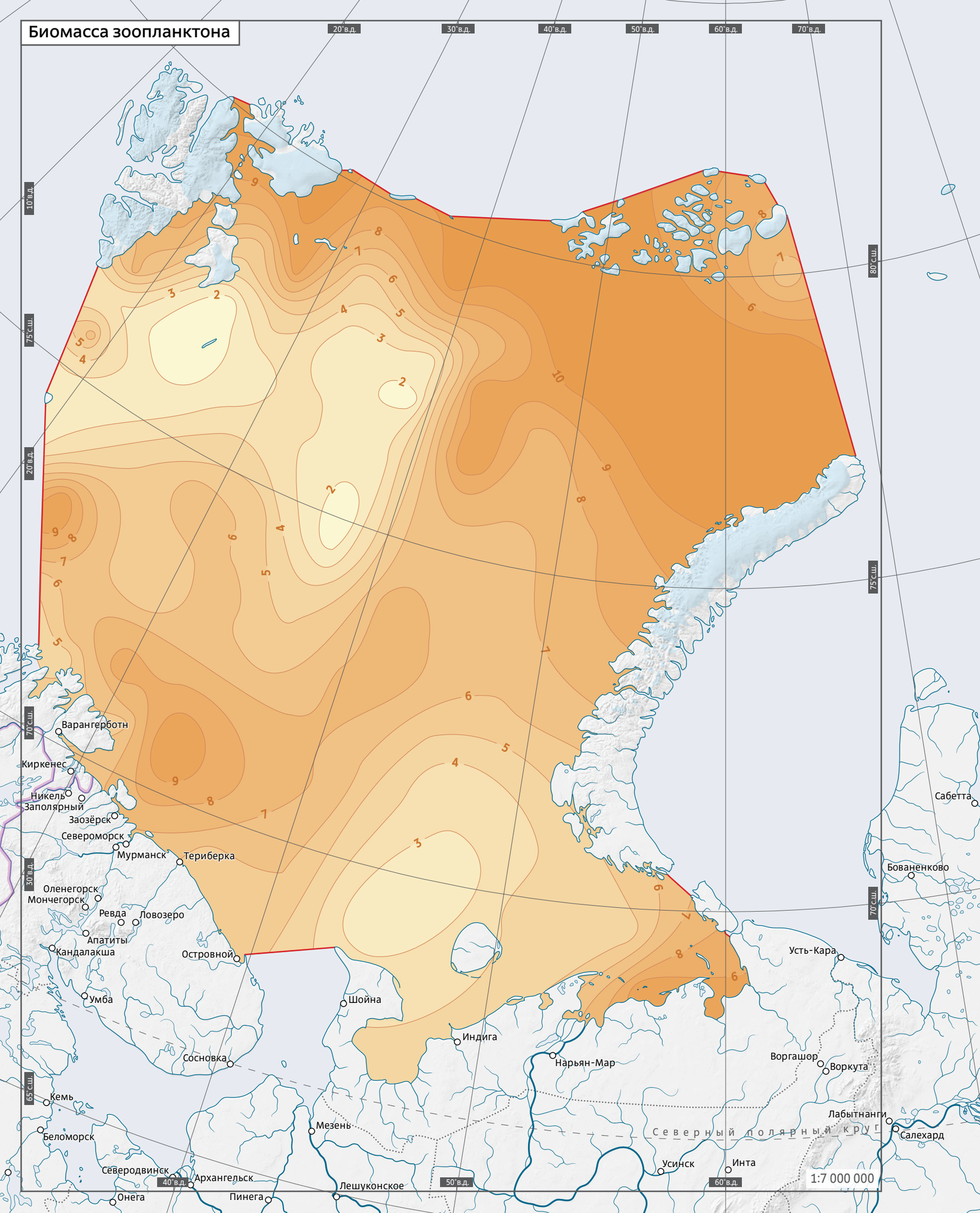

Биомасса зоопланктона
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°с.ш.
75°с.ш.
80°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Индига
Сосновка
Кемь
Беломорск
Мезень
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Бованенково
Сабетта
Северный полярный круг
1:7 000 000

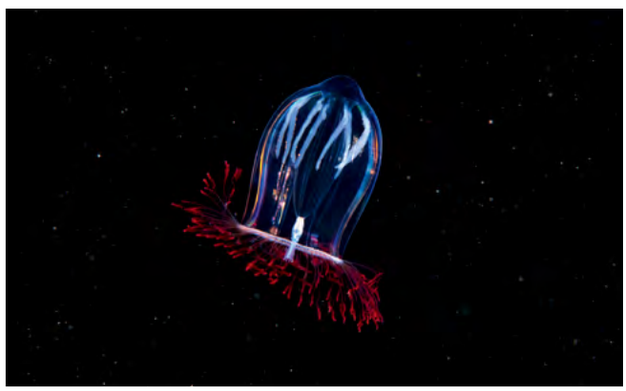
Рис. 3.1.6 Морской черт *Limacina helicina*

Морской ангел *Clione limacina* Рис. 3.1.7

обитания, они обычно мигрируют в нижние, более холодные слои водных масс [53]. Так, на севере и северо-востоке Баренцева моря эти виды в основном эпипланктонные, а в более теплых западной и юго-западной частях акватории — интерзональные. К этому видовому комплексу относятся: медуза *Aeginopsis laurentii*; гребневик *Mertensia ovum*; веслоногие ракообразные: *Paraeuchaeta glacialis, Calanus glacialis, Metridia longa*; морская стрелка *Eukrohnia hamata* [48, 54].

Океанический аркто-бореальный (баренцеворский) комплекс зоопланктона характерен для холодных водных масс центральных районов Баренцева моря, но вместе с этими водными массами иногда проникает и в прибрежную зону. Характерной чертой аркто-бореальной фауны является приуроченность к солености 18,0–35,0 psu. Обычно эти виды интерзональные, с широкими ареалами [48]. В этот видовой комплекс входят: сифонофора *Dimophyes arctica*; крылоногие моллюски *Limacina helicina* (рис. 3.1.6) и *Clione limacina* (рис. 3.1.7); веслоногие ракообразные: *Microcalanus pygmaeus, Calanus hyperboreus, Paraeuchaeta norvegica*; морская стрелка *Parasagitta elegans*.

Океанический бореальный (атлантический) комплекс видов в Баренцевом море в своем распространении связан с притоком относительно теплых и несколько более соленых вод из Северной Атлантики. С атлантическими течениями эти виды разносятся далеко на север и восток акватории, но наиболее обильны они на юго-западе и юге Баренцева моря. Условные границы распространения этого комплекса проходят в районе 75° с. ш. и 40° в. д., что

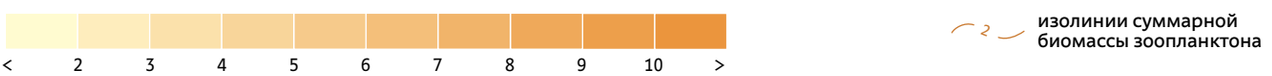


Гидроидная медуза *Aglantha digitale* Рис. 3.1.8

обусловлено пределами проникновения основных ответвлений Нордкапского течения [48]. К бореальным видам относится самый распространенный вид Copepoda южной части Баренцева моря — *Calanus finmarchicus*. Кроме него, в этот комплекс входят: медуза *Aglantha digitale* (рис. 3.1.8); крылоногий моллюск *Limacina retroversa*; веслоногие ракообразные *Oithona atlantica* и *Metridia lucens*; эвфаузиды *Thysanoessa inermis* и *T. longicaudata*; оболочник *Fritillaria borealis*. Экологически близки к перечисленным видам веслоногие ракообразные *Oithona similis* и *Triconia borealis*, имеющие широкие циркумбореальные ареалы и массовые в южной части Баренцева моря.

Солоноватоводный (прибрежный) комплекс видов — индикатор опресненных водных масс, поступающих из прибрежных эстуарных районов. Это, в частности, ветвистоусые ракообразные:

Распределение суммарной биомассы зоопланктона в летний период в слое от дна до поверхности (г/м² сухого веса) (по [55, 56], с дополнениями)



Podon leucartii, Evadne nordmani; веслоногие ракообразные: *Limnocalanus macrurus, Centropages hamatus, Temora longicornis, Drepanopus bungei, Acartia clausi* и *A. bifilosa*.

Из-за сезонной, межгодовой и многолетней изменчивости мощности теплого Нордкапского течения, географические границы распространения разных комплексов видов зоопланктона постоянно и значительно меняются. Стабилизирует структуру и обилие сообщества в меняющихся условиях небольшой блок видов, многочисленных в основных четырех (арктической, баренцевоморской, атлантической и прибрежной) водных массах Баренцева моря. Из веслоногих ракообразных к ним относятся: *Metridia longa*, наиболее обильная в баренцевоморской и арктической водных массах; *Microcalanus pusillus, Pseudocalanus minutus* и *Oithona similis*, обычные для арктической, баренцевоморской и атлантической водных масс; *Calanus finmarchicus* и *Triconia borealis*, доминирующие в водах, принесенных из Атлантического океана; *Temora longicornis* и *Acartia clausi*, характерные для мелководной прибрежной зоны. Репродуктивные показатели этих видов и их устойчивость к изменениям температуры и солености выше, чем у большинства других видов, что позволяет им быть своего рода «буфером» планктонного сообщества при резких изменениях среды.

Обилие зоопланктона и определяющие его факторы

Распределение биомассы зоопланктона на акватории Баренцева моря [55, 56] отчасти определяется структурой планктонных сообществ, связанных с распространением различных водных масс (см. выше) и зонами их соприкосновения — фронтами [55]. Помимо водных масс, большую роль в развитии зоопланктона играет климатический фактор, в основном определяющий сезонную и межгодовую динамику сообщества. К существенным пикам обилия обычно приводит локальный приток биогенов в акваторию, что часто наблюдается в прибрежных районах и особенно в устьях рек [57]. Кроме этого, на распределение планктонных ракообразных (Copepoda и Euphausiacea) значительное влияние оказывает выедание рыбой — мойвой, молодью трески и пикши [58–60].

К наиболее протяженным и выраженным фронтальным зонам Баренцева моря относятся полярный и прикромочный (ледовый) фронты. *Полярный фронт* разделяет холодные арктические воды, характерные для Северного Ледовитого океана, и более теплые атлантические воды, переносимые Нордкапским течением из Норвежского моря [36]. Фронт является относительно постоянным только в западной части, где наблюдается наиболее резкий градиент температуры поверхностных водных масс. Восточная часть фронта подвержена значительной изменчивости и за счет поступления теплых атлантических вод и поверхностного прогрева моря в летний период может продвигаться далеко на восток, к арх. Новая Земля [61]. *Прикромочная фронтальная зона* имеет сезонный характер и прослеживается только в теплый период года. Она начинается на севере Баренцева моря, в районе о. Медвежий, далее проходит в сторону архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа вдоль границы плавающих льдов. Эта фронтальная зона формируется по границе линзы холодных распресненных вод, образующихся за счет таяния арктического льда [62]. Также на формирование фронта влияют Медвежинское и Восточно-Шпицбергенское течения [63].

Наиболее продуктивные сообщества фито- и зоопланктона в Баренцевом море развиваются именно во фронтальных зонах [46]. Биомасса зоопланктона в районах, находящихся под воздействием полярного фронта, может превышать 10 г/м^2 [55]. Характерно, что в атлантических водных массах до 80% продукции *Calanus* может являться принесенной течением из Норвежского моря [64]. Однако не следует забывать о пульсациях Нордкапского течения, которыми обусловлены изменения площади распространения атлантических вод. В связи с ними расположение районов высокого обилия зоопланктона ежегодно меняется.

Другим важным фактором, влияющим на продукцию зоопланктона, является степень развития ледяного покрова и связанного с ним прикромочного фронта [55]. Высокая продуктивность фитопланктона и связанное с ней высокое обилие зоопланктона обычно наблюдаются в зоне 20–50 км от кромки льдов. Существуют значительные сезонные и межгодовые различия площади акватории, покрытой льдом, которые обуславливают изменчивость расположения ледового фронта. Биомасса зоопланктона в районе границы льдов также часто достигает 10 г/м^2, а в районе арх. Шпицберген — до 30 г/м^2 [65, 66].

При сравнении характера воздействия на планктонное сообщество двух описанных фронтов отмечено, что хотя цветение фитопланктона в районе полярного фронта обычно не столь интенсивно, как у ледового фронта, но происходит в течение более длительного периода и в итоге имеет более высокую общую продуктивность [55]. Кроме этого, сильное перемешивание водных масс над мелями и около островов в зоне полярного фронта обеспечивает дополнительный приток

биогенов в водную толщу, и также вызывает увеличение продуктивности фито- и зоопланктона [67]. В районе прикромочного фронта, напротив, наблюдается большая стабильность водных масс за счет стекающей со льда талой воды. Поэтому здесь бурное развитие фитопланктона относительно быстро истощает запас биогенных веществ, после чего его обилие снижается. Таким образом, общая биомасса зоопланктона у ледового края является более изменчивой, чем в зоне полярного фронта.

Часто повышенное обилие зоопланктона наблюдается также в прибрежных районах Баренцева моря. В мелководной неритической зоне большое значение имеет поступление биогенов с материка, в частности из эстуарных зон [51]. Биомасса зоопланктона бывает локально высокой, например, около Мурманского берега [55] и в юго-восточной части акватории моря, выделяемой как Печорское море [68]. На большей части Печорского моря биомасса зоопланктона варьирует от 0,1 до 0,2 г/м^3, что примерно соответствует средним значениям для Баренцева моря [69]. Значительно более высокое обилие наблюдаются в прибрежных опресненных районах, в частности в Печорской губе, где летние биомассы зоопланктона достигают 10–15, а иногда и 20 г/м^2 [68]. Это связано с бурным развитием на акватории фитопланктона благодаря поступлению биогенов со стоком р. Печора и из донных отложений при волновом взмучивании на мелководье [51].

В центральной части Баренцева моря часто наблюдается пониженная биомасса зоопланктона (около 2–4 г/м^2, суммарно в слое от дна до поверхности) [55]. Это в большой степени обусловлено выеданием мойвой — наиболее распространенной в регионе планктоядной рыбой [59, 70]. Центральная часть бассейна Баренцева моря является одним из основных мест скопления косяков мойвы [60]. Потребление зоопланктона рыбами резко возрастает в теплые летние сезоны при появлении их мальков [71]. При значительных изменениях численности мойвы биомасса зоопланктона существенно меняется как в центральной части Баренцева моря, так и во всем море в целом.

Распределение видовых комплексов по акватории моря

Распределение видовых комплексов зоопланктона обусловлено взаиморасположением водных масс: атлантических, арктических, смешанных атлантических/арктических, опресненных прибрежных масс, а также полярного и ледового фронтов. Структура основных видовых группировок, характерных для разных районов, представлена на рис. 3.1.9 [55, 56, 72].

Для *атлантических водных масс* среди мезопланктона типично преобладание *Calanus finmarchicus* (до 95% общей биомассы) [55, 56, 73 и др.]. Среди макропланктонных организмов лидирующие позиции занимают *Thysanoessa inermis, T. longicaudata* и *Meganyctiphanes norvegica* [56]. Первые два вида наиболее обычны в северо-западной части акватории, а последний — в юго-западной. Кроме этого, в глубинных водных массах западной части моря достигает высокой численности амфипода *Themisto abyssorum* [55].

Для *арктических водных масс* характерны видовые комплексы с доминированием *Calanus glacialis*, а также мелких *Pseudocalanus minutus* и *Oithona similis* (в среднем 90% общей биомассы) [55, 56 и др.]. Среди макропланктона типичными являются амфиподы *Themisto libellula*. Сходная структура доминирования в планктонном сообществе наблюдается в водах *ледового фронта.*

Видовые комплексы с доминированием *Metridia longa* (в среднем 50–60% общей биомассы) стабильно встречаются в *смешанных атлантических и арктических водных массах* в центральной части акватории Баренцева моря [55, 56]. Также в этом районе часто наблюдаются скопления желетелого планктона, представленного, в первую очередь, сцифоидными медузами *Cyanea capitata* и *Aurelia aurita* (рис. 3.1.10).

Зоопланктон вод *полярного фронта* представляет собой комплекс, включающий бореальные, арктические и аркто-бореальные виды [44, 48]. Первый компонент ассоциирован с теплыми и солеными североатлантическими водами, тогда как два последних — с холодными арктическими. Обычно доминируют веслоногие ракообразные *Calanus* (40–80% от общей биомассы) и *Pseudocalanus* spp. (5–20%) [74]. В ряде случаев в зоне полярного фронта наблюдается взаимодополняющее распределение двух видовых комплексов [75]. Первый — типичный для водных масс арктического происхождения с доминированием видов рода *Pseudocalanus* и *Oithona similis*, второй — характерный для атлантических вод с преобладанием *Calanus finmarchicus*.

Отдельного внимания заслуживают планктонные комплексы *юго-восточной части Баренцева моря*. Фауна ее обеднена за счет почти полного исчезновения глубоководных форм зоопланктона, что связано с его мелководностью (в среднем не более 100 м) [76]. С другой стороны, юго-восточная акватория моря обогащена эстуарными и даже пресноводными видами. По сравнению с центральной частью Баренцева моря, здесь отмечена повышенная продуктивность зоопланктона, даже при меньших биомассах [49]. Это связано

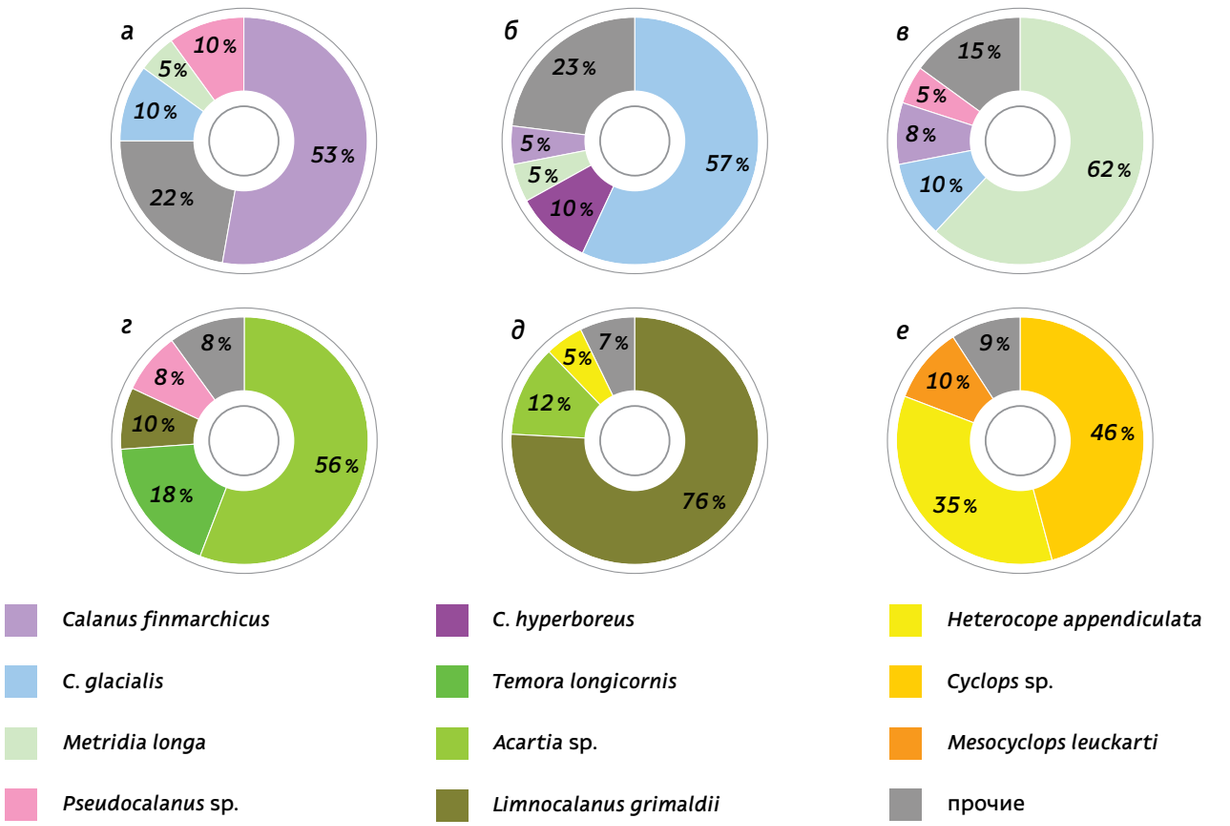


Рис. 3.1.9 Вклад массовых видов (%) в суммарную биомассу зоопланктона различных видовых комплексов (ВК): ВК атлантических водных масс (*а*); ВК арктических водных масс (*б*); ВК центральной части акватории (*в*); ВК юго-восточной части акватории (*г*); солоноватоводный ВК центральной части Печорской губы (*д*); пресноводный ВК кутовой части Печорской губы (*е*) (по [55, 56, 72] с дополнениями)

с преобладанием здесь мелких, быстро размножающихся веслоногих ракообразных родов *Acartia, Temora* и *Pseudocalanus*. У макропланктонных организмов здесь типичны видовые комплексы с доминированием *Thysanoessa raschii* [55]. Воздействие на морскую акваторию стока р. Печора создает резкую горизонтальную и вертикальную термохалинную стратификацию, оказывающую значительное влияние на биоту [76]. Соответственно фауна моря включает обширный блок видов пресноводного происхождения, выносимых из р. Печора. В самом Баренцевом море пресноводные виды не играют заметной роли из-за отсутствия других крупных рек и эстуариев.

Зоопланктон юго-восточной части Баренцева моря формирует ряд собственных видовых комплексов, типичных для опресненных акваторий. *Неритический солоноватоводный комплекс* видов встречается в большей части прибрежной акватории. Для неритической зоны характерны глубины около 30 м, а соленость понижена и составляет в среднем 29,0 psu [54]. Здесь доминируют мелкие представители подкласса Copepoda: *Pseudocalanus, Acartia bifilosa, Temora longicornis*, составляя 40–50% суммарной биомассы. Обилие представителей родов *Calanus* и *Oithona* низко (менее 10%) [51, 57]. Крылоногие моллюски и оболочники крайне редки. Биомасса зоопланктона сильно варьирует — от 3 до 8 г/м^2.

Эстуарный солоноватоводный комплекс зоопланктона занимает большую часть Печорской губы и прилегающие к нему восточные акватории, находящиеся под влиянием стока р. Печора. Глубина в этом районе составляет 5–6 м, соленость варьирует в широких пределах (от 3,0 до 20,0 psu) в зависимости от локализации, глубины и сезона года [68, 72]. В зоопланктоне преобладают довольно крупные представители подкласса Copepoda — *Limnocalanus grimaldii* (90% от суммарной биомассы), роль других видов невелика. Биомасса зоопланктона, за счет высокого обилия видов рода *Limnocalanus*, достигает летом 10–18 г/м^2.

Пресноводный видовой комплекс характерен для южной и юго-восточной части Печорской губы, где

Рис. 3.1.10 Сцифоидная медуза *Aurelia aurita*

мощный сток р. Печора приводит к практически полному опреснению, а соленость, как правило, не превышает 1–2 psu [68, 72]. Зоопланктон здесь состоит из типично пресноводных видов, среди которых преобладают веслоногие ракообразные: *Cyclops strenuus, C. vicinus, Acanthocyclops bicuspidatus, Mesocyclops leuckarti, Heterocope appendiculata,* а также коловратки родов *Asplanchna, Keratella, Notholca*. Эти виды в сумме образуют 60% общей биомассы зоопланктона. Встречаются также ветвистоусые ракообразные: *Holopedium gibberum, Bosmina* spp., *Daphnia* spp., выносимые течением из проток р. Печора. Суммарная биомасса зоопланктона невелика — около 2 г/м² [68].

Одним из наиболее специфических комплексов является *криопелагический видовой комплекс*, организмы которого населяют подводную поверхность припайных и дрейфующих льдов. В зоопланктоне здесь разнообразно представлены веслоногие ракообразные отряда Harpacticoida, а также науплиальные стадии представителей других отрядов, ракушковые рачки (класс Ostracoda) и бокоплавы семейств Calliopiidae (*Apherusa glacialis*), Uristidae (*Onisimus*) и Gammaridae (*Gammarus wilkitzkii*). В Баренцевом море детальные исследования ледовой биоты выполнены для акваторий около юго-восточной части арх. Шпицберген, где ее биомасса не превышает 2 г/м² [77].

Вертикальное распределение зоопланктона

Почти все виды зоопланктона предпочитают для обитания определенные слои в пределах населяемого ими вертикального диапазона глубин. Однако их вертикальное распределение обычно подвержено значительной суточной и сезонной изменчивости. Поскольку плавные изменения температуры и солености не создают значительных препятствий для миграций организмов, то предпочитаемые ими глубины определяются в первую очередь биотическими факторами [78]. В конце зимы основная биомасса зоопланктона в Баренцевом море концентрируется на глубине более 100–150 м [79] (рис. 3.1.11). В этот сезон вертикальное распределение обычно относительно

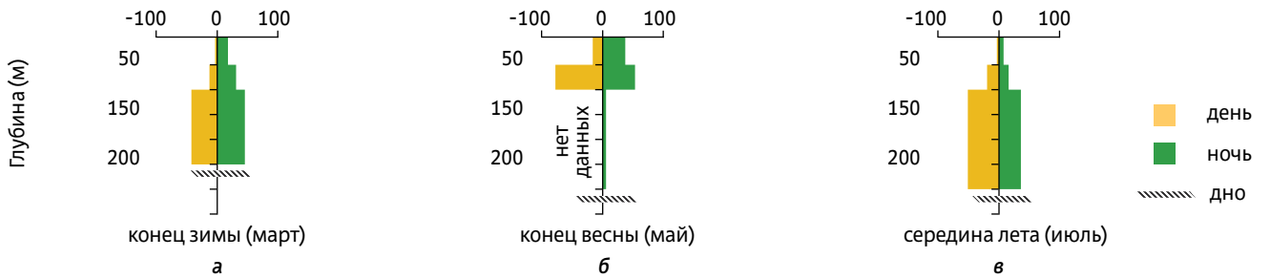


Рис. 3.1.11 Сезонная и суточная изменчивость вертикального распределения зоопланктона в юго-западной части Баренцева моря: конец зимы (*а*); конец весны (*б*); середина лета (*в*) (по [79] с изменениями)

стабильно в течении суток, и вертикальные миграции играют незначительную роль. Известно, что в арктическом бассейне виды рода *Calanus* для зимовки опускаются до глубины 1000 м и более [80, 81]. Однако если акватория относительно неглубокая, то они образуют плотные скопления на меньших глубинах в придонном слое вод [82–84]. Такая ситуация наблюдается и в Баренцевом море. В первой половине лета зоопланктон обилен в верхнем 50-метровом слое водных масс [85–87 и др.]. В дневное время основная биомасса обычно находится глубже 25 м, а ночью организмы мигрируют к поверхности [55, 85, 86, 88]. Особенно ярко выражены такие миграции у альгофагов (например, видов рода *Calanus*), поднимающихся в верхние слои воды для питания водорослями [55]. Миграции всеядных веслоногих ракообразных *Metridia longa* выражены гораздо слабее и затрагивают не всю популяцию [89]. Осенью, а иногда уже в середине лета, зоопланктон опускается на глубину (см. рис. 3.1.11) и его основная биомасса находится глубже 50 м [85]. В ряде акваторий максимальное обилие зоопланктона в этот период отмечено до глубин 200 м [79]. Такой характер распределения связан как с началом зимней диапаузы у видов рода *Calanus* [81], так и с избеганием зоопланктоном рыб, питающихся в верхних слоях воды [58].

Сезонные изменения в зоопланктоне

Сезонные изменения сообщества зоопланктона Баренцева моря являются закономерным следствием изменений температуры воды, а также смены полярной ночи и полярного дня [90]. На разных широтах акватории моря биологические сезоны начинаются в разное время года. Подобные различия наблюдаются также и в направлении с запада на восток по мере отступления кромки льда под воздействием теплых атлантических вод. Продолжительность сезона массового развития зоопланктона в направлении с юго-запада на север и восток сокращается. Так, на юго-западе акватории Баренцева моря биологическое лето продолжается три месяца, а на северо-востоке — менее одного [91].

В зимний период на всей акватории наступает полярная ночь, водные массы охлаждаются и вследствие образования льда несколько осолоняются. В водной толще биомасса зоопланктона превышает таковую фитопланктона, хотя и является низкой. Зимняя биомасса зоопланктона обычно составляет не более 1–2 г/м^2, что примерно в четыре раза меньше средних летних значений. Основная часть особей *Calanus* и Euphausiacea зимует в глубинных водах котловин и желобов [80, 92]. Для весеннего периода характерно быстрое развитие зоопланктона, и в толще воды наблюдается повышение численности личиночных и ювенильных стадий [92]. Наибольшее разнообразие меропланктона (в особенности личинок моллюсков и многощетинковых червей) характерно для прибрежной зоны юго-западной части Баренцева моря. Биомасса фитопланктона растет еще быстрее и значительно превышает биомассу зоопланктона. К концу весны обилие зоопланктона становится очень высоким за счет развития фильтраторов, поедающих фитопланктон. Летом в планктоне увеличивается численность хищных видов веслоногих ракообразных, а также медуз и гребневи-

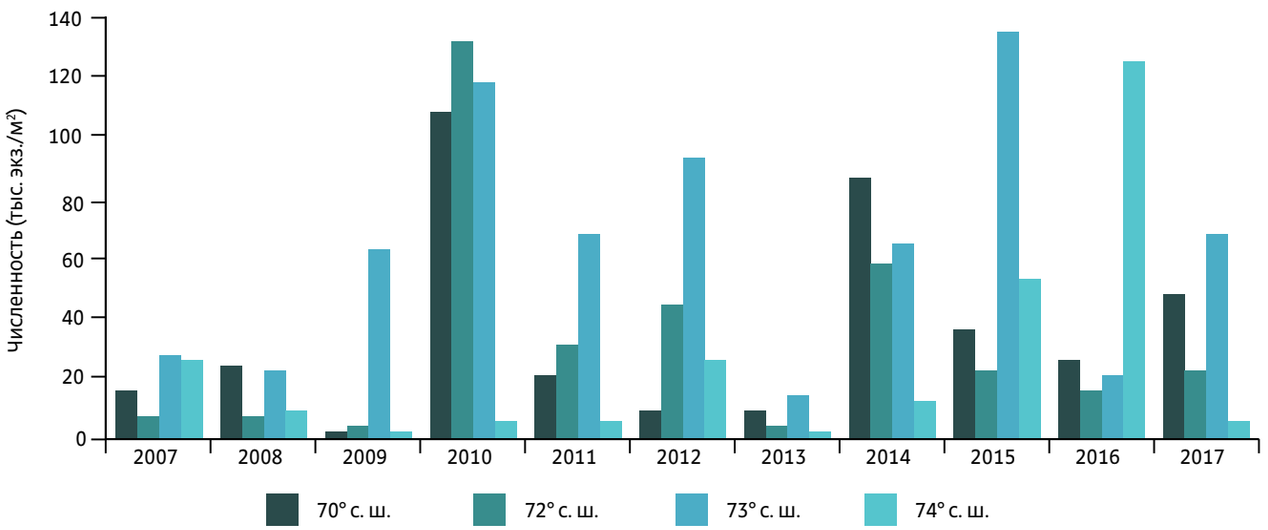


Рис. 3.1.12 Межгодовая изменчивость обилия *Calanus finmarchicus* в северо-западной части Баренцева моря (по [95])

ков. Продолжается рост обилия массовых видов представителей подкласса Copepoda, биомасса которых достигает годового максимума к концу лета [92]. Видовое богатство мероланктона снижается за счет оседания личинок донной фауны. Наблюдается уменьшение обилия зоопланктона в поверхностных слоях воды, связанное с выеданием рыбами. В конце лета и начале осени, когда прогрев водных масс наиболее велик, увеличивается приток в центральные части акватории эвритермных теплолюбивых и солоноватоводных видов, за счет чего возрастает видовое богатство. Для осени характерно общее снижение численности и биомассы зоопланктона, завершаются вертикальные миграции массовых видов, структура сообщества постепенно стабилизируется и переходит к климаксному состоянию при низком зимнем обилии [91].

Многолетняя динамика обилия и состава зоопланктона

Динамика обусловлена прессом хищников, чередованием теплых и холодных летних сезонов, пульсацией Нордкапского течения и глобальными климатическими изменениями [55]. В зависимости от положения полярного и ледового фронтов происходят закономерные перестройки структуры видовых комплексов на разных участках акватории Баренцева моря [56]. Как правило, в относительно теплые летние сезоны обилие зоопланктона выше в связи с большим прогревом поверхностного слоя воды и связанным с ним быстрым размножением фитопланктона [51]. Отмечено, что с повышением средней летней температуры воздуха на 2–3 °C средняя биомасса сообщества к концу лета увеличивается в 2–3 раза [93]. Чем длиннее вегетационный сезон, тем больше в планктоне роль крупных организмов, в первую очередь гидроидных медуз [51]. Однако, динамика обилия зоопланктона не полностью скоррелирована с температурным трендом [56, 93].

В последние годы в Баренцевом море на фоне общего потепления климата, снижения площади плавающих льдов и изменения режима развития фитопланктона наблюдается экспансия атлантического вида *Calanus finmarchicus* в северные районы акватории [94]. При этом ареалы арктических видов постепенно сужаются. Эта тенденция более явно наблюдается в западной части акватории (рис. 3.1.12) [95], тогда как в восточной половине перестройка планктонных комплексов выражена слабее [96]. Расширение ареала *Calanus finmarchicus*, отличающегося от близких видов *C. glacialis* и *C. hyperboreus* меньшей пищевой ценностью, может привести к изменению кормовой базы рыб и планктоноядных птиц (в частности, люрика), что может отразиться на их численности [94].

Структура макропланктона также начинает меняться. В период с 1952 по 2009 г. одновременно с повышением температуры моря значительно возросла биомасса эвфаузиид [97]. При этом атлантические *Thysanoessa inermis* и *T. longicaudata* значительно расширили свои ареалы на север, а распространение холодноводной *T. raschii* сузилось. Изменения затронули и планктонных амфипод семейства Hyperiidae: наиболее массовым в Баренцевом море стал атлантический вид *Themisto abyssorum* [55]; при этом арктический вид *T. libellula* оттеснен на северо-восток, в район арх. Земля Франца-Иосифа.

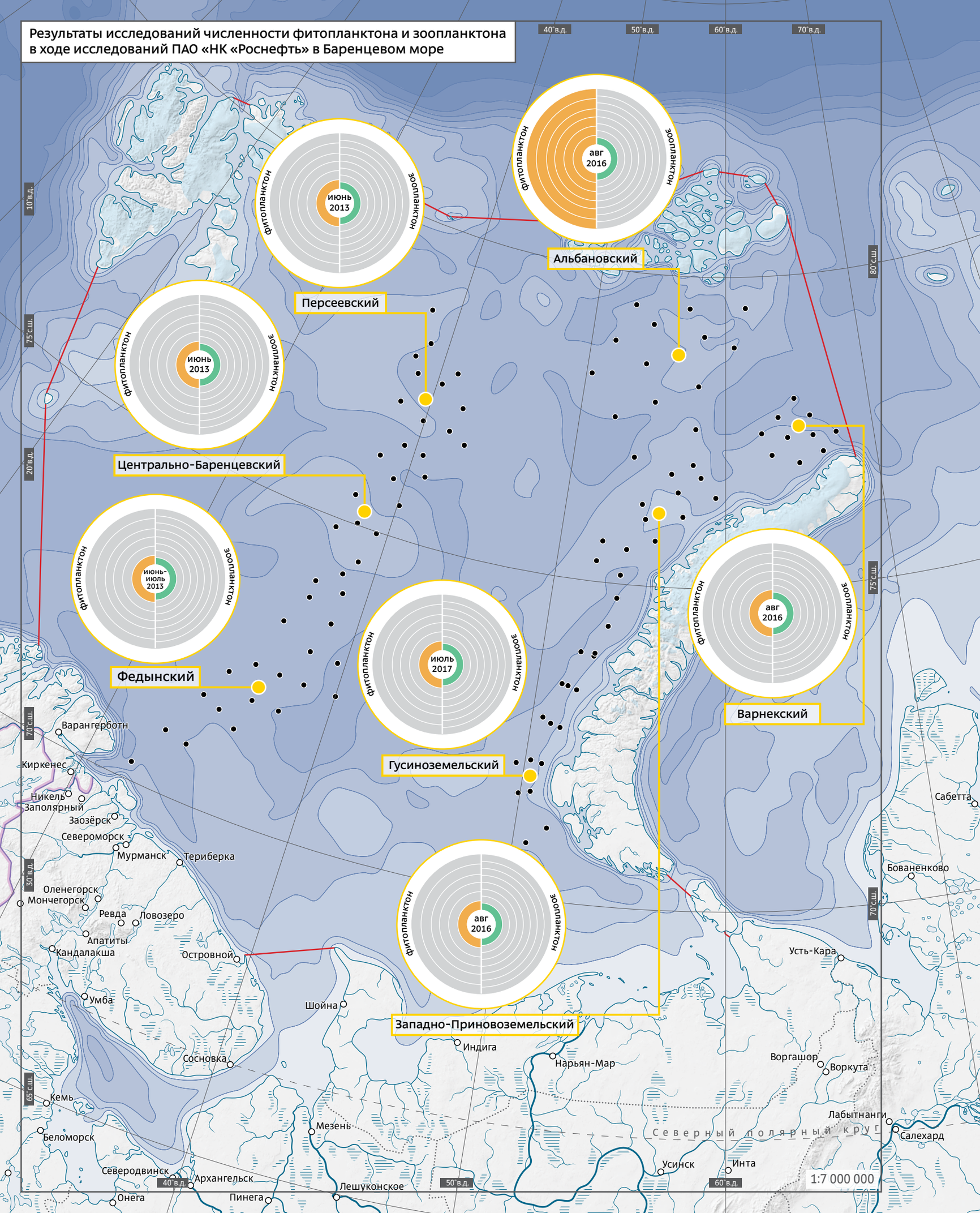
Роль зоопланктона в экосистеме моря

Зоопланктон играет значительную роль в формировании кормовой базы рыб Баренцева моря, являясь основой питания мойвы и планктоядной молоди ряда других рыб. В свою очередь, организмы зоопланктона поглощают 22–44% органического углерода от суточной первичной продукции фитопланктона, ускоряя вертикальный поток органического углерода за счет производства быстро тонущих гранулированных фекалий — пеллет [98]. Поступающие в глубокие слои водных масс пеллеты представляют собой существенный трофический ресурс для обитателей глубоководного и интерзонального планктонного, а также донного сообществ. Вертикальный поток органического углерода сильно варьирует в зависимости от глубины, стратификации водных масс и сезона [45]. Детальные исследования показали, что гранулы пеллет, производимые зоопланктоном, составляют в среднем 10–20% вертикального потока углерода в Баренцевом море [98, 99]. Таким образом, зоопланктон, являясь основным потребителем продукции фитопланктона, представляет собой важное звено пищевой сети, связующее трофические уровни разного порядка — от хищников до детритофагов.

Результаты исследований планктонных сообществ в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть»

Экологический мониторинг планктонных сообществ на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море начался в 2012 г. Большая часть акватории охвачена исследованиями с 2016 г., в настоящее время наблюдения проводят

Результаты исследований численности фитопланктона и зоопланктона в ходе исследований ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море



более чем на 200 станциях, расположенных на 15 лицензионных участках в границах акватории Баренцева моря. Отбор проб фитопланктона происходит с трех горизонтов — поверхностного, слоя скачка и придонного. Зоопланктон отбирают на комплексных станциях тотальным ловом от дна до поверхности (рис. 3.1.13). В ходе мониторинга оценивают видовой состав, общая численность и биомасса планктона, численность и биомасса каждого вида и отдельных таксонов, пространственное и вертикальное распределение количественных показателей. Планктонные организмы отличаются высокой чувствительностью к условиям среды, таким как соленость, содержание биогенных веществ, течения, загрязнение воды и др. Благодаря высокой скорости реакции планктонных организмов на изменения среды можно судить о текущей экологической обстановке на исследуемом участке. Для большинства участков данные приведены по результатам фоновой съемки в акватории лицензионного участка, для лицензионного участках «Медынско-Варандейский» — по данным ежегодного мониторинга за период с 2013 по 2019 г.

Фитопланктон

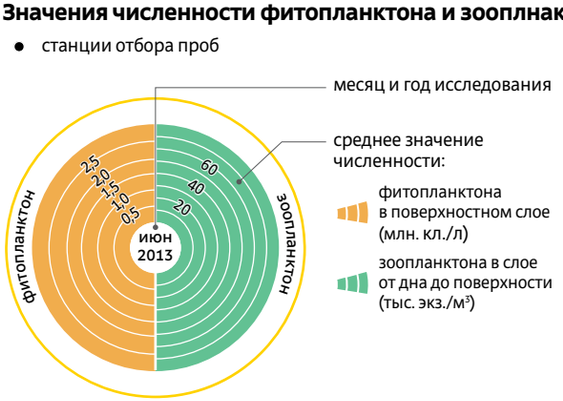
В составе ***фитопланктона лицензионного участка «Федынский»*** в июне — июле 2013 г. обнаружено 112 таксонов микроводорослей. Наиболее представлены диатомовые (40% видов) и динофлагелляты (52%). В целом по участку численность варьировала от 49 до 131 360 кл./л, биомасса от 0,04 до 644 мкг/л. В поверхностном слое численность и биомасса выше: 730–131 000 кл./л, в среднем 27 428 кл./л; 13–468 мкг/л, в среднем 172 мкг/л. Максимальные значения численности и биомассы были отмечены в центре лицензионного участка и связаны с развитием золотистой колониальной водоросли *Dinobryon balticum*. На остальной акватории численность не превышала десятков тысяч клеток в литре, пространственное распределение достаточно равномерно. Максимальные значения биомассы были обнаружены в восточной части лицензионного участка и связаны с развитием крупных динофлагеллят родов *Protoperidinium*, *Ceratium*, *Dinophysis*. В придонном горизонте численность фитопланктона колебалась от 49 до 35 787 кл./л (в среднем 4280 кл./л), биомасса — от 0,04 до 50 мкг/л (в среднем 11,4 мкг/л). Высокие значения биомассы связаны с развитием центрических диатомовых *Thalassiosira angustelineata*, *Chaetoceros teres* и крупных форм рода *Coscinodiscus*.

Отбор проб зоопланктона сетью Джеди в ходе экспедиции ПАО «НК «Роснефть», 2017 г. Рис. 3.1.13

Планктонная альгофлора ***лицензионного участка «Центрально-Баренцевский»*** отличалась невысоким разнообразием и, по результатам съемки, проведенной в июне 2013 г., включала 87 таксонов микроводорослей. Наиболее представлены диатомовые (48% видов) и динофлагелляты (42%). В поверхностном горизонте основу численности (3147–120 853 кл./л, в среднем 46 662 кл./л) составляла золотистая водоросль *Dinobryon balticum*, ее биомасса варьировала от 45 до 444 мкг/л (в среднем 164 мкг/л). Максимальные показатели относительной биомассы были зарегистрированы в центральной части лицензионного участка для динофитовых *Protoperidinium depressum*, *P. breve* и *Gyrodinium lacryma*. В слое скачка плотности численность менялась от 11 680 до 100 760 кл./л (в среднем 47 748 кл./л) при колебаниях биомассы от 46 до 734 мкг/л (в среднем 267 мкг/л). Максимальные значения численности были локализованы на севере участка и связаны с развитием спор диатомовых рода *Chaetoceros* и колониальной стадии *Phaeocystis pouchetii*.

В фитопланктоне ***лицензионного участка «Персеевский»*** по результатам исследований, проведенных в июне 2013 г., доминировал диатомово-динофитовый комплекс видов, всего 91 таксон.

Значения численности фитопланктона и зооплнактона



В целом по акватории участка численность варьировала от 9,8 до 1000 тыс. кл./л, биомасса — от 51 до 745 мкг/л. В поверхностном горизонте численность и биомасса составляли 0,7–131 тыс. кл./л, в среднем 27 тыс. кл./л и 13–468 мкг/л, в среднем 172 мкг/л. Максимальные значения были связаны с развитием колониальной водоросли *Phaeocystis pouchetii*. В слое скачка плотности характеристики сопоставимы с поверхностными. Повышение характеристик было связано с развитием диатомовых родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira*. Максимальные биомассы достигались за счет развития крупных форм хетоцероса и диатомеи *Entomoneis paludosa*. В придонном горизонте численность фитопланктона колебалась от 1 до 1332 тыс. кл./л (в среднем 304 тыс. кл./л), биомасса — от 40 до 3168 мкг/л (в среднем 428 мкг/л).

В альгофлоре ***лицензионного участка «Албановский»*** в августе 2016 г. выявлено 90 видов водорослей, преобладают диатомовые водоросли (41%) и динофитовые. По численности и биомассе доминировали диатомовые, в пределах 38–2390 млн кл./м^3 и 2–1074 мг/м^3. Наибольший вклад в численность и биомассу внесли *Chaetoceros compressus*, *C. decipiens*, *C. debilis*, *C. diadema*, *C. socialis*, *C. neogracilis*. Общая численность фитопланктона менялась в пределах 198–1572 млн кл/м^3, общая биомасса — от 36 до 1209 мг/м^3. На большинстве станций численность и биомасса фитопланктона имели довольно высокие значения (198–1572 млн кл./м^3 и 36–1209 мг/м^3). Основная масса фитопланктона развивалась в поверхностном слое, минимальная относительная численность и биомасса обычно отмечались в придонном горизонте.

Планктонная альгофлора ***лицензионного участка «Варнекский»*** по результатам съемки, проведенной в августе 2016 г., включает 54 вида водорослей. Преобладают диатомовые водоросли (78%). Наиболее разнообразно представлены виды родов *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Thalassiosira*, что характерно для арктических и высокоширотных морей. По сравнению с литературными данными фитопланктон показывал большее видовое богатство и преобладание диатомовых водорослей. Общая численность невысока для Баренцева моря и менялась в пределах 0,1–3,3 млн кл./м^3. Общая биомасса колебалась от 4,2 до 79,6 мг/м^3. Наибольший вклад в численность и биомассу внесли виды *Chaetoceros decipiens*, *C. densus*, *C. diadema*, *C. debilis*, *C. socialis* и *Rhizosolenia hebetata*, *Protoperidinium depressum* и *Ceratium arcticum*. Невысокую численность фитопланктона можно объяснить низкими температурой, освещенностью и концентрацией биогенных веществ. Основная доля фитопланктона была расположена в слое пикноклина (до 98%), что характерно для Баренцева моря.

В составе ***фитопланктона лицензионного участка «Западно-Приновоземельский»*** в августе 2016 г. выявлено 77 видов водорослей, в них преобладали диатомовые (57%). Наиболее разнообразны роды *Chaetoceros* (11), *Nitzschia* (7), *Thalassiosira* (6), что характерно для арктических и высокоширотных морей. Общая численность менялась в пределах 0,1–1,1 млн кл./м^3 и невысока для Баренцева моря. Общая биомасса фитопланктона колебалась от 0,6 до 29,8 мг/м^3. Доминировали диатомовые водоросли, наибольший вклад в численность и биомассу внесли *Chaetoceros decipiens* и *Rhizosolenia hebetata*. Невысокую численность фитопланктона можно объяснить низкими температурой, освещенностью и концентрацией биогенных веществ.

В альгофлоре ***лицензионного участка «Гусиноземельский»*** по результатам съемки, проведенной в июле 2017 г., представлено 99 видов, 42 из которых динофитовые водоросли, 37 — диатомовые. По численности структуру сообщества формировали диатомовые, динофитовые, криптофитовые, гаптофитовые, зеленые водоросли, по биомассе — динофитовые и диатомовые водоросли. Вертикальное и пространственное распределение фитопланктона неоднородно. Общая численность варьировала в диапазоне от 20 до 1827 тыс. кл./л, общая биомасса — от 0,04 до 3,3 мг/л. В поверхностном слое в среднем 295,8 тыс. кл./л и 0,7 мг/л, в промежуточном — 320,6 тыс. кл./л и 0,9 мг/л, в придонном — 188,4 тыс. кл./л и 0,2 мг/л. Планктон в целом соответствовал характерному для региона, изменений, связанных с антропогенным влиянием, не выявлено.

В альгофлоре ***лицензионного участка «Северо-Поморский-1»*** в августе 2016 г. встречено 57 видов, наиболее представлены динофитовые и диатомовых водоросли. Численность и биомасса фитопланктона снижалась от поверхностного слоя к придонному и составляла в среднем в поверхностном слое 537 тыс. кл./л и 0,72 мг/л, в среднем слое 183 тыс. кл./л и 0,23 мг/л, в придонном слое 28 тыс. кл./л и 0,02 мг/л. Градиент обилия проходил в сторону уменьшения с юго-запада на северо-восток. Структурные и количественные характеристики фитопланктона были характерны для летнего периода и соответствовали литературным данным.

В составе фитопланктона ***лицензионного участка «Северо-Поморский-2»*** в августе 2016 г. отмечено 68 видов, преимущественно динофитовых и диатомовых водорослей. Численность

и биомасса снижалась от поверхностного слоя к придонному и составляла в среднем в поверхностном слое 471 тыс. кл./л и 0,58 мг/л, в среднем слое 218 тыс. кл./л и 0,26 мг/л, в придонном слое 47 тыс. кл./л и 0,04 мг/л. В юго-восточной части участка значения численности и биомассы планктона было выше, чем в его северо-западной части. Состояние планктона характерно для региона в летний период.

Планктонная альгофлора ***лицензионного участка «Поморский»*** в августе 2016 г. включала 48 видов, наиболее представлены динофитовые и диатомовые водоросли. Численность и биомасса снижалась от поверхностного слоя к придонному и составляла в среднем в поверхностном слое 286 тыс. кл./л и 0,38 мг/л, в среднем слое 150 тыс. кл./л и 0,18 мг/л, в придонном слое 20 тыс. кл./л и 0,01 мг/л. Наибольшее обилие было отмечено в северо-западной части лицензионного участка. Состояние фитопланктона характерно для региона в летний период.

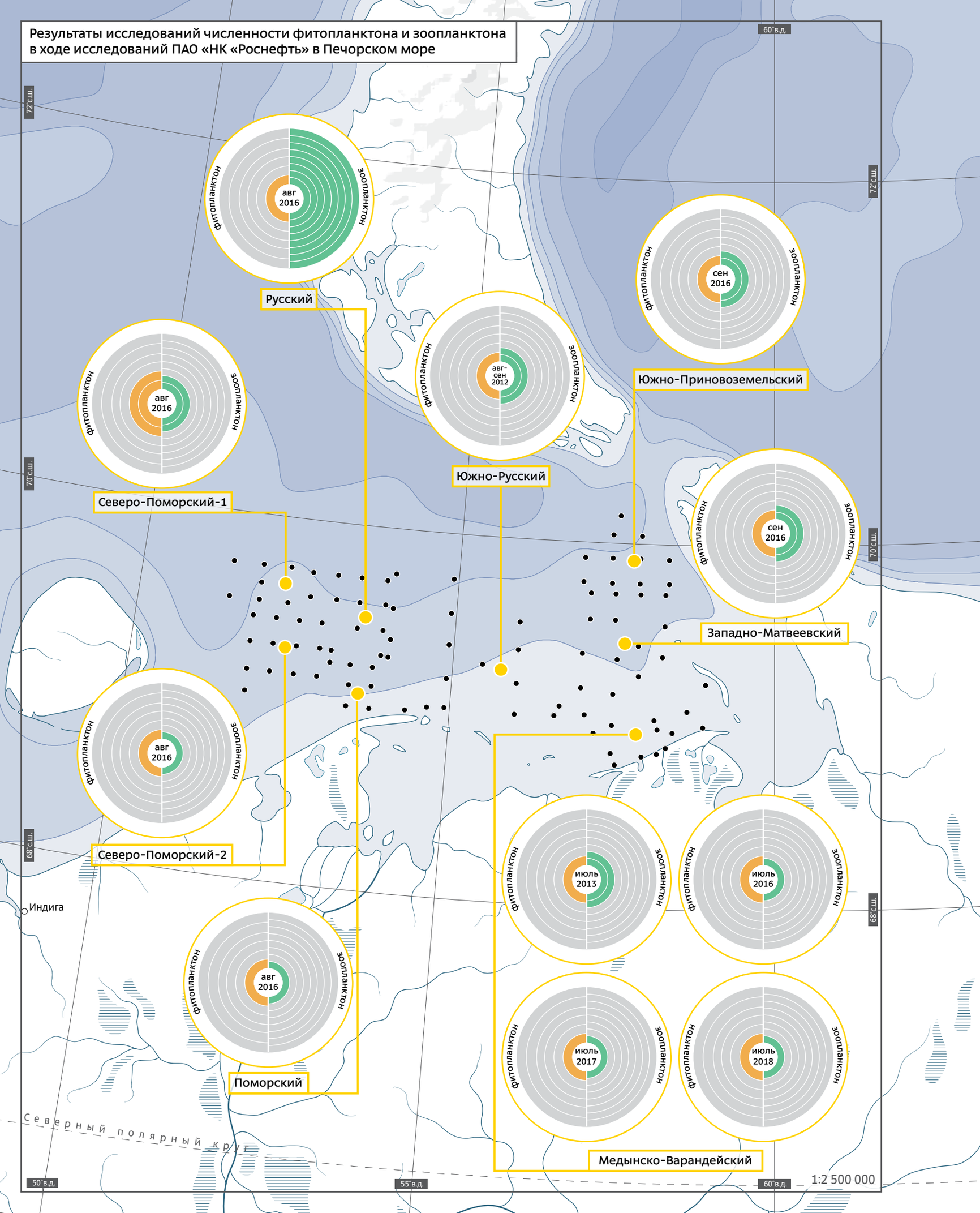
В альгофлоре ***лицензионного участка «Русский»*** в августе 2016 г. встречено 67 видов, наиболее разнообразны динофитовые и диатомовые. Численность и биомасса снижалась от поверхностного слоя к придонному и составляла в среднем в поверхностном слое 608 тыс. кл./л и 0,71 мг/л, в среднем слое 241 тыс. кл./л и 0,36 мг/л, в придонном слое 19 тыс. кл./л и 0,02 мг/л. В северо-западной части участка планктон был наиболее обилен. Структурные и количественные характеристики фитопланктона характерны для летнего периода и сравнимы с фондовыми данными для региона.

В составе фитопланктона ***лицензионного участка «Южно-Русский»*** в июне — августе 2012 г. выявлено 87 видов, преимущественно динофитовых и диатомовых водорослей. По численности в поверхностном слое северо-западной части преобладали динофитовые, в юго-восточной части — диатомовые. В промежуточном горизонте основу численности и биомассы формировали диатомовые. Средняя численность 864 млн кл./м^3 и биомасса 1,3 мг/м^3 соответствовали региону. Наибольшее обилие было отмечено в северо-западной части, наименьшее — в южной.

В составе фитопланктона ***лицензионного участка «Южно-Приновоземельский»*** в сентябре 2016 г. было выявлено 58 видов, преимущественно динофитовых и диатомовых водорослей. Среди доминантов *Oxytoxum gladiolus, Dinophysis norvegica, Ceratium fusus*, *Gymnodinium* sp. Численность и биомасса снижалась от поверхностного слоя к придонному и составляла в среднем в поверхностном слое 219 тыс. кл/л и 0,40 мг/л, в среднем слое — 99 тыс. кл/л и 0,24 мг/л, в придонном слое — 24 тыс. кл/л и 0,03 мг/л. В прибрежной, более мелководной, восточной части обилие планктона выше. Структурные и количественные характеристики соответствовали региону в осенний период.

Фитопланктон на ***лицензионном участке «Западно-Матвеевский»*** в августе 2016 г. был представлен 72 видами, в основном, динофитовых и диатомовых водорослей. Среди преобладающих форм *Oxytoxum gladiolus*, *Dinophysis acuminata*, *Gymnodinium* sp., *Paralia sulcata*, *Ditylum brightwellii*. Численность и биомасса снижались от поверхностного слоя к придонному и составляли в среднем в поверхностном слое 251 тыс.кл./л и 0,55 мг/л, в среднем слое 130 тыс.кл./л и 0,32 мг/л, в придонном слое 34 тыс.кл./л и 0,06 мг/л. В северной более глубоководной части обилие было выше, чем в южной. Биомасса фитопланктона, напротив, возрастала в южной более мелководной части лицензионного участка. Состояние фитопланктона характерно для региона в осенний период.

На ***лицензионном участке «Медынско-Варандейский»*** за период наблюдений в 2013–2019 гг. обнаружено 129 таксонов микроводорослей, преимущественно представленных диатомовыми и динофитовыми. Общая численность изменялась в диапазоне 3,9–110 тыс. кл./л, общая биомасса — в диапазоне 8–201 мкг/л. Большая часть планктонных водорослей являлись неритическими, морскими и солоноватоводными, аркто-бореальными видами. Наличие пресноводных видов обусловлено распреснением морской акватории за счет стока р. Печора. В 2013–2016 гг. средняя численность фитопланктона в поверхностном горизонте составила около 16 тыс. кл./л, в основном за счет развития диатомовых водорослей. В 2017 г. общая численность фитопланктона выросла до 110–520 тыс. кл./л в поверхностном слое, затем снова стала снижаться — до 50–90 тыс. кл./л в 2018–2019 гг. Биомасса претерпевала те же колебания: от 72 мкг/л в 2013–2015 гг. до 200–800 мкг/л в 2016–2017 гг., 400 мкг/л — в 2018 г. и 30 мкг/л — в 2019 г. Видовой состав и преобладающие формы также варьировали год от года и изменялись в зависимости от месяца проведения исследований. Так, в 2017 г. по численности доминировали в основном диатомовые водоросли, в 2013–2016 г. и 2018 г. преобладала *Skeletonema costatum*, к 2017 г. она была многочисленна, но доминировала лишь на части станций, а в 2019 г. преобладали *Thalassionema nitzschioides* и *Paralia sulcata*. Основу биомассы при этом составляли различные представители Bacillariophyta. Многолетние данные свидетельствуют о значительных различиях в численности и биомассе фитопланктона год от года, что может объясняться есте-


Результаты исследований численности фитопланктона и зоопланктона в ходе исследований ПАО «НК «Роснефть» в Печорском море
60°в.д.
72°с.ш.
70°с.ш.
68°с.ш.
50°в.д.
55°в.д.
Индига
Северный полярный круг
1:2 500 000
фитопланктон
зоопланктон
авг 2016
Русский
сен 2016
Южно-Приновоземельский
авг-сен 2012
Южно-Русский
Северо-Поморский-1
Западно-Матвеевский
Северо-Поморский-2
июль 2013
июль 2016
Поморский
июль 2017
июль 2018
Медынско-Варандейский

ственными причинами — съемки проводились в разные месяцы, и в целом планктону характерны колебания количественных показателей. При этом все данные говорят о бедности фитопланктона.

Зоопланктон

На ***лицензионном участке «Федынский»*** в июне—июле 2013 г. найдено 49 видов зоопланктона. Суммарная численность невысока для региона, варьировала от 43 до 1760 экз./м^3, в среднем составляя 700 экз./м^3. Общая биомасса менялась от 4 до 48 мг/м^3, в среднем составляя 98 мг/м^3. Сообщество довольно просто организовано, преобладали два-три массовых вида, что типично для весеннего и летнего планктона арктических морей. По численности на половине станций преобладала *Oithona similis*, на других — *Calanus finmarchicus*. По биомассе почти повсеместно превалировал *C. finmarchicus*.

В июне 2013 г. в пределах ***лицензионного участка «Центрально-Баренцевский»*** отмечено 44 вида зоопланктона. Суммарная численность менялась от 285 до 965 экз./м^3, в среднем составляя 630 экз./м^3. Общая биомасса варьировала в диапазоне 4–48 мг/м^3, в среднем составляя 20 мг/м^3. По биомассе лидировали Copepoda (3–42 мг/м^3), Euphausiacea (0–6,7 мг/м^3) и Chaetognatha (0–1,5 мг/м^3). Широко представлены копеподы *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *Pseudocalanus acuspes* и *P. minutus*, щетинкочелюстные *Parasagitta elegans*.

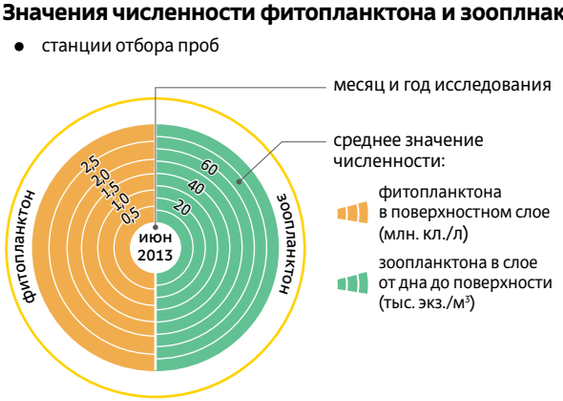
В июне 2013 г. на ***лицензионном участке «Персеевский»*** встречено 35 видов зоопланктона. Суммарная численность варьировала от 34 до 2311 экз./м^3, в среднем составляя 861 экз./м^3. Общая биомасса менялась от 1,6 до 122 мг/м^3, в среднем составляя 48 мг/м^3. По плотности на всех станциях доминировали копеподы, также высокую численность имели личинки оболочников (4–207, в среднем 60 экз./м^3) и эвфаузииды (0,4–30, в среднем 11 экз./м^3). Состав и характеристики зоопланктона близки к таковым для арктических морей.

Зоопланктон на ***лицензионном участке «Альбановский»*** в августе 2016 г. был представлен 36 таксонами. Наибольшее число видов было отмечено для веслоногих ракообразных (12 видов). Численность зоопланктона на станциях варьировала от 193 до 1393 экз./м^3, биомасса от 14,7 до 122,4 мг/м^3, в среднем численность и биомасса составляли 531,6 экз./м^3 и 52,7 мг/м^3 соответственно. Различия численности и биомассы зоопланктона между станциями связаны с локальной неоднородностью условий среды и гидрологическим фактором и слабо зависели от глубины на станции. Наибольшая биомасса отмечена на станциях с глубинами до 200 м. По численности доминировали веслоногие ракообразные отряда Calanoida: *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus acuspes/minutus*, *Microcalanus pygmaeus*, *Oithona similis* и *Oithona atlantica* (в сумме 88% от общей численности). По биомассе преобладали моллюски (*Limacina helicina*). На втором месте были представители Calanoida: *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis*, *Pseudocalanus acuspes/minutus* и *Oithona similis*. Изменений сообщества зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием, не выявлено. Характеристики зоопланктона можно принять как фоновые, типичные для фауны северо-восточной части Баренцева моря.

На ***лицензионном участке «Варнекский»*** в августе 2016 г. зоопланктон был представлен 34 таксонами, наиболее разнообразны веслоногие ракообразные (13 видов). Численность варьировала от 43,5 до 1089,3 экз./м^3, биомасса от 21,39 до 370,4 мг/м^3, в среднем численность и биомасса составляли 391 экз./м^3 и 109,15 мг/м^3 соответственно. Различия численности и биомассы зоопланктона между станциями связаны с локальной неоднородностью условий среды и гидрологическими факторами. В среднем обилие видов на станциях с глубиной до 200 м было в два раза выше, чем на станциях с глубиной от 230 м и более. По численности доминировали веслоногие ракообразные: *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus acuspes/minutus*, *Microcalanus pygmaeus* и *Oithona similis*. По биомассе преобладали *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis*, *Pseudocalanus acuspes/minutus*. Изменений сообщества зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием, не выявлено. Характеристики зоопланктона можно принять как фоновые, типичные для фауны северо-восточной части Баренцева моря.

В зоопланктоне ***лицензионного участка «Западно-Приновоземельский»*** в августе 2016 г. от-

Значения численности фитопланктона и зооплнактона



мечено 32 вида, обычных для фауны Баренцева моря в прибрежной зоне арх. Новая Земля. Численность зоопланктона варьировала от 86,1 до 771,5 экз./м^3, биомасса от 36,2 до 353,4 мг/м^3, в среднем численность и биомасса составляли 274,6 экз./м^3 и 125,6 мг/м^3 соответственно и не зависели от глубины. По численности доминировали *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus acuspes/minutus*, *Microcalanus pygmaeus* и *Oithona similis* (в сумме 77% от общей численности). По биомассе преобладали *Calanus finmarchicus* и *Calanus glacialis*. Изменений сообщества зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием, не выявлено. Характеристики зоопланктона можно принять как фоновые, типичные для фауны северо-восточной части Баренцева моря.

Зоопланктон на ***лицензионном участке «Гусиноземельский»*** в июле 2017 г. был представлен 48 таксонами, характерными для региона. Наиболее многочисленны веслоногие ракообразные и кишечнополостные. По численности и биомассе доминировали *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis*, *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, *Microcalanus pusillus*, *Metridia longa*, *Parasagitta elegans*, *Mertensia ovum*, циприсы усоногих ракообразных (Cirripedia) и *Mitrocomella polydiademata*. Численность зоопланктона варьировала от 285 до 1110 экз./м^3, биомасса — от 52,3 до 249,7 мг/м^3, в среднем 612 экз./м^3 и 104,3 мг/м^3. Различия в численности и биомассе зоопланктона на участке были связаны с глубиной и дискретностью условий среды обитания планктона в целом. Видовой состав, размерные и количественные характеристики характерны для района исследований в летний период.

На ***лицензионном участке «Северо-Поморский-1»*** в августе 2016 г. зоопланктон был представлен 38 таксонами. По численности и биомассе доминировали *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, *Evadne nordmanni*, *Podon leuckartii*, науплии Copepoda, *Microsetella norvegica*, *Limacina helicina*, личинки Bivalvia и *Parasagitta elegans*. По численности доминировали веслоногие ракообразные, по биомассе — веслоногие и ветвистоусые ракообразные. Численность зоопланктона варьировала от 8,1 до 16,0 тыс. экз. м^3, биомасса от 92,9 до 217,7 мг/м^3, в среднем составляя 11,7 тыс. экз./м^3 и 141,4 мг/м^3. Сообщество зоопланктона на участке было довольно сложно структурировано и соответствовало ненарушенному состоянию экосистемы.

В зоопланктоне ***лицензионного участка «Северо-Поморский-2»*** в августе 2016 г. отмечено 38 видов, характерных для Печорского моря. По численности и биомассе доминировали *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, *Temora longicornis*, *Microsetella norvegica*, *Evadne nordmanni*, *Podon leuckartii*, науплии Copepoda и Cirripedia, личинки двустворчатых моллюсков. Численность зоопланктона варьировала от 6,7 до 12,0 тыс. экз./м^3, биомасса от 42,1 до 154,0 мг/м^3, в среднем 9,0 тыс. экз./м^3 и 77,1 мг/м^3, что характерно для региона. Изменений зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием, не выявлено.

Зоопланктон на ***лицензионном участке «Поморский»*** в августе 2016 г. был представлен 35 таксонами, характерными для Печорского моря. По численности и биомассе доминировали *Calanus* spp. (*C. glacialis*, *C. finmarchicus*), *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, *Evadne nordmanni*, *Podon leuckartii*, личинки Polychaeta, науплии Copepoda, *Microsetella norvegica* и *Limacina helicina*. Численность варьировала от 6,1 до 10,6 тыс. экз./м^3, биомасса от 12,8 до 84,7 мг/м^3, в среднем 8,1 тыс. экз./м^3 и 40,2 мг/м^3, что соответствует типичным значениям для региона. Изменений зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием, не выявлено.

На ***лицензионном участке «Русский»*** в августе 2016 г. зоопланктон был представлен 42 таксонами. По численности и биомассе доминировали *Calanus* spp. (*C. glacialis* + *C. finmarchicus*), *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, *Evadne nordmanni*, *Podon leuckartii*, личинки Polychaeta, науплии Copepoda, *Microsetella norvegica*, *Parasagitta elegans* и *Limacina helicina*. По численности доминировали веслоногие ракообразные, по биомассе — веслоногие и ветвистоусые ракообразные и кишечнополостные. Численность зоопланктона варьировала от 12 до 153 тыс. экз./м^3, биомасса от 8,8 до 151,3 мг/м^3, в среднем 73 тыс. экз./м^3 и 61,3 мг/м^3. Видовой состав, размерные и количественные показатели характерны для района исследований в летний период.

В ***зоопланктоне лицензионного участка «Южно-Русский»*** в июле — августе 2012 г. было отмечено 62 таксона. Численность и биомасса (19 тыс. экз./м^3 и 510 мг/м^3) немного превосходили средние показатели, характерные для прибрежных районов южной части Баренцева моря в летний период. По обилию и биомассе преобладали веслоногие ракообразные. Наибольшие показатели обилия приходятся на южную и центральную часть акватории. Доминирующими видами были представители рода *Pseudocalanus*, *Temora longicornis*, *Oithona similis*, *Calanus finmarchicus*.

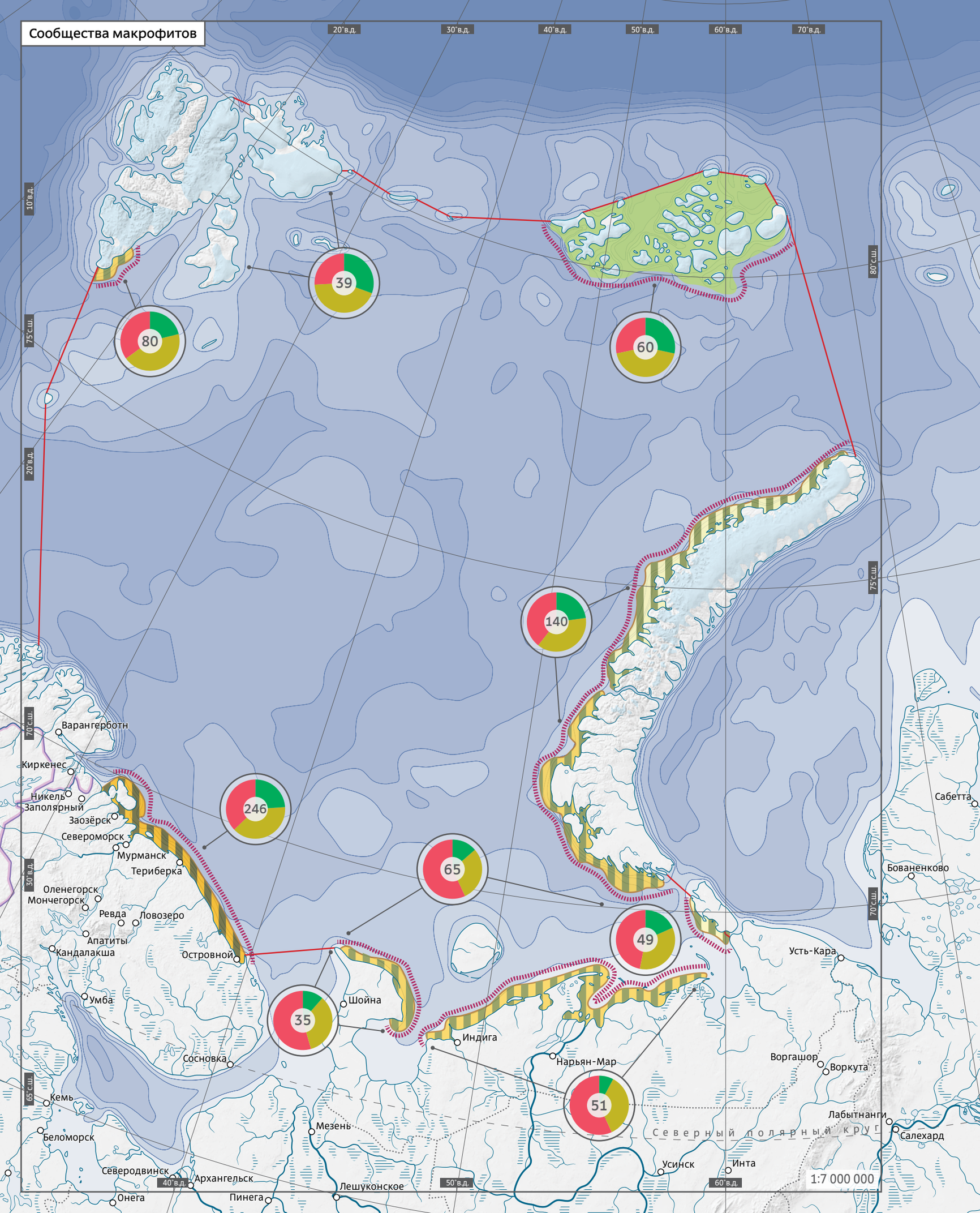
На лицензионном участке ***«Западно-Матвеевский»*** в октябре 2016 г. зоопланктон был представлен 37 таксонами. По численности и биомассе доминировали *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, *Microsetella norvegica*, *Temora longicornis*, *Parafavella denticulata*, *Limacina helicina*, *Parasagitta elegans*, *Tiaropsis multicirrata*. Численность зоо-

планктона варьировала от 4,2 до 30,4 тыс. экз./м^3, биомасса от 6,4 до 202,2 мг/м^3, в среднем составляя 12,5 тыс. экз./м^3 и 53,4 мг/м^3, что характерно для региона в осенний период.

Зоопланктон ***лицензионного участка «Южно-Приновоземельский»*** в октябре 2016 г. был представлен 42 таксонами. По численности и биомассе доминировали *Oithona similis*, *Pseudocalanus minutus*, *Calanus finmarchicus*, *Microsetella norvegica*, *Temora longicornis*. Численность зоопланктона варьировала от 4,1 до 26,0 тыс. экз./м^3, биомасса от 43,5 до 139,0 мг/м^3, в среднем составляя 18,2 тыс. экз./м^3 и 91,5 мг/м^3. Состав и количественные параметры зоопланктона можно принять как фоновые, характеризующие современное состояние зоопланктона в осенний период.

В зоопланктоне на ***лицензионном участке «Медынско-Варендейский»*** за период летних наблюдений в 2013–2018 гг. было выявлено 29 таксонов, характерных для Печорского моря, 11 из них являются представителями веслоногих ракообразных. Численность довольно высока и варьировала от 570 до 54 850 экз./м^3, биомасса, напротив, крайне низка — от 0,003 до 0,3 г/м^3, в среднем численность и биомасса составляли 1336 экз./м^3 и 0,06 г/м^3 соответственно. Наиболее массовыми видами были *Acartia* (*Acanthacartia*) *bifilosa*, *Acartia* (*Acartiura*) *longiremis* и *Pseudocalanus acuspes/minutus*. Изменений структуры сообщества зоопланктона, связанных с антропогенным воздействием, не обнаружено. Состав, численность и биомасса, а также соотношение таксономических групп являются фоновыми и характеризуют современное состояние морской экосистемы Печорского моря в летний период. В 2013–2014 гг. общая численность зоопланктона составила 10 тыс. экз./м^3; к 2015–2016 гг. снизилась на два порядка до 100 тыс. экз./м^3; в 2017–2018 гг. снова возросла до 1,8 тыс. экз./м^3; при этом состав планктона сходен, преобладали представители родов *Pseudocalanus* и *Acartia*; к 2019 г. численность составила 200 экз./м^3. Вероятно, такая резкая динамика обилия зоопланктона обусловлена внутрипопуляционными процессами, гидрологическим фактором (нагонные явления), а также динамикой климатических факторов (чередование теплых и холодных летних сезонов). Биомасса менялась похожим образом, в особенности в связи с колебаниями обилия медуз в планктоне. Многолетние данные свидетельствуют о значительных различиях в численности и биомассе зоопланктона год от года, что может объясняться естественными причинами — съемки проводились в разные месяцы, и в целом планктону характерны колебания количественных показателей. При этом все данные говорят о бедности зоопланктона.

Сцифоидная медуза *Cyanea capillata*


Сообщества макрофитов
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
39
80
60
140
246
65
49
35
51
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Бованенково
Сабетта
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Северный полярный круг
1:7 000 000

Макрофитобентос 3.2.

Флора водорослей Баренцева моря и история ее изучения

Морские бентосные, или донные, водоросли-макрофиты относятся к трем крупным таксономическим группам: зеленые, красные и бурые водоросли (Chlorophyta, Rhodophyta, Phaeophyceae).

Первые образцы донных водорослей Баренцева моря были собраны в конце 1830-х гг. благодаря экспедициям академика К.М. Бэра в районы арх. Новая Земля и Кольского полуострова. Эти сборы, а также образцы А. Шренка, были использованы Ф. Рупрехтом для обобщения имеющихся на тот момент данных о «морерослях» «Ледовитаго Моря», простирающегося от российской Лапландии до зал. Бофорта [1]. Для районов, относящихся к современному Баренцеву морю, Ф. Рупрехт указал 52 вида. Х. Гоби [2] для Белого моря и прилегающих к нему частей Северного Ледовитого океана указывает уже 76 видов. Вслед за ним для Мурманского моря (ныне Баренцево) практически такое же количество отметил шведский альголог Ф. Чельман [3].

Е.С. Зинова в 1912 и 1914 гг. выпустила две крупные сводки по водорослям **Мурмана** [4, 5], где указала 119 видов, и впоследствии сделала дополнение к флоре этого района, в результате чего список увеличивается до 172 видов [6]. Позднее А.Д. Зинова указывает для Мурмана 194 вида (39 зеленых + 80 бурых + 75 красных) водорослей [7]. Далее учениками и последователями А.Д. Зиновой был выпущен ряд работ с дополнениями флоры Мурмана еще 52 видами [8–13]. Следует отметить флористические и фитоценологические исследования губы Ярнышной на Восточном Мурмане, только на этом конкретном участке выявившие 119 видов (32 + 45 + 42) водорослей [14, 15]. Исследования водорослей Мурманского берега начала 2000-х гг. посвящены не флористическому, а главным образом фитоценологическому и прикладному аспектам некоторых районов [16–18 и др.] и не отражают всей полноты видового состава. В недавно вышедшей обобщающей работе для Мурманского берега указывается только 153 вида макрофитов [19]. С этим трудно согласиться, поскольку в этой публикации делается упор на современные, преимущественно гидробиологические данные и полноценно не анализируются находки альгологов-систематиков, дополняющие флору (например, [8–13]). Учитывая это, легко заметить разительное расхождение в количестве видов, указанных для Мурманского побережья на основе данных проводившихся в течение столетия флористико-таксономических исследований и в результате обобщения сведений последних 20 лет. По всей вероятности, общий список водорослей

Сообщества макрофитов

Фукусовые сообщества

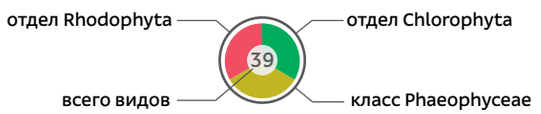
- ассоциации литоральных и сублиторальных фукоидов с доминированием четырех видов *(Fucus vesiculosus, Ascophyllum nodosum, F. distichus и F. serratus)*
- ассоциации сублиторальных фукоидов с доминированием трех видов *(F. vesiculosus, F. distichus и F. serratus)*
- ассоциации сублиторальных фукоидов с доминированием *F. distichus*

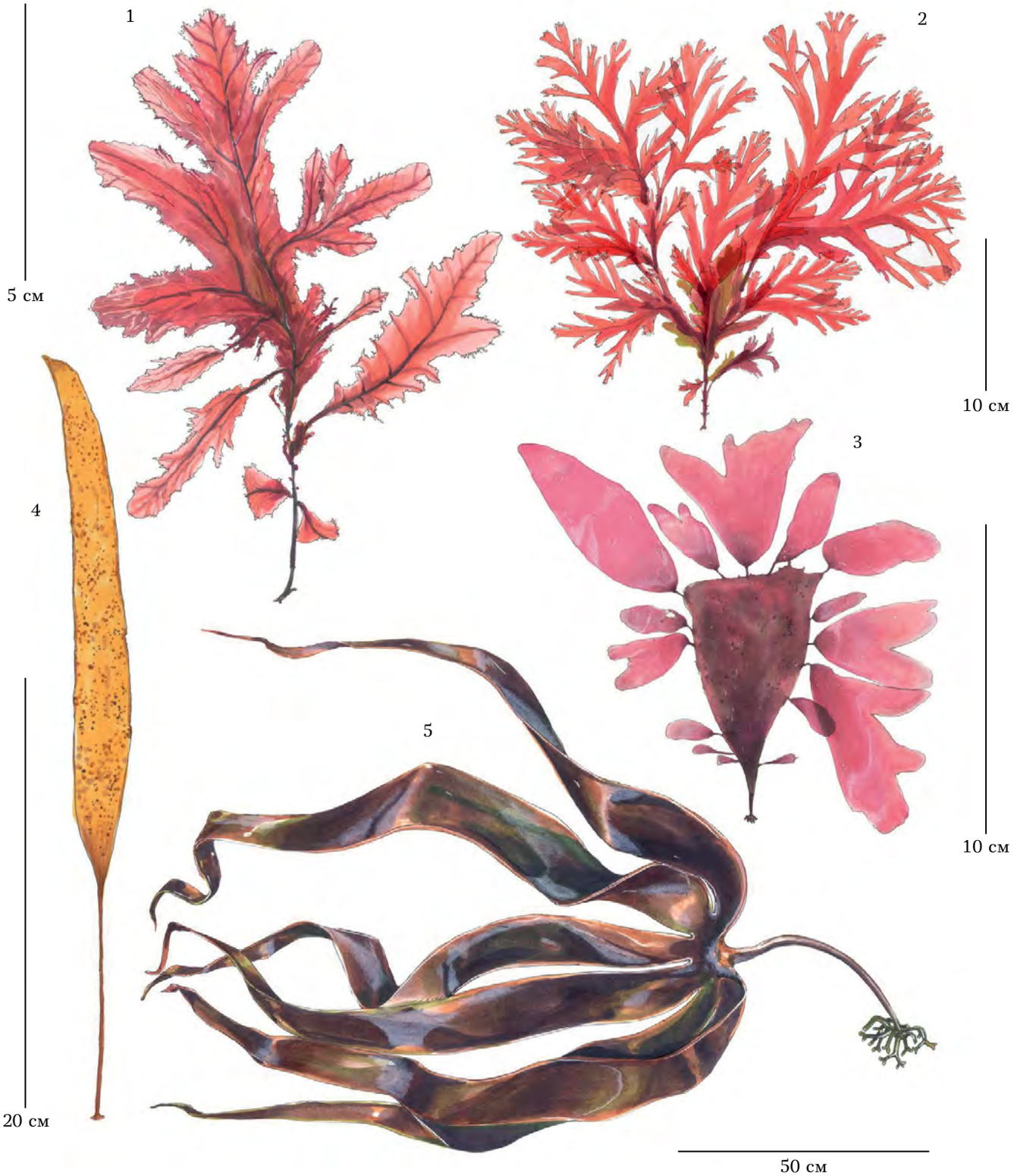
Ламинариевые сообщества

- ассоциации ламинариевых с доминированием четырех видов (*Laminaria digitata, Saccharina latissima, Alaria esculenta и L. hyperborea*)
- ассоциации ламинариевых с доминированием двух видов (*L. digitata и S. latissima*)
- ассоциации ламинариевых с доминированием четырех видов (*S. latissima, L. solidungula, L. digitata* и *Alaria esculenta*)

пояс красных водорослей

Разнообразие водорослей в исследованных районах





1. Фикодрис красный (*Phycodrys rubens*)
2. Одонталия зубчатая (*Odonthalia dentata*)
3. Палмария дланевидная (*Palmaria palmata*)
4. Сакориза кожистая (*Saccorhiza dermatodea*)
5. Ламинария пальчаторассеченная (*Laminaria digitata*)

Мурманского берега исчисляется по крайней мере 246 видами (59 + 96 + 91).

Впервые специальные альгологические исследования **юго-восточной части Баренцева моря** были проведены в 1921–1924 гг. в период трех экспедиций Плавучего морского научного института в Печорском море [20], в результате которых было обнаружено 32 вида донных водорослей, из которых 3 вида зеленых, 7 видов бурых и 22 вида красных водорослей. Позже А.Д. Зинова [7] для всей юго-восточной части Баренцева моря указывает 81 вид, к сожалению, не предоставляя списка. В результате последующих экспедиций в районе п-ова Канин [21] на баренцевоморском побережье было обнаружено 35 видов (4 + 12 + 19), а в губах Чёшская, Индигская, Горносталья и вдоль Тиманского берега до м. Русский Заворот [22] — 51 вид (4 + 18 + 29). На стыке 20-го и 21-го столетий ряд научно-исследовательских институтов совершили еще несколько экспедиций в район Печорского моря: СевПИНРО в 1993 г. на научно-исследовательском судне (НИС) «Кварцит», ИО РАН в 2003 г. на НИС «Профессор Штокман», ММБИ РАН в 2012 г. на НИС «Дальние Зеленцы», в результате которых было обнаружено 49 видов (9 + 17 + 23) макрофитов [23–25]. Обобщая данные по видовому составу этого района моря, С.В. Малавенда с соавторами [19] указывают 64 вида макрофитов. К сожалению, они не отмечают здесь арктического эндемика — вида *Laminaria solidungula*, который в 2003 г. был найден О.В. Максимовой в сборах штормовых выбросов на о-вах Матвеев и Долгий Печорского моря [26]. С учетом этой находки флора юго-восточной части Баренцева моря включает 65 видов (9 + 19 + 37).

Изучение **архипелага Новая Земля** началось в XIX в. Первая работа, посвященная морским водорослям архипелага, основана на обработке коллекций многочисленных экспедиций: К. Бэра в 1837 г., Ф. Чельмана в 1875–1879 гг., экспедиции Главного ботанического сада в 1909 г. на Малые Кармакулы, И. Стрельникова в 1921 г., П. Ушакова, Г. Горбунова, Л. Лозинского и др. в 1923–1927 гг. [27]. В этой работе приводится список из 120 видов (27 + 47 + 46). Вскоре по результатам шести экспедиций на арх. Новая Земля выходят две публикации [28, 29], описывающие состав (115 видов) и распределение водорослей. А.Д. Зинова [7] указывает для всего архипелага 158 видов. По гербарным материалам ВНИРО для арх. Новая Земля указывается 145 видов [30]. Вплоть до 1993 г. специальные альгологические работы на архипелаге не проводились. В 1993–1996 гг. стало возможным проведение альгологических исследований архипелага в составе Морской арктической комплексной экспедиции. Согласно первым данным по результатам этих экспедиций, флора морских водорослей западного побережья арх. Новая Земля включает 135 видов (29 + 53 + 53) [31]. Во второй публикации авторы указывают 55 видов водорослей, собранных из штормовых выбросов в 17 различных районах архипелага. Учитывая неполноту обработанного материала (только выбросы), авторы считают, что флора арх. Новая Земля окончательно не изучена и включает не менее 130 видов, «что позволяет отнести данную альгофлору в разряд богатых по видовому составу среди альгофлор северных побережий Евразии» [32]. Такое убеждение авторы основывают на влиянии теплого атлантического течения, омывающего архипелаг с западной стороны. В целом их взгляды вполне согласуются с мнением известного альголога, систематика и фитогеографа А.Д. Зиновой, которая утверждала, что флора водорослей арх. Новая Земля выделяется богатством и разнообразием и превосходит по видовому составу альгофлору юго-востока Баренцева моря [7]. С учетом 5 видов, впервые отмеченных здесь [32], можно считать, что баренцевоморская флора арх. Новая Земля включает 140 видов (32 + 53 + 55).

В первом сообщении о водорослях **архипелага Земля Франца-Иосифа**, основанном на обработке экспедиции Зоологического института (ЗИН) РАН на судне «Обь» в 1970 г., указывается только 21 вид (3 + 8 + 10) [33]. К.Л. Виноградова после обработки сборов экспедиции ЗИН РАН в 1981–1982 гг. и образцов Г.П. Горбунова 1929 и 1930 гг. указывает уже 50 видов (13 + 22 + 15) [34]. Последние данные о водорослях архипелага можно найти в работе С.Г. Аверинцевой [35]. Обобщение имеющихся данных по видовому составу водорослей архипелага разными авторами показало сходные результаты: 63 (18 + 25 + 20) [16] и 60 (17 + 26 + 17) видов [19].

Флора водорослей **архипелага Шпицберген** начала изучаться с XIX в. благодаря, главным образом, экспедициям шведского альголога Чельмана, состоявшимся в период с 1872 по 1880 г. [36–38]. Дальнейшие исследования архипелага были эпизодическими. В конце XX в. и в 2000-х гг. стали выходить обобщающие сводки по флоре региона [39–42]. Согласно последним данным, флора водорослей арх. Шпицберген включает 197 видов [42]. Во флоре восточной части архипелага подтверждено 39 (12 + 17 + 10) видов [19], а в его южной части К.Л. Виноградова отмечает 80 видов (17 + 35 + 28) водорослей [43].

В настоящее время выполняются многочисленные таксономические преобразования на фоне данных, полученных современными методами. В связи с этим требуется серьезная инвентари-

зация всей флоры Баренцева моря, включающая анализ находок и описаний отдельных, зачастую не банальных видов и их представленности в коллекциях. Реальные представления о флористическом богатстве региона можно получить только на основе критической, как флористической, так и таксономической ревизии имеющихся данных по видовому составу. Это касается не только отчасти устаревших работ, но и современных данных. Так, в некоторых современных сводках приводится 177 и 178 видов для Баренцева моря [16, 19], однако эти цифры не подкреплены флористическим и таксономическим анализом всех имеющихся сведений и не могут считаться окончательными.

Вопрос о происхождении флоры Баренцева моря напрямую связан с анализом особенностей флоры всей Арктики в целом и путей ее формирования. Флора Центрального Арктического бассейна не может считаться достаточно своеобразной из-за малого количества эндемичных видов и родов, приходящихся на его огромную площадь. На основании этого А.Д. Зинова и Ю.Е. Петров [44] считают, что заселение современного Арктического бассейна водорослями шло в основном со стороны Атлантического океана, с которым существует наиболее интенсивный обмен водными массами. Немногочисленные эндемичные арктические виды (*Arthrochaete penetrans, Laminaria solidungula, Omphalophyllum ulvaceum, Phaeostroma endophyticum, Leptophytum foecundum, Neodilsea integra, Savoiea arctica, Turnerella pennyi*), видимо, пережили периоды оледенений, не покидая пределов Арктического бассейна, поскольку сейчас в некоторых его районах, в том числе в высокоарктических архипелагах Баренцева моря, существуют не менее суровые условия для произрастания водорослей, чем во время оледенений. Однако в целом современная флора Баренцева моря несомненно имеет атлантическое происхождение.

Особенности распределения морской растительности в Баренцевом море

Наиболее детально изучен характер растительности **Мурманского побережья** Баренцева моря, при этом основное внимание было уделено распределению сообществ фукусовых и ламинариевых; пояс красных водорослей специально не изучался. В распределении морской растительности Мурманского побережья характерна четкая вертикальная зональность. В защищенных губах фьордового типа при условиях прибойности III–V степеней [45] на илисто-песчано-каменистой литорали пояс фукоидов начинается со среднего (реже с верхнего) горизонта литорали и заканчивается в верхней части сублиторали (где фукусовые и ламинариевые формируют смешанные сообщества); сверху вниз расположены пояса следующих видов: *Pelvetia canaliculata* (разреженный пояс) — *Fucus vesiculosus* — *Ascophyllum nodosum* — *F. distichus* — *F. serratus*, средняя биомасса 4–10 кг/м^2, сопутствующими видами являются красные водоросли *Palmaria palmata* и *Devaleraea ramentacea* [46, 47]. Ламинариевый пояс простирается от нижнего горизонта литорали до глубин 5–15 м и сложен 5 ассоциациями, в которых доминантами выступают, вместе или по отдельности, два вида — *Laminaria digitata* и *Saccharina latissima*, а субдоминантом — *Alaria esculenta*, фитоценозы включают от 20 до 40 видов, биомасса варьирует от 3 до 13 кг/м^2 [15, 18, 47–49]. В кутовых участках губы Ивановская встречается ассоциация, сформированная морской травой *Zostera marina* и распространенная на глубинах 0,5–2 м [49].

В открытых губах в условиях II степени прибойности фукусовые поселяются, начиная с верхнего горизонта литорали; отмечено два пояса сменяющих друг друга видов (рис. 3.2.1, *а*): *F. distichus* и *F. vesiculosus*, биомасса 1,5–5,5 кг/м^2, сопутствующими видами являются красные водоросли *Palmaria palmata* и *Devaleraea ramentacea* [46]. Ламинариевые фитоценозы относятся к двум ассоциациям [50]: в кутовых участках таких губ развивается ассоциация *Saccharina latissima* с биомассой 4–6 кг/м^2, включающая от 30 до 60 видов водорослей, в более открытых местах этих же губ распространена ассоциация *Laminaria digitata* и *Alaria esculenta*, в которую в качестве субдоминантов также входят виды *Saccharina latissima* и *Laminaria hyperborea*, видовое богатство составляет около 30 видов, биомасса в мористых участках варьирует от 5,5 [50] и до 25 кг/м^2 [49].

На открытых морю участках скал в условиях I степени прибойности фукусовые поселяются, начиная с верхнего горизонта литорали, сверху вниз расположены пояса следующих видов: *F. vesiculosus* — *F. serratus* — *Ascophyllum nodosum* — *F. distichus*, средняя биомасса 8 кг/м^2, сопутствующими видами являются красные водоросли *Rhodomela lycopodioides, Cystoclonium purpureum, Corallina officinalis* [46]. Пояс ламинарий открытых скалистых побережий изучен сравнительно недавно [17]. Согласно этим данным, сублиторальная растительность Мурманского побережья в диапазоне глубин 3–20 м представлена монодоминантной ассоциацией *Laminaria hyperborea* с биомассой от 5 до 13 кг/м^2, включающей 66 видов водорослей.

Морская растительность **юго-восточной части Баренцева моря** изучалась в меньшей степени. Тем не менее известно, что растительность литорали

а *б*

Рис. 3.2.1 Богатая растительностью литораль Мурманского побережья (*а*) и разреженный сублиторальный пояс фукоидов в районе острова Вайгач в юго-восточной части Баренцева моря (*б*)

крайне бедна, что обусловлено отрицательным механическим воздействием прибоя и льда [21, 22]. Пояс фукоидов в районе п-ова Канин развит слабо, сосредоточен в основном в сублиторали и представлен видами *Fusus serratus* и *F. vesiculosus* [21]. Пояс ламинарий простирается от 1 до 8–10 м и состоит из двух доминирующих видов — *Laminaria digitata* и *Saccharina latissima*. Биомасса ламинариевых в этом районе, по современным данным, составляет 1–2 кг/м^2 [19]. До глубины 12–14 м простирается пояс багрянок, формируемый видами *Odonthalia dentata, Phycodrys rubens, Ptilota gunneri, Coccotylus brodiei, Clathromorphum compactum* [21].

Восточнее побережья п-ова Канин преобладающими грунтами являются пески, иногда сильно заиленные, и глинистые илы. Каменистые грунты встречаются главным образом у входных мысов губ [22]. В Чёшской и Индигской губах на некоторых мысах в нижнем горизонте литорали среди фукусовых, кроме доминирующего *F. vesiculosus*, встречается *F. distichus*, а в сублиторали также *F. serratus* и *Ascophyllum nodosum*. Биомасса сублиторальных фукоидов составляет 2,5–6,6 кг/м^2 [22]. В Чёшской губе сразу за поясом фукоидов, с глубины 3–4 м, следует пояс багрянок, в котором преобладают виды *Coccotylus brodiei* и *C. truncatus*. В Индигской и Горностальей губах отмечен пояс ламинарий, простирающийся до глубины 10 м и сложенный в основном двумя видами — *Laminaria digitata* и *Saccharina latissimi* с биомассой 0,6–1,2 кг/м^2. В Индигской губе ламинариевые сообщества начинаются с глубин 3–4 м, в них входят также еще два вида с крупными слоевищами — *Alaria esculenta* и *Saccorhiza dermatodea*, а в губе Горностальей пояс начинается только с глубины 6 м. В поясе красных водорослей доминируют *Odonthalia dentata, Phycodrys rubens, Ptilota gunneri*. Растительные группировки имеют относительно бедный видовой состав. На Тиманском берегу отмечены только штормовые выбросы, из-за отсутствия твердого субстрата морская растительность отсутствует [22].

Макрофитобентос района Печорского моря ограничен в распространении скальными побережьями о-вов Матвеев, Долгий, Большой и Малый Зеленец, а также скальными выходами в сублиторали о. Вайгач. В защищенных участках литорали (рис. 3.2.1, *б*) встречаются разреженные поселения *F. distichus* [24]. Пояс ламинарий занимает диапазон глубин от 2 до 6 м, отдельные растения доходят до 8 м. В районе о. Вайгач доминирует *Laminaria digitata*, а вокруг более мелких островов — *Saccharina latissima*, вид *Saccorhiza dermatodea* встречается редко; биомасса в пределах пояса не превышает 1,5 кг/м^2 [23, 24]. Пояс красных водорослей в Печорском море занимает глубины 8–15 м, преимущественно он сложен видами *Coccotylus truncatus, Phycodrys rubens, Ptilota gunneri* и *Savoiea arctica* [23, 24, 51].

Литоральная растительность **архипелага Новая Земля** практически не выражена из-за длительного ледостава в течение года [19, 31]. Фукусовые водоросли опускаются преимущественно в сублиторальную зону, где встречаются *F. serratus* и *F. vesiculosus*, в водах о. Северный встречается только *F. distichus*. Ламинариевый пояс составлен видами *Laminaria digitata, Saccharina latissima,* а также *Alaria esculenta* и *Sacchoriza dermatodea*. В губе Логинова на твердых грунтах отмечается

повсеместное распространение ламинариевых водорослей, биомасса которых составляет от 0,5 до 7–10 кг/м^2 (при средней биомассе 2,6 кг/м^2). На глубине свыше 5–7 м произрастают *Phycodrys rubens, Ptilota serrata, P. gunneri, Polysiphonia stricta, Savoiea arctica, Odonthalia dentata, Euthora cristata, Turnerella pennyi* [19]; камни покрыты корковыми формами красных водорослей из родов *Lithothamnion* и *Phymatolithon*, которые в местах с сильным течением могут доходить до глубины 50 м [27].

Высокоширотное положение **архипелага Земля Франца-Иосифа** определяет низкие температуры и недостаток солнечной радиации, в силу чего вегетационный период для водорослей составляет менее трех месяцев. Берега длительное время покрыты льдом, поэтому литоральная растительность практически отсутствует. Отсутствие плотного растительного покрова из многолетних водорослей в верхней сублиторали также обусловлено выраженной ледовой экзарацией. Тем не менее субстрата для произрастания макрофитов достаточно: грунты вблизи берегов представлены в основном гравийно-галечными отложениями с выходами скал и крупными валунами; вокруг островов в мелководной зоне отмечены глинисто- или песчано-илистые грунты, глубже 30 м преобладают илы.

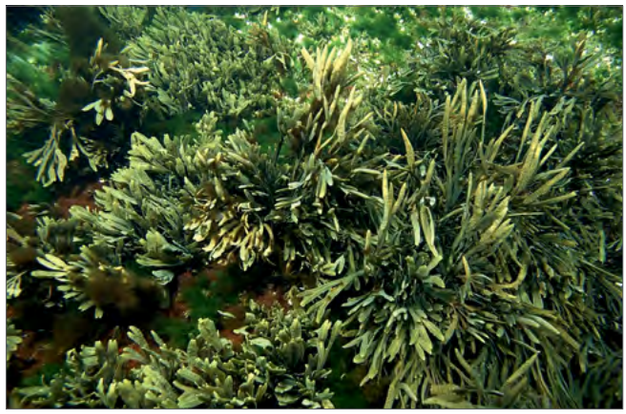
Сведения о морской растительности арх. Земля Франца-Иосифа известны для о-вов Хейса [34, 52] и Гукера [35]. Суровые ледовые условия и характер грунтов определяют прерывистое, пятнистое распределение фитосообществ. Следует отметить отсутствие пояса фукоидов, характерного для высокобореальных районов Баренцева моря, хотя во флоре архипелага присутствует *F. distichus* [34]. В самой верхней части сублиторали до глубины 2–3 м развиваются сообщества зеленых однолетних нитчатых водорослей *Acrosiphonia* spp. + *Ulothrix* spp. На глубине 1,5–3,5 м на валунно-галечных россыпях представлен фитоценоз многолетних водорослей *Halosaccion arcticum — Sphacelaria arctica* с сопутствующими видами *Acrosiphonia flagellata, Chaetomorpha melagonium, Pyllaiella littoralis*. На глубине от 3,5 до 18 м находится разреженный, постепенно редеющий пояс ламинариевых водорослей со средней биомассой 2,3 кг/м^2 и достигающей 15 кг/м^2, в котором доминирует *Alaria esculenta* в районе о. Хейса [19, 34, 52] и с доминированием *Saccharina latissima, Laminaria solidungula* и реже *L. digitata* у о. Гукера [35]. Отдельные растения семейства ламинариевых (*L. digitata, L. solidungula, Saccharina latissima, S. longicruris, Alaria esculenta*) доходят до глубин 18–30 м. Сопутствующими видами являются *Desmarestia aculeata, D. viridis*, которые глубже 10 м становятся доминантами. Завершает фотическую зону, от 18 до 36 м и иногда до 83 м, пояс красных водорослей, формируемый кустистыми формами *Phycodrys rubens* и *Coccotylus truncatus* и корковыми кораллиновыми водорослями *Leptophytum leave* и *Clathromorphum compactum* [34].

Баренцевоморские берега **архипелага Шпицберген** омываются холодными водами Центрального Арктического бассейна и практически круглогодично покрыты льдом, поэтому макрофиты произрастают главным образом в сублиторали. При этом фактических данных о составе и распределении фитоценозов восточного побережья архипелага крайне недостаточно. На баренцевоморском берегу фукусовые выявлены на южной оконечности на некоторых мысах, локально, в промываемых скальных ваннах с биомассой около 0,7 кг/м^2 [19]. К.Л. Виноградова предполагает присутствие здесь видов *Fucus vesiculosus, F. distichus, F. serratus,* и *Ascophyllum nodosum* [43]. Отмечается, что в солоноватоводных гляциальных лагунах на илисто-песчаном с валунами дне литорали формируются разреженные фитоценозы однолетних нитчатых водорослей (главным образом, *Pylaiella littoralis, Ulothrix* sp., *Chordaria flagelliformis*), в сублиторали обычны разреженные сообщества *Saccharina latissima* [19], на южном побережье отмечают *L. digitata* [43, 53], а также *Alaria esculenta, L. solidungula* и *Saccorhiza dermatodea* [43].

Хозяйственное значение водорослей Баренцева моря

Среди водорослей Баренцева моря наиболее важными промысловыми объектами являются ламинариевые и фукусовые. Современный ресурсный потенциал промысловых водорослей Баренцева моря оценен в 257 тыс. т, в том числе запасы ламинариевых водорослей по районам составили: Мурманский берег — 200 тыс. т; южная часть арх. Новая Земля — 55 тыс. т; прибрежная зона о. Вайгач — 2 тыс. т; Тиманский берег — 100 т (см. рис. 3.2.1) [54]. В конце XX в. на Мурманском берегу проводился активный механический промысел ламинариевых. В тот же период была разработана биотехнология культивирования одного из видов ламинариевых в условиях Баренцева моря [55]. Марикультурой ламинариевых занимался Мурманский морской биологический институт как в экспериментально-биологических целях, так и для хозяйственных нужд [56]. Выращенная продукция использовалась в пищевых и медицинских целях. В последние годы в практику внедрена технология выращивания фукусовых в целях обеспечения самоочищения прибрежных вод от нефтепродуктов [57].

а



б

в

Рис. 3.2.2 Фукусовые: *Fucus vesiculosus* (*а*), *Fucus distichus* (*б*), *Ascophyllum nodosum* (*в*)

Некоторые представители баренцевоморской флоры

Царство Chromista, отдел Ochrophyta, класс Phaeophyceae, порядок Fucales, семейство Fucaceae

Fucus vesiculosus — бореальный вид (рис. 3.2.2, *а*). Слоевище до 0,5 м длиной в виде дихотомически разветвленных кустов темно-оливкового цвета с кожистыми, ремневидными ветвями со средним ребром и симметрично расположенными по бокам парными воздушными пузырями. Органы размножения (рецептакулы) округло-овальной формы. Широко распространен и формирует фитоценозы в литоральной и сублиторальной зонах западной части Баренцева моря. На арх. Земля Франца-Иосифа и на о. Северный арх. Новая Земля не отмечен.

Fucus distichus — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.2, *б*). Слоевище до 0,5 м длиной в виде дихотомически разветвленных кустов темно-оливкового цвета с кожистыми, ремневидными ветвями со средним ребром; воздушные пузыри отсутствуют. Рецептакулы удлиненные, веретеновидной формы. В Баренцевом море распространен повсеместно. Развивается в нижнем горизонте литорали и в сублиторали, формирует фитоценозы.

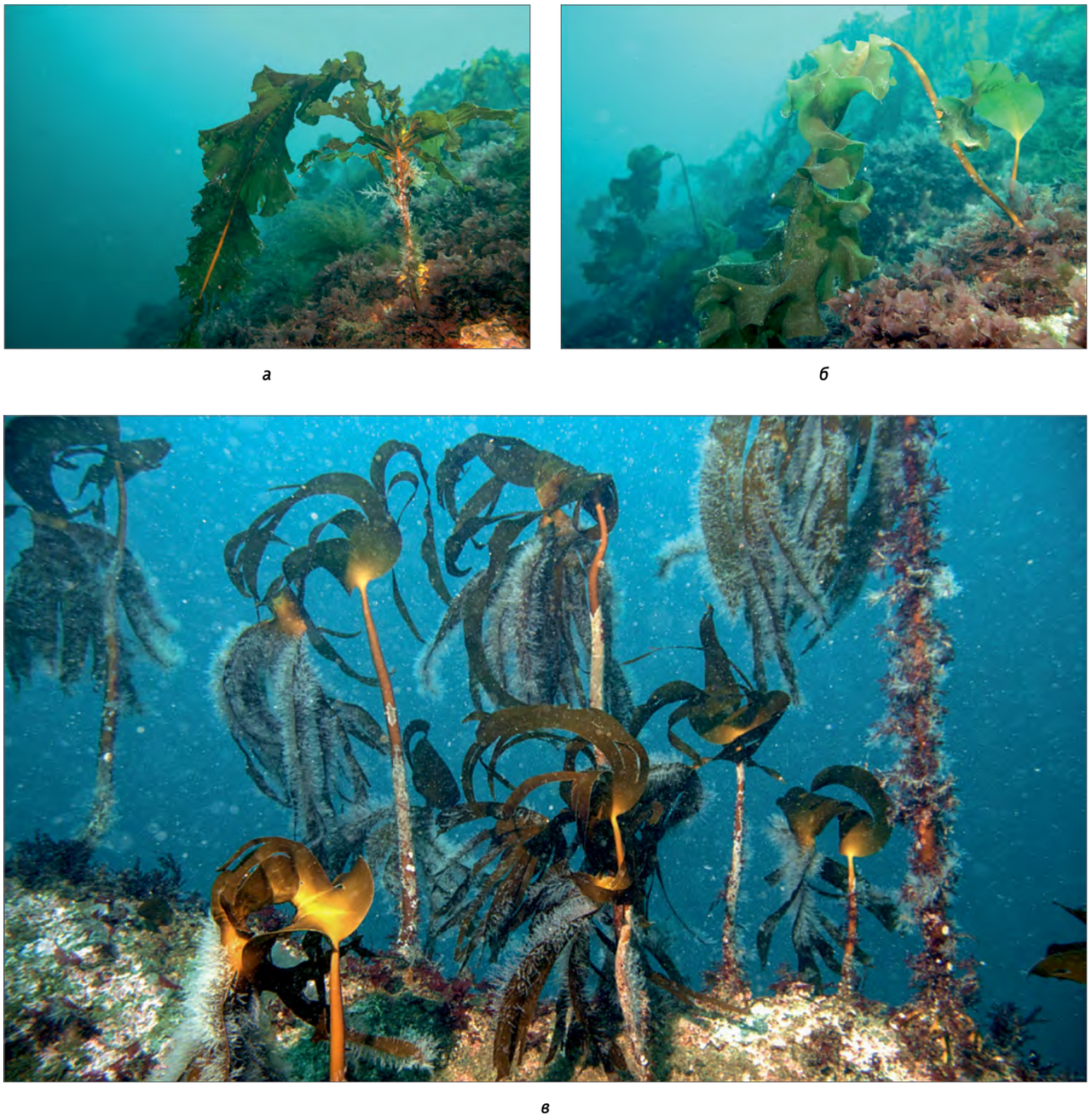
Ascophyllum nodosum — бореальный вид (рис. 3.2.2, *в*). Слоевище до 1 м длиной в виде неправильно разветвленных кустов оливкового цвета с мясистыми, ремневидными ветвями, на которых интеркалярно расположены одиночные воздушные пузыри. Рецептакулы округло-овальной формы. Широко распространен и формирует фитоценозы в литоральной и сублиторальной зонах западной и южной частях Баренцева моря.

Царство Chromista, отдел Ochrophyta, класс Phaeophyceae, порядок Laminariales, семейство Alariaceae

Alaria esculenta — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.3, *а*). Слоевище до 2–3 м длиной буро-йодистого цвета разделено на ризоиды, стволик и пластину, имеющую среднюю жилку-ребро 1–2 см шириной. В период спороношения на стволике развиваются спорофиллы линейно-ланцетной формы, на которых формируются споры. В Баренцевом море встречается повсеместно. Формирует самостоятельные ассоциации в верхней и иногда в нижней частях ламинариевого пояса; в прибрежье арх. Земля Франца-Иосифа в ряде мест ламинариевый пояс сложен практически только ассоциацией этого вида.

Царство Chromista, отдел Ochrophyta, класс Phaeophyceae, порядок Laminariales, семейство Laminariaceae

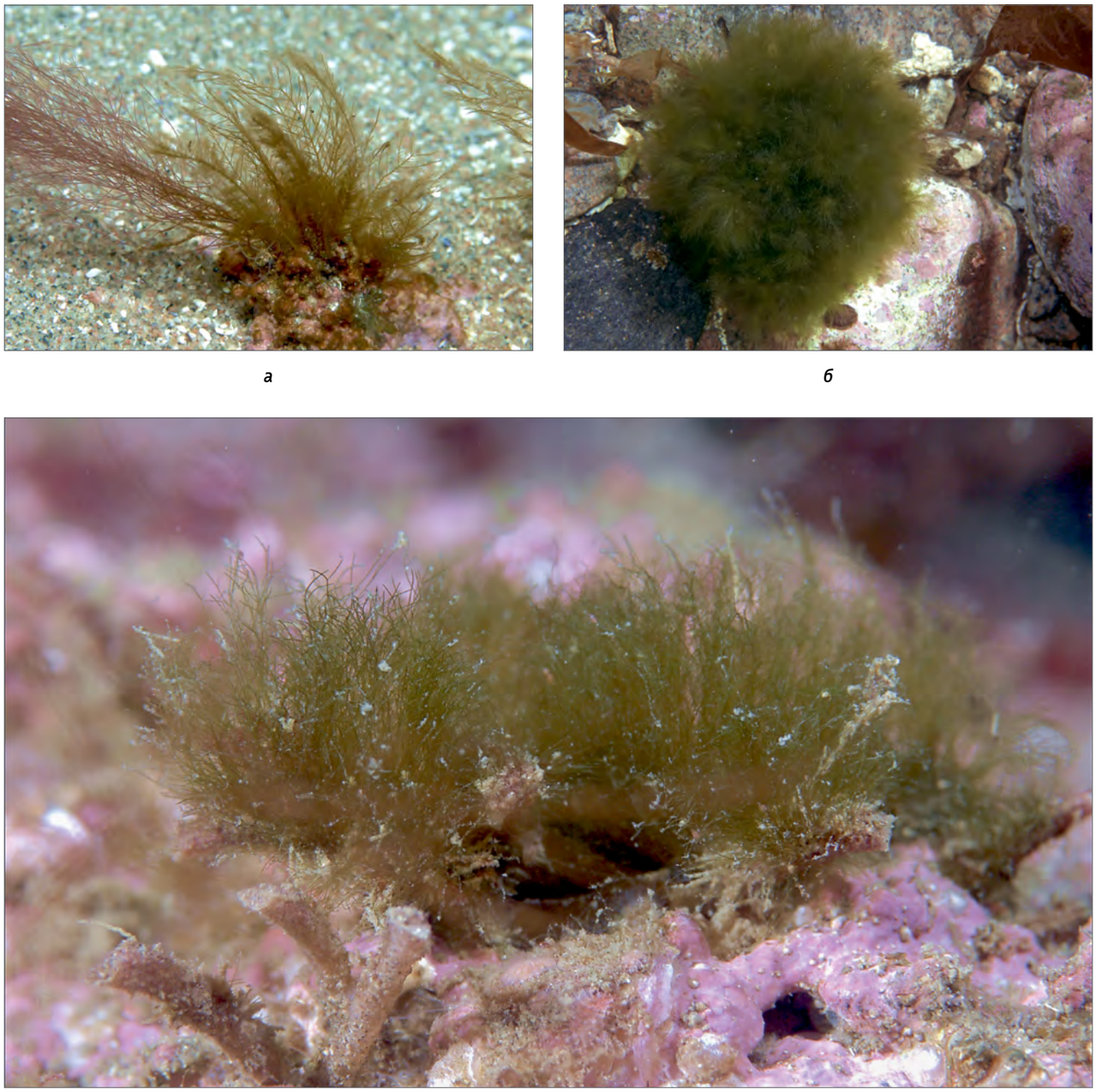
Saccharina latissima — бореально-арктический вид (рис. 3.2.3, *б*). Слоевище до 3–4 м длиной буро-йодистого цвета разделено на ризоиды, стволик и цельную, нерассеченную пластину. В Баренцевом море встречается повсеместно, формирует фитоценозы.



а *б* *в*

Рис. 3.2.3 Ламинариевые: *Alaria esculenta* (а), *Saccharina latissima* (б) и *Laminaria hyperborea* (в)

Laminaria hyperborea — атлантический европейский бореальный вид (рис. 3.2.3, *в*). Слоевище до 1,5 м длиной темно-зеленого цвета разделено на ризоиды, стволик и пальчато-рассеченную пластину; морфологически он очень сходен с другим широко распространенным в Баренцевом море видом — *L. digitata*, что зачастую приводит к затруднению в идентификации этих видов. Наиболее надежным отличительным признаком является наличие у *L. hyperborea* слизистых каналов в стволике. Как правило, растения *L. hyperborea* доживают до 18–20 лет и характеризуются коническим жестким морщинистым стволиком, а растения *L. digitata* живут не более 13–14 лет и имеют уплощенный, гладкий и гибкий стволик. В 1960–1970-х гг. считалось, что из Атлантики в Баренцево море вид *L. hyperborea* доходит только до северо-западной границы нашей страны не-



а *б*

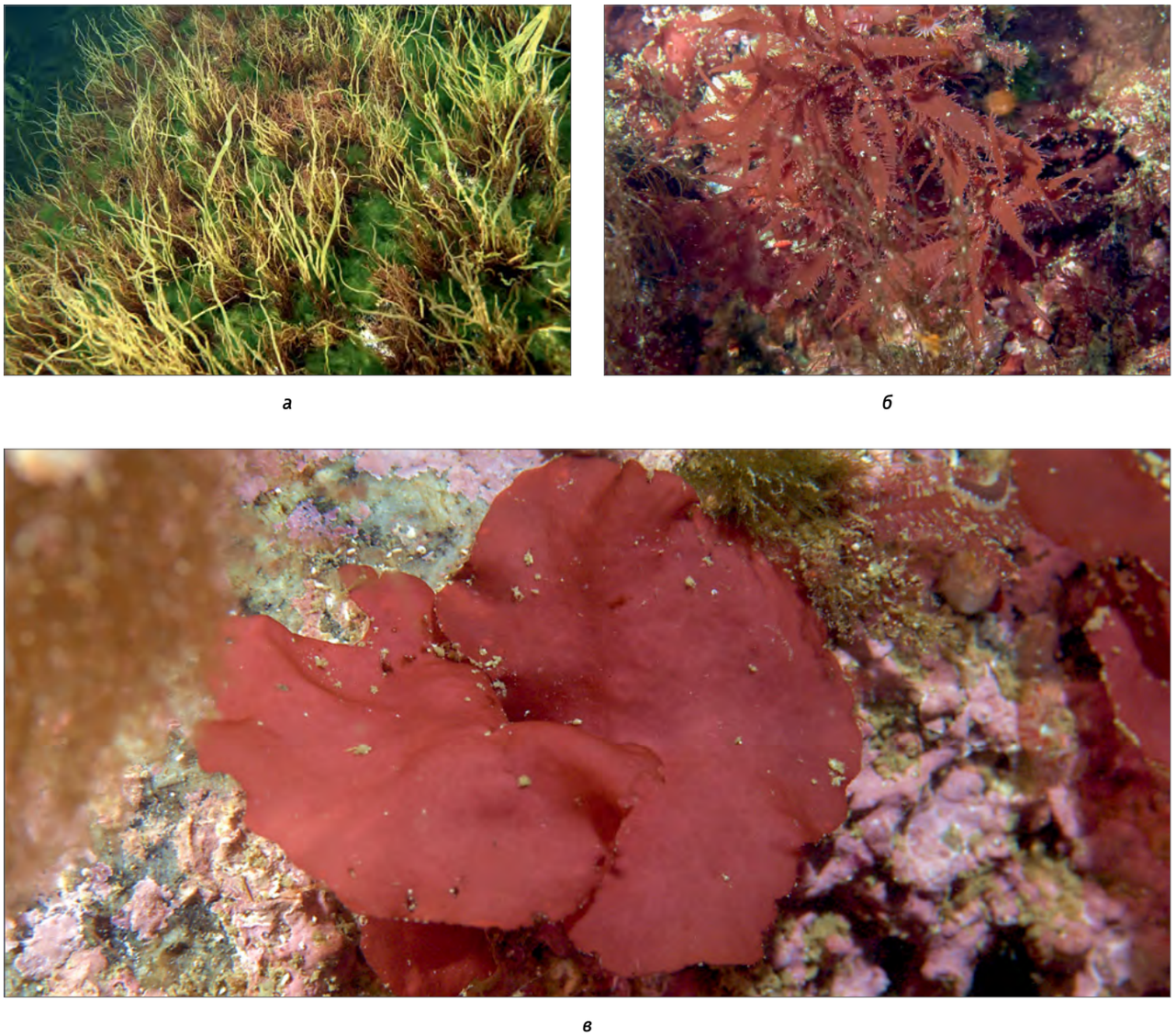
в

Рис. 3.2.4 Бурые *Desmarestia viridis* (*а*) и зеленые *Acrosiphonia flagellata* (*б*), *Derbesia marina* (*в*) водоросли

далеко от границы с Норвегией, а на остальных участках Кольского полуострова он встречается спорадически [58–60]. Но уже с конца XX в. стало известно о растительном поясе, формируемом этим видом на открытых участках Мурманского берега [16, 17, 61, 62]. За последние 30–40 лет ареал вида расширился до прол. Воронка Белого моря, и также значительно отодвинулась северо-восточная граница произрастания его сообществ [62].

Царство Chromista, отдел Ochrophyta, класс Phaeophyceae, порядок Desmarestiales, семейство Desmarestiaceae

Desmarestia viridis — бореально-арктический вид (рис. 3.2.4, *а*). Слоевище до 0,5 м длиной бурого цвета, зеленеет на воздухе, кустистое, грубонитевидное, мягкое, супротивно разветвленное. В Баренцевом море встречается повсеместно. Развивается в сублиторали в поясе ламинариевых и глубже.



а *б* *в*

Рис. 3.2.5 Красные водоросли: *Devaleraea ramentacea* (*а*), *Fimbrifolium dichotomum* (*б*) и *Turnerella pennyi* (*в*)

Царство Plantae, отдел Chlorophyta, класс Ulvophyceae, порядок Ulotrichales, семейство Ulotrichaceae

Acrosiphonia flagellata — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.4, *б*). Слоевище до 10–15 см длиной зеленого цвета, тонконитевидное, обильно разветвленное, дерновинки полусферической формы. В Баренцевом море распространен повсеместно. Является субдоминантом в сообществах верхней сублиторали.

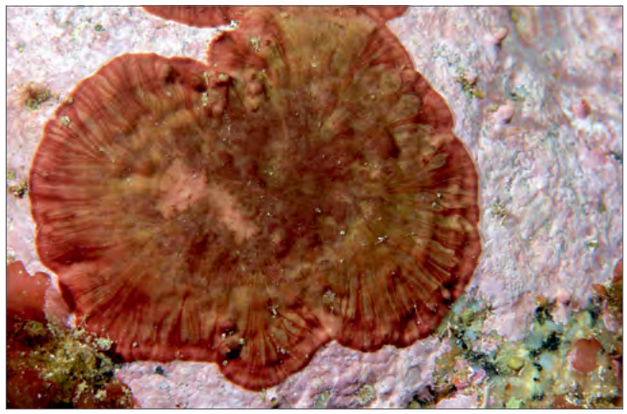
Царство Plantae, отдел Chlorophyta, класс Ulvophyceae, порядок Bryopsidales, семейство Derbesiaceae

Derbesia marina — широко распространенный вид (рис. 3.2.4, *в*). Слоевище до 3–5 см длиной темно-зеленого цвета, разветвленное, формирует полусферические дерновинки. Постоянный компонент флоры Мурманского берега Баренцева моря [13].

Царство Plantae, отдел Rhodophyta, класс Florideophyceae, порядок Palmariales, семейство Palmariaceae

Devaleraea ramentacea — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.5, *а*). Слоевище до 30 см длиной, в основании красного, на верхушках — желтого цвета, грубонитевидное или шнуровидное с полостью внутри, разветвленное. Развивается в нижнем горизонте литорали и в сублиторали. В Баренцевом море распространен повсеместно. В фитоценозах входит в состав субдоминантов.

а



б

в

Рис. 3.2.6 Красные водоросли: *Ptilota gunneri* (*а*), *Peyssonnelia rosenvingei* (*б*) *и Lithothamnion norvegicum* (*в*)

Царство Plantae, отдел Rhodophyta, класс Florideophyceae, порядок Gigartinales, семейство Cystocloniaceae

Fimbrifolium dichotomum — бореальный вид (рис. 3.2.5, *б*). Слоевище до 10–15 см длиной, ярко красного цвета, тонкопластинчатое, густо разветвленное на клиновидные бахромчатые ветви. В Баренцевом море широко распространен, кроме побережья арх. Земля Франца-Иосифа. Развивается в сублиторали в поясе ламинариевых и иногда глубже.

Царство Plantae, отдел Rhodophyta, класс Florideophyceae, порядок Gigartinales, семейство Furcellariaceae

Turnerella pennyi — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.5, *в*). Слоевище до 5–7 см длиной, красного цвета, широкопластинчатое, кожистое, округлых очертаний, часто разорванное. В Баренцевом море широко распространен кроме побережья арх. Земля Франца-Иосифа. Встречается в сублиторали на больших глубинах.

Царство Plantae, отдел Rhodophyta, класс Florideophyceae, порядок Ceramiales, семейство Wrangeliaceae

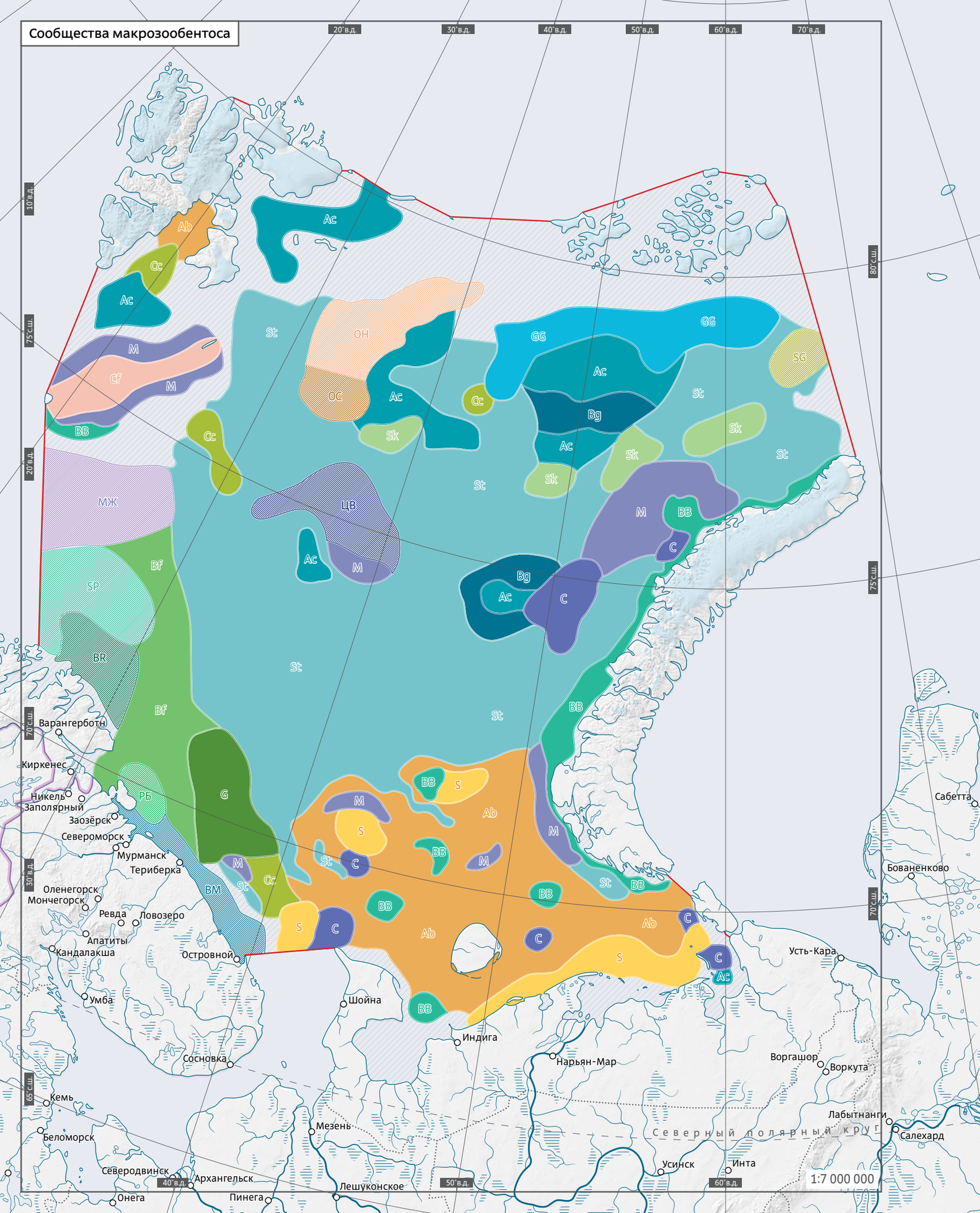
Ptilota gunneri — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.6, *а*). Слоевище до 10–15 см длиной красного цвета, кустистое, перисто-разветвленное. В Баренцевом море распространен повсеместно. Развивается в поясах ламинариевых и красных водорослей, на глубинах 15–25 м входит в состав доминантов фитоценозов.

Царство Plantae, отдел Rhodophyta, класс Florideophyceae, порядок Peyssonneliales, семейство Peyssonneliaceae

Peyssonnelia rosenvingei — широко распространенный вид (рис. 3.2.6, *б*). Слоевище корковое диаметром до 5 см буровато-красного цвета с ярко-красными радиальными линиями. В Баренцевом море широко распространен кроме побережий архипелагов Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Развивается в сублиторали на значительных глубинах, поселяется на камнях, раковинах моллюсков и известковых водорослях.

Царство Plantae, отдел Rhodophyta, класс Florideophyceae, порядок Corallinales, семейство Lithothamniaceae

Lithothamnion norvegicum — высокобореально-арктический вид (рис. 3.2.6, *в*). Слоевище неприкрепленное до 5–6 см в диаметре, матового красно-фиолетового или сиреневого цвета, известковое, в виде системы ветвей; ветвление неправильное, ложнодихотомическое, напоминающее оленьи рога. Распространен на Мурманском берегу Баренцева моря. Развивается на глубинах от 8 до 30 м, образуя в местах, где нет сильного течения, обширные скопления неприкрепленных свободно лежащих на дне слоевищ. В западной литературе такие скопления обозначаются термином *maerl* [63].


Сообщества макрозообентоса
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
20°в.д.
75°с.ш.
70°с.ш.
30°в.д.
70°с.ш.
65°с.ш.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
Ac
Ab
Cc
M
Cf
BB
St
OH
OC
Sk
GG
SG
Bg
МЖ
ЦВ
Bf
SP
BR
C
G
РБ
BM
S
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Индига
Сосновка
Нарьян-Мар
Кемь
Беломорск
Мезень
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Усинск
Инта
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усть-Кара
Бованенково
Сабетта
Северный полярный круг
1:7 000 000

3.3. Макрозообентос

Бентосом называется совокупность гидробионтов, населяющих дно морских и пресноводных водоемов. Традиционно бентосные организмы подразделяют на микро- (менее 30 мкм), мейо- (30 мкм — 0,5–1 мм) и макробентос (более 0,5–1 мм) — группировки, различающиеся не только размерами, но и пространственно-временным масштабом существования (микроны/дни у микробентоса, доли миллиметра/месяцы у мейобентоса и сантиметры/годы у организмов макробентоса) [1–4].

Традиционными и наиболее широко используемыми орудиями количественного учета организмов макрозообентоса являются дночерпатели различных конструкций, площадь пробоотбора которых не превышает 0,25 м^2, а общая площадь обследованной поверхности дна в пределах одной станции — 0,5 м^2. Этой площади, как правило, недостаточно для надежного количественного учета крупных и часто подвижных форм макробентоса (большинства губок, морских звезд, актиний, десятиногих ракообразных, крупных офиур и голотурий), поэтому для данной размерной категории организмов используются иные орудия сбора и методы изучения — тралы и драги различных конструкций, видео- и фоторегистрация, водолазный пробоотбор. Для обозначения этой группы животных часто применяют термин «мегабентос», который отражает не столько конкретные размерные характеристики, сколько методическую специфику изучения. Отражением этой специфики также является использование узкими специалистами терминов «траловый» и «дночерпательный» бентос. Таким образом, в обиходе морских гидробиологических исследований под термином «макробентос» часто подразумевают группу организмов облавливаемых дночерпателями («дночерпательный бентос»), а под мегабентосом — комплекс видов из траловых уловов («траловый бентос»). Такое разделение бентоса на дночерпательный (макро-) и траловый (мега-) лежит в основе представленных здесь материалов.

Сообщества макрозообентоса

- St — сообщество с доминированием *Spiochaetopterus typicus*
- M — сообщество с доминированием *Macoma calcarea*
- C — сообщество с доминированием *Ciliatocardium ciliatum*
- Ac — сообщество с доминированием *Astarte crenata*
- Bg — сообщество с доминированием *Bathyarca glacialis*
- GG — сообщество с доминированием *Golfingia* sp.
- Sk — сообщество с доминированием *Spiophanes kroyeri*
- SG — сообщество с доминированием *Spiochaetopterus typicus* и *Gersemia fruticosa*
- Cc — сообщество с доминированием *Ctenodiscus crispatus*
- Oc — сообщество с доминированием *Ophiacantha bidentata* и *Ctenodiscus crispatus*
- OH — сообщество с доминированием *Ophiacantha bidentata* и *Hornera lichenoides*
- Cf — сообщество Шпицбергенской банки с доминированием *Cucumaria frondosa*
- ЦВ — сообщества Центральной возвышенности с доминированием *Mya truncata*, *Yoldia hyperborea*, *Ciliatocardium ciliatum*
- Ab — сообщество с доминированием *Astarte borealis*
- S — сообщество с доминированием *Serripes groenlandicus*
- BB — сообщество с доминированием *Balanus* spp.
- BR — сообщество с доминированием Brachiopoda (*Macandrevia cranium*, *Terebratulina retusa* и др.)
- SP — сообщество с доминированием Spongia (*Thenea* sp., *Geodia* sp. и др.)
- Bf — сообщество с доминированием *Brisaster fragilis*
- G — сообщество с доминированием *Galathowenia oculata*
- РБ — сообщество Spongia Рыбачьей банки (*Thenea* sp., *Craniella cranium*, *Mycale* sp., *Geodia barretti*)
- МЖ — комплекс сообществ Медвежинского желоба с доминированием *Astarte crenata*, *Bathyarca glacialis*, *Maldane* spp. (*M. sarsi* и *M. arctica*), *Ctenodiscus crispatus*, Molpadiidae g. spp., *Golfingia m. margaritacea*)
- ВМ — комплекс прибрежных сообществ Восточного Мурмана с доминированием моллюсков *Astarte crenata*, *Macoma calcarea*, *Arctica islandica*, *Spisula elliptica*, *Ennucula tenuis*, *Modiolus modiolus*, *Chlamys islandica*, *Antalis entalis*, многощетинковых червей *Spiochaetopterus typicus*, *Nothria hyperborea*, *Nicomache lumbricalis*, *Galathowenia oculata*, *Owenia fusiformis*, иглокожих *Ophiura sarsii*, *Brisaster fragilis*, асцидий *Ascidia obliqua*, усоногих раков *Balanus balanus*, Spongia, Bryozoa и Brachiopoda
- нет данных

Краткий обзор истории изучения

История бентосных исследований в Баренцевом море насчитывает более двух столетий. Детальные исторические обзоры основных этапов изучения донной фауны Баренцева моря представлены в работах Л.А. Зенкевича [5, 6], Ю.И. Галкина [7], С.Г. Денисенко [8].

Первая официальная информация о донной фауне Баренцева моря датируется второй половиной XVIII в., когда Николаем Озерецковским в 1771 г. была собрана у берегов Восточного Мурмана (участок Мурманского берега между восточным побережьем Кольского залива и м. Святой Нос) и каталогизирована первая научная коллекция морских донных беспозвоночных [9]. Вплоть до начала XX в. исследования носили разрозненный описательно-фаунистический характер; планомерное комплексное изучение, сочетающее качественные и количественные методы исследования, было начато только в советское время.

Основы знаний о литоральном населении Баренцева моря были заложены довоенными работами Е.Ф. Гурьяновой, И.Г. Закса и П.В. Ушакова, посвященными биономическому описанию приливно-отливной зоны побережий Западного (участок Мурманского берега к западу от Кольского залива до границы с Норвегией) и Восточного Мурмана [10–20]. К довоенному периоду относятся и первые работы по количественному учету литоральной фауны Мурмана [21, 22]. В послевоенные годы детальные литоральные исследования проводились на Восточном Мурмане в губах Ярнышная и Зеленецкая Дальняя [23–32], в губах Дроздовка, Ивановская [33] и в Кольском заливе [34, 35].

Одной из наиболее сложных для исследования областей моря является верхняя сублитораль*, труднодоступная как для наблюдений с берега, так и для морских судовых работ. Изучение этой области начало успешно развиваться с внедрением в практику гидробиологических исследований легководолазного снаряжения [37]. Использование акваланга позволило провести детальное описание сообществ верхней сублиторали Восточного Мурмана в губах Ярнышная [29] и Зеленецкая Дальняя [38], на Западном Мурмане в районе Айновских островов [39], на островах арх. Земля Франца-Иосифа [40], в Кольском заливе [41–44], в зал. Чёшская губа [45] и у арх. Новая Земля в районе м. Желания.

Количественные судовые дночерпательные исследования в открытой части Баренцева моря были начаты в 1924 г.** К концу столетия количество дночерпательных бентосных станций, выполненных на акватории Баренцева моря, по самым приблизительным оценкам, составило более 12 тысяч [8]. С начала текущего столетия интенсивность бентосных исследований еще более возросла в значительной мере благодаря экологическому сопровождению разведывательных и инженерных работ, связанных с освоением нефтегазовых ресурсов Арктического шельфа. В результате в настоящее время бентос открытых районов Баренцева моря является наиболее детально исследованным по сравнению с другими морями Российской Арктики.

Большинство из огромного количества опубликованных и хранящихся в архивах различных организаций бентосных материалов имеет разрозненный и локальный характер. На этом фоне особое место занимают полномасштабные количественные бентосные съемки, выполненные в сжатые сроки и по единой методике. История бентосных исследований в Баренцевом море насчитывает четыре такие полноценные съемки и еще одно менее масштабное исследование (рис. 3.3.1, табл. 3.3.1).

Первая съемка была выполнена силами ПЛАВМОРНИНа — ПИНРО*** в **1924–1935 гг.** В течение 12 лет на 475 бентосных станциях (см. рис. 3.3.1, 1) была отобрана 921 дночерпательная проба. В результате анализа полученных материалов было описано распределение основных таксономических групп и всего зообентоса в целом, оценены биопродукционные характеристики бентали, даны аутэкологические описания основных массовых видов, выделены и описаны донные комплексы (сообщества) макробеспозвоночных, выполнен зоогеографический анализ акватории Баренцева моря с учетом количественного рас-

* В общепринятой системе вертикальной зональности к сублиторали относят глубины от 0 м до внешней кромки шельфа. Под верхней сублиторалью обычно подразумевается зона контакта с дном прибрежной водной массы, характеризующейся отсутствием сезонной стратификации из-за постоянного волнового и приливно-отливного перемешивания [36].

** В мае 1924 г. впервые в практике отечественных морских гидробиологических исследований П.В. Ушаковым на разрезе «Кольский меридиан» было отобрано более 20 бентосных проб ковшовым дночерпателем конструкции Петерсена. Через месяц регулярные дночерпательные сборы были начаты ПЛАВМОРНИНом на научном судне «Персей» [46].

*** Съемка была начата ПЛАВМОРНИНом, который в 1928 г. был трансформирован в Морской научный институт, затем в 1929 г. (после слияния с Мурманской биологической станцией Ленинградского общества естествоиспытателей) в Мурманское отделение Государственного океанографического института, а в 1933 г. (после слияния с Мурманской сельдяной экспедицией) — в Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО). Подробнее об этом см. во Введении.

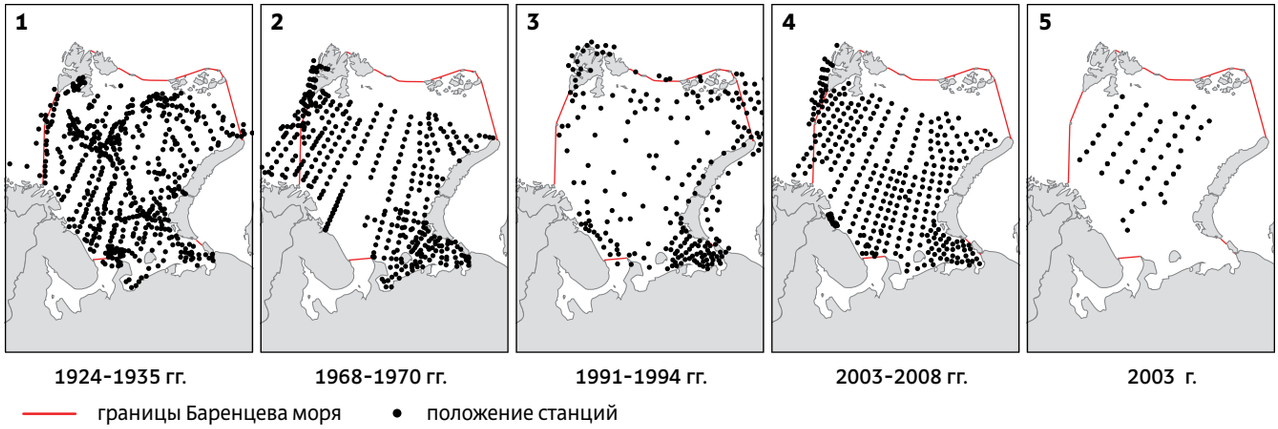


Рис. 3.3.1 Полномасштабные дночерпательные макробентосные съемки Баренцева моря: 1 — 1924–1935 гг. (ПЛАВМОРНИН–ПИНРО); 2 — 1968–1970 гг. (ПИНРО); 3 — 1991–1994 гг. (ВНИИОГ и др.); 4 — 2003–2008 гг. (ПИНРО, IMR); 5 — 2003 г. (ЗИН РАН, APN). Расшифровка сокращений приведена в табл. 3.3.1

пределения доминирующих и характерных форм [47–51, 81]. Со временем результаты этой съемки приобрели особое значение в качестве отправной точки крупномасштабного мониторинга донной фауны Баренцева моря. Ценность съемки заключается также в том, что она отражает «естественное» состояние бентоса Баренцева моря, практически не затронутое хозяйственной деятельностью (в том числе интенсивной промысловой эксплуатацией).

Вторая бентосная съемка аналогичного масштаба была выполнена ПИНРО в **1968–1970 гг.** параллельно с изучением и оценкой запаса северной креветки. За три года по методике, разработанной в 1924–1935 гг., на 543 станциях (см. рис. 3.3.1, 2) было отобрано около 1000 дночерпательных проб. Детальному описанию проведения съемки посвящена статья ее организатора, руководителя и одного из основных исполнителей — В.Ф. Брязгина [82]. По результатам обработки материалов этой съемки были получены данные о распределении общей биомассы бентоса [52] и детально описаны видовой состав и распределение двустворчатых моллюсков [53], мшанок [83], иглокожих [84] и амфипод [85–87]. В отличие от предыдущей съемки, объективные причины не позволили собрать воедино все результаты таксономической обработки собранного материала и обобщить их на трофическом, биогеографическом и биоценотическом уровнях. Тем не менее полученные результаты явились важным этапом многолетнего мониторинга состояния экосистемы Баренцева моря. Сравнение полученных данных с материалами довоенного

Табл. 3.3.1 Полномасштабные бентосные съемки Баренцева моря

Период проведения	Исполнители	Орудия сбора	Количество станций	Основные публикации
1924–1935	ПЛАВМОРНИН[1] — ПИНРО[2]	Дночерпатель Петерсена 0,25 м^2, 0,2 м^2, 0,1 м^2, трал Сигсби	475	[47–51]
1968–1970	ПИНРО[2]	Дночерпатель «Океан-50» 0,25 м^2, трал Сигсби	543	[52–55]
1991–1994	ВНИИОГ[3], ААНИИ[4], ГосНИИОПАС[5] и др.	Дночерпатель «Океан-50» 0,25 м^2, 0,1м^2, трал Сигсби, фоторегистрация	289	[56–64]
2003–2008	ПИНРО, IMR[6]	Дночерпатель Ван-Вина 0,1 м^2, трал Сигсби, бим-трал	364	[65–76]
2003	ЗИН РАН[7], APN[8]	Дночерпатель Ван-Вина 0,1 м^2	47	[8, 55, 77–80]

[1]Плавучий морской научный институт; [2]Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ПИНРО им. Н.М. Книповича, г. Мурманск); [3]Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана (ВНИИОкеангеология); [4]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт; [5]Государственный научно-исследовательский институт охраны природы Арктики и Севера; [6]Institute of Marine Research (Институт морских исследований. Норвегия, Берген, Тромсе); [7]Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург; [8]Akvaplan-niva AS (консалтинговое агентство. Норвегия, Тромсе).

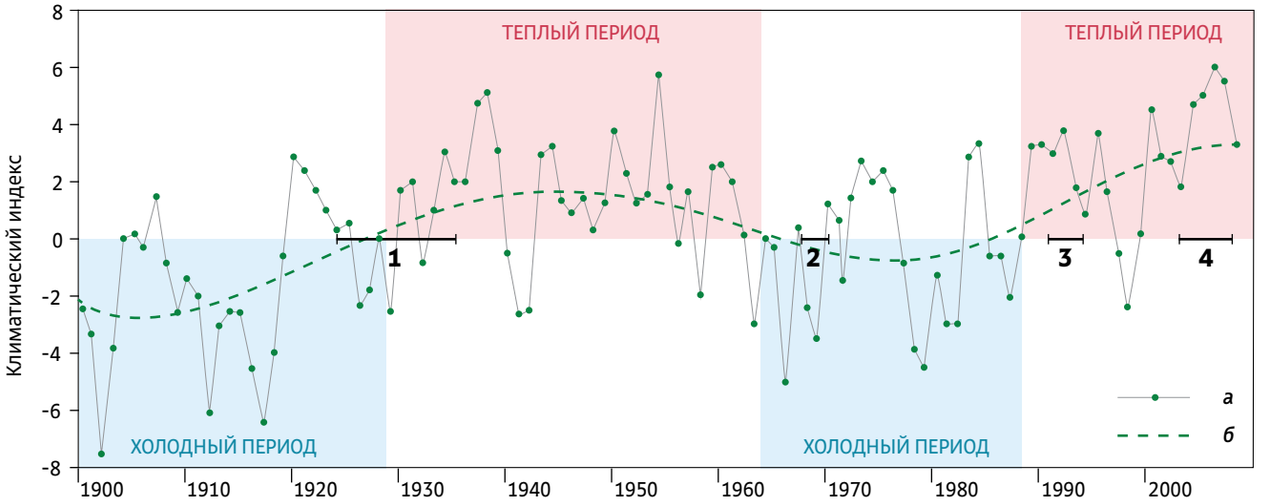


Рис. 3.3.2 Климатические периоды в Баренцевом море, выделенные на основе динамики климатического индекса (*а*) и ее аппроксимации полиномом 6-й степени (*б*). Цифрами обозначены периоды проведения бентосных съемок: 1 — 1924–1935 гг.; 2 — 1968–1970 гг.; 3 — 1991–1994 гг.; 4 — 2003–2008 гг. (по [95])

периода показало значительное снижение общей биомассы бентоса практически по всей акватории моря. Попытки объяснить этот феномен послужили началом многолетней дискуссии о масштабах и механизмах влияния климата и других факторов на донное население Баренцева моря [8, 53, 55, 60, 71–73, 88–92].

В **1991–1994 гг.** в ходе ландшафтно-экологических исследований Арктического шельфа, предпринятых рядом геологических организаций (ВНИИОГ, ААНИИ, ГосНИИОПАС и др.), для описания фонового состояния донного населения на 289 станциях были отобраны дночерпательные бентосные пробы (см. рис. 3.3.1, 3). Полученные результаты легли в основу серии публикаций по оценке текущего состояния и многолетних изменений бентосных сообществ Баренцева моря (см. табл. 3.3.1).

Последняя полномасштабная бентосная съемка была инициирована и выполнена ПИНРО совместно с IMR в **2003–2008 гг.** (см. рис. 3.3.1, 4). В основу съемки была положена сетка станций, выполненных ПИНРО в 1968–1970 гг., однако методы сбора и обработки материала были несколько изменены для приведения в соответствие с международными стандартами и новыми отечественными методическими разработками [46, 93, 94]. За шесть лет на 364 станциях было собрано 1786 дночерпательных проб и проведено 325 драгировок тралом Сигсби и бим-тралом. Часть материалов съемки опубликована и использована при составлении представленных в данном Атласе карт распределения биомассы и сообществ макробентоса [65–76].

В **2003 г.** сотрудниками ЗИН РАН и APN на 47 станциях были выполнены комплексные бентосные исследования в северо-центральной части Баренцева моря. Основной задачей экспедиции была оценка текущего состояния зообентоса и изучение вертикального потока фитодетрита в районе Полярного фронта и сезонной ледовой кромки. Данные исследования значительно уступают по количеству станций предшествующим бентосным съемкам, однако комплексный характер выполненных работ и равномерный охват станциями значительной по площади акватории моря (см. рис. 3.3.1, 5) позволяют рассматривать это исследование в ряду крупномасштабных съемок.

Одним из важных моментов перечисленных съемок является описание состояния бентоса в разные климатические периоды (рис. 3.3.2). Съемка 1924–1935 гг. была выполнена на рубеже длительного холодного и теплого периодов. По мнению Ю.И. Галкина, детально изучавшего влияние климата на изменения бентоса Баренцева моря, эта съемка отразила климатическую ситуацию, наиболее благоприятную для развития донной фауны этого региона [96]. Съемка 1968–1970 гг. была проведена в годы значительного краткосрочного похолодания, последовавшего за длительным теплым периодом 1930–1950-х гг. Климатическая ситуация во время съемки 1991–1994 гг. была близка к периоду исследований 1924–1935 гг. Съемка 2003–2008 гг. примечательна тем, что, в отличие от всех предыдущих исследований, отражает состояние бентоса, характерное для длительного стабильного периода положительных температурных аномалий.

Результаты исследований довоенного периода легли в основу серии классических трудов Л.А. Зенкевича по биологии моря [5, 6, 97]; углубленный анализ многолетних изменений макрозообентоса Баренцева моря и обусловливающих их факторов представлен в монографии С.Г. Денисенко [8].

Перечисленные выше съемки в значительной мере могут быть охарактеризованы как исследования макрозообентосной составляющей донного населения Баренцева моря. Вместе с тем интенсивные рыбохозяйственные исследования, проведенные на акватории Баренцева моря в последние годы, вносят значительный вклад в изучение мегабентосного компонента экосистемы. С 2004 г. на акватории Баренцева моря и прилегающих участках шельфа (включая воды арх. Шпицберген) совместными усилиями ПИНРО и IMR ежегодно проводится комплексная экосистемная съемка, в программу которой входит полный количественно-таксономический анализ прилова беспозвоночных рыбоучетными тралами*. Результаты съемки, включая состояние тралового мегабентоса, ежегодно публикуются в виде открытого рейсового отчета [98] и отчета рабочей группы ICES (International Council for the Exploration of the Sea) [99] WGIBAR (Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea), осуществляющей ежегодную комплексную оценку состояния экосистемы Баренцева моря [100].

Видовое разнообразие

Среди российских шельфовых морей Северного Ледовитого океана Баренцево море является наиболее детально изученным. Согласно одной из последних и наиболее полных фаунистических сводок по фауне Арктики [101], макрозообентос Баренцева моря насчитывает 2210 видов (без учета фораминифер, остракод, нематод, гарпактицид и планктонных организмов) (табл. 3.3.2). Из их числа порядка 500 видов могут быть отнесены к категории мегабентоса. Существует, однако, точка зрения, согласно которой, исходя из общих закономерностей формирования таксономической структуры региональных фаун, реальное количество видов макро- и мегазообентоса, обитающих в Баренцевом море, значительно превышает эту цифру и составляет не менее 3 тыс. видов [8, 55].

Наиболее разнообразно в фауне Баренцева моря представлены ракообразные, моллюски и многощетинковые черви, на долю которых приходится более половины фаунистического состава макро- и мегазообентоса (см. табл. 3.3.2).

Количество видов основных таксономических групп макро- и мегазообентоса в фауне Баренцева моря (по [11]) Табл. 3.3.2

Таксономическая группа	Количество видов
Crustacea	508
Mollusca	388
Annelida	384
Bryozoa	273
Cnidaria	183
Porifera	137
Platyhelminthes	105
Echinodermata	94
Ascidiacea	45
Nemertini	36
Pycnogonida	31
Sipuncula	12
Brachiopoda	6
Pogonophora	3
Priapulida	2
Echiura	2
Enteropneusta	1
Итого	**2210**

По видовому богатству бентосных организмов Баренцево море занимает промежуточное положение между шельфом Норвегии и морями евразийской части Арктики (рис. 3.3.3). Данное соотношение отражает его пограничное положение между фаунами бореальной Атлантики и Арктики [6, 103–105].

Сообщества

Для Баренцева моря, как и для всего Арктического и умеренного регионов, характерны олигодоминантные сообщества с ярко выраженным доминирование одного или нескольких видов. В связи с этим общепринятой является практика обозначения сообществ по доминирующим таксонам, что также использовано здесь.

Литораль. Из-за негативного воздействия сезонного и постоянного ледового покровов литораль большинства субарктических и арктических побережий Баренцева моря является практически безжизненной. Отдельные регистрируемые здесь макробентосные организмы, как правило, являются либо сезонными мигрантами из верхней сублиторали, либо заносятся в осушную зону со штормо-

* В экосистемной съемке используется специализированный креветочный трал «Campelen-1800» с шириной раскрытия 15 м и минимальным размером ячеи внутренней вставки 22 мм. Продолжительность стандартного траления составляет 15 мин при средней скорости около 3 узлов.

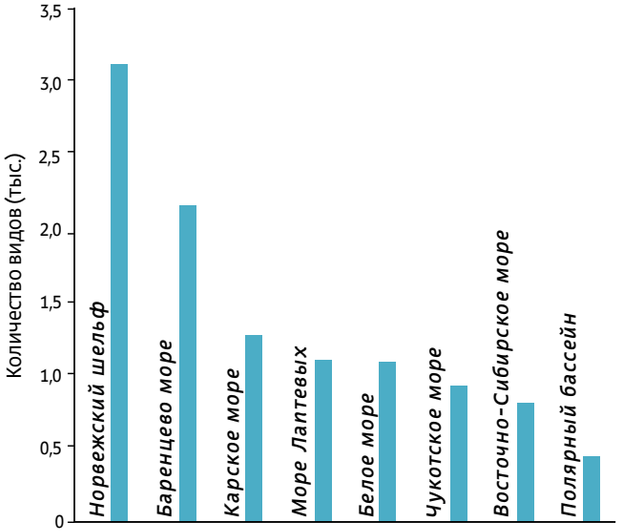


Рис. 3.3.3 Видовое богатство макрозообентоса морей Евразийского сектора Арктики и Центрального Арктического бассейна (по [101, 102])

выми выбросами макрофитов [20, 106–108 и др.]. Единственным видом, формирующим стабильные поселения в суровых условиях арктической литорали восточной части арх. Шпицберген, архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля являются амфиподы *Gammarus setosus*, обитающие в ячейках льда на участках, покрытых многолетним припайным льдом [40], и в пространствах между камнями на участках, сезонно освобождающихся ото льда [109, 110].

Стабильные литоральные сообщества развиваются в приливно-отливной зоне только на незамерзающих бореальных побережьях плоскогорья Финмаркен (северная Норвегия) и Мурманского берега (баренцевоморское побережье Кольского полуострова). Облик и количественные характеристики литорального населения исключительно разнообразны и определяются целым комплексом связанных факторов — морфологией береговой линии, высотой прилива, широтой осушной зоны, степенью прибойности, характером грунта, продолжительностью осушки и др.

Несмотря на доступность литорали для изучения, участки побережья с детальным количественным описанием населения приливно-отливной зоны на Мурманском берегу весьма немногочисленны. К ним относятся: Кольский залив [21, 34, 35], Териберская губа [111], губа Ярнышная [29, 112], губа Зеленецкая Дальняя [23–28], арх. Семь островов [22, 113], губы Ивановская и Дроздовка [33].

В целом литоральная фауна Мурманского берега достаточно богата — для литорали одного только Кольского залива на настоящий момент известно около 110 видов макробеспозвоночных [35]. Вместе с тем, набор массовых видов, принимающих участие в формировании литоральных сообществ, невелик и насчитывает не более двух десятков. Доля беспозвоночных в общей биомассе литоральных сообществ, в зависимости от типа литорали, может варьировать от сотых долей (сообщества зарослей фукусов и аскофиллюма) до 100% (песчаные пляжи и плотные мидиевые поселения в нижних горизонтах открытых участков скалистой литорали). Биомасса макрозообентоса в зависимости от горизонта и типа литорали может составлять от нескольких граммов до десятков килограммов на квадратный метр.

Низкие значения биомассы — не превышающие нескольких граммов на квадратный метр, характерны для открытых пляжей с хорошо промытыми подвижными песками; единственным характерным видом для этого типа литорали в условиях Восточного Мурмана указана полихета *Marenzelleria arctia* [111]. В кутовых участках более протяженных и закрытых от волнового воздействия губ и заливов, на мягких грунтах с различной степенью заиления массовые поселения образуют типичные представители литоральной инфауны — седентарные полихеты *Fabricia sabella* и *Arenicola marina*, двустворчатые моллюски *Mya arenaria* и *Macoma balthica*. По направлению к открытой части моря увеличивается количество подвижных (брюхоногие моллюски рода *Littorina*) и прикрепленных представителей эпифауны (мшанки, гидроиды, усоногие раки *Balanus balanoides*). Биомассы до 20 кг/м^2 и более зарегистрированы в плотных поселениях мидий (*Mytilus edulis*) на открытых участках скалистой литорали [111]. Обычными обитателями литорали являются амфиподы рода *Gammarus*, олигохеты и немертины. В целом типично литоральных форм среди беспозвоночных немного, большинство обитателей среднего и особенно нижнего горизонтов литорали широко распространены также в верхней сублиторали.

Верхняя сублитораль. В отличие от литоральных сообществ, донное население верхней сублиторали арктических побережий архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля по количественным характеристикам и видовому разнообразию сопоставимо с таковым верхней сублиторали незамерзающих вод Кольского полуострова (табл. 3.3.3) [29, 38, 40, 114, 115]. Характерно, что поселения многих типичных представителей литоральной фауны Восточного Мурмана в суровых условиях побережий арктических архипелагов смещаются в верхнюю сублитораль [6, 20]. Водолазные исследования показали, что верхнесублиторальная фауна арх. Земля Франца-Иосифа и северной око-

Табл. 3.3.3 Сообщества макро- и мегазообентоса верхней сублиторали Баренцева моря по результатам легководолазных исследований на глубинах 0–40 м

Район	Основные сообщества с доминированием беспозвоночных (в скобках указан диапазон глубин распространения)	Биомасса, г/м² мин.-макс. (среднее)
Кольский залив [41–44]	*Asterias rubens* (0–6 м); *Mytilus edulis* (0–10 м); *Strongylocentrotus droebachiensis* (0–10 м); *Strongylocentrotus pallidus* + *S. droebachiensis* (3–22 м); *Neptunea despecta* (нет данных); *Modiolus modiolus* + *Chlamys islandica* (5–40 м); *Arctica islandica* (20 м и более)	4–3000 (61 — в целом по заливу, 33 — на мягких грунтах, 117 — на жестких грунтах)
Восточный Мурман, губа Зеленецкая Дальняя [38]	[*Lithothamnion* spp.] + *Strongylocentrotus droebachiensis* (от 0 до 30–40 м); *Halichondria panicea* (5–15 м); *Balanus balanus* (8–35 м)	1–1675 (545)
Восточный Мурман, губа Ярнышная [29]	*Gammarus setosus* (опресненные участки на границе литорали и сублиторали); [*Laminaria saccharina*] + [*Desmarestia aculeata*] + *Macoma calcarea* (0–2 м); *Strongylocentrotus droebachiensis* (6–16 м); *Modiolus modiolus* (15–25 м); *Arctica islandica* (17–55 м); *Macoma calcarea* (18 м и глубже); *Astarte elliptica* (25–40 м); *Balanus crenatus* (30–34 м); *Yoldia amygdalea* (30–34 м); *Chlamys islandica* (34–42 м); *Astarte borealis* (40 м и глубже)	10–6000
арх. Земля Франца-Иосифа, острова: Хейса, Виктория, Рудольфа, Земля Александры [40]	*Gammarus setosus* (0–2 м); *G. setosus* + *Bylgides sarsi* (5–10 м); *Rhachotropis aculeata* + [*Acrosiphonia sonderi*] (0–3 м); *Balanus balanus* + *Hiatella arctica* (0–18 м); *Hiatella arctica* (2–18 м); *Tealia crassicornis* + *Strongylocentrotus* sp. (3–10 м); *Musculus niger* + *Mya truncata* + *Anonyx sarsi* (10–15 м); *Strongylocentrotus pallidus* + *Serripes groenlandicus* + [*Phycodrys sinuosa*] + *Tridonta montagui warchami* (10–15 м); [*Phyllaria dermatodea*] + *Balanus balanus* (10–15 м); [*Phyllophora interrupta*] + *Buccinum hydrophanum* + *Mya truncata* (12–15 м); *Pelonaia corrugata* + *Musculus corrugatus* + *M. niger* (15–25 м); *Cellepora surcularis* + *Hiatella arctica* + *Mya truncata* (18–25 м); *Tridonta montagui warchami* + *Astarte elliptica* + *Balanus balanus* + *Neptunea ventricosa* (18–28 м); *Semisuberites cribrosa* + Synascidia g. sp. (23–30 м); *Hiatella arctica* + *Balanus balanus* (25–32 м); *Eudendrium ramosum* + *Lafoea dumosa* + *Grammaria abietina* (32–38 м)	3–911 (310)
арх. Новая Земля, м. Желания [114, 115]	*Gammarus setosus* (нижний горизонт литорали); *Gamarellus homari* + *Crisia* sp. (0,5–2 м); [*Alaria membranacea*] + [*Polysiphonia stricta*] + *Testudinalia testudinalis* (2–7 м); *Strongylocentrotus pallidus* + [*Laminaria digitata*] + [*Desmarestia aculeata*] + *Buccinum undatum* (7–12 м); *Ophiura robusta* + *Nephtys* sp. (12–18 м)	Нет данных

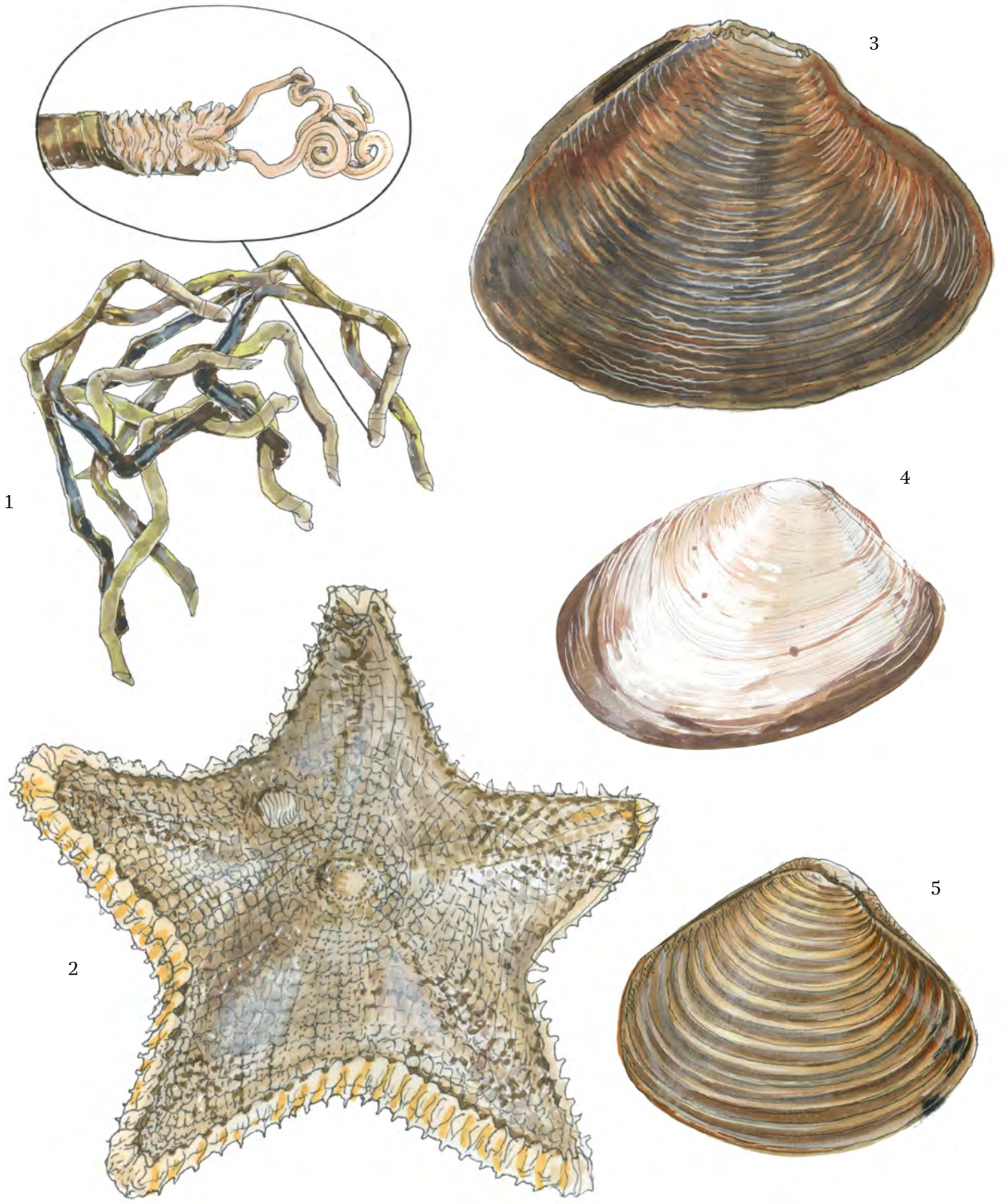
Примечания. 1. В квадратных скобках указаны макрофиты, входящие в состав доминирующих видов. 2. В квадратных скобках в столбце «Район» указаны литературные источники. 3. Сообщества приведены в порядке увеличения глубины распространения. 4. Значения биомассы приведены только для зообентосной составляющей сообществ.

нечности арх. Новая Земля (в районе м. Желания) имеет отчетливый североатлантический характер [40]. Более того, преобладание бореальных видов (26%) над арктическими (16%) в составе верхнесублиторальных биоценозов в районе м. Желания позволило отнести их к высокобореальной провинции Бореоатлантической подобласти наряду с донным населением прибрежных вод Кольского полуострова [114, 115].

Сравнительно низкие средние показатели биомассы мегабентоса в Кольском заливе по результатам исследований последних лет (см. табл. 3.3.3) [41–44] отражают значительную антропогенную нагрузку, характерную для этого района.

Губы и заливы. В отличие от детально изученного макрозообентоса фьордов и заливов западной части арх. Шпицберген [110, 116–124], губы и заливы восточной (баренцевоморской) части архипелага исследованы в значительно меньшей степени. Имеется лишь одна работа начала прошлого века, описывающая макробентос прол. Стур-фьорд [125].

Фауна заливов баренцевоморского побережья арх. Новая Земля в силу объективных причин



1 — Седентарная полихета (*Spiochaetopterus typicus*). Внешний вид трубок из промытой бентосной пробы и фрагмент трубки *S. typicus* с головным отделом червя
2 — Морская звезда (*Ctenodiscus crispatus*)
3 — Двустворчатый моллюск (*Astarte borealis*)
4 — Двустворчатый моллюск (*Macoma calcarea*)
5 — Двустворчатый моллюск (*Astarte crenata*)

Рис. 3.3.4 Брахиопода *Hemithiris psittacea*

исследована в еще меньшей степени. В известной научной литературе имеются данные по макробентосу лишь для губы Черная Южного острова арх. Новая Земля [8, 126] и детальное описание донного населения прол. Маточкин Шар [20].

В отличие от восточных побережий арх. Шпицберген и западных берегов арх. Новая Земля, внутренние воды арх. Земля Франца-Иосифа исследованы значительно более детально. Работы последних лет [127–129] подтвердили статус этого района как одного из наиболее богатых в Баренцевом море по видовому составу и биомассе бентоса. Проникновение с севера значительно трансформированных атлантических вод через глубоководные проливы между островами и мелководная местная арктическая фауна [130] обеспечивают высокое видовое разнообразие зообентоса архипелага, где за весь период исследования зарегистрировано 970 видов [129]. По результатам дночерпательных судовых исследований 2006 и 2007 г. [129] средняя биомасса макробентоса во внутренних водах архипелага оценена в 428 г/м^2 при средней плотности поселения в 3374 экз./м^2. Видовое богатство, общая плотность поселения и относительное количество бореальных видов достигают наибольших значений в диапазоне глубин 50–150 м. Биоценозы с доминированием *Astarte borealis, Hiatella arctica* и *Marenzelleria wireni*, характерные для мелководных прибрежных участков, на склонах проливов сменяются сообществами с доминированием *Astarte crenata, Porella compressa* и *Thelepus cincinnatus*, а глубже — *Spiochaetopterus typicus* и *Yoldiella lenticula*. На фоне повсеместного доминирования бореально-арктических видов относительное количество арктических таксонов превышает количество бореальных (19 и 8% соответственно).

В субарктических условиях юго-восточной части Баренцева моря залив Чёшская губа является своеобразным рефугиумом типично морской бореальной фауны, характерной для Мурманского берега [12, 45, 131, 132]. В составе донных сообществ здесь обычны такие типично бореальные виды, как *Mytilus edulis, Modiolus modiolus, Macoma balthica, Semibalanus balanoides, Chirona hammeri, Verruca stroemia, Hemithiris psittacea* (рис. 3.3.4), *Hydralmania falcata, Littorina littorea* и др.

Единственным крупным эстуарием в пределах Баренцева моря является Печорская губа. Ее макрофауна носит типично обедненный эстуарный характер с массовым развитием амфипод рода *Pontoporeia*, двустворчатого моллюска *Macoma balthica*, полихеты *Marenzelleria arctia*, изоподы *Saduria entomon* [133–137].

Наиболее детально изучена фауна губ и заливов побережья Кольского полуострова [29, 111, 138–143]. На базе концепции морских краевых водоемов, разработанной В.Н. Семеновым [144, 145], в 2006–2010 гг. сотрудниками Мурманского морского биологического института РАН (ММБИ) было проведено детальное сравнительное исследование макрозообентоса пяти наиболее характерных губ побережья Кольского полуострова (губа Ура Мотовского залива, губ Долгая, Териберская, Ярнышная и Зеленецкая Дальняя) [146, 147]. Исследования продемонстрировали высокое видовое разнообразие (647 видов 225 семейств) и зональность в распределении зообентоса. Обнаружены две области концентрации бентоса, приуроченные к пограничным зонам взаимодействия экологических сред: «суша — море» на глубине до 10 м и «прибрежные — морские воды» на глубине 20–60 м. Наибольшие биомассы (до 4 кг/м^2) были отмечены на скальных грунтах в губе Зеленецкая Дальняя, минимальные — на песчаных мелководьях губы Териберская (менее 1 г/м^2). Средние показатели биомассы для губ различного типа составили от 77 до 942 г/м^2. На акватории исследованных губ и заливов выделено 13 основных сообществ, характеризующихся доминированием по биомассе и уровню метаболизма: 11 видов многощетинковых червей (*Capitella capitata, Cistenides granulata, Maldane sarsi, Galathowenia oculata, Dipolydora caulleryi, Glycera lapidum, Spirobranchus triqueter, Polydora quadrilobata, Spiochaetopterus typicus, Ophelia limacina, Chaetozone* sp.), 7 видов двустворчатых моллюсков (*Crenella decussata, Astarte borealis, Modiolus modiolus, Heteranomya squamula, Chlamys islandica* (рис. 3.3.5), *Mytilus edulis, Macoma calcarea* и *Arctica islandica*), морские ежи *Brisaster fragilis, Strongylocentrotus droebachiensis* (рис. 3.3.6) и усоногие раки *Balanus balanus* (рис. 3.3.7) и *B. crenatus*.

Среди губ и заливов Кольского полуострова наиболее детально изучен Кольский залив [34, 35, 148–151]. По материалам последних исследований [35],

Табл. 3.3.4 Характеристики основных сообществ макрозообентоса открытой части Баренцева моря (по [47, 48, 50, 62, 75, 125, 152, 153, 155–158])

Код	Доминанты	Субдоминанты (доминанты и субдоминанты для комплексов сообществ ЦВ, МЖ и ВМ)	Преобладающие	
			глубина распространения, м	биомасса, г/м²
St	*Spiochaetopterus typicus*	*Maldane sarsi, M. arctica, Ctenodiscus crispatus, Galathowenia oculata, Bathyarca glacialis*	126–366 [47, 75, 156]	14–322 (37–102) [47, 75, 156]
SG	*Spiochaetopterus typicus, Gersemia fruticosa*		300–360 [153]	51 [153]
GG	*Golfingia* spp.	*Spiochaetopterus typicus, Ctenodiscus crispatus, Strongylocentrotus pallidus, Astarte crenata*	150–350 [47, 62, 153]	1–162 (36–88) [47, 62, 153]
Ob	*Ophiopleura borealis*	*Molpadia* sp., *Paraedwardsia* sp., *Gersemia* sp.	до 450 [47, 62]	2–51 (13–25) [47, 62]
Sk	*Spiophanes kroyeri*	*Ophiura sarsii*	212–303 (268) [75]	15–85 (47) [75]
Cc	*Ctenodiscus crispatus*	*Spiochaetopterus typicus, Golfingia* spp., *Astarte crenata, Maldane sarsi*	80–300 [47, 125]	(126–103) [47, 125]
Bg	*Bathyarca glacialis*	*Spiochaetopterus typicus*	238–294 (263) [75]	32–188 (101) [75]
Ac	*Astarte crenata*	*Spiochaetopterus typicus, Astarte elliptica, Ctenodiscus crispatus*	91–350 (193) [47, 62, 75, 156]	2–282 (40–119) [47, 62, 75, 156]
M	*Macoma calcarea*	*Psolus phantapus, Ophiura robusta, Hiatella arctica, Ciliatocardium ciliatum, Strongylocentrotus* spp.	86–213 (127) [48, 75, 155]	13–1480 (377–858) [48, 75, 155]
C	*Ciliatocardium ciliatum*	*Maldane sarsi, Astarte borealis, Golfingia margaritacea, Serripes groenlandicus*	18–240 (112) [75, 155]	94–208 (148) [47, 75, 155]
OC	*Ophiacantha bidentata* + *Ctenodiscus crispatus*		155–208 (181)	55–70 (63)
OH	*Ophiacantha bidentata* + *Hornera lichenoides*		150–167 (158)	15–59 (37)
Cf	*Cucumaria frondosa* (Шпицбергенская банка)	*Strongylocentrotus* sp., *Chlamys islandica, Alcyonidium gelatinosum, Balanus* sp., *Eucratea loricata, Ophiopholis aculeata*	36–50 [48, 62, 155]	272–3108 (643–841) [48, 62, 155]
ЦВ	Сообщества Центральной возвышенности с доминированием двустворчатых моллюсков	**Доминанты:** *Mya truncata, Yoldia hyperborea, Ciliatocardium ciliatum* **Субдоминанты:** *Strongylocentrotus* sp.	141–180 (165)	57–508 (259)
Ab	*Astarte borealis*	*Macoma calcarea, Ciliatocardium ciliatum*	9–200 (81) [47, 125, 62, 75]	5–1253 (90–468) [47, 125, 62, 75]
S	*Serripes groenlandicus*	*Stegophiura nodosa, Pelonaia corrugata*	10–90 [47, 75]	5–386 (68–143) [47, 75]
BB	*Balanus balanus*	*Balanus crenatus, Strongylocentrotus* sp., Bryozoa, Hydrozoa	50–110 (76) [47, 75]	58–2569 (159–531) [47, 75]
МЖ	Комплекс сообществ Медвежинского желоба	**Доминанты:** *Astarte crenata, Bathyarca glacialis, Maldane* spp. (*M. sarsi* и *M. arctica*), *Ctenodiscus crispatus,* Molpadiidae g. spp., *Golfingia margaritacea* **Субдоминанты и характерные:** *Ophiura sarsii, Idmonea atlantica, Lumbrineris fragilis, Thenea* sp., *Phascolion strombus, Ophiocten sericeum, Ophioscolex glacialis, Ophiacantha bidentata*	350–400 [50]	5–15 [50]

Код	Доминанты	Субдоминанты (доминанты и субдоминанты для комплексов сообществ ЦВ, МЖ и ВМ)	Преобладающие	
			глубина распространения, м	биомасса, г/м²
SP	Spongia (*Thenea* sp., *Geodia* sp.)	*Macandrevia cranium, Astarte crenata*	200–300 [50]	300–3000 (350) [50]
РБ	Spongia Рыбачьей банки (*Thenea, Craniella cranium, Mycale* sp., *Geodia baretti*)	*Astarte crenata,* Polymastiidae g. spp., *Macandrevia cranium, Brisaster fragilis, Molpadia borealis, Bathyarca pectinculoides, Modiolula phaseolina*	130–160 [50, 158]	до 2700 (656–35) [50, 158]
BR	Brachiopoda (*Macandrevia cranium, Terebratulina retusa* и др.)	*Geodia barretti, Craniella cranium, Phakellia* sp., *Thenea* sp., *Placostegus tridentatus, Retepora* sp., *Eunice norvegica*	150–350 [50]	60–400 (133) [50]
Bf	*Brisaster fragilis*	*Astarte crenata, Ctenodiscus crispatus, Chirimia biceps, Ophiura sarsii*	145–468 [50, 62]	11–501 (37–210) [50, 62]
G	*Galathowenia oculata*	*Brisaster fragilis, Maldane sarsi, Mendicula ferruginosa, Chirimia biceps biceps*	143–200 (176) [75]	17–60 (39) [75]
ВМ	Прибрежные сообщества Мурманского берега, в пределах 15-мильной зоны	**Сообщества инфауны:** *Astarte crenata* + *Spiochaetopterus typicus; A. crenata* + *Nothria conchylega; Maldane sarsi; Brisaster fragilis; Macoma calcarea* + *Nothria conchylega* + *Owenia fusiformis* + *Antalis entalis; Arctica islandica; Spisula elliptica* + *Astarte borealis*	20–300 [152]	менее 100 [152]
		Сообщества эпифауны: *Modiolus modiolus* + *Chlamys islandica; Pseudopotamilla reniformis; Ascidia obliqua; Balanus balanus;* Spongia + Bryozoa + Brachiopoda	менее 180–200 [152]	до 1000 и более [152]

Примечания. 1. Через дефис указан диапазон варьирования глубины распространения и биомассы, в круглых скобках — средние значения. 2. **Код** — краткое обозначение сообщества (далее по тексту и на карте на с. 170). 3. В квадратных скобках приведены литературные источники данных. 4. Сообщество с доминированием *Ophiopleura borealis* (Ob) в значительной мере является пограничным между макробентосным сообществом и мегабентосной группировкой, так как из-за крупных размеров эта офиура плохо облавливается дночерпателями с малой площадью пробоотбора (например, дночерпателем Ван-Вина 0,1 м²). По этой причине оно не отражено на схеме распределения макробентосных сообществ (карта на с. 170), преимущественно основанной на результатах съемок с использованием данного дночерпателя. Тем не менее область его распространения оконтурена на схемах распределения мегабентосных группировок (карты 1 и 2 на с. 186, легенда на с. 187), а его количественные характеристики, полученные дночерпателем 0,25 м², включены в таблицу 3.3.4.

донная макрофауна сублиторали Кольского залива насчитывает не менее 500–600 видов, из которых наиболее разнообразно представлены многощетинковые черви. Несмотря на значительное видовое разнообразие, массовыми являются не более 20 видов. В сублиторали Кольского залива описано 24 сообщества макрозообентоса, большинство из которых приурочено к глубинам менее 20–30 м. Наиболее широко распространенным является сообщество с доминированием полихы *Laonice cirrata*, занимающее илистые и илисто-песчаные грунты центральной части ложа залива. Биомасса макрозообентоса в пределах Кольского залива варьирует от 5 до 4575 г/м². Низкие значения биомассы (менее 30 г/м²) характерны для кутовой части залива и песчаных мелководий. Биомассы более 900 г/м² встречаются в прибрежье на глубинах до 20 м в поселениях сестонофагов-фильтраторов.

Открытая часть моря. Макробентос. Выделение и картирование донных сообществ на основе анализа дночерпательных сборов является рутинной процедурой большинства описательных бентосных исследований. Однако большинство таких работ, проведенных в Баренцевом море, носит ограниченный локальный характер. Картирование макробентосных сообществ в масштабах всего моря было выполнено по материалам лишь двух дночерпательных съемок — 1924–1935 гг. [47, 48, 50, 125] и 1991–1994 гг. [62, 64]. Эти материалы, дополненные результатами менее масштабных исследований [75, 152–158], положены в основу схемы распределения сообществ макрозообентоса открытой части Баренцева моря, представленной в данном разделе Атласа (табл. 3.3.4).

Сложно расчлененный рельеф дна Баренцева моря в сочетании с распределением основных вод-

Рис. 3.3.5 Двустворчатый моллюск *Chlamys islandica*

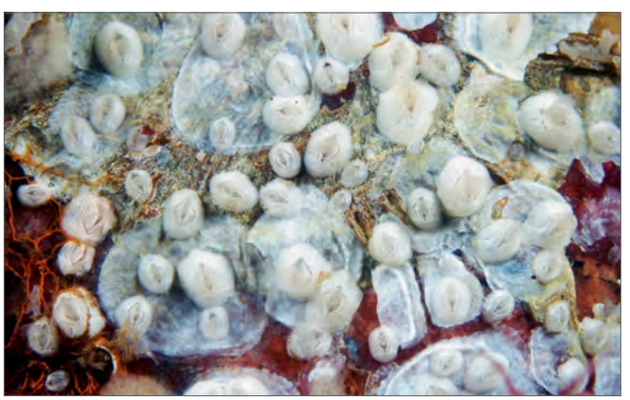
Морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* Рис. 3.3.6

ных масс (атлантические, арктические и местные баренцевоморские воды) определяют значительное разнообразие и мозаичность в распределении основных типов донных сообществ.

Сообщество с доминированием седентарной полихеты *Spiochaetopterus typicus* (**St**, здесь и далее см. код в табл. 3.3.4) является одним из самых характерных и широко распространенных в Баренцевом море. «Визитной карточкой» этого сообщества является обилие в пробах длинных, относительно тонких трубок, состоящих из полупрозрачного хитиноподобного вещества. Данное сообщество занимает практически все равнинные и пониженные формы рельефа центральной и северной части Баренцева моря на глубинах более 150–200 м в области распространения илистых и илисто-песчаных грунтов. Кроме этого, сообщество встречается на мягких грунтах глубоководных участков крупных губ и заливов [51, 139]. Для области распространения сообщества, помимо *S. typicus*, характерны массовые поселения полихет семейства Maldanidae (*Maldane sarsi, M. arctica*), морской звезды *Ctenodiscus crispatus*, двустворчатого моллюска *Bathyarca glacialis*, крупной голотурии грунтоеда *Molpadia borealis*, сипункулид рода *Golfingia*. В большинстве случаев эти виды играют роль субдоминантов, но в отдельных районах могут выходить на лидирующие позиции наряду со *S. typicus*, формируя локальные варианты сообщества. Подчеркивая специфичность для Баренцева моря этого типа донного населения, Л.А. Зенкевич объединял различные вариации сообщества с доминированием *Spiochaetopterus typicus* в так называемый баренцевоморский комплекс [47]. Характерными доминантами по численности в пределах распространения сообщества являются мелкие моллюски рода *Yoldiella* и семейства Thyasiridae, полихеты семейств Oweniidae и Nephtyidae, мелкие сипункулиды рода *Nephasoma*. Средние показатели биомассы сообщества составляют порядка 50–100 г/м^2, что находится в пределах среднего для Баренцева моря уровня. Трофическая структура сообщества характеризуется преобладанием детритофагов (собирателей и грунтоедов).

На северо-восточной окраине моря в глубоководной области отрицательных придонных температур и распространения жидких коричневых илов, изобилующих фораминиферами, отмечены сообщества с доминированием мягкого коралла *Gersemia fruticosa* (рис. 3.3.8) и *Spiochaetopterus typicus* (**SG**), офиуры *Ophiopleura borealis* (**Ob**) (рис. 3.3.9) и крупных сипункулид рода *Golfingia* (**GG**). Перечисленные сообщества характеризуются низкими значениями биомассы, редко превышающими несколько десятков граммов на кв. м.

Для сложно расчлененного рельефа северного и восточного районов моря характерны сообщества с доминированием двустворчатых моллюсков, массовые поселения которых занимают поднятия дна и их склоны. В северо-восточной части моря у подножий склонов подводных возвышенностей на глубинах 200–300 м на мягких илисто-песча-



Усоногие раки *Balanus balanus* Рис. 3.3.7

Рис. 3.3.8 Восьмилучевой коралл *Gersemia fruticosa*

Офиура *Ophiopleura borealis* Рис. 3.3.9

ных грунтах формируются плотные поселения небольшого двустворчатого моллюска *Bathyarca glacialis* (**Bg**), при этом *Spiochaetopterus typicus* продолжает оставаться здесь на субдоминирующих или даже доминирующих позициях. Выше по склонам (150–250 м) на илисто-песчаных грунтах формируют одноименное сообщество плотные поселения *Astarte crenata* (**Ac**), которые на еще меньших глубинах (75–150 м) в области преобладания илисто-глинистых и глинисто-песчаных грунтов сменяются сообществом с доминированием двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* (**M**). Плотные поселения этого моллюска занимают всю северную часть Западно-Новоземельской возвышенности. Сообщества с доминированием *M. calcarea* отмечены также в районе Южно-Новоземельского желоба, Северо-Канинской банки, Мурманской возвышенности, Центральной возвышенности и Шпицбергенской банки. Для районов распространения этого сообщества характерны глинистые и илисто-песчаные грунты и глубины порядка 100–150 м. Для области распространения сообщества *M. calcarea* характерны массовые скопления мелкой плотоядной офиуры *Ophiura robusta*, плотность поселения которой на отдельных участках Новоземельского мелководья может достигать 1,5 тыс. экз./м^2 [75]. Локально в области новоземельских мелководий в интервале глубин 100–200 м плотные поселения образует голотурия *Psolus phantapus*. На отдельных станциях при попадании в дночерпатели крупных особей она может регистрироваться в качестве руководящего вида, доминирующего по биомассе.

Широко распространенный в Баренцевом море двустворчатый моллюск *Ciliatocardium ciliatum* образует массовые поселения в локальных условиях акумуляции илистых осадков на мелководьях северной части Адмиралтейского склона и Печорского моря (**C**).

Центральная возвышенность также является районом, благоприятным для развития массовых поселений двустворчатых моллюсков (**ЦВ**). В качестве доминирующих по биомассе видов здесь зарегистрированы *Mya truncata, Yoldia hyperborea, Macoma calcarea, Ciliatocardium ciliatum*. Характерным субдоминантом этих сообществ в районе Центральной возвышенности выступают морские ежи род *Strongylocentrotus*.

В пределах всего моря на илисто-песчаных грунтах средних глубин локально встречаются области с выраженным доминированием морской звезды-грунтоеда *Ctenodiscus crispatus* (**Cc**). С высокой долей вероятности данное сообщество маркирует участки дна с высоким содержанием органического вещества в осадках.

Своеобразное сообщество с доминированием полихеты *Spiophanes kroyeri* и субдоминированием офиуры *Ophiura sarsii* (**Sk**) встречается в северной части Адмиралтейского склона и на восточных склонах возвышенности Персея.

Массовые поселения офиуры *Ophiacantha bidentata*, отмеченные в районе возвышенности Персея, в его южной части (в условиях более умеренной гидродинамики), формируют сообщество с субдоминированием *Ctenodiscus crispatus* (**OC**), а в северной — более мелководной части — известковой кустистой мшанки *Hornera lichenoides* (**OH**).

В западной части моря на мелководьях Шпицбергенской банки, преимущественно на глубинах менее 100 м, на жестких песчаных грунтах исключительно плотные поселения образует крупная древовидно-щупальцевая голотурия *Cucumaria frondosa* (**Cf**). Плотность ее поселения здесь бывает столь велика, что в дночерпательную пробу площадью 0,1 м^2 попадет несколько крупных особей. Обычными членами этого сообщества (иногда выходящими на лидирующие позиции) являются исландский гребешок *Chlamys islandica*, морские

Рис. 3.3.10 Офиура *Ophiopholis aculeata*

ежи рода *Strongylocentrotus* и офиура *Ophiopholis aculeata* (рис. 3.3.10). Аналогичное сообщество, но с меньшей плотностью поселения кукумарии, широко распространено также в мелководных районах Северо-Канинской и Гусиной банок и вдоль Мурманского берега.

В специфических условиях песчаных и илисто-песчаных мелководий юго-восточной части Баренцева моря формируются высокопродутивные сообщества с доминированием двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* и *Astarte borealis*. Плотные мелководные поселения этих моллюсков являются основой кормовой базы популяции моржа Печорского моря, лежбища которого расположены на о-вах Матвеев и Долгий.

Высокопродуктивное сообщество с доминированием *Serripes groenlandicus* (**S**) занимает обширные песчаные мелководья самой южной части Печорского моря. Аналогичное сообщество распространено на наиболее мелководных участках Северо-Канинской и Гусиной банок. Его характерными субдоминантами являются хищная живородящая офиура *Stegophiura nodosa*, древовиднощупальцевая голотурия *Pentamera calcigera* и асцидия *Pelonaia corrugata*.

Высокопродуктивное сообщество с доминированием двустворчатого моллюска *Astarte borealis* (**Ab**) занимает обширные мелководья юго-восточной части Баренцева моря на глубинах 50–130 м с илисто-песчаными и смешанными грунтами. Биомасса и плотность поселения бентосных организмов может достигать здесь более 1 кг/м^2 и 10 тыс. экз./м^2, в среднем составляя порядка 400 г/м^2 и 4 тыс. экз./м^2. В составе этого сообщества в качестве субдоминантов могут выступать такие широко распространенные массовые виды полихет, как *Spiochaetopterus typicus, Maldane sarsi* и *Galathowenia oculata*. Аналогичные сообщества были описаны в кутовой части прол. Стур-Фьорд арх. Шпицберген [125] и на мелководьях арх. Земля Франца-Иосифа [129].

Сообщество обрастателей с доминированием усоногих раков (преимущественно *Balanus balanus*) (**BB**) широко распространено на мелководных (менее 100 м) участках дна, изобилующих мелко- и крупнообломочным каменистым материалом. Сообщество повсеместно встречается в прибрежной зоне вдоль всего арх. Новая Земля и локально — на мелководных участках Печорского моря и Мурманского берега. По-видимому, оно так же широко распространено в районе о. Медвежий и Шпицбергенской банки.

В юго-западной части моря в области распространения тонких мягких илов глубоководной части Медвежинского желоба (на глубинах 300–400 м и более) формируется комплекс неявно выраженных сообществ с низким уровнем доминирования обычных для Баренцева моря видов: *Astarte crenata*, *Bathyarca glacialis*, *Maldane sarsi*, *Ctenodiscus crispatus*, голотурий семейства Molpadiidae и сипункулид рода *Golfingia* (**МЖ**). Район отличается низкой биомассой бентоса (5–15 г/м^2) и пестрым видовым составом руководящих форм при крайне низком уровне их доминирования, что затрудняет выделение и описание отдельных сообществ [50].

Массовые поселения губок (преимущественно родов *Geodia* и *Thenea*) (**SP**) характерны для юго-западной части шельфа Баренцева моря в области влияния теплых атлантических вод Нордкапского течения [8, 47, 50]. В границах Баренцева моря сообщества этого типа распространены в районе Нордкапской и Нордкинской банок на глубине 250–200 м на илисто-песчаных грунтах со значительной примесью камней. Средняя биомасса в пределах сообщества в начале прошлого века составляла порядка 350 г/м^2 , при этом биомасса губок могла достигать 3 кг/м^2 [50].

В начале прошлого века плотные поселения губок с биомассой до 3 кг/м^2 и средней биомассой бентоса в 656 г/м^2 [50] были характерны для района Рыбачьей банки (**РБ**). По результатам мониторинга на разрезе «Кольский Меридиан» средняя биомасса бентоса на 2-й станции разреза (расположенной в пределах Рыбачьей банки) к 1995–2012 гг. снизилась до 34,8±8,4 г/м^2 [158]. При этом губки полностью исчезли из состава доминирующих видов, в качестве которых позднее — в разные годы — выступали морские ежи *Brisaster fragilis*, голотурии *Molpadia borealis*, двустворчатые моллюски *Bathyarca pectinculoides* и *Modiolula phaseolina* [146, 158]. Такое значительное снижение биомассы и нестабильность структуры сооб-

щества могут быть как показателем изменчивых условий Прибрежного Мурманского течения, так и следствием нарушения структуры сообщества в результате негативного воздействия интенсивного донного промысла. Характерной чертой этого района является исключительно высокое для Баренцева моря количество бореальных видов, доля которых по данным 2012 г. составила 21% зарегистрированных видов [158].

Сообщество с доминированием Brachiopoda (*Macandrevia cranium, Terebratulina retusa* и др.) (**BR**) в начале прошлого века было описано в прибрежных водах плоскогорья Финмаркен как комплекс "*Waldhemia cranium*" [50]. Сообщество было зарегистрировано на глубине 150–350 м на слабозаиленных грубо сортированных песках со значительной примесью камней и ракуши в области влияния Мурманской ветви Нордкапского течения при постоянных положительных придонных температурах 4–6 °С. На момент описания средняя биомасса бентоса в пределах распространения комплекса была оценена в 133 г/м^2 [50].

Доминирование бореального морского ежа *Brisaster fragilis* (**Bf**) в составе донного населения характерно для илисто-песчаных грунтов южной части Баренцева моря на глубинах 200–300 м в области влияния Центральной ветви Нордкапского течения, где придонные температуры в течение года не опускаются ниже 2–3 °С. Биомассы здесь невелики и варьируют в пределах 20–80 г/м^2 (в среднем 37 г/м^2) [50].

По результатам одной из последних съемок на смешанных грунтах Мурманской возвышенности на глубинах 143–200 м зарегистрировано своеобразное сообщество с доминированием мелкой седентарной полихеты *Galathowenia oculata* (**G**) [75].

Разнообразие биотопов в районе прибрежья Мурмана обусловливает развитие здесь богатой видами и обильной донной фауны (**BM**). По результатам дночерпательных и траловых исследований середины прошлого столетия в прибрежье Восточного Мурмана описано 12 сообществ, из которых 7 характеризуются доминированием инфауны и 5 — эпифауны [152]. Большая часть 15-мильной зоны от Варангерского залива (Варангер-фьорд) до п-ова Нокуев занята сообществами инфауны с биомассой, редко превышающей 100 г/м^2. Сообщества эпифауны, биомасса которых может достигать 1000 г/м^2 и более, распространены здесь в меньшей степени и в основном встречаются на смешанных илисто-песчаных грунтах в районах с активной придонной гидродинамикой.

Открытая часть моря. Группировки мегабентоса. Набор мегабентосных видов, регистрируемых в траловых уловах, строго говоря, не является сообществом, так как представляет собой лишь наиболее крупных его представителей, зачастую не связанных между собой трофическими или иными синэкологическими взаимоотношениями. Поэтому для характеристики совокупности видов, совместно встречающихся в траловых уловах, более обоснованным представляется использование терминов «группировка» или «комплекс».

За 11 лет траловых мониторинговых исследований, проводимых ПИНРО и IMR в Баренцевом море, на акватории ежегодной экосистемной съемки* зарегистрировано 1048 таксонов донных беспозвоночных (672 вида) [159]. Из их числа не более 15–20 видов регулярно встречаются в траловых уловах в значительном количестве и могут быть охарактеризованы как доминирующие [160].

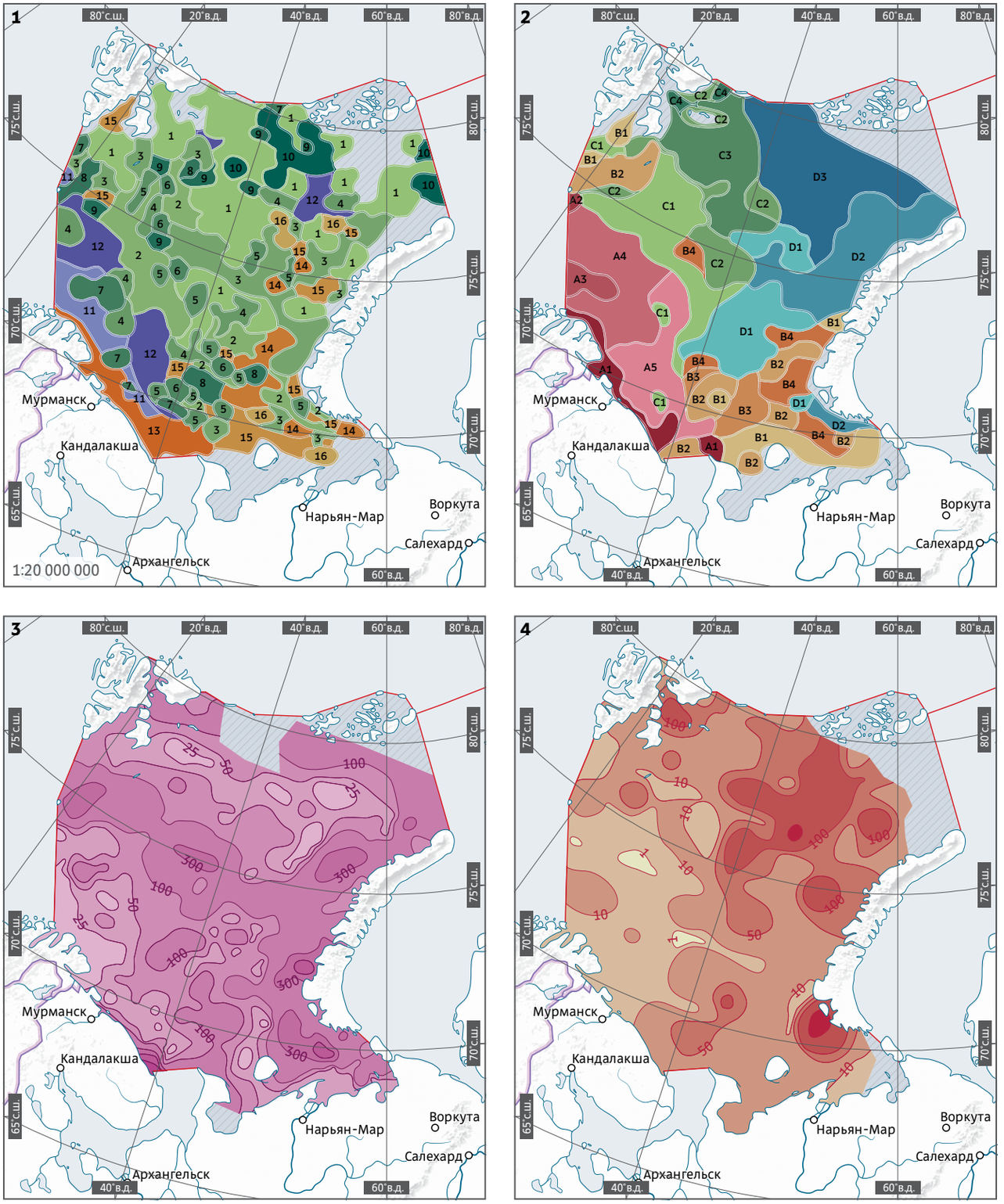
Картирование мегабентоса по видам, доминирующим по биомассе [161], показало очень пеструю и трудно интерпретируемую картину распределения более 50 разнообразных комплексов. Среди них выделяется 16 наиболее часто встречающихся и широко распространенных группировок [160] (см. карту на с. 186).

Все группировки характеризуются доминированием представителей всего 3 таксономических групп: губок, ракообразных и иглокожих. Уловы с доминированием по биомассе губок (в основном родов *Geodia* и *Thenea*) преимущественно сосредоточены в юго-западной части моря. Комплексы с доминированием ракообразных, из которых все доминанты относятся к представителям отряда Decapoda (*Paralithodes camtschaticus, Chionoecetes opilio, Sabinea septemcarinata, S. sarsi* и *Sclerocrangon ferax, S. boreas*), занимают в основном мелководья юго-восточной и восточной части моря, но встречаются также на северо-западе в водах арх. Шпицберген. Центральный и северный районы Баренцева моря являются областью господства иглокожих, среди которых доминируют представитель всех 5 классов.

Группировка станций с использованием многомерной классификации методом кластерного анализа показала наличие 15 фаунистических комплексов, формирующих 4 района, различающихся по характеру мегафауны и условиям среды (см. карту на с. 186) [162].

Комплексы, характеризующиеся доминированием губок *Geodia barretti, G. macandrewii, Thenea* sp., *Suberites ficus*, камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*, голотурий *Parastichopus tremulus, Molpadia borealis* и морской звезды *Hippasteria*

* Акватория экосистемной съемки ПИНРО/IMR включает весь баренцевоморский шельф и прилегающие участки континентального склона, поэтому реальное количество видов, зарегистрированных в официальных границах Баренцева моря, может быть несколько меньше.



Мегазообентос Баренцева моря: 1–2 — распределение комплексов; 3 — распределение общей биомассы макрозообентоса (г/м²) по данным дночерпательных съемок 2003–2009 гг.; 4 — распределение общей биомассы мегазообентоса (кг/морская миля траления) по данным траловой съемки 2017 г.

Рис. 3.3.11 Панцирная креветка *Sclerocrangon ferox*

phrygiana (см. легенду на с. 187 (комплексы, обозначенные буквой «А»)), сосредоточены преимущественно в юго-западной части моря, находящейся под прямым влиянием теплых атлантических вод. Характерными для этого района являются также ракообразные *Lithodes maja* и *Munida rugosa*, одиночные кораллы *Caryophyllia smithii*, морские ежи *Echinus acutus, E. esculentus, Brisaster fragilis*, морские звезды *Pseudarchaster parelii* и *Leptychaster arcticus*.

Обширные субарктические мелководья Печорского моря с прилегающими поднятиями и район Шпицбергенской банки (см. легенду на с. 187 (комплексы, обозначенные буквой «В»)), специфичны доминированием панцирных креветок *Sabinea septemcarinata* и *Sclerocrangon ferox* (рис. 3.3.11), крабов *Chionoecetes opilio, Hyas araneus* и раков-отшельников *Pagurus pubescens* (рис. 3.3.12). Здесь же отмечены массовые поселения голотурии *Cu-*

Мегазообентос Баренцева моря

1 Распределение комплексов мегазообентоса, выделенных по видам/таксонам, доминирующим по биомассе (по [160])

Комплексы с доминированием иглокожих

- 1 *Gorgonocephalus* sp.
- 2 *Ctenodiscus crispatus*
- 3 *Strongylocentrotus* sp.
- 4 Molpadiidae
- 5 *Urasterias lincki*
- 6 *Icasterias panopla*
- 7 *Hippasteria phrigiana*
- 8 *Cucumaria frondosa*
- 9 Crinoidea *(Heliometra glacialis и Poliometra prolixa)*
- 10 *Ophiopleura borealis*

Комплексы с доминированием губок

- 11 *Geodia* sp.
- 12 Spongia (прочие виды)

Комплексы с доминированием ракообразных и губок

- 13 *Paralithodes camtschaticus*
- 14 *Chionoecetes opilio*
- 15 *Sabinea (S. septemcarinata и S. sarsi)*
- 16 *Sclerocrangon (S. ferax и S. boreas)*

2 Распределение комплексов мегазообентоса, выделенных по кластерному анализу (по [162])

- A1 *Paralithodes camtschaticus*
- A2 *Geodia* sp.
- A3 *Geodia* sp., *Parastichopus tremulus*
- A4 *Geodia* sp., Molpadiidae
- A5 *Suberites ficus, Hippasteia frigiana*
- B1 *Sabinea septemcarinata, Chionoecetes opilio, Strongylocentrotus* sp.
- B2 *Cucumaria frondosa, Chlamys islandica*
- B3 *Icasterias panopla, Cucumaria frondosa*
- B4 *Chionoecetes opilio, Stongylocentrotus* sp.
- C1 *Ctenodiscus crispatus, Sabinea septemcarinata,* Molpadiidae
- C2 *Gorgonocephalus* sp., *Sabinea septemcarinata, Heliometra glacialis*
- C3 *Gorgonocephalus* sp., *Alcyonidium* sp.
- C4 *Ctenodiscus crispatus, Icasterias panopla*
- D1 *Spiochaetopterus typicus,* Porifera, *Chionoecetes opilio*
- D2 Porifera, *Chionoecetes opilio, Strongylocentrotus pallidus*
- D3 *Ophiacantha bidentata, Gorgonocephalus arcticus, Ophiopleura borealis*

3 Распределение общей биомассы макрозообентоса по данным дночерпательных съемок 2003-2009 гг. (г/м²) (по [8, 75, 128, 153-157])

0 25 50 100 300 500 1000 2000

50 изолинии распределения биомассы макрозообентоса

нет данных

4 Распределение общей биомассы мегазообентоса по данным траловой съемки 2017 г. (кг/морскую милю) (по [165])

0,001 1 10 50 100 250 500

50 изолинии распределения биомассы мегазообентоса

нет данных

Рис. 3.3.12 Рак-отшельник *Pagurus pubescens*

cumaria frondosa, морских звезд *Icasterias panopla* и *Urasterias lincki* (локально — *Asterias rubens* (рис. 3.3.13)), морского гребешка *Chlamys islandica*. Для северных склонов восточных промысловых банок (Мурманское поднятие, Северо-Канинская и Гусиная банки, плато Моллера) характерны плотные поселения актиний, из которых наиболее многочисленна *Hormatia digitata*. Обилие ракообразных и актиний в этих районах может быть связно с интенсивным рыбным промыслом, отходы которого являются дополнительным источником питания для плотоядных видов бентоса.

К юго-востоку от арх. Шпицберген простирается относительно глубоководный район, находящийся под влиянием значительно трансформированных атлантических вод, поступающих сюда через Медвежинский и Зюйдкапский желоба (см. легенду на с. 187 (комплексы, обозначенные буквой «D»)). Мегабентосные группировки этого района характеризуются доминированием морской звезды *Ctenodiscus crispatus*, крупной бесстебельчатой лилии *Heliometra glacialis*, морских ежей рода *Strongylocentrotus*, офиур рода *Gorgonocephalus*, мшанок рода *Alcyonidium*, голотурии *Ekmania barthii*.

Северо-восточная часть Баренцева моря и глубоководная область Центрального желоба (см. легенду на с. 187 (комплексы, обозначенные буквой «D»)), находящиеся под прямым влиянием арктических и собственных баренцевоморских вод зимнего охлаждения, специфичны доминированием офиур рода *Gorgonocephalus*, *Ophiopleura borealis*, *Ophiacantha bidentata*, изоподы *Saduria sabini*, голотурии *Molpadia arctica* и снежного краба *Chionoecetes opilio*, в северной глубоководной части — морских перьев *Umbellula encrinus* (рис. 3.3.14).

В целом, северо-западный и северо-восточный районы весьма близки по фаунистическому составу (особенно в северной части), характерной особенностью последнего, однако, являются плотные поселения снежного краба, интенсивный рост популяции которого в приновоземельских водах наблюдается с 2011 г. [163].

Трофическая структура зообентоса

Трофическая структура зообентоса Баренцева моря во все периоды исследований характеризовалась заметной стабильностью соотношения суммарной биомассы животных с разными типами питания при общем преобладании сестонофагов (порядка 60% суммарной биомассы бентоса). При

Рис. 3.3.13 Морская звезда *Asterias rubens*

Морские перья *Umbellula encrinus* Рис. 3.3.14

относительно одинаковых площадях обитания фильтраторов и детритофагов в целом в Баренцевом море превалирует фильтрационный тип питания [8, 55].

Биогеографическая структура фауны

В плане пространственного распределения и сочетания различных биогеографических элементов донной фауны Баренцево море является одним из наиболее сложных морей западного сектора российской части Арктики [8]. Основу донного населения Баренцева моря составляют бореально-арктические виды, на долю которых, по данным многочисленных публикаций, практически повсеместно приходится более половины биомассы, численности и видового состава макро- и мегазообентоса. Виды именно этой биогеографической группы формируют количественную основу большинства донных сообществ и выступают в качестве доминирующих по численности и биомассе. Бореальные и арктические виды локально могут быть представлены в пределах Баренцева моря в любом соотношении вплоть до полного отсутствия одной или обеих групп.

Многочисленные схемы биогеографического районирования Баренцева моря в большинстве своем основаны на анализе распределения представителей отдельных крупных таксономических групп и зачастую значительно различаются, отражая разнообразие критериев и методических подходов авторов к этому вопросу [104, 105, 164]. Несмотря на эти разногласия, пограничное положение Баренцева моря между Атлантической бореальной и Арктической биогеографическими областями в настоящее время является общепризнанным, как и наличие в пределах акватории моря обширной переходной зоны, где одновременно обитают как арктические, так и бореальные виды.

Согласно большинству предложенных схем, условная «бореально-арктическая» граница проводится по линии 50%-ного соотношения бореальных и арктических видов и пересекает море с северо-запада на юго-восток. К северу и югу от этой условной границы располагаются переходные области, ограниченные максимальным проникновением бореальных видов на север и арктических видов на юг. Сопоставление положения этих биогеографических границ с гидрологическими характеристиками придонных и поверхностных вод показало, что данная граница преимущественно проходит по полям повышенных градиентов среднемноголетней придонной температуры и повторяет конфигурацию фронтальных зон в областях взаимодействия атлантических водных масс с арктическими и местными баренцевоморскими водами [8].

Положение данной биогеографической границы не является стабильным, и изменения уровня адвекции теплых атлантических вод в акваторию Баренцева моря сопровождаются ее смещениями. Характер таких флуктуаций (их амплитуду и скорость) наглядно продемонстрировал ежегодный мониторинг мегабентоса, проводимый ПИНРО и IMR на акватории Баренцева моря с 2006 г. [165, 166].

Конфигурация 50%-ной «бореально-арктической» границы соответствует трем основным направлениям поступления атлантических вод на акваторию Баренцева моря: вдоль западной кромки шельфа на север к арх. Шпицберген (Зюйдкапское течение), по направлению к центральной части моря (Центральная ветвь Нордкапского те-

чения) и на восток по направлению к арх. Новая Земля вдоль склонов восточных промысловых банок (Новоземельское течение) (рис. 3.3.15, 3, 4). Преимущественно в этих же направлениях происходят ее перемещения под влиянием температурных флуктуаций. С 2006 по 2017 г. амплитуда изменения положения 50%-ной биогеографической границы составила порядка 150–200 морских миль в юго-восточной части моря, около 150 морских миль в районе Шпицбергенской банки и около 50 морских миль в центральной части моря [166, 167].

Степень «бореальности» фауны, оцениваемая средней величиной биогеографического индекса*, продемонстрировала положительную корреляцию с температурой водной толщи с запозданием приблизительно в 7 лет (см. рис. 3.3.15, 1, 2). Отмеченный период запаздывания является наглядным подтверждением того, что температурный фактор влияет не столько на выживаемость взрослой части популяций бореальных и арктических видов, сколько на эффективность их размножения и выживаемость ювенильных и личиночных стадий жизненного цикла [8, 88]. Время запаздывания определяется средним возрастом достижения максимальной биомассы генерациями массовых видов мегабентоса [8] и хорошо согласуется с высокой продолжительностью жизни этой размерной группы.

В целом современные данные, полученные в ходе продолжительного периода положительных температурных аномалий [165–167], позволяют охарактеризовать большую часть акватории Баренцева моря как переходную биогеографическую зону преимущественно бореального характера [167].

Распределение общей биомассы

Биомасса макробентоса в Баренцевом море варьирует в широких пределах от нескольких граммов до десятков килограммов на кв. м. Наибольший диапазон варьирования этого параметра характерен для литорали и верхней сублиторали; в открытых районах моря показатели биомассы более стабильны и редко превышают несколько сотен г/м^2.

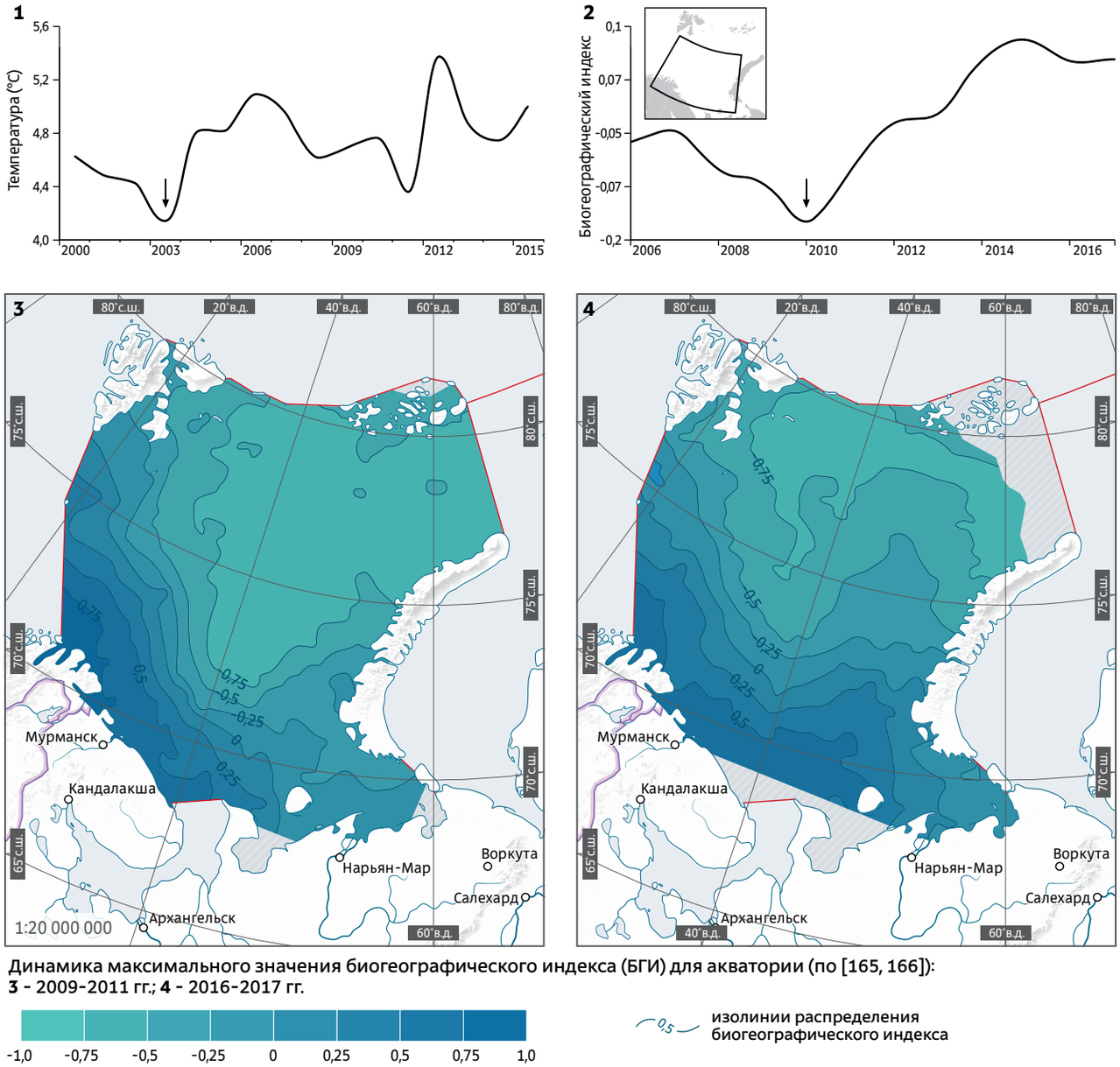
Общая картина распределения биомассы бентоса в открытой части моря, по данным крупномасштабных дночерпательных съемок разных лет, различается средними показателями и деталями [68], но в целом демонстрирует ряд общих закономерностей в расположении областей повышенных и пониженных значений (см. карту 3 на с. 186).

Низкие значения биомассы, как правило, приурочены к мягким осадкам глубоководных областей пониженных форм рельефа. Биомассы менее 10–50 г/м^2 характерны для глубоководных районов Медвежинского, Центрального и Северо-Восточного желобов. Области значений биомассы, превышающих общий фон, соответствуют повышенным формам рельефа дна и в основном совпадают с районами распространения жестких, смешанных грунтов и активной придонной гидродинамики. Во все периоды исследований повышенные значения биомассы отмечались в районах Шпицбергенской банки, Центральной возвышенности, новоземельских мелководий и в юго-восточной части моря.

Уже по результатам исследований довоенного периода была констатирована приуроченность районов повышенной биомассы бентоса к мелководным областям полярного фронта, где, по мнению Л.А. Зенкевича [6], интенсивные процессы вертикальной циркуляции и развития фитопланктона обеспечивают донному населению благоприятные условия аэрации и поступления пищевых ресурсов. Дальнейшие, более детальные исследования показали, что распределение биомассы макрозообентоса в открытых районах Баренцева моря практически не связано с распределение среднегодовых величин первичной продукции [168], однако демонстрирует обратную зависимость от глубины, придонной температуры, содержания пелита в осадках и положительную связь с продолжительностью ледового покрова 20%-ной сплоченности [8, 169, 170].

Основным фактором, определяющим биомассу бентоса и закономерности ее пространственного распределения, является обилие и доступность пищевых ресурсов [171, 172]. В открытых районах моря одним из главных источников пищи для бентосных организмов является детрит, основной поток которого на дно обеспечивается развитием фитопланктона в верхнем фотическом слое водной толщи. С этой позиции для формирования областей повышенной биомассы бентоса необходимо сочетание как минимум двух факторов — высоких значений продукции фитопланктона и успешного транспорта фитодетрита на дно. Первый фактор в субарктических и арктических условиях Баренцева моря успешно реализуется в областях формирования фронтальных зон (полярного фронта), в зоне ледовой кромки и в районах расположения стационарных зимних полыней [173–176]. Второй фактор в значительной мере зависит от глубины, так как с ее увеличением вертикальный

* Биогеографический индекс (БГИ), вычисляемый по формуле БГИ=(Bb-Ba)/(Ba+Bb), где Ba — биомасса арктических видов, Bb — биомасса бореальных видов, отражает соотношение бореального и арктического компонентов фауны в пределах от –1 (бореальные виды отсутствуют) до +1 (арктические виды отсутствуют) [71]. Нулевое значение индекса соответствует равному соотношению бореальных и арктических видов или их полному отсутствию.



Динамика максимального значения биогеографического индекса (БГИ) для акватории (по [165, 166]):
3 - 2009-2011 гг.; **4** - 2016-2017 гг.

Рис. 3.3.15 Динамика значений биогеографического индекса: 1 — среднегодовая температура воды на стандартном разрезе «Кольский меридиан» в 2000–2015 гг.; 2 — среднее значение биогеографического индекса (БГИ) для акватории, обозначенной на врезке; 3 — распределение БГИ в период его минимального (за представленный период) среднего значения (2009–2011); 4 — распределение БГИ в период его максимального среднего значения (2016–2017)

поток фитодетрита истощается из-за потребления зоопланктоном и бактериальной деструкции [8]. Таким образом, распределение как биомассы, так и общей продукции зообентоса обратно пропорционально глубине [8, 168].

Показано, что максимально благоприятные условия для формирования высоких значений биомассы зообентоса складываются в мелководных районах области расположения фронтальных зон и максимальной продолжительности существования кромки сезонных льдов [8]. Не исключено также, что определенную роль в образовании повышенной биомассы бентоса в прибрежной зоне южной оконечности арх. Новая Земля вносит наличие здесь системы стационарных зимних полыней [8].

Несмотря на значительные различия таксономической структуры «дночерпательного» макро- и «тралового» мегабентоса характер пространствен-

ного распределения индекса биомассы последнего принципиально не отличается от описанной выше картины и в целом подчиняется тем же закономерностям (см. карту 4 на с. 186).

Многолетние изменения донного населения

Бентос и климат. Фаунистические изменения, происходящие в Баренцевом море под воздействием климата описываются с начала прошлого века [88, 90, 148, 177–183], но лишь бентосная съемка, выполненная ПИНРО в 1968–1970 гг., позволила количественно оценить их масштаб. Результаты съемки показали почти двукратное уменьшение общей биомассы бентоса по сравнению с довоенными данными. Средняя для Баренцева моря биомасса бентоса в 1924–1935 гг., по разным оценкам, составляла от 100 до 147 г/м^2 [6, 55], в то время как в 1969–1971 гг. она снизилась до 60–80 г/м^2 [53, 55].

Для объяснения этого феномена было высказано несколько противоречивых гипотез. Согласно мнению основных исполнителей съемки [52, 85, 184], отмеченное снижение биомассы явилось результатом кратковременного, но интенсивного похолодания, предшествовавшего сбору материала (см. рис. 3.3.2). Противоположная точка зрения связывала снижение общей биомассы с неблагоприятным воздействием на бореально-арктические виды (составляющие основу донного населения Баренцева моря) длительного периода потепления 1930–1950-х гг. [90, 91, 185]. Согласно третьей точке зрения, зарегистрированное снижение биомассы лишь на одну треть определялось климатическим фактором, реальная же причина заключалась в негативном воздействии на донное население интенсивного тралового промысла донных рыб [8, 55]. Была также высказана гипотеза о наличии связи между уровнем биомассы и степенью стабильности текущей климатической ситуации [71–73].

Последующие детальные исследования динамики бентоса в Печорском море [8, 55, 71, 186] и в восточной части Баренцева моря [72, 73] показали, что в этих районах в теплые климатические периоды биомасса бентоса статистически достоверно выше, чем в холодные.

Многолетние ряды наблюдений свидетельствуют также, что реакция бентоса на климатические изменения происходит с определенной временной задержкой, величина которой определяется характеристиками жизненного цикла основных руководящих форм донных биоценозов [8]. Климатически обусловленные изменения общей биомассы макробентоса с лагом приблизительно в 4 года были зарегистрированы на разрезе «Кольский меридиан», имеющем наиболее длительный и детальный ряд наблюдений [8, 55, 158]. Данная величина задержки реакции соответствует средней ожидаемой продолжительности жизни макробентосных организмов [158], а также величине обратной скорости оборота биомассы в их популяциях и сообществах [8, 55].

Сходные результаты были получены для мегабентоса по результатам экосистемных исследований ПИНРО и IMR 2006–2017 гг. Динамика средней для Баренцева моря биомассы тралового мегабентоса показала наличие слабовыраженного тренда на увеличение и слабую положительную корреляцию с придонной температурой с запаздыванием приблизительно на 7 лет [165, 166]. Учитывая большую среднюю продолжительность жизни крупных организмов мегабентоса по сравнению с более мелким дночерпательным макробентосом, такое увеличение продолжительности ответной реакции является вполне закономерным.

Накопленные данные свидетельствуют и об изменениях в структуре отдельных сообществ, связанных с климатическим (температурным) фактором. Наиболее выраженные изменения отмечены в широко распространенных в центральных районах Баренцева моря сообществах с доминированием полихеты *Spiochaetopterus typicus*, биомасса и степень доминирования которой заметно увеличиваются при потеплении [187, 188]. Продолжительный период положительных температурных аномалий последних двух десятилетий сопровождается увеличением общей биомассы бентоса (до уровня начала прошлого века и более) практически во всех исследованных районах Баренцева моря [8, 71–73, 158]. Кроме этого, с момента опубликования последней фаунистической сводки [101] в Баренцевом море зарегистрировано появление десятков новых видов макробеспозвоночных, большинство из которых являются бореальными вселенцами [189–201]. Подавляющее большинство регистраций новых видов локализовано в области проникновения атлантических вод на акваторию Баренцева моря.

Гидробиологические исследования, активно проводимые польским Институтом океанологии (Institute of Oceanology, Polish Academy of Sciences) в прибрежных водах арх. Шпицберген, также демонстрируют выраженные признаки бореализации фауны этого региона [117, 202]. На отдельных участках арктической литорали архипелага зарегистрирована смена доминирования широко распространенной в Арктике амфиподы *Gammarus setosus* близкородственным бореальным видом *G. oceanicus* [203]. Отмечено появление в литоральных сообще-

Рис. 3.3.16 Мидия съедобная *Mytilus edulis*

ствах отсутствовавшей здесь в течение последнего тысячелетия мидии *Mytilus edulis* (рис. 3.3.16) [204]. Изменения, наблюдаемые в последние десятилетия в отдельных фьордовых экосистемах западной части арх. Шпицберген (Hornsund, Kongsfjorden), сопровождаются увеличением видового разнообразия, усложнением пищевых цепей и распределения потоков энергии, что характерно для климаксного состояния бореальных сообществ [118].

Бентос и промысел. Среди факторов, значимо влияющих на состояние бентоса в Баренцевом море, в настоящее время также рассматривается донный траловый рыбный промысел и драговая добыча исландского гребешка. Помимо непосредственного изъятия и гибели донных организмов [205], механический контакт орудий лова с дном приводит к нарушению верхнего слоя донных отложений [206, 207], что может сопровождаться негативными изменениями функционирования всей экосистемы в целом из-за нарушения биотурбации осадка и баланса биогенов [208].

Исследования этой проблемы в условиях Баренцева моря свидетельствуют о том, что донные траления и драгировки являются одним из важнейших факторов, определяющих многолетние изменения структуры и биомассы бентоса в промыслово-значимых районах этого региона [8, 55, 92, 205, 209, 210]. Показана тесная взаимосвязь между величиной промысловой нагрузки и негативными изменениями в состоянии бентосных сообществ как в пространстве, так и во времени. Области наиболее выраженного уменьшения биомассы бентоса в определенные временные промежутки статистически значимо совпадают с основными промысловыми районами. Зависимость между интенсивностью тралового промысла и биомассой бентоса наглядно продемонстрирована для стандартного разреза «Кольский меридиан» [8, 55, 92, 211]. Так, в периоды наибольшей промысловой активности уменьшение биомассы бентоса на разрезе «Кольский меридиан» достигало 70%. Отсутствие тралового промысла в Баренцевом море в годы Великой Отечественной войны объясняет высокие значения биомассы донных организмов вдоль Кольского меридиана в конце 1940-х гг., когда рыболовная отрасль народного хозяйства только начинала восстанавливаться. Исследования на разрезе «Кольский меридиан» также показали, что реакция бентоса на траловые повреждения так же, как и на температурные аномалии, проявляется с задержкой приблизительно в четыре года [8, 55].

Помимо влияния на общую биомассу бентоса, траления и драгировки приводят к изменениям в структуре сублиторальных сообществ, которые, как правило, выражаются в снижении численности крупных долгоживущих сестонофагов и увеличении доли мелких детритофагов [8].

Факты негативного воздействия интенсивного донного промысла получены также для мегабентосной составляющей донных сообществ [209, 210]. Сравнение южного, западного и северо-восточного районов Баренцева моря, различающихся по величине промысловой нагрузки, показало, что в районах с интенсивным рыбным промыслом значительно снижается как видовое разнообразие, так и обилие крупных таксонов, наиболее уязвимых для тралового изъятия. Сравнительный анализ специфики научных учетных и промысловых коммерческих тралений показал, что в условиях Баренцева моря наиболее уязвимыми для коммерческого тралового промысла являются поселения крупных губок, офиур рода *Gorgonocephalus* и популяции морских перьев *Umbellula encrinus* в глубоководных районах северной части моря [212].

Рис. 3.3.17 Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*

Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* Рис. 3.3.18

Одним из наиболее ярких примеров негативного воздействия промысла на донное население являются последствия драговой добычи исландского гребешка (*Chlamys islandica*), с разной степенью интенсивности ведущейся в районе его поселения у м. Святой Нос с 1990 г. За время промысла численность донных макробеспозвоночных (без учета гребешка) снизилась на порядок, а запас самого гребешка уменьшился в 25 раз. Относительное количество плотоядных возросло до 25%, а в структуре населения значительно увеличилось относительное количество губок и асцидий, занявших трофическую нишу исландского гребешка [213]. По мнению П.Н. Золотарева [214], ущерб, наносимый драговым промыслом гребешковым поселениям, в несколько раз превосходит их вылов. Кроме этого, в районах промысла документально зарегистрировано ухудшение эпидемиологической ситуации в популяции *Chlamys islandica* [214–219]. С конца 1990-х гг. в районах интенсивного промысла у м. Святой Нос установлено увеличение доли взрослых особей исландского гребешка с патологическими признаками инфекционного заболевания бактериально-грибковой природы с 1–5% (фоновое состояние в естественных неэксплуатируемых популяциях южной части Баренцева моря) до 20–30%, что позволило охарактеризовать ситуацию как эпизоотию [216]. Симптомами заболевания являются остановка роста, дистрофия мягкого тела моллюска и некротические процессы в тканях. Заболевание диагностировано как инфицирование условно-патогенными и сапротрофными микроорганизмами (бактериями и грибами), обусловленное ослаблением иммунной системы моллюсков [218, 219].

Бентос и инвазии чужеродных видов. Помимо климата и рыболовства, одним из важнейших факторов трансформации донной фауны Баренцева моря признается биологическое загрязнение морской среды. В настоящее время инвазии чужеродных видов причисляются к одной из самых серьезных угроз биоразнообразию Мирового океана. Эта проблема в полной мере актуальна для Баренцева моря, на акватории которого за последние пять десятилетий зарегистрированы две успешные интродукции крупных промысловых ракообразных-бентофагов: камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (рис. 3.3.17) и краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* (снежного краба) (рис. 3.3.18) [163, 220–222].

Камчатский краб целенаправленно завозился в Баренцево море в 1960-х гг. с целью увеличения рыбопромыслового потенциала этого водоема. Преднамеренная интродукция прошла успешно, краб сформировал многочисленную самостоятельную популяцию, промысловая эксплуатация которой была начата в 2004 г. в российской экономической зоне и в 2002 г. — в прибрежных водах Норвегии [223]. В настоящее время ареал камчатского краба в Баренцевом море находится в относительно стабильном состоянии, а численность популяции — под жестким контролем регулируемого промысла [222].

Появление снежного краба в Баренцевом море официально датируется поимкой первого взрослого живого экземпляра на северном склоне Гусиной банки в 1996 г. Начиная с этого момента численность снежного краба на акватории Баренцева моря стремительно увеличивалась, а ареал расширялся преимущественно в северном и восточном направлениях. В настоящее время область распространения краба-стригуна опилио охватывает около 34% площади Баренцева моря с перспективой дальнейшего расширения в случае изменения текущей климатической ситуации в сторону похолодания [224]. Несмотря на моло-

Рис. 3.3.19 Распределение камчатского краба и краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2016 г. (по [223])

дость баренцевоморской популяции, российский промысел снежного краба был начат в открытых для международного промысла водах центральной части Баренцева моря в 2013 г. и в российской экономической зоне в 2016 г. [163]. Одним из наиболее вероятных путей проникновения снежного краба на акваторию Баренцева моря считается занос личинок с балластными водами.

Оба краба являются облигатными бентофагами, что предполагает изменения в структуре реципиентных донных сообществ под воздействием их трофической активности. Изучение экологических последствий интродукции камчатского краба показало вполне умеренную реакцию бентосных сообществ на появление нового хищника [225, 226]. Зарегистрированные изменения в основном затронули массовые виды макробентоса, наиболее интенсивно потребляемые камчатским крабом. Следует признать, что катастрофические прогнозы, звучавшие в средствах массовой информации в конце 1990-х гг., не оправдались [8, 225, 226]. Последствия непреднамеренной интродукции снежного краба еще предстоит оценить в ходе будущих исследований.

В настоящее время ареалы этих двух видов практически не перекрываются (рис. 3.3.19), однако, согласно прогнозным данным [224], в случае изменения текущей климатической ситуации в сторону похолодания можно ожидать значительного расширения области распространения снежного краба. В этом случае донное население практически всей акватории Баренцева моря может претерпеть определенные структурные изменения.

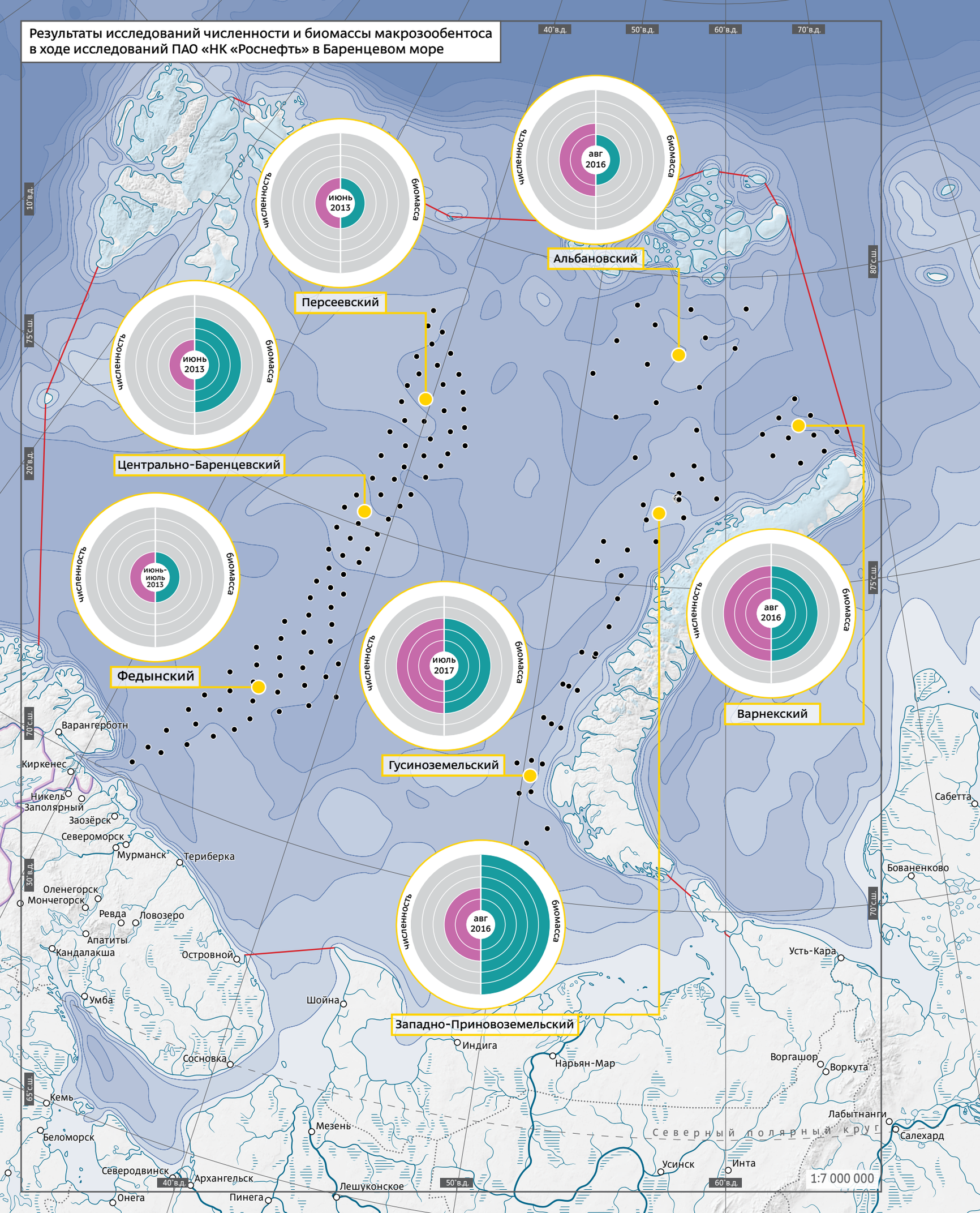
Результаты исследований бентосных сообществ в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть»

Исследования на 15 лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море проводились в период с 2012 по 2018 г. Параметрами для мониторинга служили видовой и таксономический состав донной фауны, численность и биомасса каждого вида и отдельных таксонов, распределение сообществ по акватории. Отбор проб проводили с использованием дночерпателя площадью захвата 0,1 м^2 в трех повторностях.

В составе зообентоса ***лицензионного участка «Федынский»*** обнаружен 331 таксон беспозвоночных. В северо-восточной части лицензионного участка доминировали голотурии *Psolus phantapus* и морские звезды *Ctenodiscus crispatus*, в южной части, подверженной воздействию теплых атлантических вод, — морской еж *Brisaster fragilis*. В переходной зоне преобладали двустворчатые моллюски *Astarte crenata* и *A. sulcata*. Суммарная численность изменялась от 160 до 697 экз./м^2, составляя в среднем 360 экз./м^2. Биомасса варьировала от 8 до 249 г/м^2, в среднем 61 г/м^2.

Донная фауна ***лицензионного участка «Центрально-Баренцевский»*** включала 232 вида беспозвоночных. Суммарная численность изменялась от 223 до 1203 экз./м^2, в среднем 474 экз./м^2. Биомасса варьировала от 21 до 815 г/м^2, в среднем 219 г/м^2. Основу биомассы создавали двустворчатые моллюски и иглокожие. Часто доминировали двустворки *Macoma calcarea*, *Ciliatocardium ciliatum*, *Hiatella arctica*, офиуры *Gorgonocephalus arcticus* (рис. 3.3.20), голотурии *Psolus phantapus*, морские ежи *Strongylocentrotus droebachiensis*, морские звезды *Ctenodiscus crispatus* и *Urasterias lincki*, а также сипункулиды р. *Golfingia*. Большую

Результаты исследований численности и биомассы макрозообентоса в ходе исследований ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море



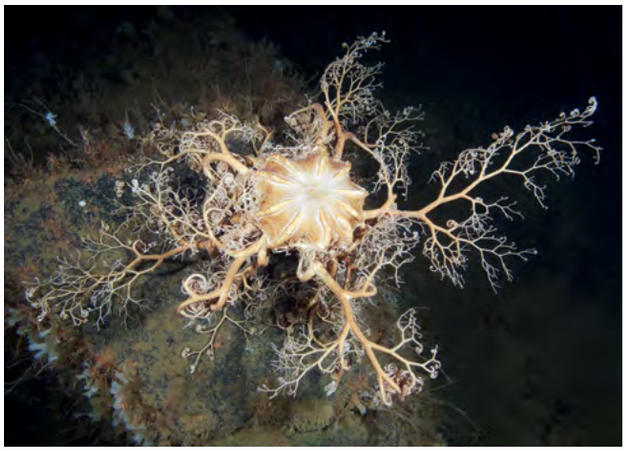


Рис. 3.3.20 Ветвисторукая офиура *Gorgonocephalus arcticus*

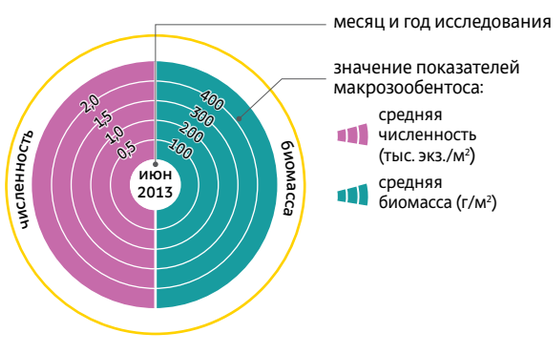
часть лицензионного участка занимало сообщество *P. phantapus — C. crispatus*; в центрально-восточной части небольшое пятно сообщества *M. calcarea — H. arctica*.

В зообентосе ***лицензионного участка «Персеевский»*** обнаружено 206 видов. Суммарная численность изменялась от 147 до 640 экз./м², составляя в среднем 318 экз./м². Биомасса сильно варьировала: от 9 до 205 г/м², в среднем 53 г/м². Основу биомассы создавали иглокожие и двустворчатые моллюски. В южной части лензионного участка располагалось сообщество голотурии *Psolus phantapus* и морской звезды *Ctenodiscus crispatus*, севернее — двустворчатых моллюсков р. *Astarte* и офиуры *Ophiacantha bidentata*.

Макрозообентос ***лицензионного участка «Албановский»*** включал 215 видов беспозвоночных. Большую часть лицензионного участка занимало сообщество многощетинковых червей и сипункулид рода *Golfingia*. По численности преобладали моллюски (466 экз./м²) и полихеты (344 экз./м²). Суммарная биомасса бентоса изменялась от 0,2 до 161,7 г/м², в среднем составляя 36–50 г/м².

Значения численности и биомассы макрозообентоса

- станции отбора проб



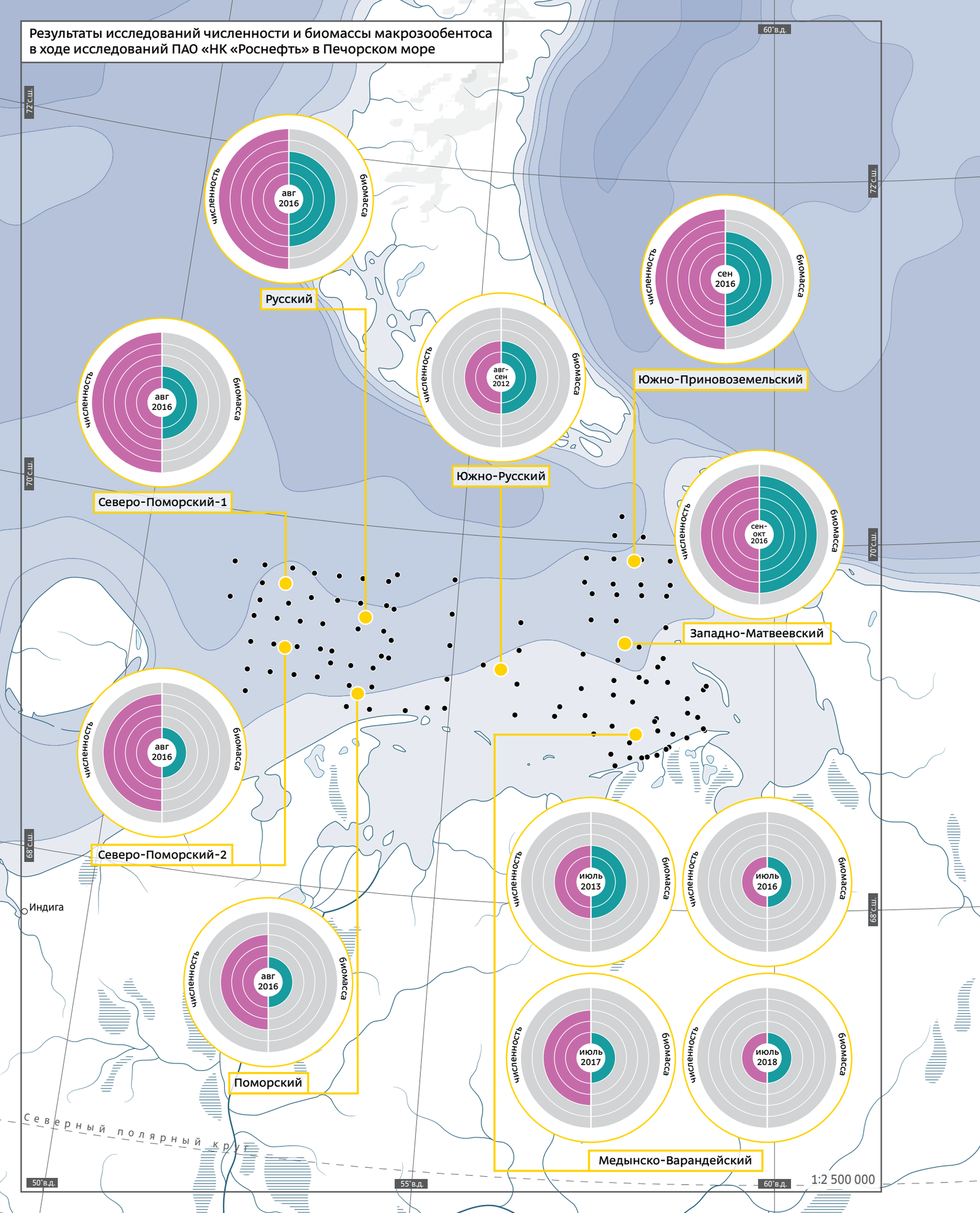
На ***лицензионном участке «Варнекский»*** обнаружено 138 видов донных беспозвоночных. Средняя численность составляла 1300±300 экз./м², биомасса — 250±80 г/м². Наиболее глубоководные районы на акватории лицензионного участка занимало сообщество многощетинковых червей и сипункулид рода *Golfingia*. Суммарная биомасса бентоса в сообществе колебалась от 0,2 до 161,7 г/м², в среднем составляя 36 г/м². В центральной части участка находилось сообщество голотурий р. *Molpadia*. Биомасса здесь изменялась от 23 до 571 г/м², в среднем составляя 192 г/м². В сообществе преобладала инфауна. Наиболее часты полихеты *Spiochaetopterus typicus* и *Scoletoma fragilis*. Глубины менее 50 м заняты прибрежным сообществом, где ранее преобладали двустворки (*Hiatella arctica, Mya truncata*), а ныне голотурия *Psolus phantarus*. Суммарная биомасса бентоса в биоценозе колебалась от 51 до 1414 г/м², составляя в среднем 424 г/м².

В составе бентоса ***лицензионного участка «Западно-Приновоземельский»*** выявлено 97 видов. Средние значения плотности и биомассы составляли 661 экз./м² и 478 г/м². На всей акватории лицензионного участка доминировал двустворчатый моллюск *Macoma calcarea*, субдоминантами являлись морской еж *Strongylocentrotus pallidus*, сипункулида *Golfingia margaritacea*, голотурия *Psolus phatntapus*, сидячая полихета *Maldane sarsi* и двустворчатый моллюск *Hiatella arctica*.

В бентосе ***лицензионного участка «Гусиноземельский»*** отмечен 81 вид. Численность варьировала от 120 до 2400 экз./м² (среднее 1216 экз./м²), биомасса — от 42 до 865 г/м² (среднее 216 г/м²). На акватории участка обнаружены три сообщества: *Golfingia margaritacea — Astarte borealis — Ciliatocardium ciliatum — Ctenodiscus crispatus* на большей части лицензионного участка со средней биомассой 146 г/м²; *Balanus balanus — Macoma calcarea* и *B. balanus — Strongylocentrotus pallidus* — в прибрежье со средней биомассой 300–800 г/м². В траловых приловах попадались морские ежи *Strongylocentrotus pallidus* и двустворка *Serripes groenlandicus*.

Донная фауна ***лицензионного участка «Северо-Поморский-1»*** представлена 96 видами. Средние значения численности и биомассы составляли 2352 экз./м² и 156 г/м², снижаясь с севера на юг. На акватории лицензионного участка располагались сообщества с доминированием двустворчатых моллюсков. Вблизи материка формировалось сообщество двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* и асцидии *Pelonaia corrugata*, мористее — сообщество двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus*, *Astarte borealis* и *Ciliatocardium*

Результаты исследований численности и биомассы макрозообентоса в ходе исследований ПАО «НК «Роснефть» в Печорском море



ciliatum со средней биомассой 170–400 г/м². На каменисто-гравийном грунте развивалось сообщество балянусов с биомассой 150 г/м².

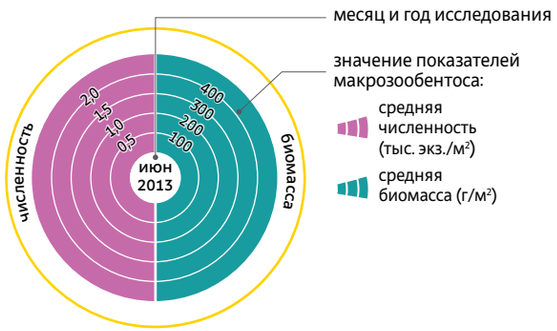
В составе макрозообентоса ***лицензионного участка «Северо-Поморский-2»*** отмечено 105 видов. Средние значения численности и биомассы составляли 1745 экз./м² и 89 г/м². На акватории лицензионного участка располагались сообщества с доминированием двустворчатых моллюсков. Вблизи материка формировалось сообщество двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* и асцидии *Pelonaia corrugata*, мористее — сообщество двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* и *Ciliatocardium ciliatum* со средней биомассой более 170 г/м². На акватории лицензионного участка локализовано сообщество двустворчатых моллюсков *Astarte* (*Tridonta*) *borealis*, обычное для северной части Печорского моря. Суммарная биомасса бентоса в этом сообществе достигала 409 г/м². На каменисто-гравийном грунте развивалось сообщество балянусов.

Донная фауна ***лицензионного участка «Поморский»*** включает 69 видов. Средние численность и биомасса составляли 1331 экз./м² и 34,8 г/м², снижаясь с севера на юг. На акватории лицензионного участка располагались сообщества с доминированием двустворчатых моллюсков. Вблизи материка формировалось сообщество двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* и асцидии *Pelonaia corrugata*, мористее — сообщество двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* и *Ciliatocardium ciliatum* со средней биомассой более 170 г/м².

В бентосе ***лицензионного участка «Русский»*** встречено 90 видов. На большей части акватории лицензионного участка располагалось сообщество *Ciliatocardium ciliatum — Astarte borealis — Maldane sarsi* с биомассой от 191 до 597 г/м², на мелкозернистых песках отмечено сообщество *Astarte montagui — Balanus balanus — Serripes groenlandicus* с биомассой 10–55 г/м².

Значения численности и биомассы макрозообентоса

- станции отбора проб

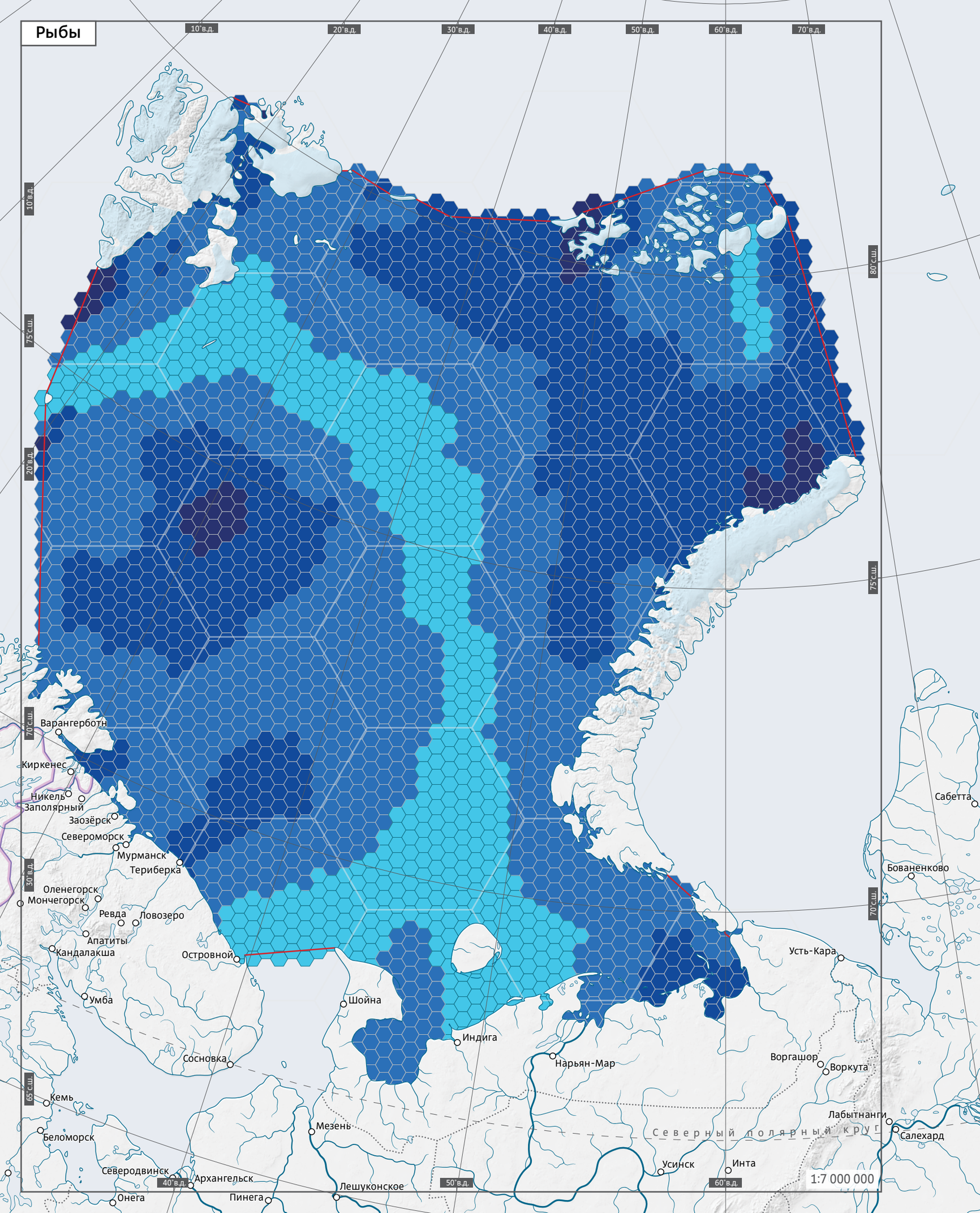


В составе донной фауны ***лицензионного участка «Южно-Русский»*** отмечено 233 вида. На акватории располагалось сообщество *Serripes groenlandicus — Pelonaia corrugata*. В северной части лицензионного участка, где преобладают мягкие грунты, биоразнообразие выше. Средние значения численности и биомассы составляли 700–6100 экз./м² и 180–190 г/м².

На ***лицензионном участке «Западно-Матвеевский»*** обнаружено 103 таксона донных беспозвоночных. На участке располагались сообщества с доминированием двустворчатых моллюсков. Основную часть лицензионного участка занимало сообщество двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* и *Ciliatocardium ciliatum* со средней биомассой 170–260 г/м². В северо-восточной части лицензионного участка располагалось сообщество двустворчатых моллюсков *Astarte* (*Tridonta*) *borealis*. Суммарная биомасса бентоса в этом сообществе достигала 400–700 г/м².

Бентос на ***лицензионном участке «Медынско-Варандейский»*** представлен 125 видами. Средняя биомасса за весь период исследований была низка — 60±30 г/м², численность — 2900±800 экз./м². Южную часть лицензионного участка в 2012–2016 гг. занимало сообщество двустворчатых моллюсков *Macoma calcarea* и асцидий *Pelonaia corrugata*, расположенное вдоль материкового прибрежья на песчаных грунтах и глубинах до 30 м. По биомассе бентоса это наиболее бедная часть лицензионного участка — в среднем суммарная биомасса бентоса составляла 100 г/м². Остальную часть лицензионного участка занимало сообщество с доминированием промысловых двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* и *Ciliatocardium ciliatum*, суммарная численность которых изменялась от 157 до 1640 экз./м², составляя в среднем по участку 761 экз./м². Биомасса сильно варьировала: от 4 до 342 г/м², составляя в среднем 110 г/м². Начиная с 2016 г. наблюдается тенденция к смене сообществ двустворчатых моллюсков поселениями многощетинковых червей, преобладают сообщества *Mytilus edulis, Boreacola maltzani* и *Pectinaria hyperborea — Alcyonidium disciforme*.

В составе зообентоса ***лицензионного участка «Южно-Приновоземельский»*** 72 вида. Средние значения численности и биомассы — 1773 экз./м² и 311 г/м². На большей части акватории лицензионного участка располагалось сообщество двустворчатого моллюска *Macoma calcarea* и асцидии *Pelonaia corrugata*, с северо-востока на участок заходило сообщество *Serripes groenlandicus* и *Ciliatocardium ciliatum* со средней биомассой более 170 г/м². Последние годы возрастает вклад астартид и *Maldane sarsi*.


Рыбы
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

3.4. Рыбы

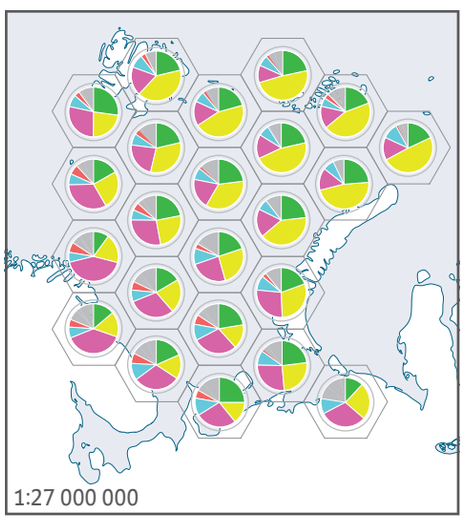
Исследования ихтиофауны Баренцева моря начались с конца XIX в. Уже в 1897 г. Н.М. Книпович опубликовал первый список рыб, обитающих в Баренцевом море [1]. Позднее были подготовлены предварительные определительные таблицы [2, 3] и, наконец, полноценный определитель рыб Баренцева моря [4], в которых рассматривалось 147 видов морских, пресноводных и проходных рыб.

В сводке, посвященной рыбам северных морей СССР, А.П. Андрияшев [5] на основе материалов, собранных до 1950-х гг., включал в состав ихтиофауны Баренцева моря (Баренцево море, побережье Норвегии и арх. Шпицберген) 149 видов, в том числе редко встречающиеся виды и виды, о которых ранее не было достоверных данных об их присутствии в этом районе.

Длительное время после публикации работы А.П. Андрияшева [5] список видов рыб, обитающих в Баренцевом море, не обновлялся; к началу 1990-х гг. он был неполон и не отражал современных знаний об ихтиофауне данного района. Для ревизии этой работы в 1990-х гг. был подготовлен новый предварительный список рыб морей Арктики [6], в котором, однако, нет указания на точное распространение каждого вида рыб. Значительно обновленный после существенного перерыва список видов морских рыб Баренцева моря с учетом новых фактических данных, полученных в морских экспедициях ПИНРО им. Н.М. Книповича в 1994–2003 гг., был подготовлен А.В. Долговым в 2004 г. [7].

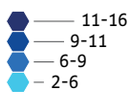
Большинство исследователей приводили списки ихтиофауны для Баренцева моря в более широком его понимании: с включением акватории на север до склона континентального шельфа севернее архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, на запад до склона континентального шельфа западнее о. Медвежий и на юг до арх. Лофотенские острова. Список ихтиофауны Баренцева моря в его географических границах был подготовлен О.В. Карамушко [8] и включал 182 вида и подвида рыб (в том числе пресноводных).

С учетом того, что прилегающие районы Норвежского и Гренландского морей не отделены от Баренцева моря какими-либо физическими барьерами, они являются неотъемлемой частью большой морской экосистемы Баренцева моря в более широком смысле. Эти районы являются районами нереста, нагула или зимовки многих видов рыб, обитающих в Баренцевом море. Тем не менее в табл. 3.4.1 приводится список видов морских, солоноватоводных и пресноводных рыбообразных и рыб Баренцева моря, подготовленный на основе работы О.В. Карамушко с учетом работ других авторов [7, 9] и фактических данных научных съемок 2000–2018 гг. [10, 11].

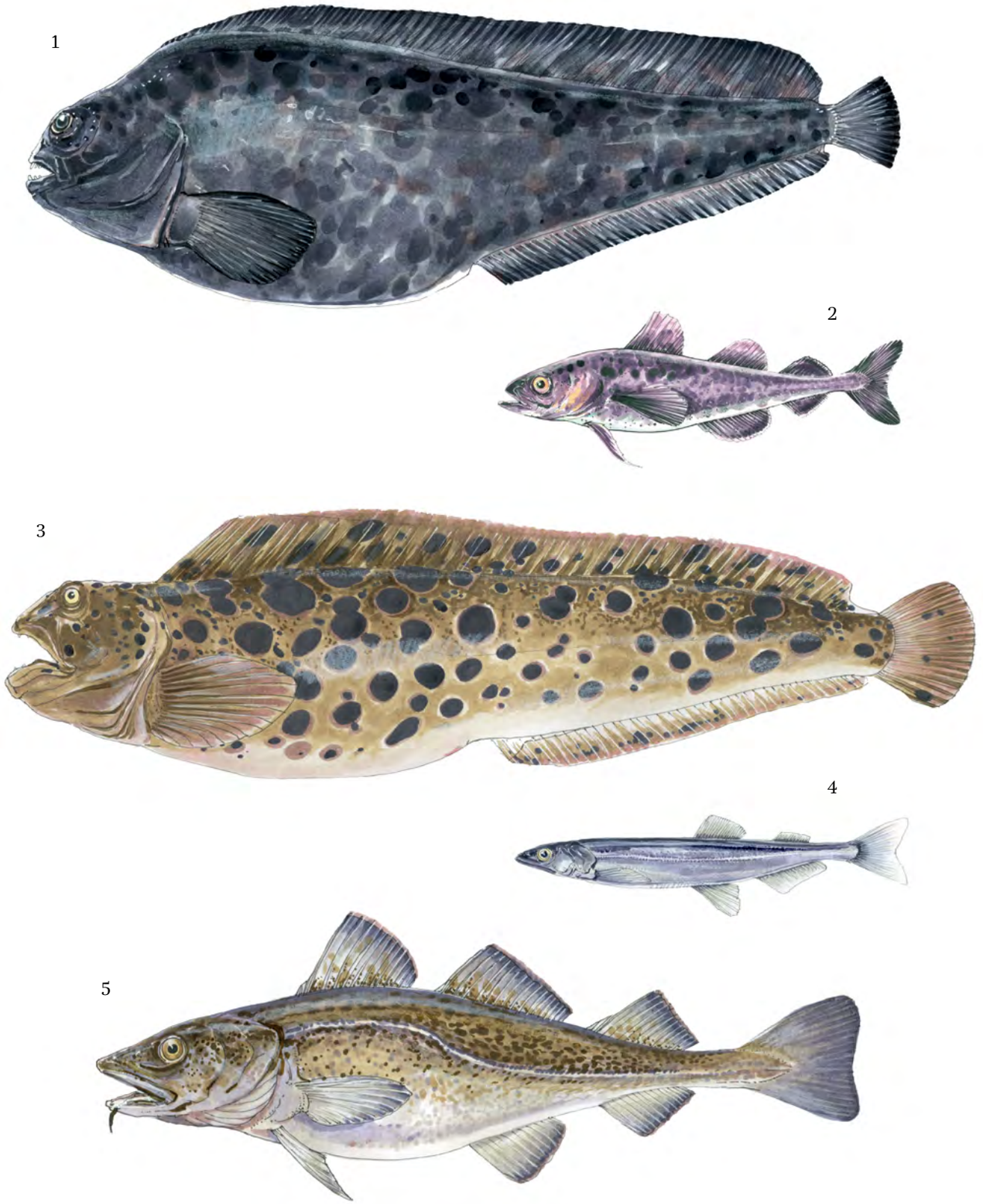


Видовое разнообразие ихтиофауны Баренцева моря

Число видов в ячейке



Видовое богатство ихтиофауны Баренцева моря по отрядам



1. Синяя зубатка (*Anarhichas denticulatus*)
2. Сайка (*Boreogadus saida*)
3. Пятнистая зубатка (*Anarhichas minor*)
4. Мойва (*Mallotus villosus*)
5. Атлантическая треска (*Gadus morhua*)

Таксономическая характеристика

Последние данные об ихтиофауне, полученные в 2000–2018 гг. с учетом литературных данных за предшествующий период, показывают, что в настоящее время список рыбообразных и рыб Баренцева моря (в его географических границах) включает 191 вид и подвид морских, солоноватоводных и пресноводных рыб из 56 семейств 28 отрядов (см. табл. 3.4.1).

Максимальное количество семейств представлено в отряде Окунеобразные (Perciformes) (9 семейств), а также в отрядах Скорпенообразные (Scorpaeniformes) (7 семейств), Трескообразные (Gadiformes) (5 семейств) и Опахообразные (Lampriformes) (3 семейства). Остальные отряды представлены 1–2 семействами.

Наибольшее видовое разнообразие отмечено в отрядах Perciformes (45 видов), Scorpaeniformes (37 видов) и Gadiformes (27 видов). Отряды Лососеобразные (Salmoniformes), Камбалообразные (Pleuronectiformes) и Скатообразные (Rajiformes) представлены 13, 11 и 9 видами соответственно. Представители этих 6 отрядов составляют 74,3% от общего количества видов, встречающихся в Баренцевом море. В остальных отрядах встречается 1–4 вида.

Наибольшее количество видов встречается в семействах Бельдюговые (Zoarcidae) (26 видов), Лососевые (Salmonidae), Тресковые (Gadidae) и Липаровые (Liparidae) (по 13 видов), Рогатковые (Cottidae) (11 видов), Ромбовые скаты (Rajidae) и Камбаловые (Pleuronectidae) (по 9 видов) и Налимовые (Lotidae) (8 видов). Представители этих 8 семейств составляют 53,4% от общего количества видов, встречающихся в Баренцевом море. В остальных семействах встречается 3–5 видов, а почти половина семейств (27) представлены единственным видом.

Ихтиофауна Баренцева моря в систематическом отношении относительно богата по сравнению с ихтиофауной Российской Арктики в целом. Здесь встречается 100% отрядов, 78% семейств и 62% видов из 28 отрядов 89 семейств и 354 морских видов, характерных для всей Российской Арктики [12]. Макроструктура ихтиофауны Баренцева моря близка к структуре арктической ихтиофауны России в целом [12] с преобладанием в ней рыб отрядов окунеобразных и скорпенообразных.

С потеплением, начавшимся в Баренцевом море в конце 1980-х гг. [13], было обнаружено появление в этом районе нескольких тепловодных видов, которые ранее не отмечались или отмечались эпизодически в теплые годы. Так, были зарегистрированы поимки парусного ската *Rajella lintea* [14], змеевидной рыбы-иглы *Entelurus aequoreus* [15], серой триглы *Eutrigla gurnardus* [16]. С этим же связано появление в Баренцевом море в последние годы целого ряда мезо- и батипелагических видов рыб обычно в виде единичных особей, таких как гренландская нансения *Nansenia groenlandica* [17], хаулиод *Chauliodus sloani*, лампаникт Макдональда *Lampanyctus macdonaldi*, слитножаберниковый угорь *Diastobranchus capensis* и др.

Экологическая характеристика

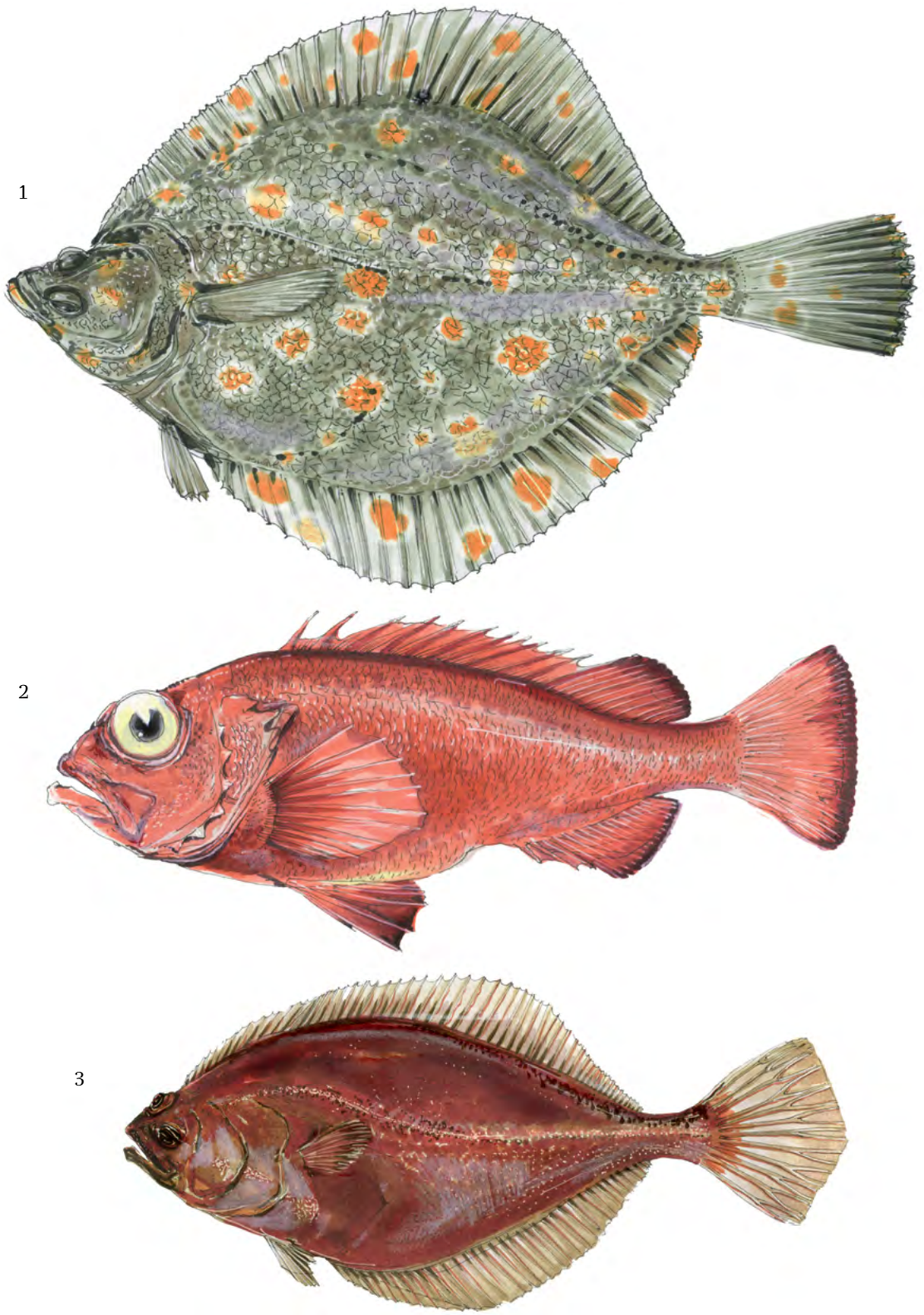
В Баренцевом море встречаются представители 7 экологических групп рыб. Почти половина морских и проходных видов, встречающихся в Баренцевом море, относится к донным рыбам (46,4% от общего числа видов). Кроме того, велика доля придонных и придонно-пелагических видов — 14,5 и 11,2% соответственно. Нерито-пелагические, мезо- и батипелагические и эпипелагические виды составляют от 7,3 до 10,1%. Доля криопелагических видов (сайка и ледовая треска) очень мала (1,1%).

Доминирование видов, чья среда обитания связана с дном, обусловлено относительно небольшими глубинами в Баренцевом море, средняя глубина которого составляет всего 230 м. Мезо- и батипелагические виды (северный веретенник, нансения, миктофовые, стомиевые) в основном заносятся в Баренцево море течениями из Норвежского и Гренландского морей.

Зоогеографическая характеристика

В ихтиофауне Баренцева моря встречаются представители 7 зоогеографических групп рыб. В целом в ихтиофауне преобладают бореальные и арктические виды, которые составляют 31,9 и 27,2% от общего числа видов соответственно. Кроме этого, достаточно велика доля преимущественно бореальных, аркто-бореальных и широко распространенных видов рыб (13,6, 12,0 и 11,5%). Преимущественно арктические и южнобореальные виды составляют всего 2,6 и 1,0% от общего числа видов соответственно.

Соотношение видов различного происхождения в значительной степени зависит от района моря. В северной холодноводной его части доминируют арктические (58,4%) и преимущественно бореальные (41,1%) виды, в то время как представители других зоогеографических групп практически отсутствуют. В южной тепловодной части моря основу ихтиофауны составляют преимущественно бореальные виды (88,7%), а доля арктических видов составляет всего 9,3%, причем доля других зоогеографических групп также невелика (менее 2%).



1. Морская камбала (*Pleuronectes platessa*)
2. Окунь-клювач (*Sebastes mentella*)
3. Камбала-ерш (*Hippoglossoides platessoides*)

Экологические группировки

В связи с тем что обитание рыб во многом определяется разнообразием условий Баренцева моря (глубина, температура и соленость воды), можно выделить несколько экологических группировок рыб [9].

В зависимости от глубины можно выделить три основных типа сообществ рыб:

— *мелководный тип* (глубина до 50–100 м): характерными видами этого сообщества являются европейский керчак, арктический шлемоносец, песчанки, шиповатый круглопер и ледовитоморская лисичка;

— *основной тип* (глубина 100–450 м): к этому сообществу принадлежит большинство наиболее массовых видов рыб Баренцева моря (треска, пикша, камбала-ерш, звездчатый скат и др.) и большое количество непромысловых видов рыб;

— *глубоководный тип* (глубина более 450–500 м): характерными видами этого сообщества являются черный палтус, окунь-клювач, путассу, северный макрурус и северный скат.

В то же время необходимо отметить, что ряд видов, обитающих в широком диапазоне глубин (треска, пикша, камбала-ерш, звездчатый скат и др.), могут встречаться и составлять основу уловов на разных глубинах во всех выделенных типах сообществ.

В зависимости от придонной температуры могут быть выделены несколько групп:

— *холодноводные виды*: рыбы, которые обитают только при низких температурах (до 1 °С). Могут встречаться как в прибрежной зоне, так и вдали от берегов на мелководных банках. Наиболее типичными представителями являются сайка, полярный триглопс, шиповатый круглопер, ледовитоморская лисичка и чернобрюхий липарис;

— *тепловодные виды*: рыбы, которые обитают преимущественно при высоких температурах (более 5 °С). Встречаются в основном в западной и северной частях Баренцева моря, вдоль склона континентального шельфа. Наиболее типичными представителями являются аргентина, тресочка Эсмарка, мерланг, малоротая и длинная камбалы, окунь вивипарус;

— *эвритермные виды*: рыбы, которые обитают при широком диапазоне температур (от 1 до 5 °С). Распространены практически по всей акватории Баренцева моря. Наиболее типичными представителями являются треска, камбала-ерш и звездчатый скат.

В зависимости от придонной солености воды в Баренцевом море можно условно выделить три основных типа сообществ рыб:

— *прибрежный тип* (соленость примерно до 33,8–34,0 psu): характерными видами являются европейский керчак, арктический шлемоносец, песчанки, шиповатый круглопер, лиманда и ледовитоморская лисичка;

— *эврихалинный тип* (соленость от 33,8–34,0 psu до 34,8–35,0 psu): к этому сообществу принадлежит большинство наиболее массовых видов рыб Баренцева моря (треска, пикша, камбала-ерш, звездчатый скат и др.) и большое количество непромысловых видов рыб;

— *океанический тип* (соленость более 34,8–35,0 psu): характерными видами являются черный палтус, окунь-клювач, путассу, северный макрурус, северный и другие скаты.

В то же время необходимо отметить, что ряд эврихалинных видов (треска, пикша, сайка, камбала-ерш, звездчатый скат и др.) могут встречаться и составлять основу уловов на разных глубинах во всех выделенных типах ихтиоценов.

Редкие и охраняемые виды

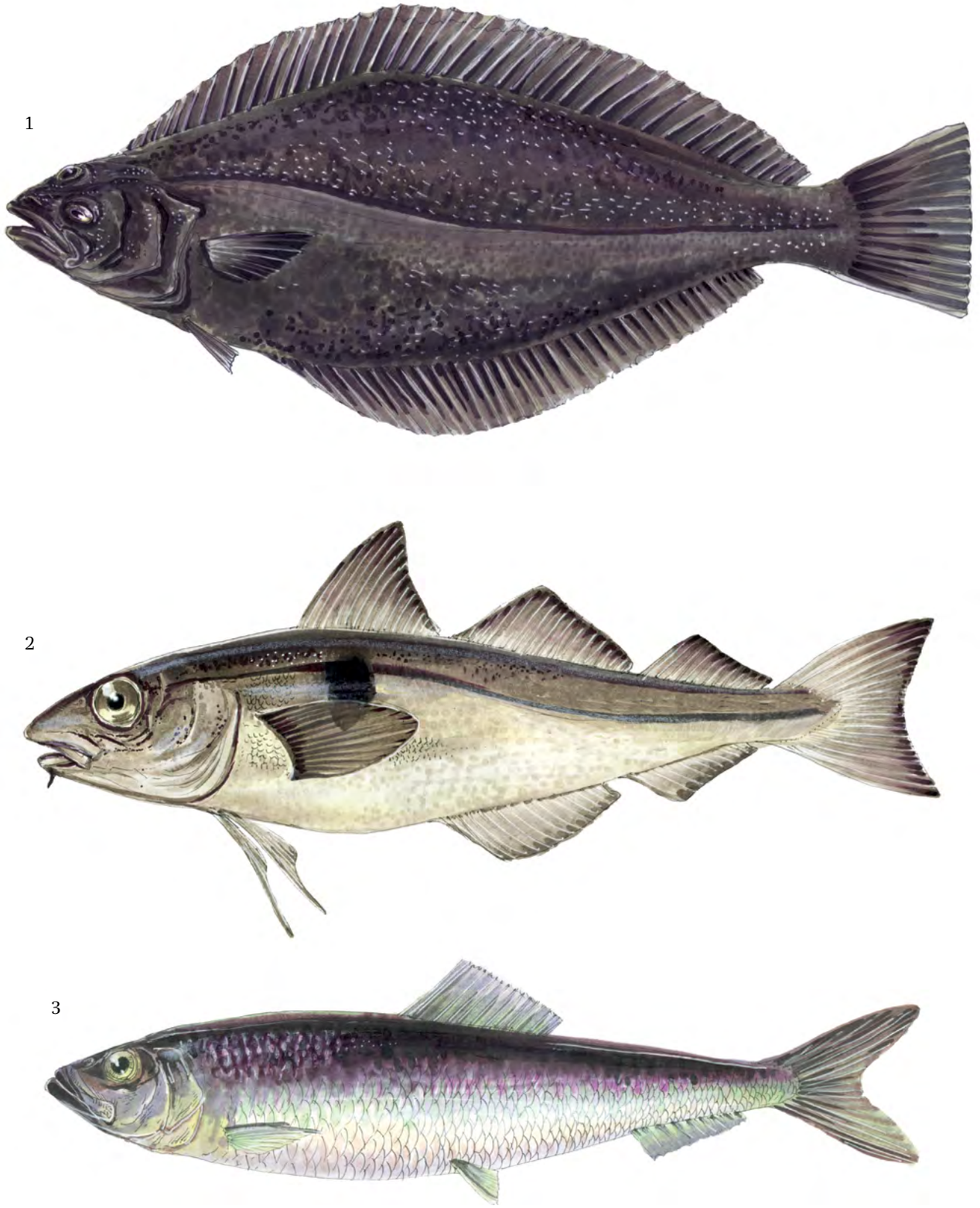
В 2000–2018 гг. в ихтиофауне Баренцева моря было выявлено большое количество новых видов, ранее не встречавшихся в Баренцевом море, как тепловодных, которые появились в результате потепления Арктики, так и редких.

В Баренцевом море у северного побережья Норвегии в середине 1950-х гг. был описан новый вид — финмаркенский минтай *Theragra finnmarchica*, нахождение которого было очень необычно, поскольку минтай распространен только в Тихом океане. Долгое время причины и пути его появления здесь были неизвестными, и он считался отдельным видом. Однако последние исследования показали, что этот вид проник в Баренцево море из Тихого океана через арктические моря и не отличается от тихоокеанского вида [18].

В оз. Могильном на о. Кильдин обитает эндемичный подвид атлантической трески — кильдинская треска. Этот подвид занесен в Красную книгу России (категория 1 — находящийся под угрозой исчезновения) и Красную книгу Мурманской области (категория 1а — находящийся в критическом состоянии, под непосредственной угрозой исчезновения).

Ряд видов семейства Бельдюговых могут быть отнесены к редким, несмотря на то что они встречаются в других районах северной Атлантики — ликод Лютткена *Lycodes luetkenii*, пятнистый лиценхел *Lycenchelys kolthoffi*, ликод Адольфа *Lycodes adolfi* и гренландский ликод *Lycodes paamiuti*, поимки которых в Баренцевом море достаточно редки.

Атлантический осетр, который ранее встречался в Баренцевом море, а сейчас, вероятно, пол-



1. Черный палтус (*Reinhardtius hippoglossoides*)
2. Пикша (*Melanogrammus aeglefinus*)
3. Атлантическая сельдь (*Clupea harengus*)

ностью исчез, занесен в Красную книгу России (категория 0 — вероятно исчезнувший в России вид) и Красный список Международного союза охраны природы (категория CR — вид на грани исчезновения). Нельма *Stenodus nelma* (популяции Европейской части России) также занесена в Красную книгу России (категория 1 — находящиеся под угрозой исчезновения).

В Красном списке Международного союза охраны природы [19] для Европы находится ряд видов рыб, для которых Баренцево море является северной границей ареала и большинство из которых заходит сюда из более южных районов Атлантики в очень небольшом количестве, — находящиеся в критическом состоянии (Critically Endangered) атлантическая сельдевая акула *Lamna nasus* (популяция из Северо-Восточной Атлантики), гладкий скат *Dipturus batis*; находящиеся в опасном состоянии (Endangered) суповая акула *Galeorhinus galeus*, катран *Squalus acanthias* (популяция из Северо-Восточной Атлантики), гигантская акула *Cetorhinus maximus* (популяция из Северо-Восточной Атлантики), суповая акула *Galeorhinus galeus*, шагреневый скат *Leucoraja fullonica* и тупорылый макрурус *Coryphaenoides rupestris*; уязвимый (Vulnerable) атлантический белокорый палтус *Hippoglossus hippoglossus*.

Кроме этого, ряд промысловых видов рыб также включены в Красный список МСОП для Европы как уязвимые (Vulnerable) — атлантический лосось *Salmo salar*, золотистый окунь *Sebastes norvegicus* и голубая мольва *Molva dypterygia* и находящиеся в опасном состоянии (Endangered) синяя зубатка *Anarhichas denticulatus*, окунь-клювач *Sebastes mentella* и золотистый окунь *Sebastes norvegicus*. Однако следует принимать во внимание, что в Баренцевом море эти виды являются традиционными промысловыми объектами и включение их в этот список может не вполне объективно отражать их современное состояние.

При этом следует учитывать, что природоохранный статус ряда видов в глобальном масштабе (для всего Мирового океана) может быть другим. Так, в глобальном масштабе тупорылый макрурус и суповая акула относятся к видам, находящимся в критическом состоянии, белокорый палтус — к видам, находящимся в опасном состоянии, сельдевая акула и катран — к уязвимым видам, а семга — к видам, вызывающим наименьшие опасения (Least Concern).

Сообщества рыб и их динамика

Наиболее распространенными видами рыб в Баренцевом море являются камбала-ерш и треска, которые встречались в 87,3 и 78,1% тралений в августе—сентябре и в 93,4 и 93,2% тралений в октябре — декабре соответственно [9]. Следующими по степени распространения видами в августе—сентябре являются атлантический крючкорог, сайка и пикша (51–60% тралений), а в октябре — декабре — пикша, звездчатый скат и черный палтус (54–75% тралений).

В Баренцевом море были выявлены 6 типов донных ихтиоценов — 3 тепловодных (атлантический (в южной части моря), юго-западный (прибрежные районы юго-западной тепловодной части моря), юго-восточный (прибрежные районы юго-восточной части моря)) и 3 холодноводных (арктический (севернее Полярного фронта), высокоарктический (северо-восточная часть моря вокруг арх. Земля Франца-Иосифа) и новоземельский (у побережья арх. Новая Земля)) [9, 20]. Наиболее высокие численность и биомасса рыб отмечались в юго-западном ихтиоцене, а наиболее низкие — в высокоарктическом ихтиоцене.

В арктическом ихтиоцене по численности доминировали полярный триглопс, камбала-ерш, липарисы, атлантический крючкорог и пятнистый лептоклин (70% по численности). Однако по биомассе в уловах доминировали более крупные виды: треска, черный палтус, камбала-ерш. В высокоарктическом ихтиоцене доминировали липарисы, полярный триглопс, черный палтус, атлантическая лисичка и бледный ликод, суммарно составляющие 90% по численности и 95% по массе. В прибрежном новоземельском ихтиоцене наиболее многочисленными видами были камбала-ерш, арктический шлемоносец, ледовитоморская лисичка, остроносый триглопс и атлантическая лисичка. Эти виды составляли 60% по численности и 23% по массе. По биомассе доминировала треска (55%). В прибрежном юго-восточном ихтиоцене крупные промысловые виды (камбала-ерш, пикша, треска), а также звездчатый скат и пятнистый лептоклин составляли 95% по численности и биомассе. В прибрежном юго-западном ихтиоцене также доминировали промысловые виды (пикша, сайда, треска, камбала-ерш), а также тресочка Эсмарка, суммарно составлявшие 69% по численности и 80% по массе. В атлантическом ихтиоцене также доминировали промысловые виды (камбала-ерш, пикша, треска), атлантический крючкорог и звездчатый скат. Эти пять видов составляли 44% по численности и 58% по массе.

Основу биомассы рыб в Баренцевом море (и прилегающих районах Норвежского и Гренландского морей) составляют традиционные промысловые виды — мойва (0,2–7,8 млн т в 1973–2019 гг., в среднем 2,9 млн т), треска (0,7–4,3 млн т

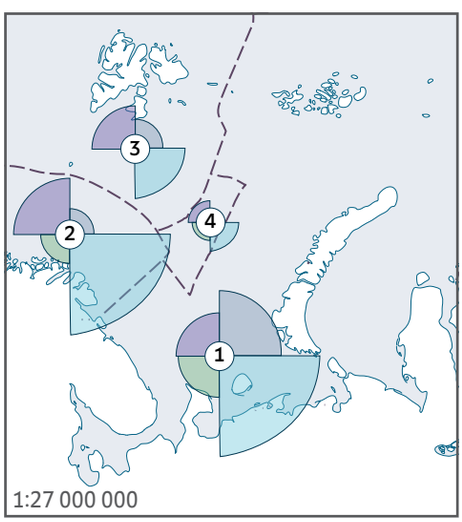
Рыбный промысел в Баренцевом море
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
3 РАЙОН АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН
2 ИЭЗ НОРВЕГИИ
ОТКРЫТАЯ ЧАСТЬ
4
1 ИЭЗ РОССИИ
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Индига
Сосновка
Кемь
Беломорск
Мезень
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
1:7 000 000

в 1946–2018 гг., в среднем 2,3 млн т), пикша (84–1679 тыс. т в 1950–2018 гг., в среднем 508 тыс. т), сайда (268–1100 тыс. т в 1960–2018 гг., в среднем 666 тыс. т), окунь-клювач (496–1276 тыс. т в 1992–2018 гг., в среднем 934 тыс. т), золотистый окунь (34–139 тыс. т в 1986–2017 гг., в среднем 79 тыс. т), камбала-ерш (400–500 тыс. т), сайка (96–1941 тыс. т в 1986–2019 гг., в среднем 742 тыс. т), черный палтус (500–600 тыс. т), морская камбала (60–65 тыс. т), синяя, пятнистая и полосатая зубатки (31, 20 и 13 тыс. т соответственно) [21, 22]. Биомасса других видов рыб, в том числе не являющихся объектами лова в Баренцевом море, может достигать значительной величины: путассу (10–2417 тыс. т в 1994–2019 гг., в среднем 798 тыс. т), атлантическая сельдь (2 тыс. — 4,8 млн т в 1970–2019 гг., в среднем 1,2 млн т), звездчатый скат (100–120 тыс. т) и пинагор (4–143 тыс. т в 1988–2018 гг., в среднем 63 тыс. т). Следует отметить, что за исключением сайки большая часть биомассы промысловых рыб формируется за счет тепловодных бореальных видов.

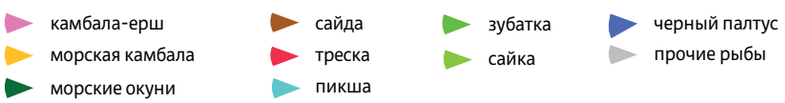
В 2000-е гг. в связи с потеплением вод в Баренцевом море были выявлены структурные изменения в сообществах рыб этого моря. По данным осенне-зимней съемки ПИНРО, в 1998–2012 гг. было отмечено снижение средних уловов холодноводных арктических видов рыб со 150–250 до 10–20 экз./час траления, преимущественно арктических видов — с 1,5–3,0 до 0,4–0,5 экз./час траления и арктo-бореальных видов — с 1,5–2,0 до 0,5–0,8 экз./час траления [23]. В этот же период уловы тепловодных бореальных видов возросли с 10–20 до 60–140 экз./час траления, преимущественно бореальных видов — с 400–600 до 800–1000 экз./час траления и южно-бореальных видов — с 0,05–0,1 до 0,25–0,35 экз./час траления. В 2004–2012 гг. на основании данных совместной российско-норвежской экосистемной съемки был сделан вывод о «бореализации» ихтиофауны Баренцева моря — появлении новых тепловодных видов рыб, увеличении численности и смещении распределения бореальных видов рыб на север, а также снижении численности и уменьшении площади распространения арктических видов рыб [24]. Доля площади района, занимаемой арктическими видами, в этот период снизилась с 22 до 10% от общей площади исследованной акватории Баренцева моря, одновременно доля площади распространения сообщества атлантических мелководных рыб возросла с 17 до 31%. Кроме этого, было выявлено, что центр распределения сообщества арктических видов рыб за 10 лет сместился в северном направлении на 159 км. Данные о структуре сообществ рыб и численности и биомассе всех видов рыб за более ранние годы отсутствуют, можно лишь отметить появление тепловодных видов рыб (тресочка Эсмарка, путассу, макрелещука, скумбрия и др.) в Баренцевом море в теплые 1930-е гг. [9].

Промысел

Баренцево море является одним из важнейших районов отечественного рыболовства. Первые сведения о рыболовстве в этом районе известны с XV в. Перед Первой мировой войной отечественный промысел носил кустарный характер, с конца XIX в. по 1913 г. уловы трески в среднем составляли 10 тыс. т в год. В этот период интенсивный промысел донных рыб, в том числе морской камбалы, вели английские и немецкие



Видовой состав уловов на российском донном траловом промысле в различных локальных промысловых районах



Соотношение вылова промысловых рыб различными орудиями лова (по данным международного промысла)

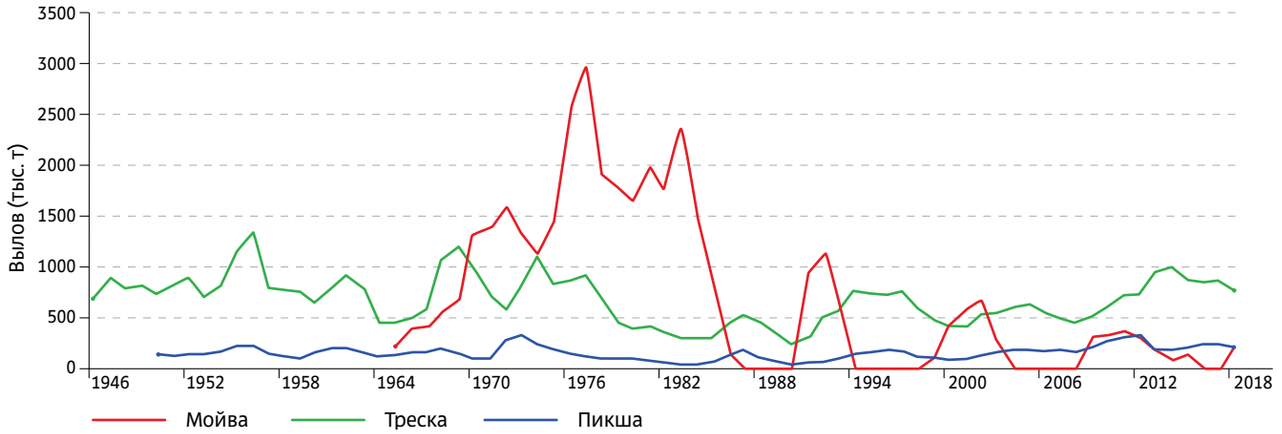


Рис. 3.4.1 Общий международный вылов основных объектов промысла в Баренцевом море в 1946–2018 гг. по данным официальной статистики (по [22])

тральщики. Объем вылова английскими рыбаками в 1909–1911 гг. составил 51,4 тыс. т. Интенсивное развитие отечественного промышленного рыболовства началось в 1920–1930-х гг. в связи с развитием круглогодичного тралового промысла [25]. В 1921–1941 гг. резко возросло количество промысловых судов (до 68 к середине 1930-х гг.), а вылов достиг 250 тыс. т. В послевоенный период общий отечественный вылов постоянно возрастал и достиг своего пика в 1970-е гг. В этот период был организован специализированный траловый промысел атлантической сельди (с 1947 г.), морских окуней (с 1952 г.), черного палтуса (с 1964 г.), сайки (с 1969 г.) и мойвы (с 1973 г.) [25]. После 1991 г. отечественный вылов в Баренцевом море снизился и не превышал 1 млн т.

Объектами международного и отечественного промысла в Баренцевом море являются около 25 видов рыб как пелагических (мойва, сайка), так и донных (треска, пикша, сайда, морские окуни, черный палтус, морская камбала, камбала-ерш, зубатки). В то же время основу уловов составляют три вида — мойва, треска и пикша, максимальные международные уловы которых достигали 2,9 млн т (в 1977 г.), 1,3 млн т (в 1956 г.) и 322 млн т (в 1973 г.) соответственно (рис. 3.4.1). До 1968 г.

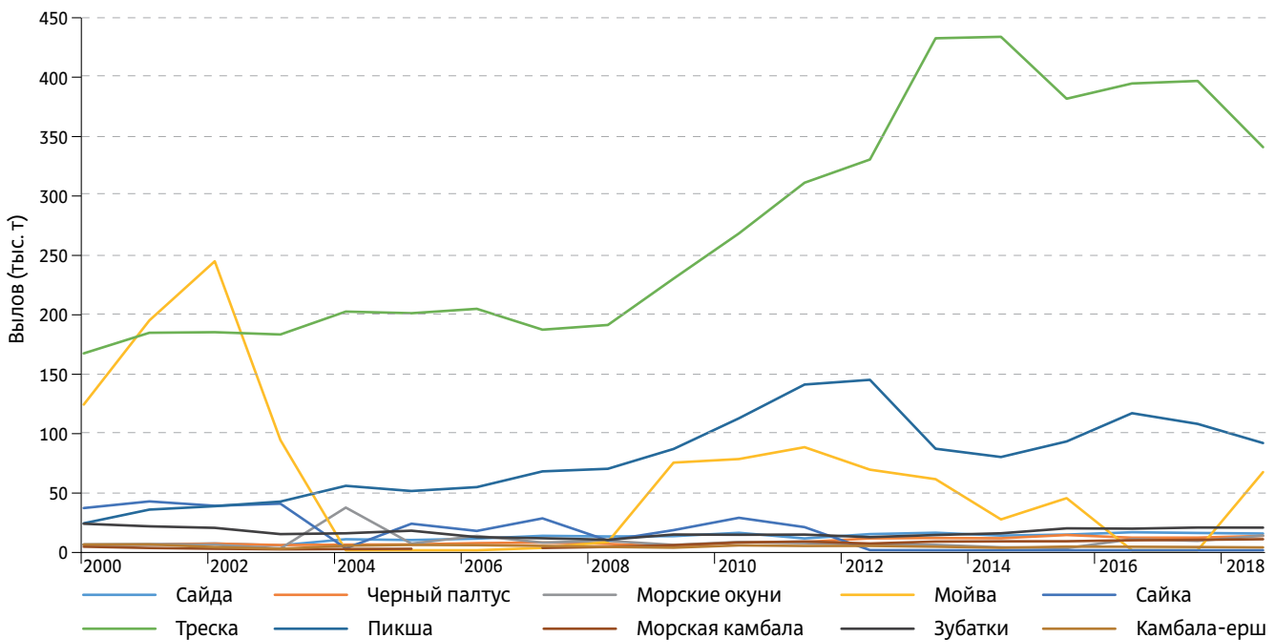


Рис. 3.4.2 Динамика отечественного вылова в Баренцевом море и прилегающих водах в 2000–2018 гг.

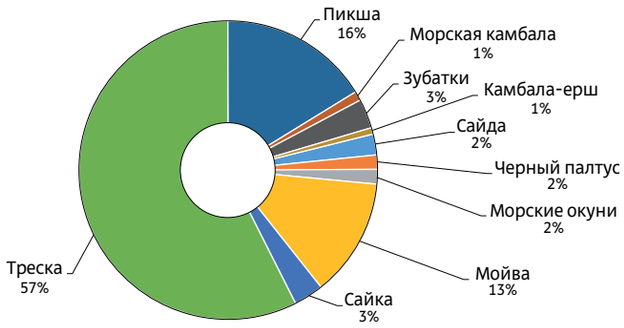


Рис. 3.4.3 Соотношение уловов основных объектов отечественного промысла в Баренцевом море и прилегающих районах в 2000–2018 гг.

одним из наиболее важных объектов промысла была также атлантическая сельдь, но с 1969 г. ее промысел был прекращен.

В последние десятилетия (с 2000 г.) общий международный вылов основных объектов промысла в Баренцевом море и прилегающих районах Норвежского и Гренландского морей составлял от 872 тыс. т до 1,2 млн т [21, 22].

Отечественный вылов в 2000–2018 гг. изменялся от 322 до 631 тыс. т и в среднем составил 493 тыс. т (рис. 3.4.2) [26–30]. Основой отечественного вылова в этот период были треска (56%) и пикша (16%), годовые уловы которых составляли 166–434 тыс. т и 23–144 тыс. т соответственно (рис. 3.4.3). Это существенно отличается от структуры отечественного вылова в 1973–1990 гг., когда основу уловов составляла мойва (53%), а доля трески не превышала 25% [25]. Уловы мойвы после двух коллапсов ее запаса в 1987–1990 гг. и в 1994–1998 гг. в начале 2000-х гг. были высокими (93–244 тыс. т), затем после очередного коллапса ее запаса и запрета на промысел в течение ряда лет уловы составили 26–87 тыс. т в 2009–2015 гг., и с 2016 г. ее промысел опять закрыт. Уловы остальных видов рыб не превышают 25–30 тыс. т в год, обычно до 5–15 тыс. т. С 2012 г., несмотря на относительно хорошее состояние запасов, практически прекратился промысел сайки из-за отсутствия заинтересованности со стороны рыбаков.

В настоящее время ведется специализированный промысел только четырех видов донных рыб (треска, пикша, черный палтус и морская камбала) и двух пелагических видов (мойва, сайка), остальные виды добываются в качестве прилова. Основу отечественного вылова донных рыб составляют уловы на донном траловом промысле (90–95%), доля уловов на ярусном промысле не превышает 5–10% [25, 31]. Несмотря на увеличение количества ярусных судов и их вылова с 3,6 тыс. т в 1993 г. до 29,8 тыс. т в 2002 г. и его экологичность и экономичность, ярусный лов играет довольно небольшую роль в отечественном промысле в Баренцевом море.

Помимо традиционных объектов промысла, в Баренцевом море есть ряд видов, которые в настоящее время слабо или совсем не используются промыслом — пинагор, менек, северный макрурус, звездчатый и северный скаты, лиманда, полярная и речная камбалы и другие [32, 33]. Численность этих видов довольно высока, и они могут рассматриваться в качестве резервных объектов промысла и обеспечить дополнительный вылов в несколько тысяч тонн в год.

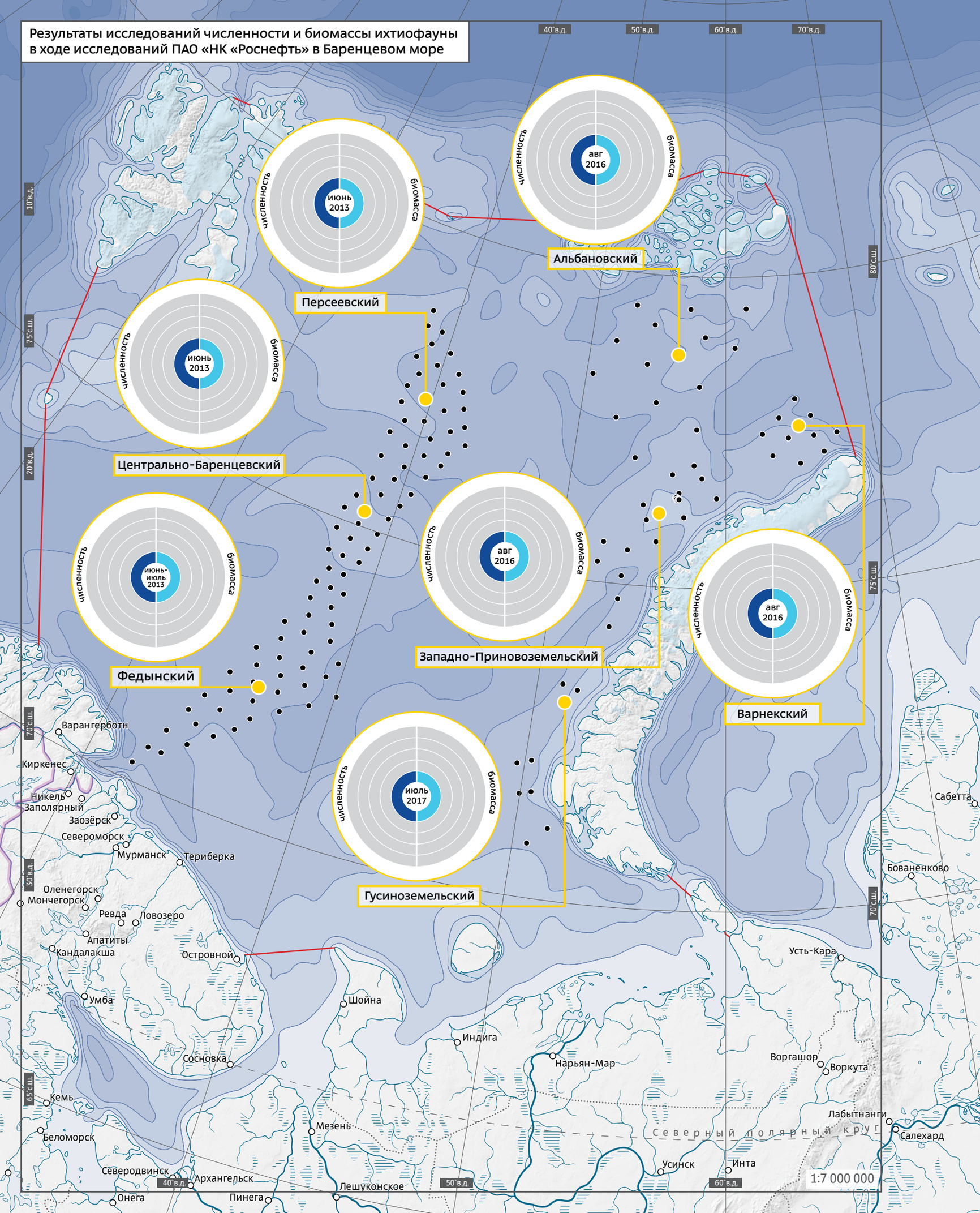
Промысел оказывает существенное влияние на состояние экосистемы Баренцева моря. Чрезмерная интенсивность промысла может приводить к критическому снижению запасов и, как следствие, полному прекращению промысла (сельдь в 1960-е гг., черный палтус в 1992–2009 гг., мойва в 1987–1990, 1994–1998, 2004–2007 и 2014–2018 гг.). Четыре коллапса запаса мойвы, вызванные как переловом, так и рядом других факторов, в свою очередь существенно ухудшили условия откорма хищных рыб (треска) и морских млекопитающих, что привело к переходу питания трески другими видами (в том числе собственной молодью), ухудшению их биологического состояния и воспроизводства. Воздействие тралового промысла донных рыб оказывает негативное влияние на состояние бентосных сообществ в районах работы рыбопромыслового флота.

Результаты исследований ихтиофауны в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море

Ихтиофауна для 15 лицензионных участков ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море описана по результатам съемок, выполненных на акватории лицензионных участков в период с 2012 по 2018 г. Ихтиопланктон отбирали планктонной сетью ИКС-80, по два лова на станции: тотального — от дна до поверхности и горизонтального — с поверхности в течение 10–20 мин. Взрослых рыб отлавливали донным и разноглубинными тралами: Сигсби и разноглубинным оттер-тралом обычно в течение 30 мин за траление.

В составе ихтиофауны ***лицензионного участка «Федынский»*** обнаружено 25 видов рыб, в том числе северный скат (единично) и сайка. По частоте встречаемости доминировали треска (90%), камбала-ерш, пикша (52,5%), черный палтус (17,5%). Численность обычно не превышала 224–252 экз./час траления, биомасса — 290–340 кг/час траления. Основу численности и биомассы составляли треска,

Результаты исследований численности и биомассы ихтиофауны в ходе исследований ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море



пикша и камбала-ерш. Плотность демерсальных рыб составляла 2348±612 экз./км^2, пелагических — 29±14 экз./км^2. Биомасса рыб распределялась между пелагиалью и придонным горизонтом аналогично: по пелагической съемке биомасса составляла 1±1 кг/км^2, по донной — 3201±792 кг/км^2.

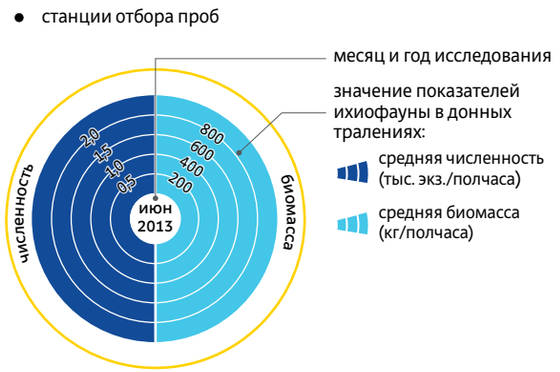
На акватории ***лицензионного участка «Центрально-Баренцевский»*** донными и пелагическими тралами было выловлено 16 видов рыб, в том числе северный скат (единично) и сайка. По частоте встречаемости доминировали камбала-ерш (76%), мойва (64%) и атлантическая треска (56%). Основу численности составляли камбала-ерш (50%) и атлантическая треска (40%). Численность рыб в донных тралениях в среднем по участку составила 94 экз./час траления, или 1788 экз./км^2, биомасса изменялась в пределах 10–340 кг/час траления. В пелагических уловах численность рыб не превышала 12 экз./час траления.

В ихтиофауне ***лицензионного участка «Персеевский»*** обнаружено 18 видов. Плотность распределения рыб составляла 1920 экз./км^2. Основу численности в донных уловах создавали сайка (77%), мойва (13%) и камбала-ерш (7%). Суммарная биомасса рыб не превышала 25 кг/час траления, в среднем составляя 3,9 кг/ч. Основу ее создавали камбала-ерш (43%), сайка (30%), северный скат (17%).

На акватории ***лицензионного участка «Албановский»*** среди промысловых видов рыб по численности преобладала сайка. Ихтиопланктон относительно беден в качественном и количественном отношении. Основная биомасса рыб была приурочена к южной части района исследований, где основу скоплений составляет атлантическая треска общей плотностью 9–167 кг/час траления (85%). Средняя плотность распределения биомассы рыб составила 0,32 т/км^2.

В составе ихтиофауны ***лицензионного участка «Варнекский»*** выявлено 11 видов. Наибольшая встречаемость у сайки (80%) и камбалы-ерша (60%).

Значения численности и биомассы ихтиофауны



Общая численность рыб составляла 6–127 экз./час траления, в среднем 48 экз./час траления, преобладала сайка (72%). Наибольший вклад в биомассу (0,04–4,8 кг/час траления) вносили камбала-ерш и сайка. Акватория рыбохозяйственного значения не имеет. Массовые виды рыб промысловых скоплений не создавали.

В составе ихтиофауны ***лицензионного участка «Западно-Приновоземельский»*** выявлено семь видов, наиболее часто встречаемые — сайка (83%) и камбала-ерш (50%). Численность варьировала в пределах 6–73 экз./час траления, в среднем 42 экз./час траления. Максимальная плотность сайки отмечена в северной части участка. Средняя биомасса составляла 7,7 кг/час траления, преобладала камбала-ерш (74%). Массовые виды — сайка, атлантическая треска и камбала-ерш — промысловых скоплений не создавали. Биомасса уловов низкая, что соответствует среднемноголетним данным.

На лицензионном ***участке «Гусиноземельский»*** выловлено пять видов рыб из числа достаточно распространенных на Приновоземельском шельфе Баренцева моря: баренцевоморская треска, камбала-ерш, европейская морская лисичка, триглопс атлантический, бычок крючкорогий европейский. Плотность достигала 28 экз./час траления, преобладала камбала-ерш. По биомассе, достигающей 3,12 кг/час траления, также доминировала камбала-ерш. В небольших количествах попадалась сайка.

В границах ***лицензионного участка «Северо-Поморский-1»*** отмечено 25 видов морских рыб и два вида проходных рыб. Наибольшей численностью обладали камбала-ерш (5132 экз./км^2), пикша (2713 экз./км^2), атлантическая треска (1215 экз./км^2). В августе 2016 г. на акваторию Печорского моря мигрировала крупная половозрелая пикша урожайных поколений, скопления промысловой плотности которой были зарегистрированы на участке.

Рыб на ***лицензионном участке «Северо-Поморский-2»*** обнаружено 22 вида. Наибольшей численностью обладали пикша (4436 экз./км^2), камбала-ерш (3225 экз./км^2), чешско-печорская сельдь (2555 экз./км^2), лиманда (610 экз./км^2). Средний улов донного трала 770 кг, основу которого составляла пикша.

Ихтиофауна ***лицензионного участка «Поморский»*** включала 20 видов, из них 13 видов (треска, пикша, навага, сайка, мойва, камбала-ерш, полярная камбала, морская камбала, лиманда, чёшско-печорская сельдь, песчанка многопозвонковая, дальневосточная минога и азиатская корюшка) относятся к категории промысловых. По численности преобладали навага (9479 экз./км^2), камбала-ерш (1882 экз./км^2) и пикша (1729 экз./км^2). Рыбохозяйственного значения участок в настоящее время не имеет.

Результаты исследований численности и биомассы ихтиофауны в ходе исследований ПАО «НК «Роснефть» в Печорском море

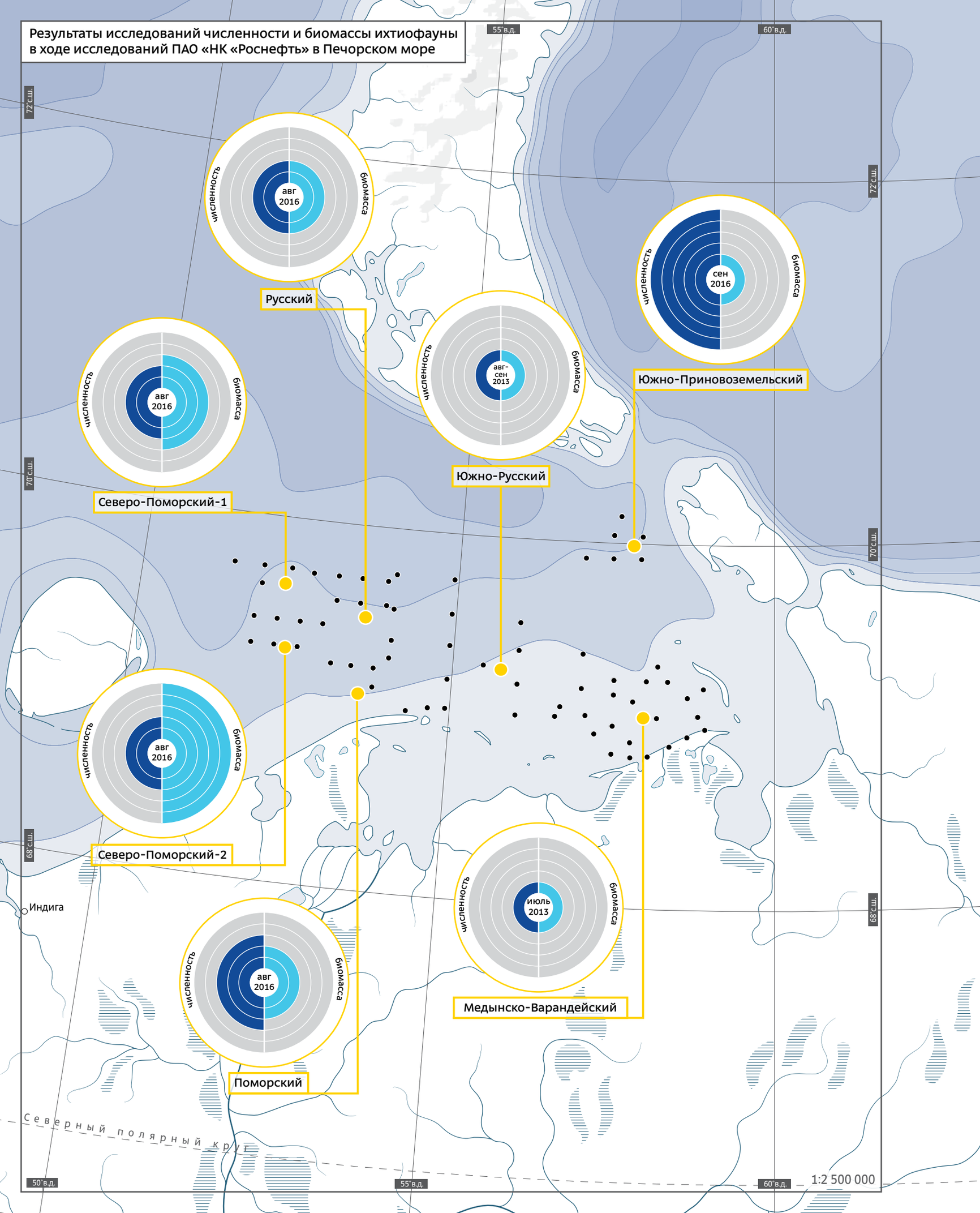


Рис. 3.4.4 Малек зубатки

На ***лицензионном участке «Русский»*** обнаружено 19 видов рыб, из которых 12 видов (треска, пикша, навага, сайка, мойва, камбала-ерш, морская камбала, лиманда, чёшско-печорская сельдь, песчанка многопозвонковая, полосатая и пятнистая (пестрая) зубатки (рис. 3.4.4)) относятся к категории промысловых. По экологическому облику более половины видов были донными представителями ихтиофауны и около трети — придонно-пелагическими видами. По численности преобладали камбала-ерш (1641 экз./км^2), сельдь чёшско-печорская (995 экз./км^2), пикша (872 экз./км^2) и песчанка многопозвонковая (543 экз./км^2). Средний улов составляет 355 кг. Рыбохозяйственного значения участок в настоящее время не имеет.

В тралениях на акватории ***лицензионного участка «Южно-Русский»*** обнаружено 17 видов рыб. По частоте встречаемости доминировали полярная камбала (61,5%), песчанка многопозвонковая (38,5%), лиманда и арктический шлемоносный бычок (по 31%). Общая численность не превышала 250 экз./час траления, преобладала навага. Общая биомасса не более 165 кг/час траления, преобладали пикша (54%) и треска (26%). Ихтиопланктон преимущественно был представлен сайкой и навагой.

В пределах ***лицензионного участка «Западно-Матвеевский»*** найдено 23 вида рыб. По численности преобладали навага (62 тыс. экз./км), камбала-ерш (5345 экз./км), люмпенус миноговидный (5321 экз./км), сельдь чёшско-печорская (5300 экз./км). В донных уловах по массе преобладали навага (81,6%), сельдь чёшско-печорская (5,8%) и камбала-ерш (4,5%).

Ихтиофауна на ***лицензионном участке «Медынско-Варандейский»*** представлена 12 видами. Основу численности составляли навага, песчанка многопозвонковая, полярная камбала, а в сетных уловах в прибрежной зоне — чёшско-печорская сельдь (38%) и навага (29%). Биомасса рыб не превышала 1,5–2,2 кг/час траления; основу биомассы составляли навага и полярная камбала. Средняя численность рыб 2658 экз./км^2 и 21 экз./час траления, средняя биомасса — 44 кг/км^2 и 3,35 кг/час траления.

В составе ихтиофауны ***лицензионного участка «Южно-Приновоземельский»*** обнаружено 23 вида; наибольшей численностью обладали навага (15 032 экз./км^2), камбала-ерш (4305 экз./км^2), сельдь чёшско-печорская (2879 экз./км^2), люмпенус миноговидный (2718 экз./км^2). По численности преобладала песчанка многопозвонковая (68%). Среди рыб в уловах донного трала по массе преобладали навага (51,0%) и камбала-ерш (17,6%). Рыбохозяйственного значения участок в настоящее время не имеет, и последние десять лет промысел на акватории не велся.

Значения численности и биомассы ихтиофауны

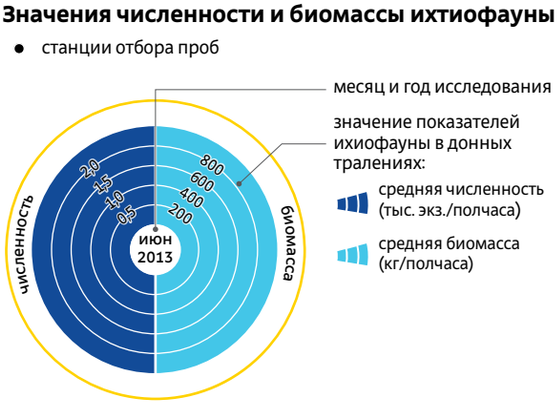


Табл. 3.4.1 Морские, солоноватоводные и пресноводные рыбообразные и рыбы Баренцева моря

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Myxine glutinosa Linnaeus, 1758	Миксина	МОР	Б	Д	Р	НП
Petromyzon marinus Linnaeus, 1758	Морская минога	ПРОХ	Б	НП	Р	НП
Lethenteron camtschaticum (Tilesius, 1811)	Японская минога	ПРОХ	ПБ	НП	Р	НП
Lamna nasus (Bonnaterre, 1788)	Сельдевая акула	МОР	ШР	ЭП	Р	П*
Cetorhinus maximus (Gunnerus, 1765)	Гигантская акула	МОР	ШР	ЭП	Р	НП
Galeus melastomus Rafinesque, 1810	Черноротая акула	МОР	Б	ЭП	Р	НП
Galeorhinus galeus (Linnaeus, 1758)	Суповая акула	МОР	ШР	ЭП	Р	НП
Prionace glauca (Linnaeus, 1758)	Голубая акула	МОР	ШР	ЭП	Р	П*
Chlamydoselachus anguineus Garman, 1884	Плащеносная акула	МОР	ШР	ПрП	Р	НП
Etmopterus spinax (Linnaeus, 1758)	Черная колючая акула	МОР	ШР	ПрП	Р	НП
Somniosus microcephalus (Bloch et Schneider, 1801)	Полярная акула	МОР	АБ	ПрП	О	ПП
Squalus acanthias Linnaeus, 1758	Катран	МОР	ШР	ПрП	Р	П*
Amblyraja hyperborea (Collett, 1879)	Северный скат	МОР	А	Д	О	ПП
Amblyraja radiata (Donovan, 1808)	Звездчатый скат	МОР	АБ	Д	М	ПП
Bathyraja spinicauda (Jensen, 1914)	Шипохвостый скат	МОР	АБ	Д	Р	НП
Dipturus batis (Linnaeus, 1758)	Гладкий скат	МОР	Б	Д	Р	П*
Dipturus oxyrinchus (Linnaeus, 1758)	Длиннорылый скат	МОР	Б	Д	Р	П*
Leucoraja fullonica (Linnaeus, 1758)	Шагреневый скат	МОР	Б	Д	Р	П*
Raja clavata Linnaeus, 1758	Колючий скат	МОР	Б	Д	Р	П*
Rajella fyllae (Lütken, 1887)	Круглый скат	МОР	Б	Д	О	НП
Rajella lintea (Fries, 1838)	Парусный скат	МОР	Б	Д	Р	НП
Chimaera monstrosa Linnaeus, 1758	Европейская химера	МОР	Б	Пр	Р	НП
Acipenser baerii Brandt, 1869	Сибирский осетр	ПРОХ	А	Д	Р	П*
Acipenser ruthenus Linnaeus, 1758	Стерлядь	ПРОХ	АБ	Д	Р	П*
Acipenser sturio Linnaeus, 1758	Атлантический осетр	ПРОХ	Б	Д	Р	П*

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Notacanthus chemnitzii Bloch, 1788	Нотакант Хемница	МОР	ШР	Пр	Р	НП
Diastobranchus capensis Barnard, 1923		МОР	ШР	ПрП	Р	НП
Anguilla anguilla (Linnaeus, 1758)	Речной угорь	ПРОХ	Б	ПрП	Р	П*
Clupea harengus Linnaeus, 1758	Атлантическая сельдь	МОР	ПБ	НП	М	П
Clupea pallasii marisalbi Berg, 1923	Беломорская сельдь	МОР	АБ	НП	М	П
Clupea pallasii suworowi Rabinerson, 1927	Чёшско-печорская сельдь	МОР	АБ	НП	М	П
Esox lucius Linnaeus, 1758	Щука	ПР	Б			П
Argentina silus (Ascanius, 1775)	Северо-атлантическая аргентина	МОР	Б	МП-БП	М	П*
Nansenia groenlandica (Reinhardt, 1840)	Нансения	МОР	ШР	МП-БП	Р	НП
Osmerus eperlanus (Linnaeus, 1758)	Европейская корюшка	ПРОХ	Б	НП	О	П
Osmerus mordax (Mitchill, 1815)	Азиатская зубатая корюшка	ПРОХ	ПБ	НП	О	П
Mallotus villosus (Müller, 1776)	Мойва	МОР	АБ	НП	М	П
Coregonus autumnalis (Pallas, 1776)	Омуль	ПРОХ	А		Р	П
Coregonus lavaretus (Linnaeus, 1758)	Европейский сиг	ПРОХ, ПР	А		Р	П
Coregonus pidschian (Gmelin, 1789)	Пыжьян	ПРОХ	А		Р	П
Coregonus muksun (Pallas, 1814)	Муксун	ПРОХ	А		Р	П
Coregonus nasus (Pallas, 1776)	Чир, щокур	ПР	А		Р	П
Coregonus peled (Gmelin, 1789)	Пелядь	ПР	А		Р	П
Coregonus sardinella Valenciennes, 1848	Сибирская ряпушка	ПРОХ	А		Р	П
Stenodus nelma (Pallas, 1773)	Нельма	ПРОХ	А		Р	П
Oncorhynchus gorbuscha (Walbaum, 1792)	Горбуша	ПРОХ	ПБ	ЭП	О	П
Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792)	Радужная форель	ПРОХ, ПР	Б	ЭП	Р	П
Salmo salar Linnaeus, 1758	Атлантический лосось (семга)	ПРОХ	ПБ	ЭП	О	П
Salmo trutta Linnaeus, 1758	Кумжа	ПРОХ, ПР	Б	ЭП	О	П
Salvelinus alpinus (Linnaeus, 1758)	Арктический голец	ПРОХ, ПР	А	ЭП	О	П

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Argyropelecus hemigymnus Cocco, 1829	Малый топорик	МОР	ШР	МП-БП	Р	НП
Argyropelecus olfersii (Cuvier, 1829)	Топорик Олферса	МОР	ШР	МП-БП	Р	НП
Maurolicus muelleri (Gmelin, 1789)	Мавролик	МОР	ПБ	МБ-БП	О	П*
Chauliodus sloani Bloch et Schneider, 1801	Хаулиод	МОР	ШР	МП-БП	Р	НП
Arctozenus risso (Bonaparte, 1840)	Северный веретенник	МОР	ШР	МП-БП	О	НП
Benthosema glaciale (Reinhardt, 1837)	Северная бентозема	МОР	АБ	МП-БП	О	НП
Lampanyctus macdonaldi (Good et Bean, 1896)	Лампаникт Макдональда	МОР	ШР	МП-БП	Р	НП
Myctophum punctatum Rafinesque, 1810	Крапчатый миктоф	МОР	Б	МП-БП	Р	НП
Notoscopelus kroyeri Malm, 1861	Северный нотоскопел	МОР	ПБ	МП-БП	Р	НП
Lampris guttatus (Brünnich, 1788)	Опах	МОР	ШР	ЭП	Р	НП
Trachipterus arcticus (Brünnich, 1788)	Вогмер	МОР	Б	МП-БП	Р	НП
Regalecus glesne Ascanius, 1772	Сельдяной король	МОР	ШР	МП-БП	Р	НП
Coelorinchus labiatus (Köhler, 1896)	Полорыл	МОР	Б	Пр	Р	НП
Coryphaenoides rupestris Gunnerus, 1765	Тупорылый макрурус	МОР	Б	Пр	Р	П*
Macrourus berglax Lacepède, 1801	Северный макрурус	МОР	ПБ	Пр	О	П
Malacocephalus laevis (Lowe, 1843)	Малакоцефал	МОР	ШР	Пр	Р	П*
Arctogadus glacialis (Peters, 1872)	Черная (ледяная) треска	МОР	А	КП	Р	НП
Boreogadus saida (Lepechin, 1774)	Сайка	МОР	А	КП	М	П
Eleginus nawaga (Walbaum, 1792)	Навага	МОР	А	ПрП	М	П
Gadiculus thori Schmidt, 1913	Большеглазая тресочка	МОР	Б	МП-БП	О	НП
Gadus morhua Linnaeus, 1758	Атлантическая треска	МОР	ПБ	ПрП	М	П
Gadus morhua kildinensis Derjugin, 1920	Кильдинская треска	МОР	ПБ	ПрП	Р	ОО
Melanogrammus aeglefinus (Linnaeus, 1758)	Пикша	МОР	ПБ	ПрП	М	П
Merlangius merlangus (Linnaeus, 1758)	Мерланг	МОР	Б	ПрП	Р	П*
Micromesistius poutassou (Risso, 1827)	Путассу	МОР	ПБ	НП	М	П*

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Pollachius pollachius (Linnaeus, 1758)	Серебристая сайда	МОР	Б	НП	О	П*
Pollachius virens (Linnaeus, 1758)	Сайда	МОР	Б	НП	М	П
Gadus chalcogrammus (Pallas, 1814) (ранее *Theragra finnmarchica* Koefoed, 1956)	Финмаркенский минтай	МОР	ПБ	ПрП	Р	НП
Trisopterus esmarkii (Nilsson, 1855)	Тресочка Эсмарка	МОР	Б	НП	М	П*
Brosme brosme (Ascanius, 1772)	Менек	МОР	Б	Пр	О	П
Ciliata mustela (Linnaeus, 1758)	Пятиусый налим	МОР	Б	Пр	Р	НП
Ciliata septentrionalis (Collett, 1875)	Северный пятиусый налим	МОР	Б	Пр	Р	НП
Enchelyopus cimbrius (Linnaeus, 1766)	Четырехусый налим	МОР	Б	Пр	О	НП
Gaidropsarus argentatus (Reinhardt, 1837)	Полярный налим	МОР	АБ	Пр	О	НП
Lota lota (Linnaeus, 1758)	Налим	ПР	Б			П
Molva dypterygia (Pennant, 1784)	Голубая мольва	МОР	Б	Пр	Р	П*
Molva molva (Linnaeus, 1758)	Мольва	МОР	Б	Пр	Р	П*
Phycis blennoides (Brünnich, 1768)	Большеглазый фицис	МОР	Б	ПрП	Р	П*
Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758)	Европейская мерлуза	МОР	Б	ПрП	Р	П*
Lophius piscatorius Linnaeus, 1758	Морской черт	МОР	Б	Д	Р	П*
Histrio histrio (Linnaeus, 1758)	Саргассовая лягушка-рыба	МОР	ЮБ	ЭП	Р	Н
Scomberesox saurus saurus (Walbaum, 1792)	Макрелещука	МОР	ШР	ЭП	Р	П*
Belone belone (Linnaeus, 1760)	Сарган	МОР	Б	НП	Р	П*
Gasterosteus aculeatus Linnaeus, 1758	Трехиглая колюшка	МОР, ПРОХ, ПР	ПБ	НП	О	ПП
Pungitius pungitius (Linnaeus, 1758)	Девятииглая колюшка	ПРОХ, ПР	ПБ	НП	О	НП
Spinachia spinachia (Linnaeus, 1758)	Длиннорылая колюшка	МОР	Б	НП	О	НП
Entelurus aequoreus (Linnaeus, 1758)	Змеевидная рыба-игла	МОР, СОЛ	Б	НП	Р	НП
Syngnathus typhle Linnaeus, 1758	Длиннорылая рыба-игла	МОР	Б	Пр	Р	НП
Sebastes norvegicus (Ascanius, 1772)	Золотистый окунь	МОР	ПБ	ПрП	М	П

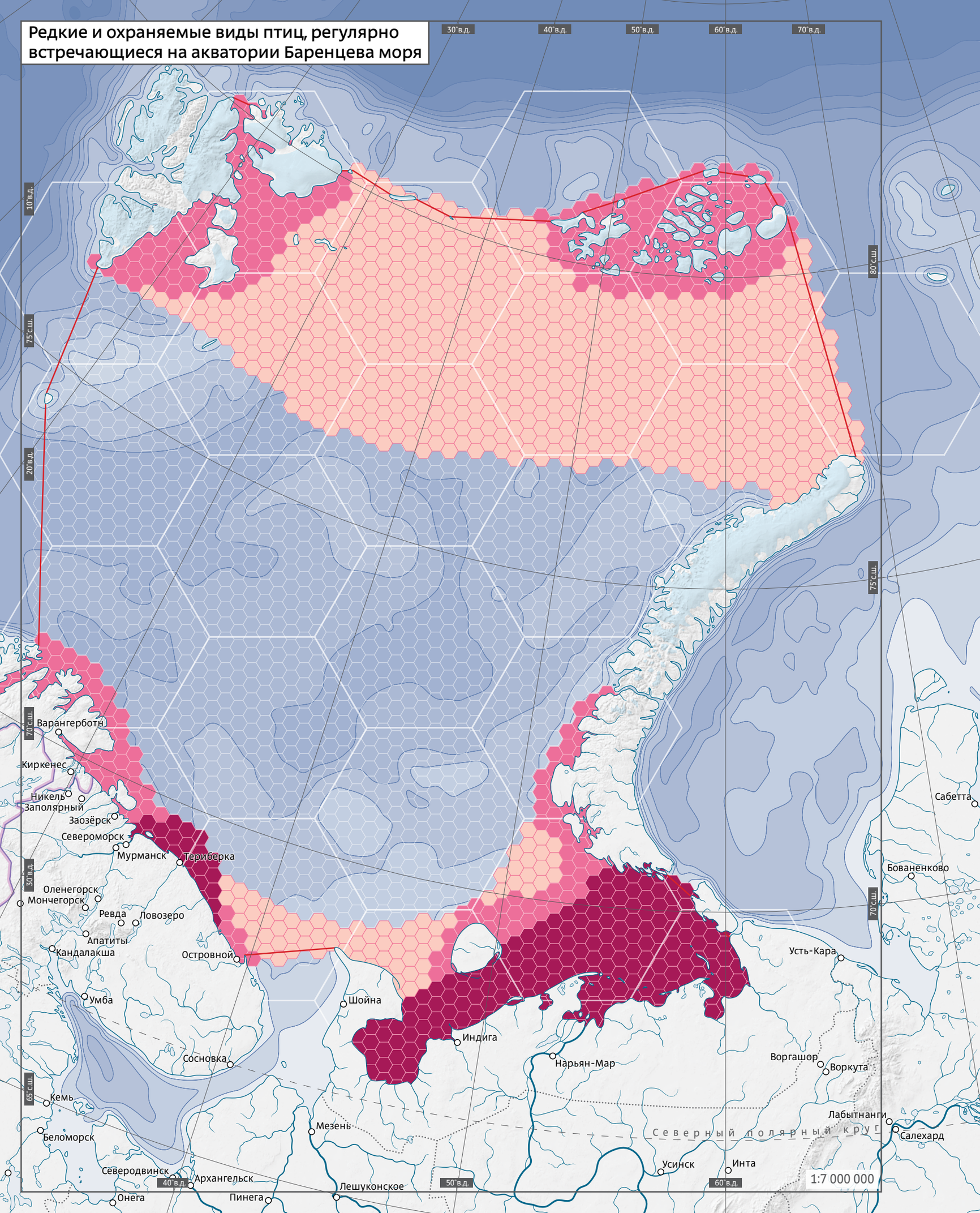
Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Sebastes mentella Travin, 1951	Окунь-клювач	МОР	ПБ	ПрП	М	П
Sebastes viviparous (Krøyer, 1845)	Окунь вивипарус	МОР	Б	Пр	О	НП
Eutrigla gurnardus (Linnaeus, 1758)	Серая тригла	МОР	Б	Д	Р	П*
Artediellus atlanticus atlanticus Jordan et Evermann, 1898	Атлантический крючкорог	МОР	АБ	Д	О	НП
Artediellus scaber Knipowitsch, 1907	Шероховатый крючкорогий бычок	МОР	А	Д	Р	НП
Cottus gobio Linnaeus, 1758	Обыкновенный подкаменщик	ПР	Б			НП
Gymnocanthus tricuspis (Reinhardt, 1830)	Арктический шлемоносец	МОР	А	Д	О	НП
Icelus bicornis (Reinhardt, 1840)	Арктический двурогий ицел	МОР	ПА	Д	О	НП
Icelus spatula Gilbert et Burke, 1912	Восточный двурогий ицел	МОР	АБ	Д	О	НП
Myoxocephalus scorpius (Linnaeus, 1758)	Европейский керчак	МОР	АБ	Д	О	НП
Myoxocephalus quadricornis (Linnaeus, 1758)	Ледовитоморская рогатка	МОР, СОЛ, ПР	ПА	Д	О	НП
Triglops murrayi Günther, 1888	Атлантический триглопс	МОР	АБ	Д	О	НП
Triglops nybelini Jensen, 1944	Полярный триглопс	МОР	А	Д	М	НП
Triglops pingelii Reinhardt, 1837	Остроносый триглопс	МОР	АБ	Д	О	НП
Cottunculus microps Collett, 1875	Малоглазый коттункул	МОР	АБ	Д	О	НП
Cottunculus sadko Essipov, 1937	Коттункул Садко	МОР	А	Д	О	НП
Agonus cataphractus (Linnaeus, 1758)	Европейская лисичка	МОР	Б	Д	О	НП
Leptagonus decagonus (Bloch et Schneider, 1801)	Морская лисичка	МОР	АБ	Д	О	НП
Aspidophoroides olrikii Lütken, 1877	Ледовитоморская лисичка	МОР	ПА	Д	О	НП
Cyclopteropsis mcalpini (Fowler, 1914)	Гладкий круглопер Макальпина	МОР	А	Д	Р	НП
Cyclopterus lumpus Linnaeus, 1758	Пинагор	МОР	ПБ	ПрП	О	ПП
Eumicrotremus derjugini Popov, 1926	Круглопер Дерюгина	МОР	А	Д	О	НП
Eumicrotremus spinosus (Fabricius, 1776)	Шиповатый круглопер	МОР	ПА	Д	О	НП
Careproctus derjugini Chernova, 2005	Карепрокт Дерюгина	МОР	А	Пр	О	НП

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Careproctus dubius Zugmayer, 1911	Шершавый карепрокт	МОР	А	Пр	О	НП
Careproctus knipowitschi Chernova, 2005	Карепрокт Книповича	МОР	А	Пр	О	НП
Careproctus macrophthalmus Chernova, 2005	Большеглазый карепрокт	МОР	А	Пр	О	НП
Careproctus tapirus Chernova, 2005	Карепрокт-тапир	МОР	А	Пр	О	НП
Careproctus telescopes Chernova, 2005	Карепрокт-телескоп	МОР	А	Пр	О	НП
Liparis fabricii Krøyer, 1847	Чернобрюхий липарис	МОР	А	Пр	М	НП
Liparis bathyarcticus Parr, 1931	Липарис Парра	МОР	ПА	Д	О	НП
Liparis liparis (Linnaeus, 1766)	Европейский липарис	МОР	Б	Д	О	НП
Liparis montagui (Donovan, 1804)	Липарис Монтэгю	МОР	Б	Д	О	НП
Liparis tunicatus Reinhardt, 1836	Арктический липарис	МОР	А	Д	О	НП
Paraliparis bathybius (Collett, 1879)	Полярный паралипарис	МОР	А	Пр	О	НП
Rhodichthys regina Collett, 1879	Королевский родихт	МОР	А	Пр	Р	НП
Gymnocephalus cernua (Linnaeus, 1758)	Обыкновенный ерш	ПР	Б		О	П*
Perca fluviatilis Linnaeus, 1758	Речной окунь	ПР	Б		О	П*
Brama brama (Bonnaterre, 1788)	Атлантический морской лещ	МОР	ШР	МБ-БП	Р	П*
Pterycombus brama Fries, 1837	Серебристый морской лещ	МОР	ЮБ	МБ-БП	Р	НП
Taractes asper Lowe, 1843	Длинноперый морской лещ	МОР	ШР	МБ-БП	Р	П*
Gymnelus andersoni Chernova, 1998	Гимнел Андерсона	МОР	А	Д	О	НП
Gymnelus esipovi Chernova, 1999	Гимнел Есипова	МОР	А	Д	О	НП
Gymnelus hemifasciatus Andriashev, 1937	Гимнел Книповича	МОР	А	Д	О	НП
Gymnelus retrodorsalis Le Danois, 1913	Тонкорукий гимнел	МОР	А	Д	О	НП
Gymnelus taeniatus Chernova, 1999	Лентотелый гимнел	МОР	А	Д	Р	НП
Lycenchelys kolthoffi Jensen, 1904	Пятнистый лиценхел	МОР	А	Д	Р	НП
Lycenchelys muraena (Collett, 1878)	Муреновидный лиценхел	МОР	А	Д	Р	НП
Lycenchelys platyrhina (Jensen, 1902)	Голый лиценхел	МОР	А	Д	Р	НП

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Lycenchelys sarsii (Collett, 1871)	Лиценхел Сарса	МОР	Б	Д	Р	НП
Lycodes adolfi Nielsen and Fosså, 1993	Ликод Адольфа	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodes esmarkii Collett, 1875	Узорчатый ликод	МОР	ПБ	Д	О	НП
Lycodes eudipleurostictus Jensen, 1902	Двуперый ликод	МОР	А	Д	О	НП
Lycodes frigidus Collett, 1879	Абиссальный ликод	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodes gracilis Sars, 1867	Тонкий ликод	МОР	ПБ	Д	О	НП
Lycodes jugoricus Knipowitsch, 1906	Югорский ликод	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodes luetkenii Collett, 1880	Ликод Люткена	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodes marisalbi Knipowitsch, 1906	Беломорский ликод	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodes paamiuti Møller, 2001	Гренландский ликод	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodes pallidus Collett, 1879	Бледный ликод	МОР	А	Д	О	НП
Lycodes polaris (Sabine, 1824)	Полярный ликод	МОР	А	Д	О	НП
Lycodes reticulatus Reinhardt, 1835	Сетчатый ликод	МОР	А	Д	О	НП
Lycodes rossi Malmgren, 1865	Ликод Росса	МОР	А	Д	О	НП
Lycodes seminudus Reinhardt, 1837	Полуголый ликод	МОР	А	Д	О	НП
Lycodes squamiventer Jensen, 1904	Чешуебрюхий ликод	МОР	А	Д	Р	НП
Lycodonus flagellicauda (Jensen, 1902)	Тонкохвостый ликодон	МОР	А	Д	Р	НП
Zoarces viviparous (Linnaeus, 1758)	Европейская бельдюга	МОР, СОЛ	Б	Д	О	НП
Chirolophis ascanii (Walbaum, 1792)	Европейская мохоголовая собачка	МОР	Б	Д	Р	НП
Anisarchus medius (Reinhardt, 1837)	Средний люмпен	МОР	АБ	Д	О	НП
Lumpenus fabricii Reinhardt, 1836	Люмпен Фабрициуса	МОР	АБ	Д	О	НП
Lumpenus lampretaeformis (Walbaum, 1792)	Миноговидный люмпен	МОР	ПБ	Д	О	НП
Leptoclinus maculatus (Fries, 1838)	Пятнистый лептоклин	МОР	АБ	Д	М	НП
Pholis gunnellus (Linnaeus, 1758)	Атлантический маслюк	МОР	ПБ	Д	Р	НП
Anarhichas denticulatus Krøyer, 1845	Синяя зубатка	МОР	АБ	Пр	М	П

Вид		Образ жизни	Зоогеографическая характеристика	Экологическая характеристика	Встречаемость	Хозяйственное значение
Латинское название	**Русское название**					
Anarhichas lupus Linnaeus, 1758	Полосатая зубатка	МОР	ПБ	Д	М	П
Anarhichas minor Olafsen, 1772	Пятнистая зубатка	МОР	ПБ	Д	М	П
Ammodytes marinus Raitt, 1934	Европейская многопозвонковая песчанка	МОР	Б	Д	О	ПП
Ammodytes tobianus Linnaeus, 1758	Европейская малопозвонковая песчанка	МОР	Б	Д	О	ПП
Hyperoplus lanceolatus (Sauvage, 1824)	Большая песчанка	МОР	Б	Д	0	ПП
Scomber scombrus Linnaeus, 1758	Атлантическая скумбрия	МОР	Б	НП	Р	П*
Schedophilus medusophagus (Cocco, 1839)	Исландский шедоф	МОР	ШР	ПрП	Р	НП
Lepidorhombus whiffiagonis (Walbaum, 1792)	Мегрим	МОР	Б	Д	Р	П*
Phrynorhombus norvegicus (Günther, 1862)	Норвежская карликовая камбала	МОР	Б	Д	Р	НП
Glyptocephalus cynoglossus (Linnaeus, 1758)	Длинная (красная) камбала	МОР	Б	Д	О	П*
Hippoglossoides platessoides (Fabricius, 1780)	Камбала-ерш	МОР	АБ	Д	М	П
Hippoglossus hippoglossus (Linnaeus, 1758)	Атлантический белокорый палтус	МОР	ПБ	ПрП	Р	П*
Limanda limanda (Linnaeus, 1758)	Лиманда	МОР	ПБ	Д	О	ПП
Liopsetta glacialis (Pallas, 1776)	Полярная камбала	МОР, СОЛ	АБ	Д	О	ПП
Microstomus kitt (Walbaum, 1792)	Малоротая камбала	МОР	Б	Д	О	П*
Platichthys flesus (Linnaeus, 1758)	Речная камбала	МОР, СОЛ, ПР	Б	Д	О	П*, ПП
Pleuronectes platessa Linnaeus, 1758	Морская камбала	МОР	Б	Д	М	П
Reinhardtius hippoglossoides (Walbaum, 1792)	Синекорый палтус	МОР	АБ	ПрП	М	П

Примечания: **1. Образ жизни:** МОР — морской, ПРОХ — проходной или полупроходной, СОЛ — солоноватоводный, ПР — пресноводный. **2. Зоогеографическая характеристика:** А — арктический, ПА — преимущественно арктический, АБ — арктобореальный, Б — бореальный, ПБ — преимущественно бореальный, ЮБ — южнобореальный, ШР — широко распространенный. **3. Экологическая характеристика:** Д — донный, Пр — придонный, ПрП — придонно-пелагический, ЭП — эпипелагический, НП — неритопелагический, МП-БП — мезо- или батипелагический, КП — криопелагический. **4. Встречаемость:** Р — редкий, О — обычный, М — массовый. **5. Хозяйственное значение:** ПР — промысловый, П* — промысловый в других морях, ПП — потенциально промысловый, НП — непромысловый, ОО — особо охраняемый.


Редкие и охраняемые виды птиц, регулярно встречающиеся на акватории Баренцева моря
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
75°с.ш.
80°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

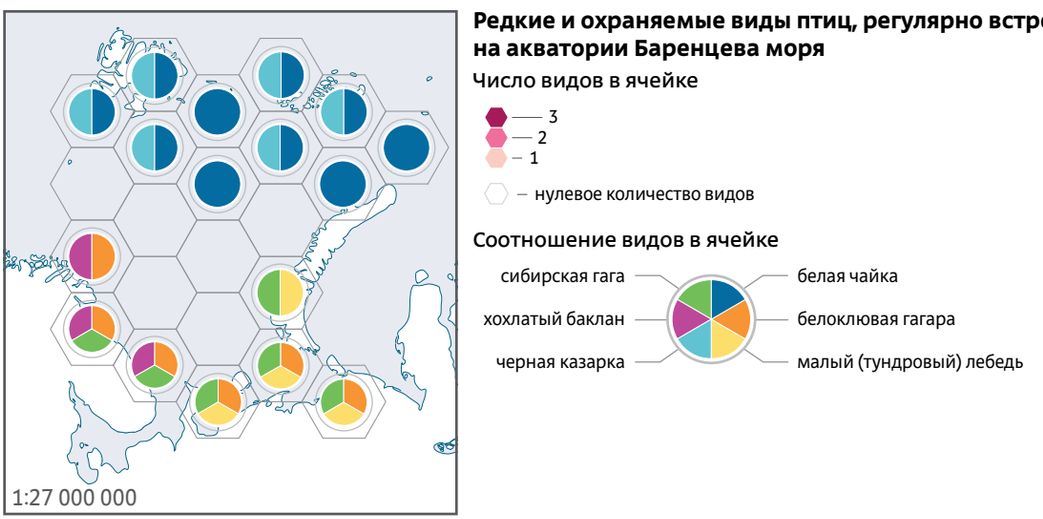
3.5. Птицы

Общие сведения

В Баренцевом море обитают многочисленные популяции морских и водных птиц. По своей совокупной численности они превышают 20 млн особей [1] и являются важнейшим элементом морских экосистем. К морским птицам обычно относят виды или их отдельные популяции, связанные с сушей исключительно в период размножения, проводящие в море большую часть годового цикла и имеющие устойчивые трофические связи с морскими экосистемами. Водные и околоводные виды птиц (или их отдельные популяции) нередко встречаются на морских акваториях, размножаются в прибрежных районах, но устойчивых трофических связей с морскими экосистемами в течение годового цикла не имеют.

Изучение морских птиц в Баренцевом море начали активно проводить с 1920-х гг. почти одновременно на Мурмане и на архипелагах Новая Земля и Земля Франца-Иосифа [2–5]. Основное внимание в эти годы исследователи уделяли инвентаризации колоний, изучению гнездовой биологии и экологии. Предполагалось, что эти исследования должны обеспечить создание научно обоснованной и рациональной системы эксплуатации морской авифауны в интересах народного хозяйства [6]. Однако, начиная с 1950-х гг., орнитологические наблюдения на арктических архипелагах Земля Франца-Иосифа и Новая Земля были свернуты и в последующие десятилетия их осуществляли здесь крайне редко. В 1960–1980-е гг. орнитологические исследования в Баренцевом море проводили, главным образом, на северном побережье Кольского полуострова — Мурманском береге, на территориях Кандалакшского государственного заповедника: о-вах Айновских, Гавриловских и арх. Семь островов [7]. Эти архипелаги на протяжении нескольких десятилетий были едва ли не единственными центрами изучения морских птиц в северных морях европейской части страны. Изучение орнитофауны российских арктических архипелагов стало возрождаться в начале 1990-х гг., а на регулярной основе — в 2010-х гг.

С начала 1990-х гг. стали уделять серьезное внимание наблюдениям за птицами в открытых районах Баренцева моря [8, 9]. В связи с этим отрабатывались различные методы сбора орнитологической информации [10]. В ходе экспедиций проводили наблюдения с борта научно-исследовательских, промысловых и ледокольных судов в разные периоды годового цикла, осуществляли учеты птиц с вертолетов и самолетов [11, 12]. Первые попытки определения количественных



Редкие и охраняемые виды птиц, регулярно встречающиеся на акватории Баренцева моря

Число видов в ячейке

3
2
1
нулевое количество видов

Соотношение видов в ячейке

сибирская гага
хохлатый баклан
черная казарка
белая чайка
белоклювая гагара
малый (тундровый) лебедь

1. Серебристая чайка (*Larus argentatus*)
2. Бургомистр (*Larus hyperboreus*)
3. Моевка (*Rissa tridactyla*)
4. Обыкновенная гага (*Somateria molissima*), самка и самец

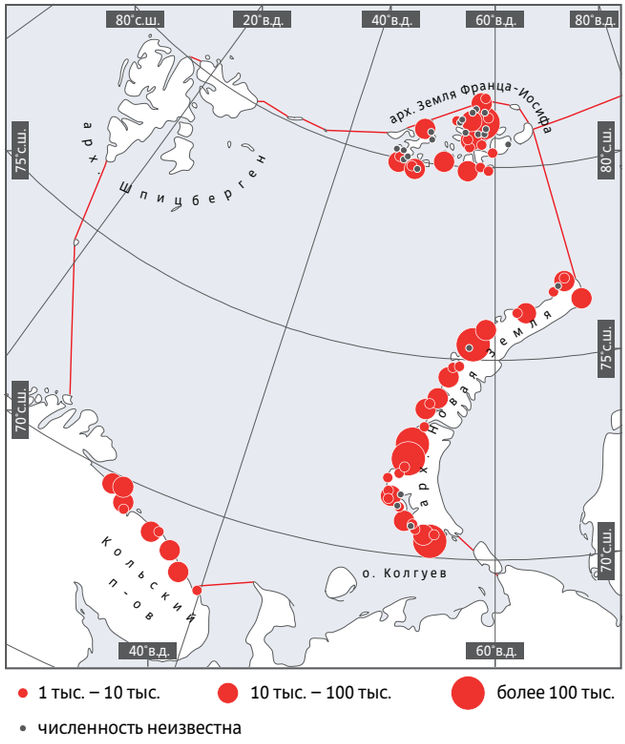


Рис. 3.5.1 Размещение и численность (в парах) колоний птиц в Баренцевом море (по [16])

характеристик авифауны в открытых районах Баренцева моря были предприняты в 1930-е гг. [13], однако развития они не получили. Регулярные наблюдения и активную разработку методов учета стали проводить лишь сравнительно недавно [8, 14]. До настоящего времени основными целями орнитологических исследований в открытых районах Баренцева моря остаются изучение сезонных закономерностей распределения орнитофауны, разработка корректных методов учета и последующий расчет численности птиц [15].

В ходе этих работ было продемонстрировано, что численность и характер распределения морских птиц в открытых районах моря могут изменяться в значительных пределах в зависимости от климатических и погодных условий, а также от размещения и объемов кормовых ресурсов, доступных для птиц. На размещение морских птиц во внегнездовой период определяющее влияние оказывают наличие и мощность ледяного покрова.

Общая характеристика орнитофауны Баренцева моря

Летний период. Размещение гнездовых поселений морских птиц определяется следующими факторами: наличием удобных, защищенных (в первую очередь от наземных хищников) гнездовых биотопов и существованием благоприятных трофических условий. В Баренцевом море колонии морских птиц приурочены к районам с повышенной биологической продуктивностью и связаны с тремя основными водными массами: прибрежной, атлантической и арктической. В Баренцевом море крупные колонии морских птиц (рис. 3.5.1) относятся к бореально-атлантическому и арктическому типам. Первые связаны с атлантической водной массой, вторые — с арктической.

В колониях бореально-атлантического типа (баренцевоморское побережье Норвегии, Мурманский берег) размножаются атлантический подвид большого баклана (*Phalacrocorax carbo carbo*), хохлатый баклан (*Ph. aristotelis*), серебристая (рис. 3.5.2) и морская чайки (*Larus argentatus* и *L. marinus*), моевка (*Rissa tridactyla*) (рис. 3.5.3), тонкоклювая и толстоклювая кайры (*Uria aalge* и *U. lomvia*), тупик (*Fratercula arctica*) [17]. В норвежской части побережья кроме данных видов в небольшом количестве размножается глупыш (*Fulmarus glacialis*) (рис. 3.5.4) [18]. В то же время

Рис. 3.5.2 Серебристые чайки *Larus argentatus*

Моевка *Rissa tridactyla* Рис. 3.5.3

1. Люрик (*Alle alle*)
2. Тупик (*Fratercula arctica*)
3. Толстоклювая кайра (*Uria lomvia*)
4. Тонкоклювая кайра (*Uria aalge*)

Рис. 3.5.4 Глупыши *Fulmarus glacialis*

Бургомистр *Larus hyperboreus* Рис. 3.5.5

характерной особенностью этого типа колоний является несомненное доминирование моевки и тонкоклювой кайры. В колониях морских птиц арктического типа (арх. Шпицберген, о-ва арх. Земля Франца-Иосифа) среди гнездящихся видов, включая глупышей, бургомистров (*Larus hyperboreus*) (рис. 3.5.5) и чистиков (*Cepphus grylle*), доминируют люрики (*Alle alle*), толстоклювые кайры и моевки [19–21]. На западном побережье арх. Новая Земля колонии морских птиц в целом относят к арктическому типу, но при этом здесь, пусть и с ограниченной численностью, размножаются тонкоклювые кайры и тупики, а люрики и глупыши встречаются только на самом севере архипелага и в очень небольшом количестве [6, 22, 23].

С прибрежными водными массами Баренцева моря в той или иной степени связаны морские, водные и околоводные птицы, в первую очередь морские утки, гуси, казарки, лебеди и кулики. Среди морских уток наиболее широкое распространение в Баренцевом море имеет обыкновенная гага (*Somateria mollissima*), она размножается на всех крупных архипелагах (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля) и мелких островах в южной части бассейна [21]. Очень тесные связи с морскими экосистемами имеет кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*), но на гнездовании он обычен только в юго-западной части бассейна. Другие виды птиц этих экологических групп во время размножения, за редким исключением, тесных связей с экосистемами Баренцева моря не имеют.

В юго-восточной части Баренцева моря, на о-вах Колгуев, Долгий и Вайгач основу гнездовой орнитофауны составляют в основном водные виды птиц: лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*), малый лебедь (*Cygnus bewickii*), гуменник (*Anser fabalis*), белолобый гусь (*Anser albifrons*), белощекая казарка (*Branta leucopsis*) и халей (*Larus heuglini*) (рис. 3.5.6). Все эти виды с морскими экосистемами имеют очень слабые связи и на морских акваториях встречаются редко [24–26]. На этих островах в значительно меньших масштабах размножаются и типично морские птицы: бургомистры, обыкновенные гаги и гаги-гребенушки (*Somateria spectabilis*). В юго-восточной части Баренцева моря отмечено гнездование отдельных пар кулика-сороки: на о-вах Колгуев, Голец, Долгий и Матвеев [24, 25].

Летом на открытых акваториях Баренцева моря авифауна разнообразна и многочисленна [27]. Качественный и количественный состав морских птиц заметно отличается в различных частях моря [8, 28]. Так, летом 1993 г. в центральных районах общая численность птиц всех видов составляла 640 экз./км^2. В прибрежье Восточного Мурмана она была значительно ниже — 210 экз./км^2 и еще более снижалась в северных районах у кромки льдов — 146 экз./км^2. Минимальное количество морских птиц было зарегистрировано в юго-восточной части Баренцева моря (Печорском море) — 28 экз./км^2 [8]. При этом в центральных районах бассейна основу авифауны составляли всего два вида морских птиц — глупыш и моевка. Их численность во много раз превышала численность

Западно-сибирская чайка (халей) *Larus heuglini* Рис. 3.5.6

других видов. Распределение птиц в открытых районах моря имеет выраженный дискретный характер. В районах с высокой биологической продуктивностью, в местах концентрации птиц в зоне Полярного фронта плотность распределения массовых видов может достигать очень высоких значений. Например, на отдельных участках максимальная плотность распределения глупыша составляла более 1400 экз./км^2, моевки — более 800 экз./км^2, среднего поморника (*Stercorarius pomarinus*) — более 34 экз./км^2. В то же время толстоклювые и тонкоклювые кайры встречаются здесь в значительно меньших количествах — более 9 и чуть более 1экз./км^2 соответственно. Еще реже здесь отмечают тупиков [8]. Но при этом в западных районах Полярного фронта отмечали высокую численность обоих видов кайр [29].

В северо-западных районах Баренцева моря наиболее крупные концентрации морских птиц встречаются между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, а также вблизи юго-восточной части арх. Шпицберген [28]. Видовой состав в этом районе представлен в летний период глупышем, моевкой, тупиком и чистиком [30]. В северо-восточных районах моря у кромки льдов часто наблюдают люриков, глупышей и моевок. В конце летнего периода здесь в массе появляются толстоклювые кайры. В восточных районах моря основу орнитофауны составляют всего три вида: глупыш, моевка и толстоклювая кайра [27].

В юго-западной части Баренцева моря в летний период распространены морские колониальные виды птиц, характерные для гнездовой орнитофауны побережий и островов Финнмарка и Мурманского берега [27]. В массе здесь держатся глупыши, серебристые чайки и моевки. В полосе акватории, примыкающей к материковым побережьям, встречаются небольшие группы линяющих морских уток, в том числе обыкновенной и сибирской (*Polysticta stelleri*) гаги.

В юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море) максимальное количество морских птиц отмечено во второй половине лета и в осенний период [9]. В это время основу авифауны на данной акватории составляют морские утки. В первой половине лета их численность на открытых участках акватории минимальна. Среди морских колониальных птиц всех видов встречаются главным образом неполовозрелые и по какой-либо причине не размножающиеся особи. Чаще всего здесь отмечают несколько видов: глупыш, средний, короткохвостый (*Stercorarius parasiticus*) и длиннохвостый (*S. longicaudus*) поморники, халей, бургомистр, моевка и толстоклювая кайра. Их численность в разных районах Печорского моря сильно варьирует. Распределение этих видов морских птиц в сезоны, когда океанологические условия в Печорском море не отличаются от средних многолетних, приурочено к фронтальным зонам в районе Новоземельского желоба и прол. Карские Ворота. В годы, когда наиболее теплая водная масса прижата к южному берегу и фронтальные зоны смещены к югу, распространение морских птиц охватывает всю центральную часть бассейна. Крупные чайки, представленные сизой (*Larus canus*) и халеем, при подавляющем доминировании последнего, во все годы придерживаются южной части акватории и прибрежий о-вов Колгуев и Вайгач [9].

В середине периода размножения (июль) общая численность птиц резко возрастает за счет появления большого количества самцов морских уток. Значительная часть этих птиц концентрируется здесь для послебрачной линьки, другая, еще большая, останавливается для отдыха во время миграции в районы линьки, лежащие за пределами Печорского моря. К ним присоединяются особи, размножающиеся в местных материковых тундрах. Линные скопления на акватории Печорского моря в летний период образует, главным образом, один вид морских уток — гага-гребенушка. Для нее типичны плотные и компактные стаи до нескольких тысяч особей. Основные места локализации линных скоплений гаги-гребенушки находятся у южного побережья о. Колгуев, на мелководьях западнее и южнее о. Долгий, у побережья Югорского полуострова. По сравнению с другими видами морских уток гага-гребенушка держится в более мористых и сравнительно более глубоководных районах. Самцы обыкновенной гаги для линьки концентрируются в основном на мелководьях у южного побережья арх. Новая Земля и западного побережья о. Вайгач [9]. Для других видов морских уток, таких как синьга (*Melanitta nigra*) (рис. 3.5.7), турпан (*M. fusca*) (рис. 3.5.8), морянка (*Clangula hyemalis*) (рис. 3.5.9), большой крохаль (*Mergus merganser*) (рис. 3.5.10), акватория, примыкающая к западному побережью о. Вайгач, и мелководья в прол. Югорский Шар также имеют очень большое значение [26].

Размещение утиных стай характеризуется высокой степенью дискретности. Глубоководных районов (с глубинами более 20 м) большинство морских уток в период линьки, по-видимому, избегает, и непосредственно на водной поверхности отмечают лишь отдельные стаи во время отдыха в период миграций. Основу летних миграционных скоплений составляет один вид — синьга и небольшое количество турпана. Для синьги свойственны рыхлые агрегации. Обычно ее распределение в местах локализации можно характеризовать

Рис. 3.5.7 Синьга *Melanitta nigra*

Турпан *Melanitta fusca* Рис. 3.5.8

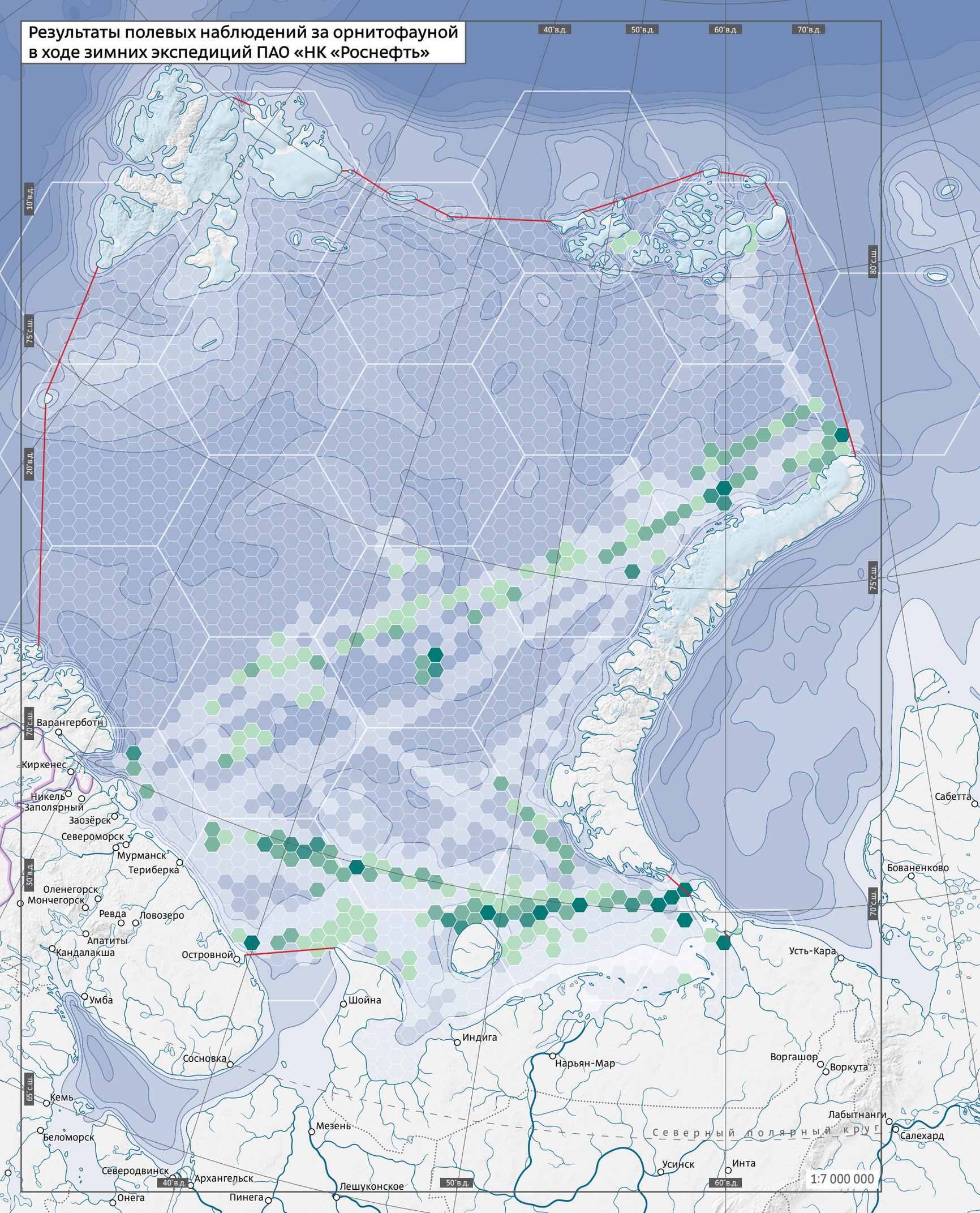
Рис. 3.5.9 Морянка *Clangula hyemalis*

Большой крохаль *Mergus merganser* Рис. 3.5.10

как диффузное. В отдельных случаях на выходе из Хайпудырской губы наблюдали плотные скопления синьги, общая численность птиц в которых превышала 15 тысяч особей [9]. Летняя миграция самцов синьги (и турпана) начинается в середине июля. Визуально наблюдаемая ее часть проходит непосредственно над водой вдоль прибрежных районов акватории. Подавляющая масса самцов уток этих видов попадает в бассейн Печорского моря через проливы Карские Ворота и Югорский Шар. Из Печорского моря они постепенно откочевывают в акваторию Белого моря и затем мигрируют Беломоро-Балтийским пролетным путем к местам послебрачной линьки. Судя по количеству уток этих видов, пролетающих через эстонское побережье Балтийского моря, на миграционных стоянках в южной части Печорского моря отдыхают и кормятся во время летней миграции сотни тысяч птиц [31].

Весенние и осенние миграции. Как правило, морские птицы не имеют выраженных путей пролета, и их миграции происходят в форме кочевок в поисках кормовых ресурсов с соблюдением генерального направления движения. После окончания периода размножения большая часть моевок из колоний южного побережья Баренцева моря концентрируется, главным образом, в северо-западной и северо-восточной части Баренцева моря [32]. Авианаблюдения за распределением птиц на акватории Баренцева моря показали, что в этот период моевки придерживаются зон распространения косяков мойвы в северо-западных районах акватории, а в северо-восточных — сайки [33]. Морские колониальные птицы, зимующие за пределами Баренцева моря, начинают возвратное движение в феврале, их максимальная численность в Баренцевом море регистрируется в апреле. Перед началом размножения птицы накапливают энергетические ресурсы в районах с высокой энергетической продуктивностью: моевки и кайры из колоний Финнмарка и Мурманского берега — в южной части Баренцева моря, птицы из колоний архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля — в прикромочных районах. В этот период здесь наблюдают концентрации моевок, люриков, толстоклювых кайр и чистиков с высокими значениями плотности распределения [34].

В миграционные периоды над акваторией Баренцева моря осуществляют перелеты сотни тысяч птиц, принадлежащих отряду Гусеобразных


Результаты полевых наблюдений за орнитофауной
в ходе зимних экспедиций ПАО «НК «Роснефть»
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Индига
Сосновка
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Кемь
Беломорск
Мезень
Лабытнанги
Салехард
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Усинск
Инта
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

(Anseriformes): лебеди, гуси, казарки, утки. Визуально в открытых районах Баренцева моря потоки мигрирующих птиц регистрировали лишь в юго-восточной части бассейна. Осенью стаи гусей и казарок двигались между о. Колгуев и арх. Новая Земля в южном направлении. Как правило, над открытым морем стаи следуют без остановки и отдыхают на промежуточных стоянках вдали от побережий исключительно редко.

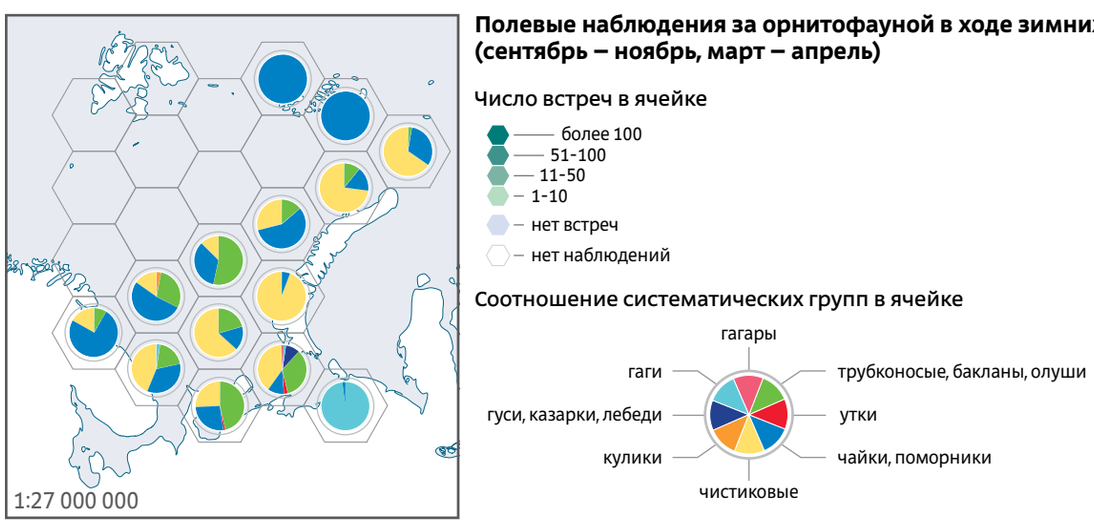
Известно, что через южную часть Баренцева моря проходит одно из основных русел Восточно-Атлантического пролетного пути. Начало весенней миграции морских уток отмечено в апреле при максимальном развитии ледяного покрова в Баренцевом море. В этот период в юго-восточной части моря появляются группы обыкновенных гаг, стаи гаг-гребенушек и синьги. Последние два вида двигаются транзитом в места гнездования в Карское море. Миграция сибирских гаг визуально не отмечена, вполне возможно, что большая часть птиц этого вида осуществляет ее на больших высотах, что затрудняет их обнаружение при визуальных наблюдениях. Осенняя миграция происходит в обратном направлении. По некоторым расчетным данным, вполне возможно сильно завышенным, численность мигрирующих морских уток может достигать 5 млн особей у морянки (*Clangula hyemalis*), 1,5 млн особей у синьги и 1 млн особей у турпана [31].

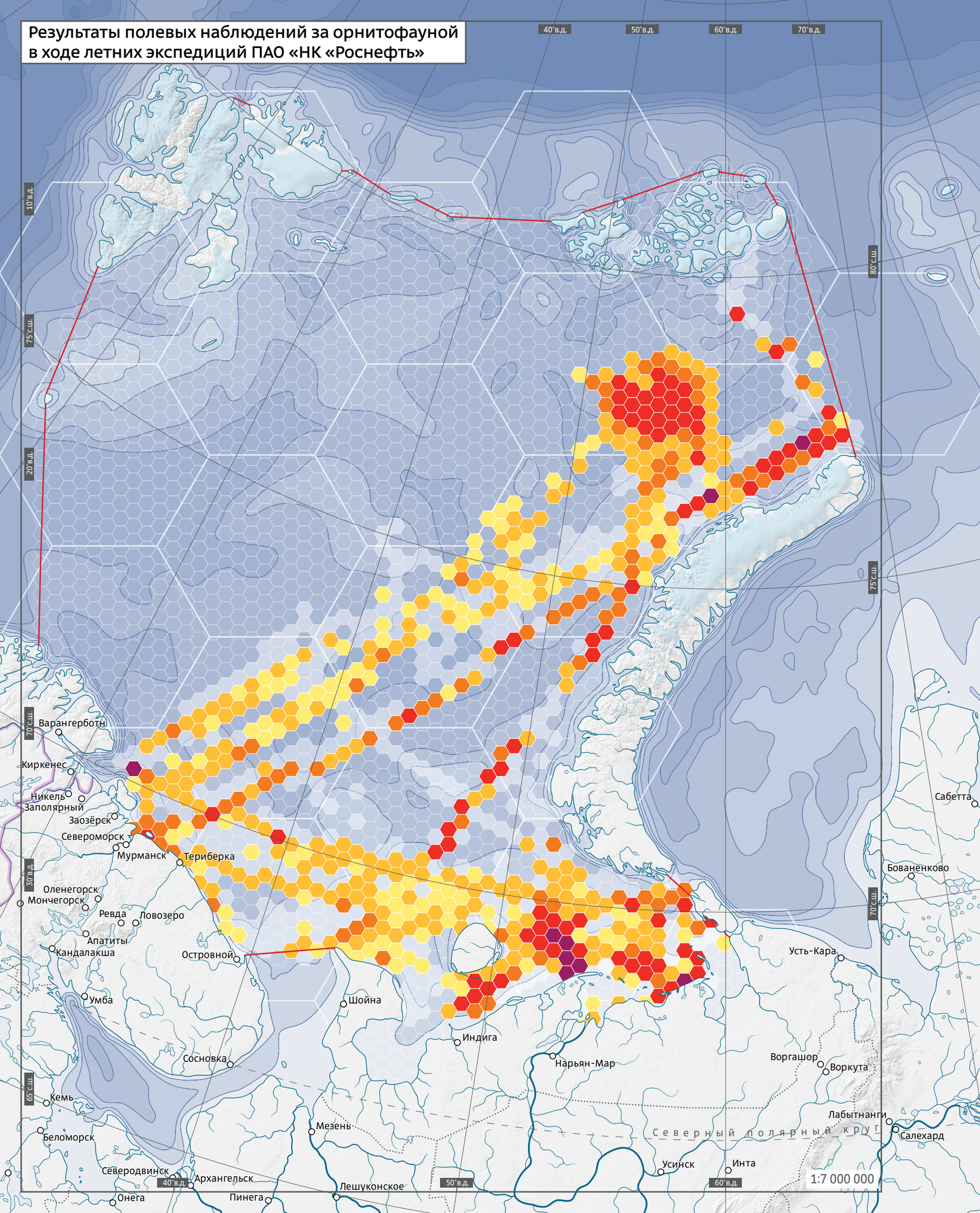
Единственный вид куликов, тесно связанный с морскими экосистемами, — морской песочник (*Calidris maritima*) (рис. 3.5.11) — из мест размножения в северных районах Баренцева моря мигрирует в южную часть этого бассейна. Птицы совершают промежуточные остановки на морских побережьях, добывая в качестве корма морских беспозвоночных на литорали и в зоне заплеска. В сентябре — ноябре морские песочники общей численностью 4,5–5 тыс. особей концентрируются у побережий Кольского полуострова. Обратную миграцию к местам размножения они начинают в мае.

Морской песочник *Calidris maritima*, мыс Желания, архипелаг Новая Земля

Рис. 3.5.11

Зимний период. В первой половине зимы (с декабря по январь) общая численность морских колониальных птиц в открытых районах Баренцева моря крайне мала [35]. В то же время в восточной части моря по мере приближения к прикромочным районам она увеличивается. Районы, примыкающие к кромке льдов, полыньи и разводья у западного побережья арх. Новая Земля можно рассматривать как область постоянной зимовки толстоклювых кайр. Общую их численность определить не удается. Вполне возможно, что общее количество зимующих здесь птиц может составлять несколько тысяч особей. В отдельные зимы птицы этого вида концентрировались в основном в полыньях и разводьях северо-западных районов акватории, примыкающей к архипелагу, где численность кайр превышала 11 экз./км^2, а численность конкретных стай достигала нескольких сотен




Результаты полевых наблюдений за орнитофауной
в ходе летних экспедиций ПАО «НК «Роснефть»
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Индига
Сосновка
Кемь
Беломорск
Мезень
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

особей. В другие зимы основные районы концентрации кайр были найдены южнее, в том числе в пределах Печорского моря. Здесь, в локальных районах акватории, численность толстоклювых кайр достигала 60 экз./км^2 [27]. Тонкоклювые кайры с Мурманского побережья в большинстве своем в зимние месяцы придерживаются открытых районов акваторий у северных берегов Норвегии и западных районов Мурманского берега [36, 37], где в этот период времени обычно начинают появляться нерестовые скопления мойвы, основного зимнего корма этого вида [36]. В холодные годы тонкоклювые кайры распределяются в северо-западных и северных районах — там, где наблюдаются основные скопления мойвы, а в теплые — в восточных районах моря. Положительные аномалии температуры водных масс способствуют более массовым подходам мойвы к берегам Кольского полуострова и позволяют им продвинуться на восток до Новоземельской банки [38]. В отдельные годы район откорма кайр наблюдали на стыке водных масс Баренцева и Белого морей.

Мурманская популяция моевок зимует за пределами Баренцева моря на просторах Северной Атлантики [39]. Во второй половине зимы птицы начинают концентрироваться в южной части Баренцева моря вдоль побережья п-ова Варангер и Кольского полуострова. В отличие от других европейских популяций [32], значительная часть новоземельской популяции моевок остается зимовать в пределах акватории Баренцева моря, придерживаясь центральной части бассейна.

В разводьях и полыньях северо-западной оконечности арх. Новая Земля наблюдали концентрацию белых чаек (*Pagophila eburnea*). Кроме данных видов колониальных птиц, в прикромочных районах и полыньях вдоль западного побережья арх. Новая Земля в заметных количествах сосредотачиваются глупыши [11]. Предполагается существование крупной зимовки обыкновенной гаги и гаги-гребенушки в полыньях и разводьях вблизи берегов архипелага, но точных сведений до настоящего времени не имеется. Известно, что новоземельская популяция обыкновенной гаги является наиболее многочисленной в пределах Баренцева моря [40, 41]. Видовой и количественный состав авифауны, зимующий в пределах Печорского моря, крайне ограничен. У кромки льдов здесь встречаются отдельные группы моевок и бургомистров, единичные особи белой чайки, немногочисленные чистики. Периодически отмечают небольшие группы морских уток: обыкновенной и сибирской гаги, морянки, единичные особи турпана [9].

Массовые зимовки морских уток существуют в прибрежных водах юго-западной части моря (норвежское побережье и Мурманский берег), где концентрируются гаги трех видов: обыкновенная гага, гага-гребенушка и сибирская гага. Численность только одних обыкновенных гаг в этот период может достигать 100 тыс. особей [12]. Допускается, что часть уток прибывают сюда для зимовки с западного побережья арх. Новая Земля. Численность зимующих гаг-гребенушек у берегов Кольского полуострова и прилегающих районов норвежского побережья зал. Варангер-фьорд определяют в диапазоне 6–10 тыс. особей [42]. У норвежского побережья Финнмарка в эти годы могло зимовать до 30 тыс. птиц [43, 44]. О районах зимовки обыкновенных гаг с арх. Земля Франца-Иосифа существуют только предположения: возможно, птицы зимуют в полыньях и разводьях вблизи берегов архипелага.

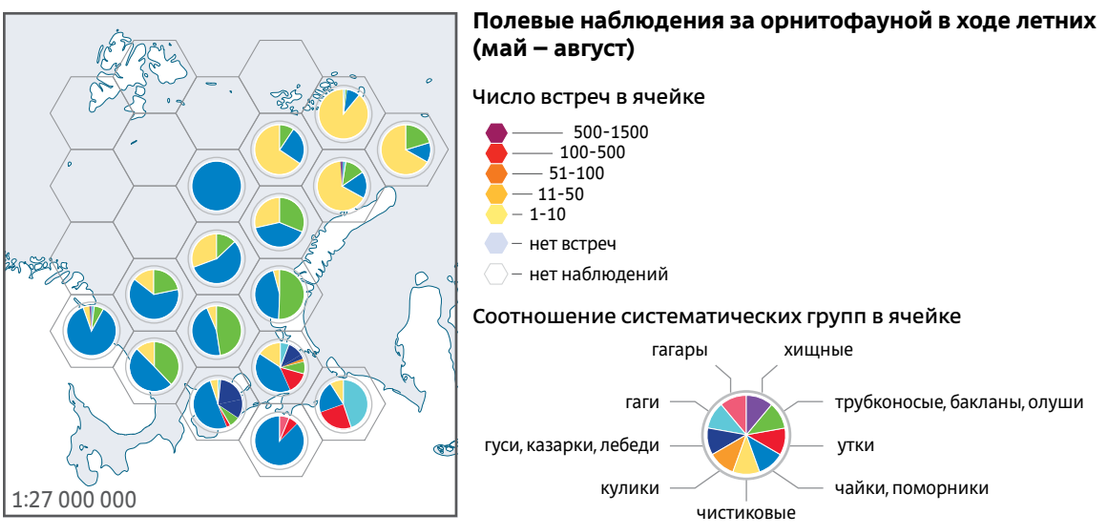


Рис. 3.5.12 Хохлатый баклан *Phalacrocorax aristotelis*, побережье Баренцева моря, Россия

Многолетняя динамика численности

В колониях Мурмана численность моевок, тонкоклювых и толстоклювых кайр в значительной степени зависит от наличия и величины подходов нерестовой мойвы в зимне-весенний период. Ранней весной она является единственным массовым пищевым ресурсом в этом районе, способным обеспечить птиц необходимой энергией для начального этапа размножения [37]. В настоящее время из-за серьезных изменений трофических условий в зоне действия атлантических вод в юго-западной части Баренцева моря наблюдают негативные явления в поселениях кайр и моевок: сокращается численность размножающихся птиц, распадаются и исчезают небольшие колонии [45]. В зоне действия арктической водной массы на арх. Земля Франца-Иосифа состояние популяций толстоклювых кайр и моевок стабильное и вполне благополучное [46].

Редкие и охраняемые виды птиц

На открытой акватории и в прибрежных водах Баренцева моря встречаются 21 редкий и особо охраняемый вид птиц, принадлежащих к четырем отрядам (гагарообразные Gaviiformes, веслоногие Pelecaniformes, гусеобразные Anseriformes и ржанкообразные Charadriiformes) и занесенных в Красную книгу Российской Федерации, региональные Красные книги (Мурманской области, Архангельской области, Ненецкого автономного округа) и в Красный список МСОП (2018).

В табл. 3.5.1 отражена принадлежность птиц Баренцева моря к различным экологическим группам: морским, водным и околоводным. Включение в конкретную экологическую группу основано на данных систематического положения и особенностей экологии.

Из 7 видов, внесенных в Красную книгу Российской Федерации, наиболее угрожаемый статус имеют только пискулька (*Anser erythropus*), серый гусь (*Anser anser*) и сибирская гага (*Polysticta stelleri*), сокращающийся в численности вид. Пискульки придерживаются внутренних материковых районов южных тундр и лесотундры. Над акваторией Баренцева моря мигрируют без промежуточных остановок. Непосредственно на морскую акваторию практически не выходят и сколько-нибудь заметных связей с морскими экосистемами не имеют. Серый гусь в последние годы постоянно гнездится на Айновских островах Западного Мурмана. Данный вид только в этом районе имеет локальные связи с морскими экосистемами. Его численность здесь незначительно увеличивается. В остальных районах Баренцева моря крайне редок. Сибирская гага является типичным представителем морских уток. В пределах Баренцева моря гнездится исключительно редко. В летний период на линьке в небольших количествах встречается у северного побережья Кольского полуострова и у западного побережья о. Южный арх. Новая Земля. Зимой десятки тысяч птиц этого вида держатся на мелководьях у юго-западных побережий Баренцева моря. Численность вида в Баренцевом море находится на максимальном уровне за все годы наблюдений. В Красную книгу Российской Федерации включена на основании сокращающейся численности восточной популяции, которая никак не связана с регионом Баренцева моря.

Остальные виды (белоклювая гагара, хохлатый баклан, атлантический подвид черной казарки, белая чайка) имеют категорию 3 (редкий вид), а малый лебедь — категорию 5 (восстанавливающийся вид). Все эти виды в той или иной степени связаны с морскими экосистемами Баренцева моря. В связи с образом жизни белоклювую гагару, хохлатого баклана и белую чайку относят к морским птицам, а атлантический подвид черной казарки и малого лебедя — к водным. Последние два вида имеют слабые связи с морскими экосистемами, особенно в постгнездовой период.

Белоклювая гагара — редкий, спорадически распространенный вид. В Баренцевом море кочующих птиц регулярно встречают в миграционные периоды в прибрежных водах Мурманского берега [16] и далее на восток до о. Вайгач. Отдельные случаи залетов могут регистрироваться и за пределами этого района, вплоть до арх. Земля Франца-Иосифа. В целом миграция осуществляется в пределах Восточно-Атлантического пролетного пути. Существуют косвенные указания о гнездовании данного вида на Айновских островах (зал. Варангер-фьорд), арх. Новая Земля и о. Вайгач [47]. Современных материалов

Табл. 3.5.1 Виды птиц, в той или иной степени связанные с морскими экосистемами Баренцева моря, включенные в Красный список МСОП и российские региональные Красные книги

Вид	Латинское название	Статус пребывания	Статус в Красной книге
● Белоклювая гагара	*Gavia adamsii*	мигрирующий, возможно, гнездящийся	МСОП (NT), РФ (3), МО (3), АО (3), НАО (3)
● Северная олуша	*Morus bassanus*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (3)
● Большой баклан атлантический	*Phalacrocorax carbo carbo*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (3)
● Хохлатый баклан	*Phalacrocorax aristotelis*	гнездящийся	МСОП (LC), РФ (3), МО (3)
● Белощекая казарка	*Branta leucopsis*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (3), АО (3)
● Черная казарка атлантическая	*Branta bernicla hrota*	гнездящийся	МСОП (LC), РФ (3), МО (3), АО (3)
● Серый гусь	*Anser anser*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (4), НАО (3)
● Пискулька	*Anser erythropus*	гнездящийся, мигрирующий	МСОП (VU), РФ (2), МО (2), АО (2), НАО (2)
● Лебедь-кликун	*Cygnus cygnus*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (3), АО (3)
● Малый (тундровый) лебедь	*Cygnus bewickii*	гнездящийся	МСОП (LC), РФ (3), МО (3), АО (5), НАО (5)
● Пеганка	*Tadorna tadorna*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (3), АО (4)
● Морянка	*Clangula hyemalis*	гнездящийся	МСОП (VU)
● Обыкновенная гага	*Somateria mollissima*	гнездящийся	МСОП (VU), МО (5), НАО (4)
● Сибирская гага	*Polysticta stelleri*	круглогодичное пребывание	МСОП (LC), МО (3), РФ (2)
● Обыкновенный турпан	*Melanitta fusca*	гнездящийся, мигрирующий	МСОП (VU), НАО (3)
● Кулик-сорока	*Haematopus ostralegus*	гнездящийся	НАО (3)
● Морской песочник	*Calidris maritima*	гнездящийся	МСОП (LC)
● Большой поморник	*Stercorarius skua*	гнездящийся	МСОП (LC), МО (3)
● Морская чайка	*Larus marinus*	гнездящийся	АО (4)
● Белая чайка	*Pagophila eburnea*	гнездящийся	МСОП (NT), РФ (3), АО (3), НАО (3)
● Тупик	*Fratercula arctica*	гнездящийся	МСОП (VU)

Примечания. **Экологические группы:** ● — водные птицы; ● — морские птицы; ● — околоводные птицы.

Категории в Красном списке МСОП/IUCN: EN — вымирающие виды; VU — уязвимые виды; NT — находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому; LC — виды под наименьшей угрозой.

Статус в Красной книге РФ: (0), (1), (2), (3), (4), (5) — категории согласно соответствующим российским Красным книгам: 0 — вероятно исчезнувшие; 1 — находящиеся под угрозой исчезновения; 2 — сокращающиеся в численности и/или распространении; 3 — редкие; 4 — неопределнные по статусу; 5 — восстановленные или восстанавливающиеся.

Источники: МСОП — Красный список Международного союза охраны природы (www.iucnredlist.org); Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, приказ от 24 марта 2020 г. № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации»; АО — Красная книга Архангельской области (2008); МО — Красная книга Мурманской области (2003); НАО — Красная книга Ненецкого автономного округа (2006).

о гнездовании белоклювой гагары в Баренцевом море не имеется. В связи с пелагическим образом жизни вид уязвим для всего комплекса антропогенных факторов, особенно для углеводородного загрязнения.

Хохлатый баклан — редкий вид на периферии ареала (рис. 3.5.12). Заселение хохлатым бакланом российских островов Баренцева моря наблюдается с конца 1920-х гг. В настоящее время в пределах этого бассейна вид гнездится на побережьях Норвегии и Мурманского берега [16]. В последние годы границы гнездового ареала не распространяются восточнее арх. Семь островов. В предыдущие годы наблюдали гнездование на северо-востоке Кольского полуострова в губе Дворовой. На зимовку откочевывает в прибрежные воды севера Норвегии. Зимующих птиц регулярно встречают в зал. Варангер-фьорд, реже — у восточного побережья п-ова Рыбачий. Успешность размножения вида в колониях Мурманского берега лимитируется наличием доступных скоплений мелкой пелагической рыбы [37].

Рис. 3.5.13 Белая чайка *Pagophila eburnea*

Вид чрезвычайно чувствителен к антропогенному беспокойству и углеводородному загрязнению. Все крупные гнездовые поселения хохлатого баклана расположены в пределах территорий Кандалакшского государственного природного заповедника.

Белая чайка — редкий, спорадически распространенный вид (рис. 3.5.13). В море придерживается исключительно ледовитых вод. В Баренцевом море в зимний период белые чайки встречаются в большинстве покрытых льдом районах [1, 11]. Основу питания вида составляют криофильные беспозвоночные и рыба. Гнездится белая чайка в пределах однородных ледовых районов с наиболее суровыми летними условиями, когда ледяной покров сохраняется все лето [48]. Ледовый режим и сезонные ледовые условия морской акватории являются основными природно-климатическими факторами, ограничивающими репродуктивный ареал и обусловливающими специфику гнездования. В Баренцевом море она размножается на архипелагах Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и о. Виктория. Отмечается тесная связь размещения гнездовых колоний с общей ледовитостью в августе [48]. По оценке автора, общая численность российской популяции белой чайки составляет 11–13 тыс. пар. Общая величина репродуктивной части популяции остается стабильной на протяжении последних десятилетий [49]. Основными угрозами популяциям белой чайки является потепление климата, из-за чего произошло угнетение некоторых колоний в Баренцевом море, и высокие уровни хлорорганических соединений — одни из самых высоких среди птиц Арктики [48].

Атлантическая черная казарка — редкий подвид. Обитает в тундрах Арктики. В Баренцевом море гнездится на архипелагах Шпицберген и Земля Франца-Иосифа [50]. В пределах данного бассейна известны залеты на арх. Новая Земля и о. Вайгач. На арх. Земля Франца-Иосифа гнездится спорадически. В период вождения выводков тесно связана с приморскими тундрами и литоральной зоной. Практически вся гнездовая группировка атлантических черных казарок в Баренцевом море находится под охраной в заказнике «Земля Франца-Иосифа».

Малый лебедь — восстанавливающийся вид [51]. Может встречаться в прибрежных акваториях у Мурманского берега, но чаще регистрируется в юго-восточной части Баренцева моря. Регистрация групп малого лебедя (совместно с лебедями-кликунами) на акватории Печорской губы происходила с середины августа по первые числа октября [9]. Мигрирующие малые лебеди обычно преодолевают акватории Баренцева моря без остановки. Тесных связей с морскими экосистемами данный вид не имеет. Основная угроза данному виду в регионе — антропогенное беспокойство, в меньшей степени — нелегальная охота.

Результаты исследований орнитофауны ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море

Авифауна Баренцева моря достаточно хорошо изучена для безледного периода, но для ледового сезона данных значительно меньше. Видовое разнообразие описано достаточно полно, однако

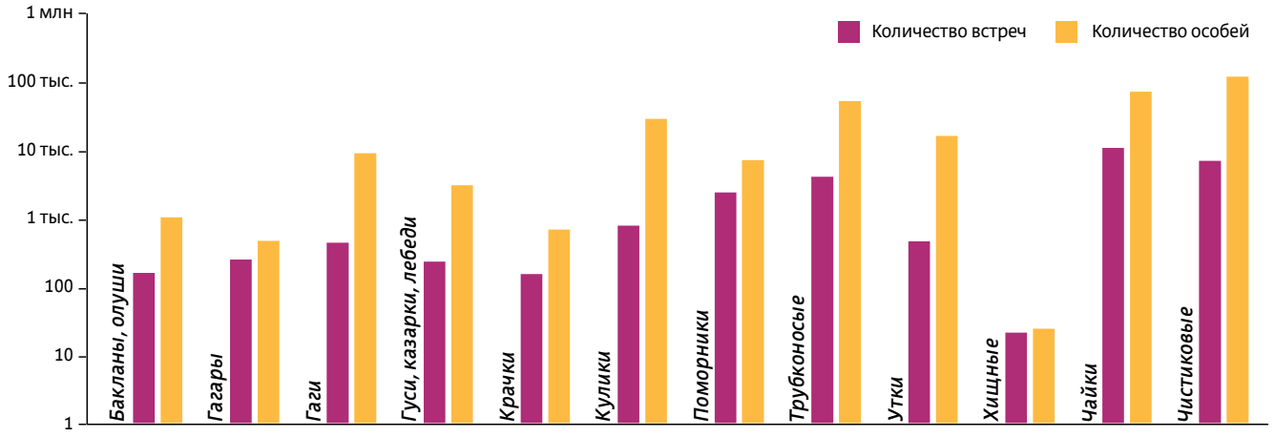


Рис. 3.5.14 Видовой состав и численность птиц, зарегистрированных за период 2012–2019 гг.

отсутствуют данные по плотности и распределению в различных районах моря в течение года. В весенний период показатели видового разнообразия и численности зависят от сроков миграций с мест зимовок к местам гнездования или летнего пребывания. Распределение на акватории зависит от пищевого поведения, распределения объектов питания, расположения мест гнездования. О видовом составе авиафауны баренцевоморского региона в целом можно составить достаточно полное впечатление по многочисленным литературным источникам, касающимся преимущественно биологии и экологии гнездования морских колониальных и других птиц на о-вах арх. Новая Земля, о. Вайгач, о. Колгуев, арх. Семь островов, а также на различных участках материкового побережья (Кольский полуостров, п-ов Канин, Тиманский берег, север Малоземельской и Большеземельской тундры, западное побережье Югорского полуострова). Список морских, водоплавающих и околоводных птиц региона содержит не менее 65 видов из 5 отрядов, список всех видов, зарегистрированных за период исследований с 2012 г., — будет значительно шире благодаря многочисленным мигрантам из отряда воробьинообразных (Passeriformes) и ряда представителей других отрядов (Upupiformes, Piciformes, Galliformes, Columbiformes и др.). Однако здесь рассматриваются встречи лишь с основными представителями экологических групп морских птиц, чья жизнедеятельность связана с морем.

Данных о распределении и численности, а также, сезонных изменениях этих параметров на открытых акваториях Баренцева моря в настоящее время крайне мало, что обусловлено прежде всего сложностью проведения такого рода исследований. Для большинства открытых, удаленных на большие расстояния от островов и побережий участков морской акватории практически нет никаких данных о видовом составе и структуре орнитоценозов, сезонной смене доминантов; нет сведений о расположении сезонных скоплений птиц, оценок численности. Информация о расположении основных колоний морских птиц и знания об экологии видов позволяют лишь делать предположения о фауне ряда акваторий. Основные колонии морских птиц Баренцева моря сосредоточены на о-вах архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, а также на побережье и о-вах севера Кольского полуострова (арх. Семь островов, о. Кильдин и др.).

Для оценки видового состава и численности во время транзита судов использовалась методика маршрутных учетов на линейных трансектах, традиционно используемая в мониторинговых работах в открытом море и в прибрежной зоне [52]. Птиц регистрировали в светлое время суток на фиксированных по времени трансектах длительностью один час. Результаты учета заносили в специально разработанные формы. Ширина учетной трансекты составляет 600–300 м с каждой стороны и на дистанции 300 м по курсу судна. Для снижения фактора учета одних и тех же особей птиц регистрировали только в секторе 180° по курсу движения судна. В период стоянок и дрейфа судна учет велся методом реперных точек. За весь период исследований отмечено 13 272 встречи с 352 552 особями морских птиц (рис. 3.5.14).

В юго-восточной акватории Баренцева моря (Печорское море) проходит Северо-Западный миграционный путь. Там же располагаются колоссальные по численности «линники» уток и гаг. Через юго-восточную часть Баренцева моря проходит Восточно-Атлантический миграционный путь птиц, гнездящихся в Восточно-Европейских и Восточно-Сибирских тундрах, зимующих в странах Европы и Африки.

Рис. 3.5.15 Кулики-турухтаны *Philomachus pugnax*

С апреля по июль идет планомерный рост встреч с особями экологической группы гусеобразные (гуси, казарки и лебеди). Начиная с апреля первые пролетные птицы регистрируются в наиболее южных аваториях (о. Колгуев, Большеземельская и Малоземельская тундры, п-ов Канин). Сроки и интенсивность весенних миграций гусей во многом определяются погодными условиями. Массовый «лет» гусей приходится на середину мая. Наиболее массовые миграции гусей наблюдаются при сопутствующем ветре (южном, юго-западном) и интенсивном снеготаянии. Может отмечаться несколько миграционных волн гусей, или их миграции могут протекать равномерно и быть растянутыми по срокам. Первые регистрации уток приходятся на май, и впоследствии количество регистраций остается стабильным до сентября, когда происходит скачок численности встреченных особей. Подобное увеличение количества встреч объясняется локальным формированием осенних предмиграционных скоплений. Первые гаги появляются в апреле и регистрируются до ноября. Скопления гаг могут насчитывать до нескольких тысяч особей. Присутствие гаг в безледный период объясняется их кормовым поведением, регистрация птиц этой группы в ледовый период свидетельствует в пользу предположения, ранее высказанного в литературе, о наличии массовой зимовки морских уток западно-сибирских популяций в полыньях у западного побережья арх. Новая Земля [53]. В осенний период, до начала ледостава, акватория юго-западного побережья арх. Новая Земля, западного побережья о. Вайгач, а также мелководья у южного побережья о. Колгуев и участок акватории в центральной части Печорского моря характеризуются наибольшей плотностью птиц в этот период [53].

На пространственное распределение летующих птиц в Печорском море сильное воздействие оказывает распространение ледового покрова, формирующегося в осенний период. При становлении льда, начиная от побережья, птицы перемещаются к центральной, не занятой льдом акватории, а затем — и вовсе за пределы моря. При

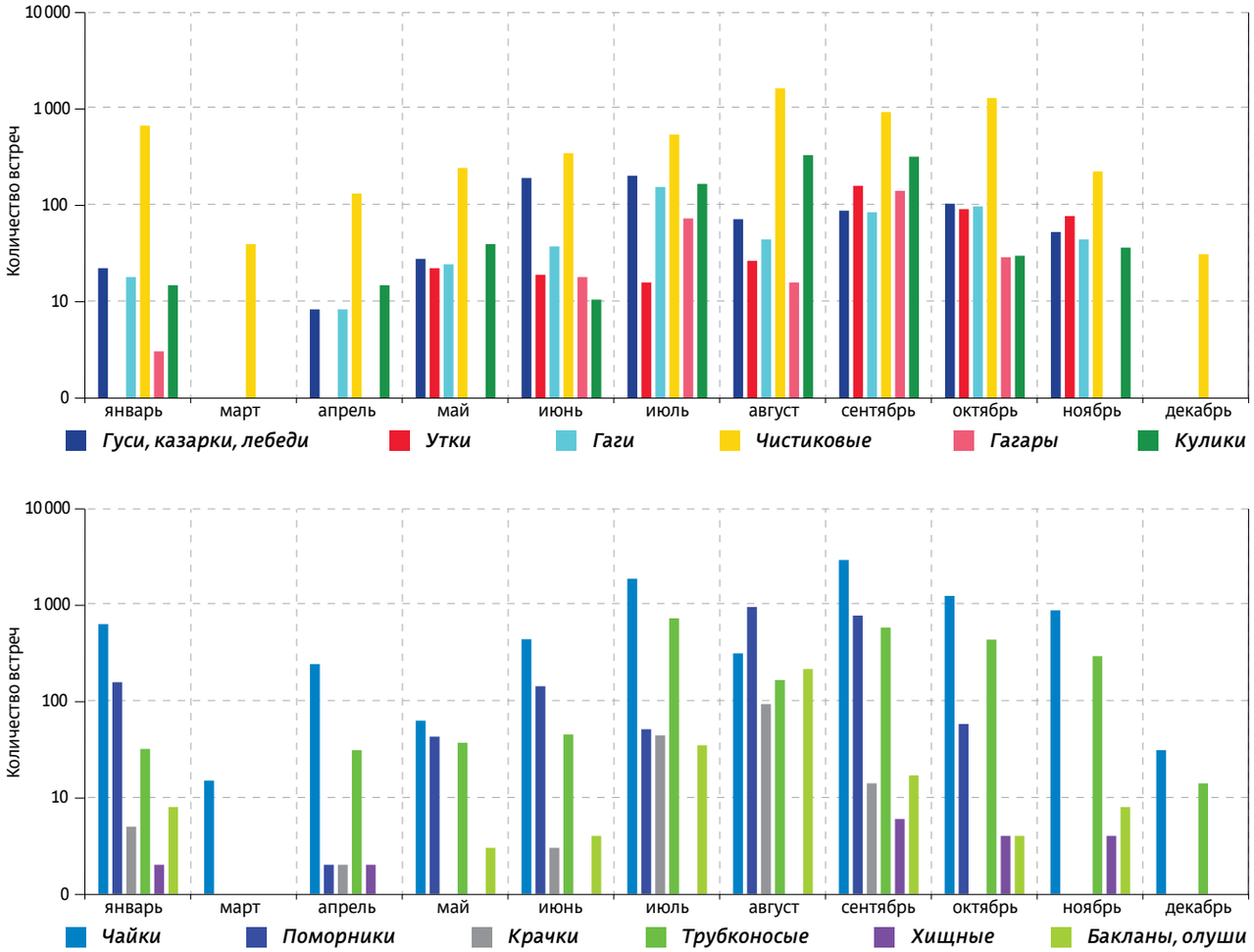


Рис. 3.5.16 Количество встреч птиц разных экологических групп за период 2012–2019 гг.

этом чистиковые птицы в акватории Баренцева моря регистрируются круглогодично и доминируют как по численности, так и по частоте встреч. Чистиковые — колониальные птицы, основные концентрации которых расположены на о-вах арх. Новая Земля, однако в ледовый период их распространение по акватории становится более широким и рассредоточенным. Пик численности чистиковых птиц приходится на конец лета — начало осени вследствие становления молодых особей на крыло.

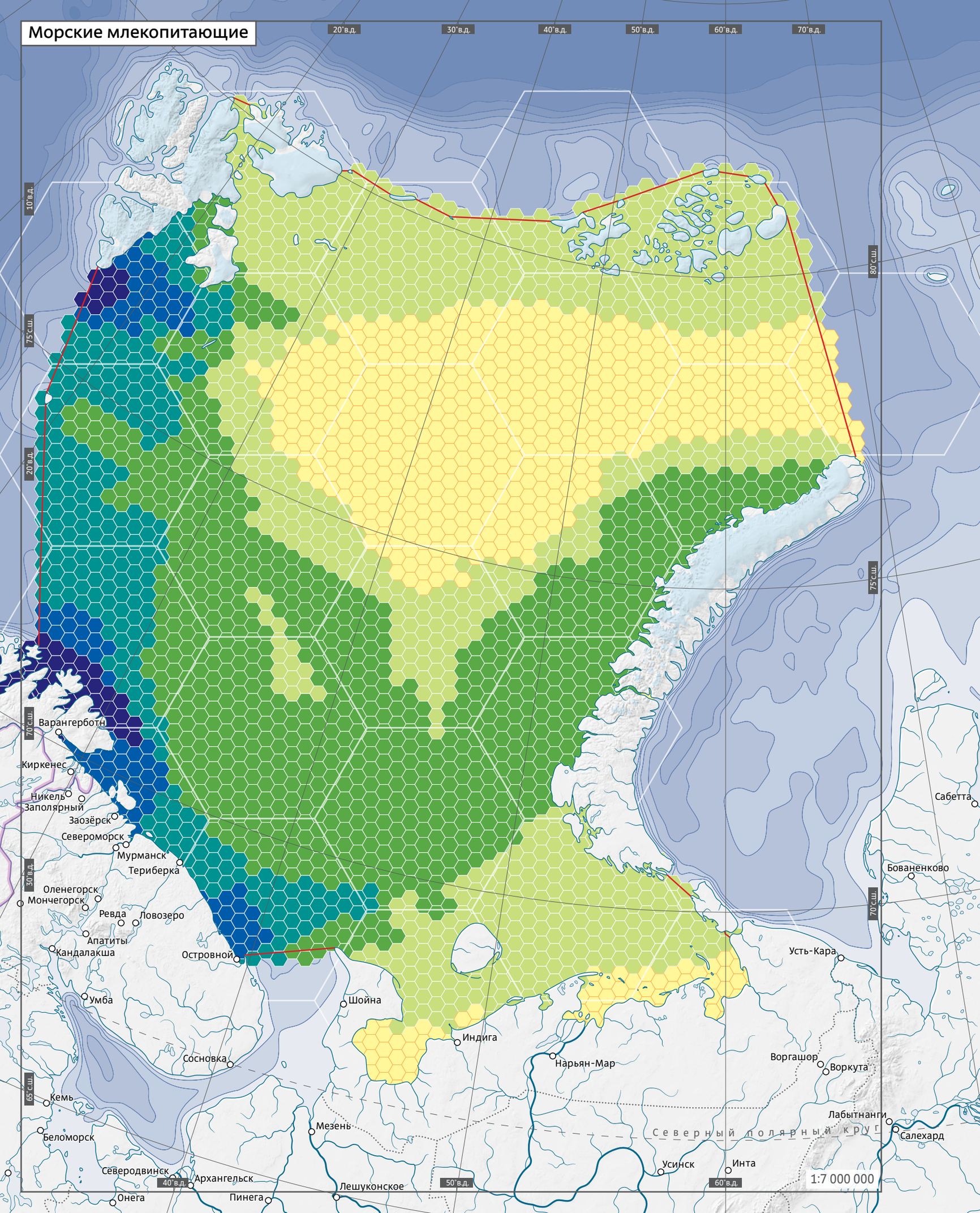
Начальный период регистрации гагар приходится на начало открытой воды. Птицы данной группы распространены относительно равномерно. Основные местообитания приурочены к средним по площади, преимущественно пресноводным водоемам. Встречи зарегистрированы в основном у побережий материковой части и островов.

Кулики (рис. 3.5.15) регистрируются с апреля и по ноябрь (рис. 3.5.16, верхний), а также представители этой группы в стаях до нескольких сотен особей в прибрежных акваториях Мурманского берега регистрируют в январе—феврале [53].

Чайки, крачки, поморники и трубконосые регистрируются круглогодично и по всей акватории. Наиболее массовые скопления приурочены к колониям на островах Баренцева моря (о-вах арх. Новая Земля, Долгий, Матвеев, Колгуев, о-вах арх. Земля Франца-Иосифа и т. д.).

Хищные встречаются значительно реже, и в основном представлены полярной совой (*Bubo scandiacus*) и птицами отряда ястребообразные (Accipitriformes).

Бакланы и олуши регистрировались также на протяжении ледового и безледного сезонов, однако стоит отметить, что только на участках открытой воды в акваториях близ Кольского полуострова (Мурманский берег). Наиболее восточная встреча с северной олушей зарегистрирована близ о. Колгуев (рис. 3.5.16, нижний).

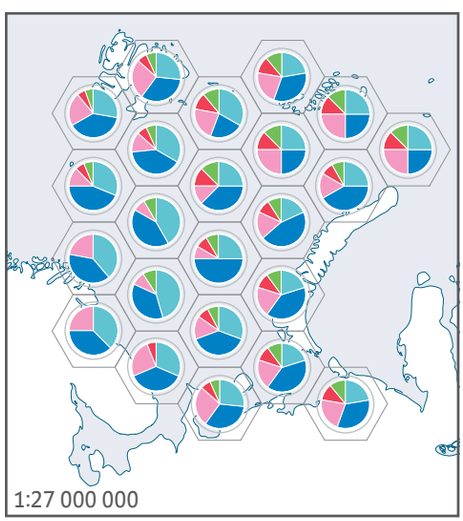

Морские млекопитающие
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Шойна
Индига
Сосновка
Кемь
Беломорск
Мезень
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Сабетта
Бованенково
Северный полярный круг
1:7 000 000

3.6. Морские млекопитающие

Морские млекопитающие — сборная группа животных, постоянно или продолжительное время находящихся в плотной связи с морской средой. Всего насчитывается более 130 видов морских млекопитающих, относящихся к трем отрядам: хищные, китообразные и сирены. В Арктике представлены все таксоны за исключением сирен. Большое обилие и разнообразие морских млекопитающих в Баренцевом море привлекли к этому региону внимание первых европейских промысловиков и исследователей. Массовый промысел китов и тюленей начался в 1600-х гг. и продолжался на протяжении более 300 лет. Чрезмерная эксплуатация ресурсов привела к почти полному уничтожению или значительному снижению численности многих популяций морских млекопитающих в самом Баренцевом море и прилегающих водах Атлантики. Например, атлантический морж был на грани исчезновения в районе арх. Шпицберген, прежде чем в 1952 г. промысел был запрещен.

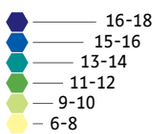
Первые китобои специализировались на добывании жира гренландских китов, поскольку эти киты — медленные пловцы, которых легко было добывать на весельных лодках. Кроме этого, животные имеют высокое содержание жира в теле и не тонут после гибели, что позволяло легко разделывать их прямо в море. Гренландские киты так называемой шпицбергенской популяции были практически доведены до вымирания в водах Баренцева моря, их численность резко сократилась в остальной части их арктического ареала уже в 1700-х гг. Применение технических достижений, например, парового двигателя, гарпунной пушки и т. п., привело к увеличению числа видов, которые промысловики могли эффективно добывать.

Несмотря на чрезмерную эксплуатацию, сообщество морских млекопитающих Баренцева моря по-прежнему богато видами, а некоторые популяции, особенно среди представителей ластоногих, довольно многочисленны. В фауне Баренцева моря зарегистрировано 25 видов морских млекопитающих, принадлежащих к 19 родам, 8 семействам и 2 отрядам [1]. На значительную часть акватории Баренцева моря мощное влияние оказывает Северо-Атлантическое течение, поэтому для фауны характерно присутствие как бореальных, так и арктических видов. В акватории моря постоянно присутствуют белые медведи, семь видов ластоногих и пять видов из отряда Китообразные (табл. 3.6.1), 12 видов китообразных являются регулярными сезонными мигрантами и приходят в Баренцево море, когда лед отступает на север, чтобы воспользоваться летним пиком биопродуктивности. Наибольшее видовое разнообразие и численность



Морские млекопитающие Баренцева моря

Число видов в ячейке



Структура видовых групп в ячейке

Табл. 3.6.1 Характер присутствия морских млекопитающих в географических границах Баренцева моря и их природоохранный статус

Русское название вида/подвида/популяции	Латинское название вида и подвида	Охранный статус Красная книга РФ	Охранный статус МСОП	Характер присутствия
Отряд Китообразные *Cetacea*				
Обыкновенный дельфин (белобочка)	*Delphinus delphis*	—	LC	Сезонно
Афалина	*Tursiops truncatus*	—	LC	Сезонно
Атлантический белобокий дельфин	*Lagenorhynchus acutus*	4	LC	Сезонно
Беломордый дельфин	*Lagenorhynchus albirostris*	3	LC	Постоянно
Косатка	*Orcinus orca*	—	DD	Сезонно
Обыкновенная гринда	*Globicephala melas*	—	LC	Сезонно
Морская свинья	*Phocoena phocoena*	—	LC	Постоянно
Белуха	*Delphinapterus leucas*	—	LC	Постоянно
Нарвал	*Monodon monoceros*	3	LC	Постоянно
Кашалот	*Physeter macrocephalus*	—	VU	Сезонно
Высоколобый бутылконос	*Hyperoodon ampullatus*	1	DD	Сезонно
Гренландский кит	*Balaena mysticetus*		LC	
Баренцевоморская популяция		3	EN	Постоянно
Горбач	*Megaptera novaeangliae*	5	LC	Сезонно
Синий кит	*Balaenoptera musculus*		EN	
Северный синий кит	*Balaenoptera musculus musculus*	1		Сезонно
Финвал	*Balaenoptera physalus*		VU	
Северный финвал (сельдяной кит)	*Balaenoptera physalus physalus*	4		Сезонно
Сейвал	*Balaenoptera borealis*		EN	
Сейвал (ивасёвый кит)	*Balaenoptera borealis borealis*	3		Сезонно
Малый полосатик (Минке)	*Balaenoptera acutorostrata*	—	LC	Сезонно
Отряд Хищные *Carnivora*				
Морж	*Odobenus rosmarus*		VU	
Атлантический подвид моржа	*Odobenus rosmarus rosmarus*	2	NT	Постоянно
Морской заяц	*Erignathus barbatus*	—	LC	Постоянно
Кольчатая нерпа	*Pusa hispida*	—	LC	Постоянно
Обыкновенный тюлень	*Phoca vitulina*	—	LC	Постоянно
Гренландский тюлень	*Pagophilus groenlandicus*	—	LC	Постоянно
Серый тюлень	*Halichoerus grypus*	—	LC	Постоянно
Хохлач	*Cystophora cristata*	—	VU	Постоянно
Белый медведь	*Ursus maritimus*	3	VU	Постоянно

Примечания. **Категории в Красном списке МСОП/IUCN:** EN — вымирающие виды; VU — уязвимые виды; NT — находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому; LC — виды под наименьшей угрозой; DD — виды, для оценки угрозы которым недостаточно данных.

Статус в Красной книге РФ: (1), (2), (3), (4), (5) — категории согласно соответствующим российским Красным книгам: 1 — находящиеся под угрозой исчезновения; 2 — сокращающиеся в численности и/или распространении; 3 — редкие; 4 — неопределенные по статусу; 5 — восстановленные или восстанавливающиеся.

Источники: МСОП — Красный список Международного союза охраны природы (www.iucnredlist.org); Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, приказ от 24 марта 2020 г. № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации».

отмечаются в летне-осенний период — период нагула и миграции ряда видов китообразных и ластоногих [1–3]. В юго-восточной части Баренцева моря (Печорском море) формируется особая фауна морских млекопитающих, существенно различающаяся в ледовый и не ледовый периоды года [4].

Табл. 3.6.2 Численность и распространение морских млекопитающих Баренцева моря

Вид	Численность популяции [11]	Распространение и размножение [5–11]
Атлантический морж	12 000	Мелководные районы, главным образом к востоку от арх. Шпицберген [5], вокруг архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля; рожает детенышей на морском льду от Карского моря на северо-востоке до архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа на севере и северо-западе, возможно размножение в Печорском море
Кольчатая нерпа	100 000	Все районы, главным образом связанные со льдом; рожает детенышей в Северной части Баренцева моря на припайном, реже дрейфующем льду
Морской заяц	10 000	Во всех районах моря предпочитает мелководье, преимущественно связанное со льдом; размножается в северной части Баренцева моря, преимущественно на дрейфующем льду
Гренландский тюлень	Около 1 400 000	Основные районы распространения связаны со льдами, но также встречается в свободных ото льда акваториях. Два стада рожают и линяют на дрейфующих льдах в Гренландском море и Белом море. Районы нагула расположены в Гренландском море, Баренцевом море и вокруг арх. Шпицберген
Хохлач	Около 84 000	Питается в районах Северной Атлантики, главным образом местообитания связаны со льдами, но встречается во время питания в открытых умеренных и арктических водах. Щенится и линяет на дрейфующем льду в Гренландском море и в западной части Баренцева моря
Обыкновенный тюлень	3500	Обитает в акватории близ островов к западу от арх. Шпицберген и вдоль материкового побережья; размножается вдоль материкового побережья к западу от Мурманска
Серый тюлень	5500	Материковое побережье; размножается на берегу на материковом побережье на запад до Мурманска
Гренландский кит*	До 1000 особей	Главным образом северные моря от Карского моря до западных вод арх. Шпицберген, встречается в открытых водах и в районе паковых льдов
Белуха*	10 000	Прибрежные районы архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, район Печорского моря, вдоль побережья Кольского полуострова, а также в районе кромки льда или дрейфующих льдов
Нарвал*	1000	В основном северо-восточные районы Баренцева моря, северное и западное побережье арх. Земля Франца-Иосифа, чаще в районе кромки льда или в разводьях, полыньях дрейфующих льдов, редко на открытой воде
Беломордый дельфин *	60 000–70 000	Встречается по всей акватории Баренцева моря, не занятой льдом. Чаще всего летом севернее, а зимой в южной части моря
Обыкновенная морская свинья*	11 000	Может встречаться по всей акватории Баренцева моря, не занятой льдом, чаще всего в прибрежной зоне в южной части Баренцева моря

*** Конкретные районы размножения не известны, вероятно, происходят по всему их ареалу в Баренцевом море.**

Размер тела морских млекопитающих в Баренцевом море очень разнообразен: от небольшой кольчатой нерпы до синего кита; последний является самым крупным морским млекопитающим. Большинство морских млекопитающих занимают высокий трофический уровень, причем белый медведь и косатка — это главные хищники Баренцева моря. Некоторые из крупных усатых китов, такие как синие и гренландские киты, питаются на самом низком пищевом уровне — планктоном, специализируясь на криле и копеподах. Самый крупный представитель ластоногих Баренцева моря — морж, он питается преимущественно мелкими донными беспозвоночными на небольших глубинах. Другие виды в этом регионе питаются комбинацией бентоса, пелагической и ледовой (*sympagic*) фауной. Учитывая огромный диапазон размеров тела морских млекопитающих Баренцева моря и их различную роль в экологии региона, а также различные уровни их хозяйственной эксплуатации, численность популяций этих видов имеет значительное различие — от нескольких сотен голов гренландских китов до сотен тысяч тюленей (табл. 3.6.2).

Морские млекопитающие являются не только звеньями в пищевых цепях, но играют важную

Моржи, архипелаг Земля Франца-Иосифа

роль в структуре и функционировании сообществ, которые они занимают. Они способствуют горизонтальной и вертикальной циркуляции питательных веществ в воде. Считается, что популяции планктона существуют и развиваются благодаря эффекту, который ученые называют «китовым насосом»: своими отходами морские млекопитающие создают питательную среду для мелких обитателей верхних слоев океанических вод [12].

Некоторые виды морских млекопитающих

Белуха — один из трех видов арктических китов, обитающих в Баренцевом море. Они могут встречаться далеко в дрейфующих льдах, в районах, недоступных для других китов [13]. Их арктическая адаптация включает в том числе толстый слой жира, белый окрас, отсутствие спинного плавника, небольшую голову. Вместо спинного плавника у них есть выступающий спинной гребень. По результатам спутникового мечения, проведенного в разных частях ареала, ученые выяснили, что белые киты демонстрируют весьма изменчивые модели пространственного поведения в различных частях арктических морей. В некоторых районах они проводят большую часть лета в прибрежных водах, иногда даже в эстуариях рек, в то время как в других регионах они предпочитают уходить далеко от суши. В большинстве районов обитания белухи следуют сезонным изменениям в распределении морского льда, оставаясь вблизи сокращающейся или расширяющейся кромки льда.

Хотя о местонахождении белух зимой в Баренцевом море известно немного, предполагается, что они зимуют в полыньях и трещинах. Спутниковое слежение за белухами на арх. Шпицберген летом и ранней осенью показало, что они довольно консервативны в перемещениях и остаются в прибрежье островов. В конце осени и начале зимы они остаются вблизи одних и тех же районов, проникая глубоко в сплоченные льды. Летом меченые белухи проводили большую часть времени рядом с ледниковыми фронтами, перемещаясь между ними. Предположительно это связано с обилием рыбы, кормящейся на скоплениях пресноводного зоопланктона в зоне апвеллинга.

Авиаучеты в Белом море и юго-восточной части Баренцева моря, а также другие наблюдения в этих районах не выявили активных массовых миграций белух [14]. Можно предположить, что животные из этих регионов не смешиваются с китами, живущими дальше на севере. Можно наблюдать, как отдельные киты мигрируют из Белого моря и вдоль юго-восточного побережья Баренцева моря чаще всего в мае и реже всего зимой. Однако наши знания о закономерностях перемещениях белух в Баренцевом море весьма ограничены.

Белые киты очень общительны и проводят всю свою жизнь в группах. Взрослые самцы часто отделяются от самок с детенышами и путешествуют в полностью самцовых группах. Группы сильно варьируют по размеру: от нескольких особей до сотен или даже тысяч животных, если несколько групп объединяются в течение короткого периода времени. Глобальная численность популяций белух в Баренцевом море не была оценена, но, вероятно, около 10 тыс. особей обитает в районе арх. Шпицберген [5].

Нарвалы обитают в атлантическом секторе Северного Ледовитого океана и водах к северу от побережья Канады и России и очень редки в Тихом океане. Наиболее заметен у нарвала бивень самца, который представляет собой спиральный передний зуб верхней челюсти, достигающий 3 м в длину. Как правило, бивень есть только у самцов, но иногда он встречается и у самок, хотя значительно уступает по размерам бивню самцов. Были зарегистрированы нарвалы с двумя бивнями, но они редки.

Нарвалы многочисленны в восточных гренландских фьордах летом, также встречаются на архипелагах Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, а также в дрейфующих льдах, нередко очень сплоченных, между архипелагами. Подобно своему близкому родственнику белухе, нарвалы живут в группах на протяжении всей своей жизни. Социальные группы демонстрируют половую сегрегацию в течение почти всего года.

Данные наблюдений на о. Гренландия свидетельствуют о том, что нарвалы сезонно мигрируют, следуя за расширяющимся и сокращающимся морским льдом в течение большей части года. Летом, когда морской лед разрежен, они перемещаются в прибрежные районы. Во время замерзания прибрежных районов нарвалы уходят в море. Зимой они держатся в разводьях или полыньях в районах с тяжелым, консолидированным дрейфующим льдом [15].

Циркумполярно численность нарвалов оценивается примерно в 110 тыс. особей [6]; для Северо-Восточной Атлантики нет доступных оценок численности, а в Баренцевом море она оценивается в 1000 особей [16]. О распределении нарвалов в Баренцевом море известно немного. Как по окраске, так и по поведению их трудно учитывать с судов: они довольно пугливы и окрашены не контрастно. Нарвалы действительно заходят во фьорды северных архипелагов моря, где их мож-

1. Кольчатая нерпа (*Pusa hispida*)
2. Гренландский тюлень (*Pagophilus groenlandicus*)
3. Морж (*Odobenus rosmarus*)

но наблюдать с судов или с берега. Обычно такие взаимодействия с судном или лодкой длятся всего несколько минут.

Два круглогодичных обитателя высокоширотной Арктики белуха и нарвал тесно связаны между собой, поскольку у них много сходства с точки зрения репродуктивной биологии. Спаривание происходит в начале мая, а роды могут происходить с мая до конца августа. Период кормления может длиться до 2 лет у обоих видов, а средний репродуктивный интервал составляет 3+ года. Оба вида заметно меняют окраску с возрастом. Будучи серовато-коричневыми, почти черными при рождении, белухи становятся белыми, а нарвалы серыми с черными пятнами. Половая зрелость наступает при достижении самками возраста около 5 лет, самцами — 8 лет; самки при достижении половой зрелости могут быть еще очень серыми.

В 1990 г. на западе о. Гренландия был найден морфологически необычный череп Монодонтида (белуха или нарвал), который хранится в Музее естественной истории Дании Копенгагенского университета. Исходя из внешних признаков этого черепа, было выдвинуто предположение, что это гибрид белухи и нарвала. В настоящее время это единственное задокументированное свидетельство гибридизации между двумя видами зубатых китов, эндемиков Арктики. В работе [17] приводятся данные анализа последовательности ДНК всего генома образца и исследуется его происхождение. Для сравнения использовали генотип восьми белух и восьми нарвалов. Анализы показали, что животное было самцом, гибридом первого поколения между самкой нарвала и самцом белухи.

Две из четырех выделяемых популяций *гренландского кита* обитают в водах Российской Арктики [18]: берингово-чукотская (берингово-чукотско-бофортская) и шпицбергенская (североатлантическая). Шпицбергенская популяция, обитавшая в западном секторе Российской Арктики до 2018 г., имела в Международном Красном списке МСОП статус находящейся в критическом состоянии [19]. В России эти киты считаются находящимися под угрозой исчезновения (категория 1) [20]. Ареал популяции распространяется от восточного побережья о. Гренландия до Карского моря и арх. Северная Земля. В прошлом самая крупная популяция, она активно уничтожалась с начала XVII до начала XIX в., пока не была признана «коммерчески истребленной».

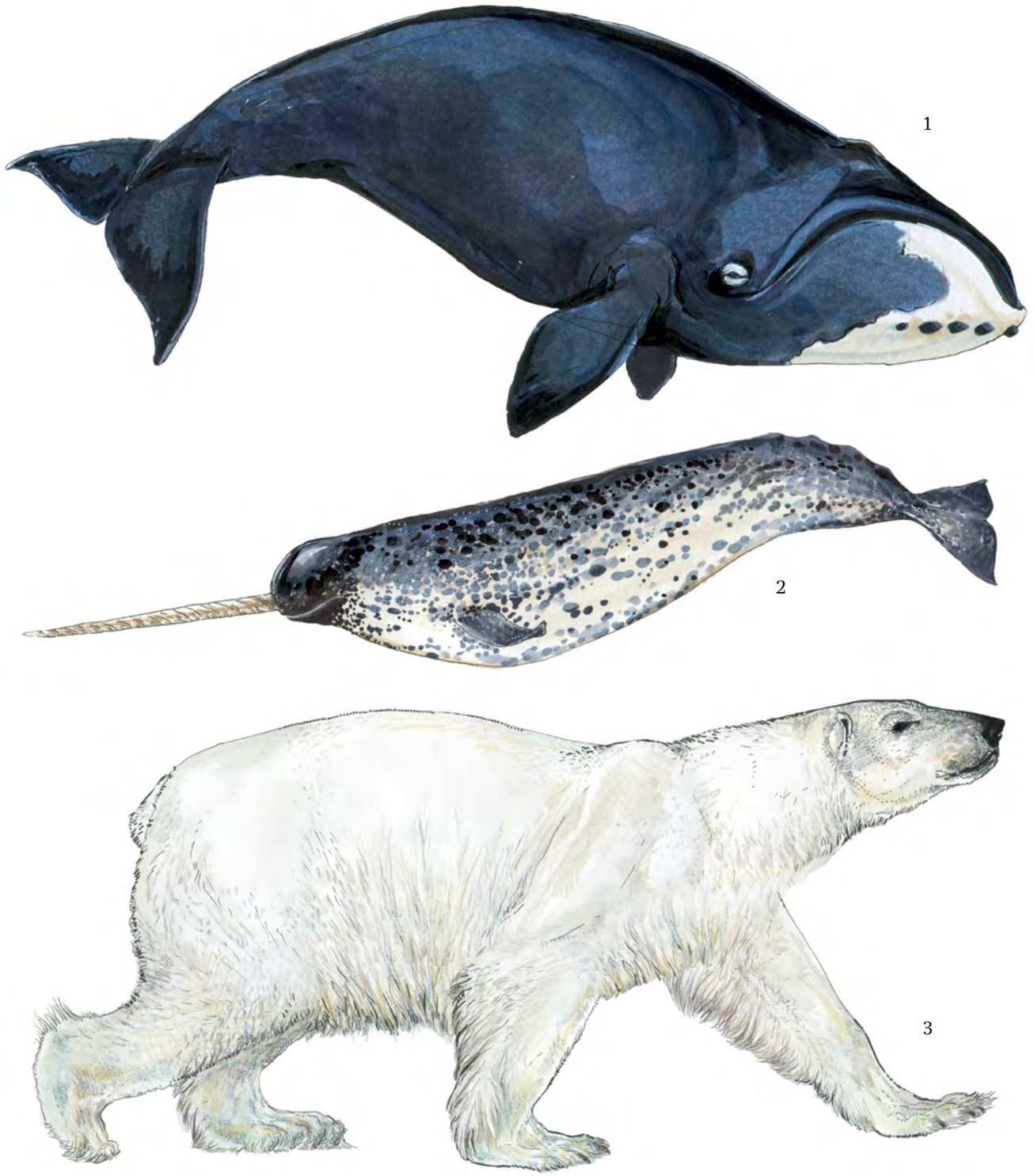
Предполагалось, что численность шпицбергенской популяции не превышает 100 особей [21]. Однако в последние годы появились данные о более высокой численности этих китов. Учеты в северо-восточной полынье (Northeast Water Polynya) в Гренландском море оценили численность в 102 особи (95%) [7], в ледовой кромке к северу от арх. Шпицберген расчетная численность составила 343 особи. В настоящее время оценка численности популяции, помимо труднодоступности и большой площади акватории, осложняется размытыми границами между тремя арктическими популяциями вида [22]. Тем не менее на настоящий момент признано, что гренландские киты Северной Атлантики — не такая малочисленная популяция. Вероятно, приверженность труднодоступным для человека морским льдам высоких широт сохранила эту популяцию и позволила ей успешно восстанавливаться на протяжении последнего столетия. В 2018 г. статус шпицбергенских китов в Красном списке МСОП был понижен до угрожаемого [23].

Гренландские киты — наиболее приспособленные к жизни во льду крупные китообразные. Питаются копеподами и эвфаузиидами, которые развиваются в ледовых экосистемах. В водах России наибольшее число встреч гренландских китов приходится на акваторию арх. Земля Франца-Иосифа. Также известны встречи у арх. Новая Земля, в прол. Карские Ворота, в северо-восточной части Карского моря [22].

В водах арх. Земля Франца-Иосифа гренландские киты фиксируются практически ежегодно в летний период, но известны встречи и в зимне-весеннее время [24]. М.В. Гаврило в работе [25] представила сводные данные по встречам в водах архипелага с апреля по сентябрь в 2010–2014 гг.: наибольшее число китов было обнаружено в 2013 г. — 62 особи в пяти исследованиях (береговых, судовых и авиационных наблюдениях). Воды архипелага, очевидно, представляют собой важное место-обитание этих китов в летний и осенний период.

Кольчатая нерпа — один из самых мелких тюленей, встречается во всех арктических морях. Русское название тюлень получил из-за большого количества характерных светлых колец, расположенных по всему телу. Детеныш рождается в белом наряде [26]. Кольчатая нерпа является единственным тюленем, способным сохранять дыхательные отверстия-лунки в толстом морском льду, и поэтому ее ареал выходит далеко за пределы мест обитания других северных тюленей — к северу до полюса [13]. Нерпа чрезвычайно зависима от морского льда, который является для нее исключительной платформой для размножения и линьки. В течение ледового периода кольчатые нерпы имеют индивидуальный участок, в пределах которого поддерживают в незамерзающем состоянии несколько продухов или лунок [2].

Обычно нерпы предпочитают припайный лед во фьордах и вдоль береговой линии с достаточно



1. Гренландский кит (*Balaena mysticetus*)
2. Нарвал (*Monodon monoceros*)
3. Белый медведь (*Ursus maritimus*)

Рис. 3.6.1 Кольчатая нерпа *Pusa hispida*, поселок Тобседа, Колоколкова губа Печорского моря

Гренландский тюлень *Pagophilus groenlandica*, Кандалакшский залив Белого моря Рис. 3.6.2

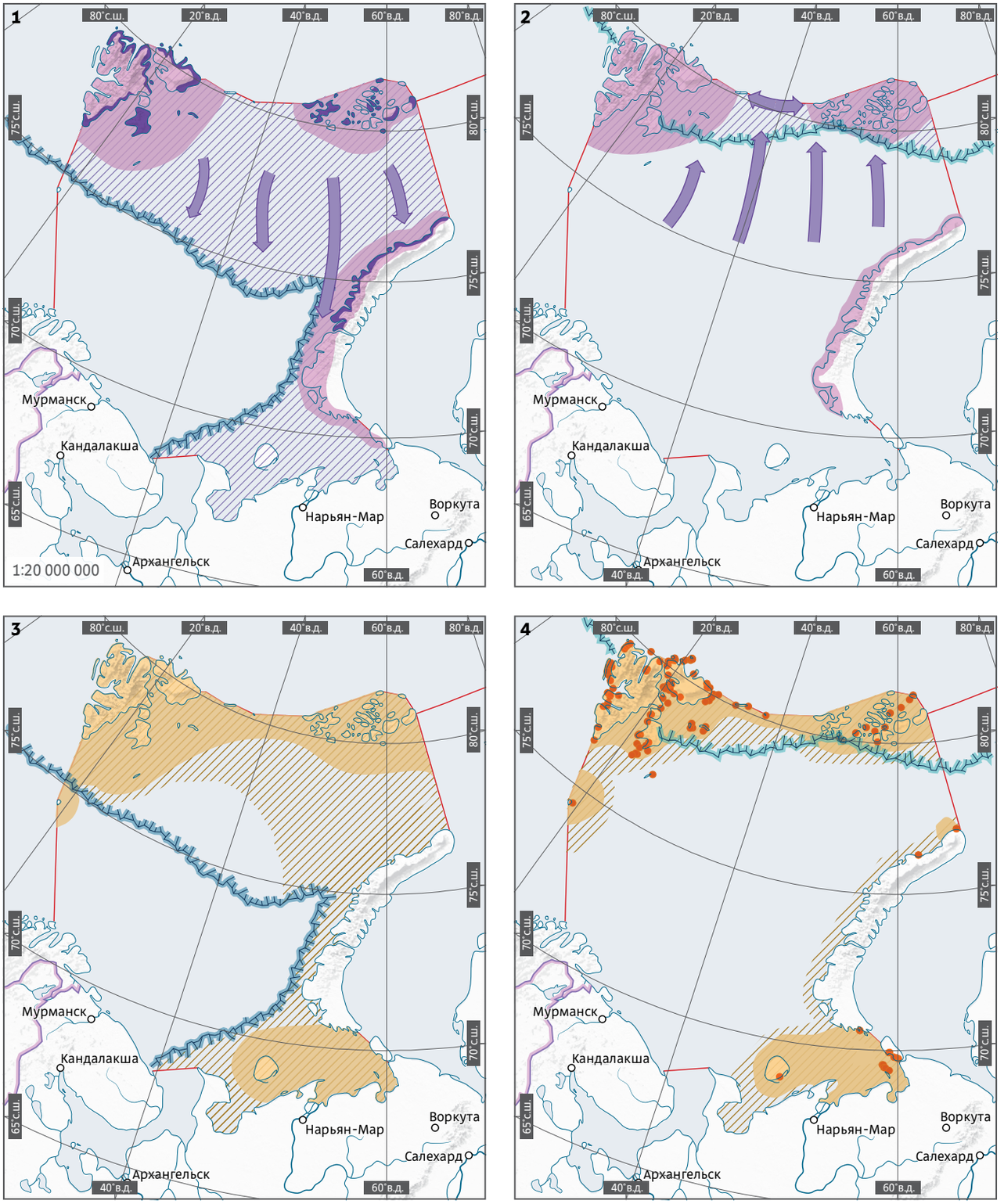
толстым и устойчивым снежным покровом, но они также могут жить и размножаться в дрейфующих льдах. Снег на поверхности морского льда используется нерпой для строительства логовищ (небольших снежных пещер над дыхательным отверстием-лункой во льду). В логовищах тюлени обычно отдыхают в зимние месяцы, а также рожают детенышей ранней весной. Размножающиеся взрослые особи занимают наиболее устойчивые ледовые поля и защищенные от хищников территории, молодые и неразмножающиеся особи встречаются на менее стабильных ледовых местообитаниях.

Весной, с отходом на север и таянием льдов, тюлени совершают достаточно протяженные миграции, пути которых не изучены. Летом кольчатые нерпы (рис. 3.6.1) остаются связанными со льдом. Некоторые тюлени проводят время вблизи ледниковых пресноводных фронтов у островов, в то время как другие следуют за отступающей кромкой льда на север. За исключением периода размножения, кольчатые нерпы в Баренцевом море могут встречаться в акваториях практически с любой глубиной. В ледовый период встречи нерп приурочены главным образом к разрастающейся ледовой кромке на окраинах зимнего льда. Когда заканчивается период размножения и линьки, нерпы мигрируют небольшими группами, усиленно питаясь, чтобы восстановить свои запасы жира. Данные спутниковой телеметрии показали, что нерпа может преодолевать значительные водные пространства, перемещаясь, например, от архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа к арх. Новая Земля и обратно [27]. В Баренцевом море, как и во всей Арктике, нерпы плохо изучены.

Гренландский тюлень — это относительно крупное животное: размеры самцов могут достигать более 180 см, а самок более 175 см [28]. Вес тюленей сильно колеблется в зависимости от периода жизненного цикла: в период нагула и щенения масса взрослых животных может достигать 170 кг и более; в период линьки те же животные могут весить 70–80 кг [26]. Половой диморфизм у этих тюленей практически не выражен.

Летом гренландские тюлени (рис. 3.6.2) редко встречаются поодиночке, чаще небольшими группами. Северная граница ареала в Баренцевом море ограничена кромкой дрейфующих льдов. На юге гренландский тюлень обитает в водах Белого моря и юго-восточной части Баренцева моря [29]. Их летнее распределение зависит в основном от распределения дрейфующих паковых льдов. Этих тюленей можно встретить вдоль дрейфующих льдов Баренцева моря от арх. Шпицберген на западе до восточных границ Баренцева моря. С наступлением зимы тюлени следуют на юг за отступающей кромкой льда. Особенностью гренландского тюленя являются его ежегодные массовые миграции. Миграция к местам размножения и линьки начинается с конца февраля и длится до середины апреля. Самка рожает одного детеныша на льду Белого моря, при этом не делая логова или укрытия. С конца апреля до середины мая перелинявшие животные из Белого моря в основном мигрируют к северу через западную часть Баренцева моря или далее на восток или запад. Молодые особи могут мигрировать восточнее. В центральной части Баренцева моря тюлени летом встречаются редко. С распадом льдов на севере тюлени могут создавать временные группировки на местах откорма массовыми видами рыб и ракообразных [26, 30].

Запасы гренландского тюленя в течение последних двух столетий совместно эксплуатировались Россией и Норвегией. Промысел беломорской популяции гренландского тюленя до середины XIX в. оценивается в десятки тысяч особей ежегодно. В 1925–1931 гг. ежегодная добыча достигала свыше 400 тыс. особей, такой высокий уровень добычи поддерживался до 2000 г. В 2009 г. промысел гренландского тюленя в возрасте до одного



Распределение белого медведя и моржа в Баренцевом море: 1 — зимний период, 2 — летний период, 3 — зимний период, 4 — летний период

года в Белом море был запрещен, что привело к полному прекращению промысла. Норвежские зверобои в Баренцевом море резко сократили промысел, добыв в период с 2010 по 2016 г. всего 300 тюленей для научных целей [30–35]. Последние оценки расчетной численности тюленей в Белом и Баренцевом морях в возрасте одного года и старше были сделаны в 2013 г. и составили 1–1,3 млн особей [8].

Хохлач — крупный тюлень с выраженным половым диморфизмом: у самцов длина тела около 250 см, масса тела около 300 кг (максимум 400 кг). Самцы значительно крупнее самок, у которых средняя длина тела 220 см, а масса тела в среднем 200 кг [36]. Хохлач — типичный пагофильный вид: размножение происходит на сплоченном дрейфующем льду, как правило, далеко от кромки. Хохлач предпочитает дрейфующие многолетние льды с разводьями и трещинами и почти не встречается на припае. Данные спутникового мечения показали, что между линькой в июле и размножением в марте хохлачи много времени проводят в открытой воде [37].

В Баренцево море заходят особи, относящиеся к так называемой северо-восточной популяции [38]. Основные районы распространения хохлачей — большая часть Северной Атлантики. С начала весны и до конца осени у арх. Шпицберген хохлачей обычно наблюдали на припае или на отдельных льдинах. Изредка тюленей отмечают у побережья Мурмана и в Белом море [1, 16, 39]. О характере перемещения хохлача в Баренцевом море данных нет.

Обитая поодиночке большую часть года хохлачи, объединяются во время размножения. Самок и детенышей можно заметить группами вдоль побережья арх. Шпицберген в течение лета и ранней осенью. Здесь они концентрируются на кормовых ресурсах, не образуя каких-либо устойчивых социальных группировок. Количество этих тюленей, обитающих в районе арх. Шпицберген и заходящих

Серый тюлень *Halichoerus grypus*, архипелаг Гельголанд, Северное море

Рис. 3.6.3

в Баренцево море, вероятно, изменяется из года в год в зависимости от ледовых условий. С середины 1800-х гг. популяция хохлачей эксплуатировалась в коммерческих целях и управлялась совместно Норвегией и Россией. В 2000 г. общий (минимальный) размер поголовья оценивался в 125 000 голов, однако последние оценки (2016) значительно ниже — 84 000 голов [11]. Сокращение численности привело к закрытию охоты на этот вид тюленей в Норвегии [5].

Серый, или длинномордый, тюлень (рис. 3.6.3) в основном распространен вокруг арх. Британские острова и у побережья Канады, но встречается в Северной Атлантике на юге до штата Мэн (США) на западе и до Балтийского моря в Восточной Атлантике. Описаны генетически различные атлантический и балтийский подвиды серого тюленя. В водах Арктики обитает только атлантический подвид. В пределах Баренцева моря в осенне-зимний период серые тюлени встречаются вдоль северного побережья материковой Норвегии, к востоку вдоль побережья Кольского полуострова до м. Святой Нос. Здесь они образуют береговые залежки на островах. В летне-осенний период небольшое количество тюленей заходит в северные районы Белого моря, придерживаясь

Распределение белого медведя и моржа в Баренцевом море

1-2 Распределение белого медведя: **1** — зимний период; **2** — летний период

- область распространения
- районы повышенной встречаемости
- вероятные районы обустройства родовых берлог
- общая тенденция сезонного перемещения

3-4 Распределение атлантического моржа: **3** — зимний период; **4** — летний период

- область распространения
- известные лежбища
- среднеклиматическое (февраль) наибольшее распространение льда
- районы повышенной встречаемости
- среднеклиматическое (август) наименьшее распространение льда

островов вдоль западного побережья. Регулярно отмечается в прол. Воронка Белого моря [40]. Редкие встречи зафиксированы вдоль побережья на восток от м. Канин Нос [41] в Чёшской губе и даже в районе п. Амдерма в Карском море [42].

Эти тюлени ведут прибрежный образ жизни, хотя большую часть времени в течение года проводят в море. Серые тюлени образуют группы на берегу и, возможно, в море. Некоторые данные указывают на довольно сложную социальную структуру внутри некоторых групп тюленей в местах их традиционных скоплений.

Серый тюлень использует удивительно широкое разнообразие местообитаний. На большей части своего ареала он размножается на суше, но также использует припайный лед и свободно плавающий паковый лед там, где это возможно. Серый тюлень может быть отнесен к относительно оседлым видам ластоногих — для него несвойственны длительные сезонные миграции [28], он может совершать кормовые сезонные кочевки в местах обитания. Молодые тюлени могут перемещаться более активно и на более дальние расстояния.

Общая численность серого тюленя, обитающего в северо-восточной Атлантике, оценивается в 132 тыс. особей [9]. Полная популяционная оценка в Баренцевом море отсутствует, но в 2003 г. численность серых тюленей вдоль северного побережья Норвегии было оценена в 6–9 тыс. особей [43, 44]. В Российской зоне Арктики численность тюленей в 1994 г. оценивалось в 3,5 тыс. особей [45]. В пределах всего Баренцева моря численность серого тюленя оценивается в 5,5 тыс. голов [11].

Атлантическая популяция серого тюленя изучена достаточно подробно, особенно в тех частях ареала, где ведется его промысел. В Баренцевом море в 2005–2010 гг. среднегодовая добыча Норвегии составила 436 тюленей [44]. В России вид занесен в Красную книгу, поэтому хозяйственного значения не имеет. Основными угрозами для популяции в российской части Баренцева моря являются фактор беспокойства, несанкционированное посещение щенных залежек и рыболовство.

Обыкновенный тюлень — широко распространенный прибрежный вид, обитающий как в Атлантическом, так и в Тихом океанах. В Баренцевом море обитает один из пяти подвидов — атлантический подвид обыкновенного тюленя, немного отличающийся по окраске от других подвидов: общий фон верхней части туловища темный, иногда почти черный, нижняя поверхность тела светлее верхней.

Тюлени, обитающие в водах западной части арх. Шпицберген, являются самой северной популяцией этого вида. Основная часть популяции держится здесь на о. Земля Принца Карла.

Обыкновенный тюлень *Phoca vitulina*, архипелаг Гельголанд, Северное море **Рис. 3.6.4**

Обыкновенные тюлени (рис. 3.6.4) встречаются в небольшом количестве в Баренцевом море, вдоль северного побережья Норвегии и побережья Кольского полуострова. Юго-западная часть Баренцева моря является окраиной ареала атлантического подвида обыкновенного тюленя, восточная граница распространения проходит до м. Канин Нос [29].

Поскольку обыкновенным тюленям нужен доступ к открытой воде, то они редко используют лед, чтобы вылезать на него. Это стадные животные, которые каждый день во время отлива вылезают на сушу группами от нескольких животных до нескольких сотен, чтобы отдохнуть. Количество особей, вылезающих на сушу, зависит от фазы прилива и его высоты, времени года, погодных условий и т. д. Хотя они меняют свои излюбленные места залегания в зависимости от сезона, обыкновенные тюлени не являются настоящими мигрантами. В зимний период они совершают незначительные перемещения вдоль берега, летом их активность возрастает, и тюлени начинают встречаться дальше от берега, при этом предпочитая держаться не далее 100-метровой изобаты [39, 46, 47].

Обыкновенные тюлени сегрегированы по полу в течение большей части года; взрослые самцы живут отдельно от взрослых самок и молодых особей. Как и другие тюлени, они линяют один раз в год на арх. Шпицберген в августе и сентябре. Размножающаяся колония обыкновенного тюленя (в период май — август) находится в губе Ивановская. Обыкновенные тюлени летом и осенью регулярно встречаются в северных районах Белого моря [40, 48, 49].

Численность атлантического подвида в Баренцевом море оценивается примерно в 2,5 тыс. особей [11, 49], численность на арх. Шпицберген — около

1000 особей [5]. Кроме этого, вдоль северного побережья Норвегии насчитывается около 2000 тюленей. Численность обыкновенных тюленей вдоль норвежского побережья оставалась стабильной на протяжении нескольких последних десятилетий. Генетически показана изолированность популяции тюленей, обитающих на арх. Шпицберген и животных, обитающих на материке. Несмотря на широкое распространение, плотность поселения этих тюленей низкая во всем их широком ареале.

Поскольку они предпочитают прибрежные районы Баренцева моря и питаются промысловыми видами рыб, это приводит к некоторому конфликту с рыболовством из-за запутывания в жаберных сетях и других орудиях лова.

В последние десятилетия активно эксплуатировались три вида морских млекопитающих, обитающих в Баренцевом море: малый полосатик (Минке), гренландский тюлень и хохлач. Малый полосатик — один из немногих видов китов, которые до сих пор являются легальными объектами китобойного промысла. Норвегия добывает по несколько сотен голов в год. Хохлачи стали охраняться с 2005 г. из-за сокращения численности популяции. Другие виды, такие как кольчатый тюлень, морской заяц и прибрежные тюлени (обыкновенный и серый тюлени), законно добываются лицензированными охотниками в некоторых районах Норвегии. Все остальные виды морских млекопитающих охраняются по всему Баренцеву морю как на норвежской, так и на российской территории.

Наблюдаемые в последние десятилетия изменения климата в Арктике и связанные с ними потепление и формирование более мягких ледовых условий с большой вероятностью приведут к расширению ареалов ряда мигрирующих видов морских млекопитающих и появлению их в центральной части Российской Арктики.

В Баренцевом море в последние десятилетия произошли экологические сдвиги, повлекшие изменения видового состава сообществ, численности и биомассы разных видов. Это обусловлено не только влиянием рыболовства и морского арктического транспорта, но и активным освоением шельфовой зоны в последние десятилетия.

Распределение белого медведя в границах Баренцева моря

Белый медведь — крупнейший из ныне живущих наземных хищников (рис. 3.6.5). Взрослый самец в среднем весит 400–600 кг, длина его тела около 230 см; вес самки в среднем составляет 200–300 кг, длина тела около 200 см [50, 51]. Подкожный жировой слой и плотная шерсть с подшерстком позволяют зверю выдерживать экстремальные арктические условия.

Белый медведь *Ursus maritimus* Рис. 3.6.5

Группа специалистов по белому медведю Международного союза охраны природы выделяет в циркумполярном регионе одну популяцию белого медведя, состоящую из 19 субпопуляций [52], численность которых варьирует от нескольких сотен до нескольких тысяч особей; общая численность составляет около 26 000 особей [53]. Четыре субпопуляции — баренцевоморская, карская, лаптевская и чукотско-аляскинская, населяют Российскую Арктику. В Красной книге Российской Федерации [20] используется название «популяция», и в ней баренцевоморская и карская субпопуляции фигурируют как единая карско-баренцевоморская популяция. В атласе используется рекомендованная МСОП номенклатура.

Белый медведь имеет циркумполярное распространение. Ареал баренцевоморской субпопуляции простирается от арх. Шпицберген на восток до арх. Земля Франца-Иосифа. На востоке Баренцева моря он совпадает с побережьем островов арх. Новая Земля, вглубь островов транзитом заходят только отдельные особи [54]. В юго-западной части моря распространение вида ограничивается кромкой дрейфующих льдов.

Северная часть ареала баренцевоморской субпопуляции включает в себя участки Центрального Арктического бассейна, прилежащие к Баренцеву морю. Белых медведей здесь изредка наблюдали гидрологи ледовой авиаразведки, участники дрейфующих станций «Северный полюс», круизных и научно-исследовательских судов. Согласно наблюдениям, встречаемость белых медведей резко уменьшается к северу от 81–82° с. ш. [55, 56]. Это районы, относящиеся к Центральному Арктическому бассейну. В Арктике, включая Баренцево море, вид предпочитает более продуктивные шельфовые районы — кромку дрейфующих льдов, систему

Рис. 3.6.6 Белые медведи, архипелаг Земля Франца-Иосифа

прибрежных разводий и не очень сплоченные дрейфующие льды. В этих районах наблюдается повышенная плотность основных объектов питания медведей — тюленей [51, 54, 57].

Исследования баренцевоморской субпопуляции белого медведя проводились Россией и Норвегией самостоятельно или совместно. Результаты отдельных исследований и наблюдений за белыми медведями до конца 1960-х гг. отражены в монографической сводке О. Лёнё [58]. Систематические исследования вида в Норвегии начались в 1965 г. и были посвящены главным образом популяционной экологии вида — распределению, миграциям, численности, районам залегания размножающихся самок в берлоги. Со второй половины 1980-х гг. на арх. Шпицберген исследования по белому медведю были продолжены, но уже на современной основе с использованием спутниковой биотелеметрии. Андерсеном и др. [59] был проведен анализ разного рода наблюдений за белыми медведями и их берлогами с 1972 по 2010 г. Самое большое число берлог отмечено на островах в восточной и северной частях арх. Шпицберген; в западной части архипелага число берлог было небольшим. Спутниковые наблюдения подтвердили, что размножающиеся самки, отловленные и помеченные на арх. Шпицберген и в Баренцевом море, устраивали берлоги также на островах арх. Земля Франца-Иосифа (рис. 3.6.6).

Российские исследования по белому медведю в Баренцевом море до середины 1990-х гг. были посвящены в основном учету численности берлог на арх. Земля Франца-Иосифа. В начале 1960-х гг. В.Я. Паровщиков [60] провел обследование некоторых участков побережья о-вов Земля Александры и Земля Георга. Экстраполировав полученные данные на остальные острова архипелага, пригодные, по мнению автора, для устройства берлог, автор оценил число ежегодно размножающихся самок на арх. Земля Франца-Иосифа приблизительно в 100 особей. По мнению С.М. Успенского [50], число берлог на архипелаге достигает 150–200.

В 1980–1981 гг. экспедицией Всероссийского научно-исследовательского института охраны природы и заповедного дела совместно с Архангельским управлением охотничье-промыслового хозяйства были проведены авиаучеты берлог белого медведя на арх. Земля Франца-Иосифа с использованием самолетов ИЛ-14 и АН-2. Наибольшая концентрация берлог наблюдалась на о-вах Греэм-Белл, Земля Георга, Земля Александры, островах южной части архипелага (Нансена, Притчетта, Гукера и др.). По материалам же экспедиции Центральной лаборатории охраны природы в 1967 г. берлоги чаще всего отмечались на о-вах Земля Георга и Земля Александры. Данные наземных учетов берлог, полученные в 1960-х гг., и авиаучетов в 1980–1981 гг., позволили высказать предположение [61], что на арх. Земля Франца-Иосифа залегают в берлоги 50–150 размножающихся самок. Таким образом, район архипелага является основным местом воспроизводства белых медведей баренцевоморской субпопуляции.

На начало 1980-х гг. Т. Ларсен [62] приводит две оценки численности белых медведей для района, простирающегося от восточных берегов о. Гренландия до 70-го меридиана на востоке — 3000–5000 и 4000–6700 особей. В первом случае при расчете численности использованы результаты учета белых медведей с судна и подсчета родовых берлог, во втором — численность берлог и структура популяции. С.Е. Беликовым [63, 64] был использован второй метод для расчета численности белых медведей в Баренцевом и Карском морях, которая составила 2500–5000 особей.

В текущем столетии исследования белого медведя в районе арх. Земля Франца-Иосифа были продолжены Институтом проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН и национальным парком «Русская Арктика». Проводится изучение заболеваний медведей [65], перемещения животных и структуры их участков обитания [66], оцениваются стратегии освоения пространства и различия в поведении отдельных особей [67].

Белый медведь осваивает и морской лед, и сушу, причем первый тип местообитаний является предпочитаемым. На льду зверь охотится, ищет партнера по размножению, перемещается в поисках наиболее пригодных местообитаний. Характер использования медведями наземных местообитаний во многом определяется ледовыми условиями. Как правило, на суше их больше тогда, когда льды постоянно находятся у берега и не очень разрежены. Но в отдельные годы, когда ветры относят дрейфующие льды от побережий материка и островов, медведи невольно становятся «пленниками» суши. Обычно они остаются на

Рис. 3.6.7 Медведица с медвежатами, экспедиция «Кара-Зима-2016»

суше непродолжительный период — от нескольких дней до нескольких недель. Следует отметить, что в связи с потеплением климата все больше белых медведей стали оставаться на суше на более продолжительный срок (до нескольких месяцев).

Спутниковая телеметрия зафиксировала перемещения белых медведей по всему покрытому льдом Баренцеву морю [68], подтвердив тем самым результаты генетических анализов, согласно которым между животными с архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа нет географических и популяционных различий [69]. Общая схема сезонных миграций белого медведя коррелирует с динамикой ледяного покрова. В конце весны и летом при разрушении льда медведи перемещаются вместе с отступающей кромкой льда на север; с началом устойчивого льдообразования они начинают обратную миграцию на юг. На сезонные миграции накладываются местные перекочевки, связанные с локальными изменениями ледовых условий и перераспределением основных видов-жертв [57, 70]. Направление и масштабы местных перекочевок могут меняться даже в течение одних суток, но отдельные особи перемещались в одном направлении несколько недель.

Состояние любой субпопуляции белого медведя во многом определяется успехом воспроизводства. Большая часть беременных самок залегает в берлоги на суше в октябре — первой половине ноября и остаются в них около полугода. Необходимое условие — наличие достаточно глубоких снежных наносов, которые образуются на склонах гор и речных террас после обильных снегопадов и сильных ветров, или, используют прошлогодние, не растаявшие после лета берлоги [64, 71]. Глубина снега является лимитирующим фактором, от которого зависят условия обитания в берлоге и, следовательно, исход рождения и выкармливания детенышей [72]. Обычно размножающиеся самки залегают в берлоги поблизости от берега, реже — на удалении от нескольких до 15–20 км от ближайшего побережья.

Согласно данным, полученным в зоопарках, самки рождают медвежат в конце ноября — декабре. Детеныши при рождении весят 500–700 г. Ко времени покидания берлоги они весят в среднем 8–12 кг, покрыты густой шерстью, предохраняющей их от низких температур. На арх. Земля Франца-Иосифа выход из берлог продолжался, судя по наблюдениям, проведенным в начале 1980-х гг., до начала мая [73]. На арх. Шпицберген самки с медвежатами покидали берлоги с середины марта до конца апреля [59].

Повсеместно в Арктике две трети выводков состоят из двух медвежат, одна треть — это один детеныш. Тройни очень редки, один из детенышей нередко заметно уступает по весу своим собратьям [64]. Медвежата ходят с матерью до 2,5 лет (рис. 3.6.7). Случаи, когда семья распадается раньше или позже, не часты. Таким образом, белые медведи размножаются, как правило, раз в три года, и самки в течение жизни приносят максимум 10–12 медвежат, хотя в условиях зоопарка отдельные самки могут принести и больше. В неволе отмечено рождение детенышей самками белого медведя (обычно одного), когда им было больше 30 лет [51].

Места повышенной концентрации родовых берлог самок баренцевоморской субпопуляции — о-ва архипелагов Шпицберген [62], Земля Франца-Иосифа и Новая Земля [50, 60, 61].

Белые медведи ведут одиночный образ жизни и настоящих социальных группировок не образуют; исключение — семейные группы, размножающиеся пары или временные скопления на свалках с пищевыми отходами или у выброшенного на берег трупа кита [74]. В период гона, приходящегося на апрель — первую половину мая, один или несколько половозрелых самцов следуют за самкой, при этом между соперниками нередко возникают жестокие драки. Об этом свидетельствуют шрамы на голове, шее и плечах многих самцов, а у отдельных особей — сломанные зубы (у половозрелых самок это, за редким исключением, не наблюдается).

По-видимому, это является одной из причин менее продолжительной жизни самцов [74]. Немногие из них перешагивают 25-летний рубеж, в то время как самки доживают до 25–28 лет, а отдельные особи до 30 лет и более. Победителем становится самый крупный и сильный самец. Такими самцы белого медведя становятся в возрасте 8–12 лет.

Белые медведи — главные хищники в Арктике, их традиционная добыча — тюлени, связанные со льдом, в первую очередь кольчатая нерпа и морской заяц. Весна — самая продуктивная часть года, когда белые медведи имеют возможность накопить достаточное количество жировых запасов во время успешной охоты на кольчатую нерпу. Основной объект добычи хищника — детеныши кольчатой нерпы. Весной в логовищах, расположенных преимущественно на припайном льду (размножение кольчатой нерпы в дрейфующих льдах — нечастое явление), у нерп рождаются детеныши, которые еще не имеют достаточного опыта и легко становятся добычей хищника. Для беременных и уже родивших детенышей самок белого медведя весна — критически важный период года. В последующее время года, особенно зимой, охота не столь успешна, и часть неполовозрелых медведей, в первую очередь медвежата-сеголетки, погибает от голода. Смертность у медвежат-сеголеток достигает 30–50%, а в особо неблагоприятные годы, когда маме-медведице очень редко удается добыть пищу, смертность сеголетков может достигнуть 50–60% [51]. С возрастом этот показатель снижается и у взрослых особей составляет всего 5–7%.

Вторым по значимости объектом добычи белых медведей является морской заяц. В ряде районов медведи добывают гренландских тюленей, хохлачей [53] и моржей [75]. Известны случаи, когда медведи успешно охотились на белуху и нарвала [76–78], дикого северного оленя [79], если появлялась такая возможность. Также охотно они используют в пищу выброшенных на берег погибших морских млекопитающих и снулую рыбу, посещают птичьи базары, добывают леммингов, когда их много в тундре. Находясь на суше, медведи время от времени поедают растительность. В поисках пищи они заходят в населенные пункты, где могут представлять опасность для человека.

Особо важную роль в сохранении вида сыграло подписанное в 1973 г. Канадой, США, Норвегией, СССР и Данией «Соглашение о сохранении белых медведей». Белый медведь был внесен в список редких видов Международного союза охраны природы (в категорию A3c — уязвимый вид). В России добыча белого медведя запрещена в 1956 г. Группировка белых медведей, населяющая район арх. Шпицберген, подверглась чрезмерному прессу охоты, проводившейся вплоть до 1973 г. Лишь введение запрета на добычу зверя в Норвегии в 1973 г. приостановило дальнейшее падение его численности в этом районе.

В результате принятых мер охраны численность белых медведей в Баренцевом море постепенно восстанавливалась и в настоящее время, возможно, достигла или приблизилась к историческому уровню. Однако появились новые угрозы виду: хозяйственная деятельность на арктическом шельфе и потепление климата в Арктике несут потенциальную угрозу белому медведю. В связи с этим страны ареала белого медведя в 2015 г. в Илулиссате (о. Гренландия) одобрили Циркумполярный план действий по сохранению белого медведя [80], который предусматривает комплекс мер по сохранению и управлению субпопуляциями белого медведя на циркумполярном, национальном и региональном уровнях.

В России белый медведь внесен в Красную книгу [20]. Распоряжением Минприроды России от 05. 07. 2010 г. № 26-р утверждена «Стратегия сохранения белого медведя в Российской Федерации», на основе которой разработан План действий по реализации первоочередных мер по сохранению белого медведя до 2020 г., в том числе в регионе Баренцева моря.

Ситуация с получением новых научных данных может существенно измениться, когда начнется реализация дорожной карты по белому медведю (2020–2024 гг.). В ней предусматривается ряд мероприятий по изучению, сохранению и мониторингу субпопуляций белого медведя, населяющих Российскую Арктику. Сохранению и изучению баренцевоморской субпопуляции способствует также Меморандум по изучению белого медведя в Баренцевом море, подписанный Минприроды России и Министерством по вопросам климата и охраны окружающей среды Норвегии в 2015 г.

Самой большой угрозой для белого медведя признано потепление климата в Арктике, которое сопровождается сокращением площади распространения и толщины ледяного покрова, появлением все большего числа открытых участков воды, отступлением ледовой кромки летом в районы с пониженной биологической продуктивностью, ростом аномальных случаев оттепелей в течение зимы. Эти и другие сопутствующие потеплению климата факторы приводят к изменению многих параметров жизнедеятельности белых медведей, появлению новых болезней и паразитов, увеличению числа конфликтных ситуаций между медведем и человеком, потере части районов размножения.

Негативное воздействие на белых медведей, населяющих Баренцево море, оказывают загряз-

Рис. 3.6.8 Моржи, экспедиция «Кара-Лето-2016»

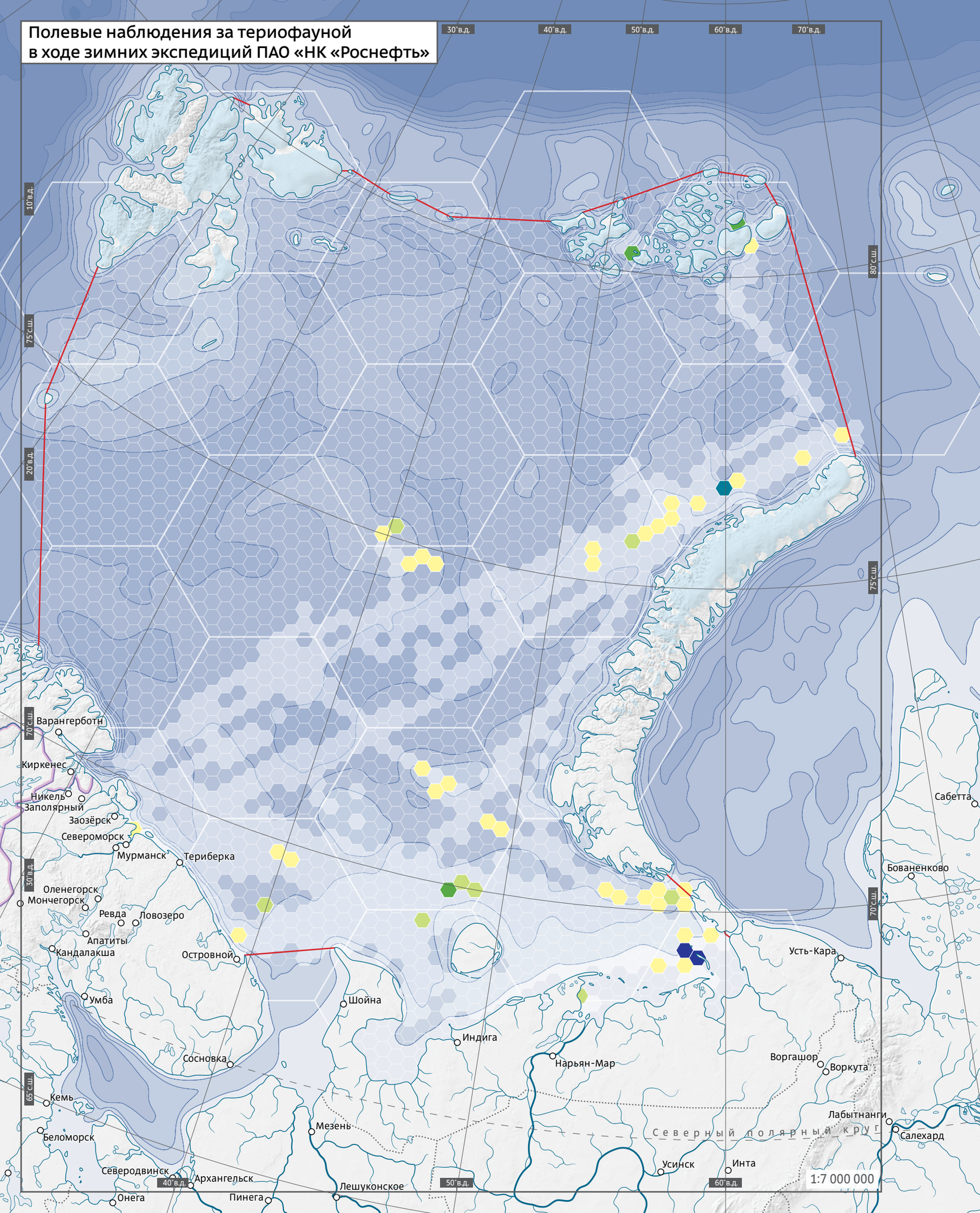
няющие вещества, в первую очередь хлорорганические соединения (СОЗ), которые обладают способностью хорошо растворяться в жирах (липидах), накапливаться и долго в них сохраняться. Как показали исследования, проведенные в конце прошлого — начале текущего столетий [81], суммарные концентрации полихлорбифенилов (ПХБ) в подкожном жире белых медведей были самыми высокими у особей, отловленных в северной части Баренцева моря, в то время как у медведей из Чукотского и Восточно-Сибирского морей уровни накопления ПХБ были сравнительно невысокими. Высказывается предположение [82, 83], что ПХБ оказывают негативное воздействие на иммунную и эндокринную системы белых медведей. Были исследованы уровни накопления у белых медведей (из районов архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Карского, Восточно-Сибирского и Чукотского морей [84]) еще одной группы СОЗ — пестицидов. Самые высокие суммарные уровни отдельных компонентов пестицидов были выявлены у медведей из районов арх. Шпицберген и северной части Баренцева и Карского морей.

Согласно выводам российско-норвежского доклада о состоянии окружающей среды Баренцева моря [16], пока нет веских оснований считать, что ситуация с загрязнением моря значительно изменится в ближайшем будущем.

Распределение моржа в границах Баренцева моря

В морях, омывающих арктическое и дальневосточное побережье России, обитают три подвида моржа: атлантический (*O. r. rosmarus* (Linnaeus, 1758)), лаптевский (*O. r. laptevi* (Chapskii, 1940)) и тихоокеанский (*O. r. divergens* (Illiger, 1815)). В Баренцевом море обитает только атлантический подвид, присутствующий в географических границах моря круглогодично.

Морж относится к одному из самых крупных представителей отряда хищных Северного полушария (рис. 3.6.8). Атлантический подвид — самый мелкий из трех. Бивни у него короче и тоньше, биологическая длина тела может достигать 3,7 м у самцов и 3,5 м у самок. Масса тела самцов до 1500 кг, самок — 700 кг. Половой диморфизм выражается только в размерах и массе [85–88]. Телосложение массивное, кожа покрыта многочисленными складками, очень толстая. На морде имеется большое количество жестких вибрисс. На шее и груди у взрослых самцов множество крупных шишек. Окраска молодых особей темно-коричневая, почти черная, у взрослых особей — желтовато-серая или рыжевато-коричневая. Главное отличие семейства моржовые (Odobenidae) — наличие массивных и длинных клыков в верхней челюсти. У самок они тоньше и короче [88].


Полевые наблюдения за териофауной
в ходе зимних экспедиций ПАО «НК «Роснефть»
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Бованенково
Сабетта
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Северный полярный круг
1:7 000 000

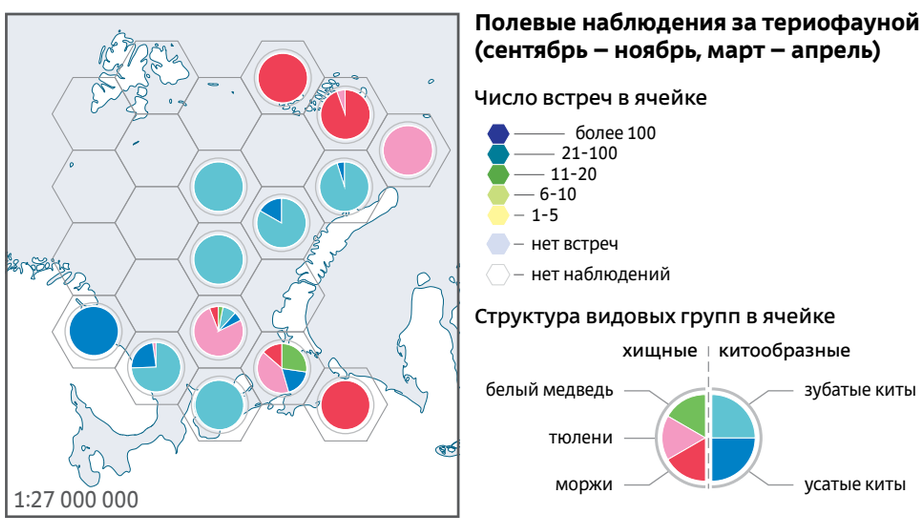
Продолжительность жизни моржа — около 40 лет [85]. Половой зрелости самцы достигают в возрасте 7–9 лет, самки — 6–8 лет. Спаривание происходит в январе — марте в районах дрейфующих льдов [89]. Беременность длится 15–16 месяцев, период лактации — до 2 лет. Ритм размножения у самок разный: некоторые молодые самки рожают ежегодно или раз в два года, но большинство — один раз в три-четыре года. Детеныши рождаются в апреле–мае и весят от 45 до 75 кг [90].

Морж является узкоспециализированным видом, основу его питания составляют двустворчатые моллюски и другие донные беспозвоночные (ракообразные, черви, иглокожие). Некоторые взрослые особи моржа могут питаться тюленями и птицами. Кормятся моржи, всасывая пищу и обычно проглатывая только мягкие части (моллюсков, червей, голотурий). Атлантический морж предпочитает глубины от 20 до 80 м для добывания донной пищи [89].

Морж — животное стадное, с продолжительным (до двух лет) периодом лактации и тесными социальными связями в группе. Для моржей характерно образование устойчивых групп как на зимовке, так и в местах нагула [91]. Самцы, не участвующие в размножении, могут собираться в отдельные (холостяковые) стада. Моржи предпочитают залегать на льдах, но с началом распада льдов (в летне-осенний период) они образуют береговые залежки. Гидрометеорологические условия играют важнейшую роль при формировании динамики численности и половозрастного состава моржей на береговых залежках [92]. Анализ данных спутникового слежения за атлантическими моржами показал, что в среднем животные проводят 75% времени в воде и 25 % — на залежках [93].

В 1940-х гг. популяция моржей в Баренцевом море в результате интенсивного промысла сократилась особенно сильно. По опросным данным, звери появлялись в районе прол. Карские Ворота нерегулярно, на севере арх. Новая Земля сохранились лишь 2–3 небольшие залежки. Позже происходил рост численности, о чем свидетельствовали, например, участившиеся появления зверей в летние месяцы у северного и западного побережья о. Вайгач и даже попытки основать здесь береговые залежки (на о-вах Большом и Малом Цинковых в Лямчиной губе) [94]. В 1952–1955 гг. численность моржей в районе архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа была близкой к 2500 особей.

Современное распространение моржа в географических границах Баренцева моря приурочено к архипелагам Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, о-вам Виктория, Вайгач, Колгуев и Медвежий (рис. 3.6.9). Однако моржам свойственно значительное перераспределение в пределах ареала в зависимости от сезона и ледовой обстановки [54]. Основные известные места зимовки — мелководья юго-востока Баренцева моря и район арх. Земля Франца-Иосифа [24]. Крупных агрегаций на зимовке в Баренцевом море моржи не образуют, наиболее часты встречи групп менее 10 особей. Единственное наблюдение групп моржей в 100–120 голов было сделано в 1977 г. вблизи о-вов Гуляевские Кошки. В летний период в Баренцевом море моржи образуют залежки на островах архипелагов Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, на островах Печорского моря, на о. Вайгач. Отмечались залежки моржей вдоль северной оконечности о. Северный арх. Новая Земля от бух. Русская Гавань до бух. Ледяная Гавань и на

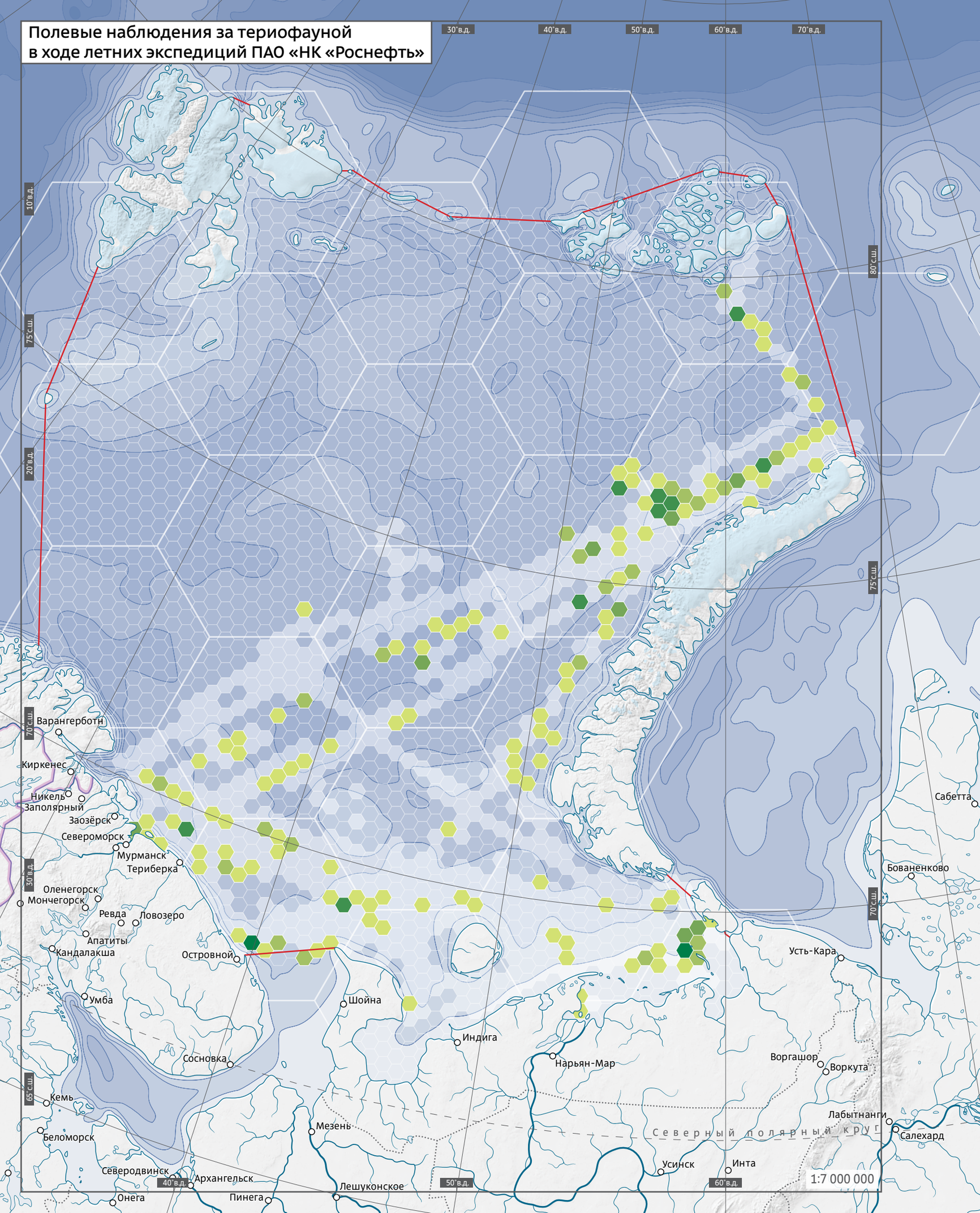


Полевые наблюдения за териофауной в ходе зимних экспедиций (сентябрь – ноябрь, март – апрель)

Число встреч в ячейке

- более 100
- 21-100
- 11-20
- 6-10
- 1-5
- нет встреч
- нет наблюдений

Структура видовых групп в ячейке


Полевые наблюдения за териофауной
в ходе летних экспедиций ПАО «НК «Роснефть»
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Бованенково
Сабетта
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Северный полярный круг
1:7 000 000

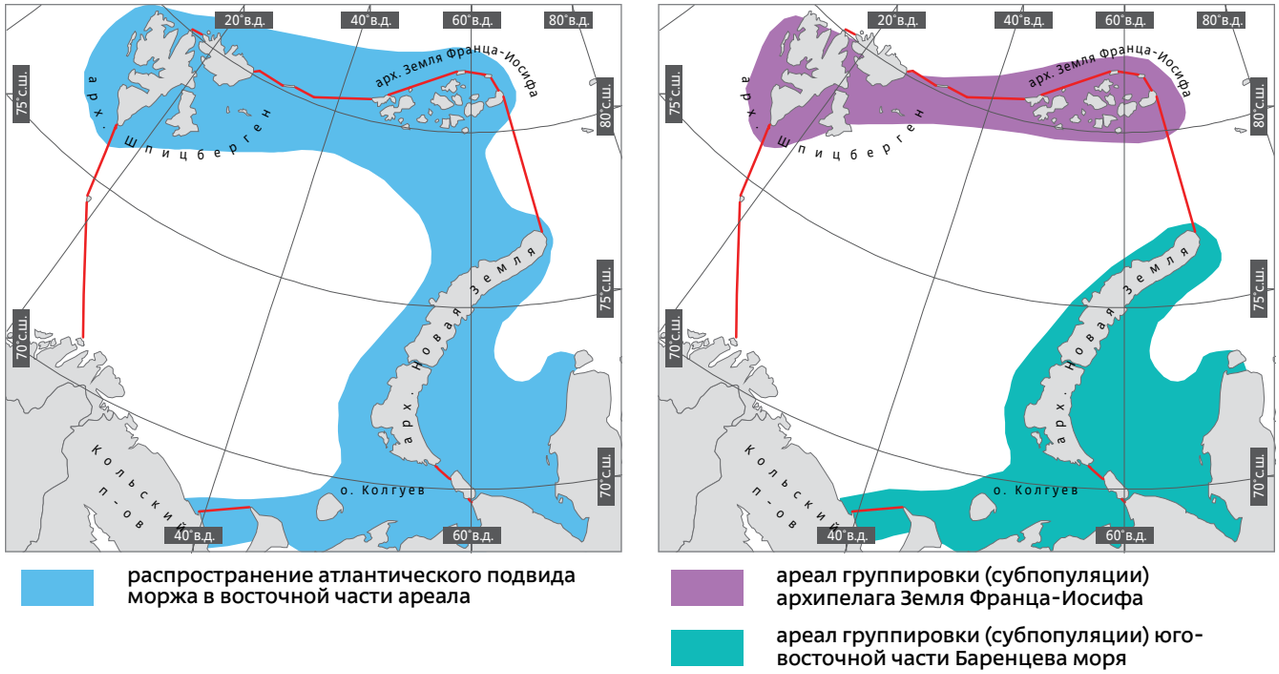
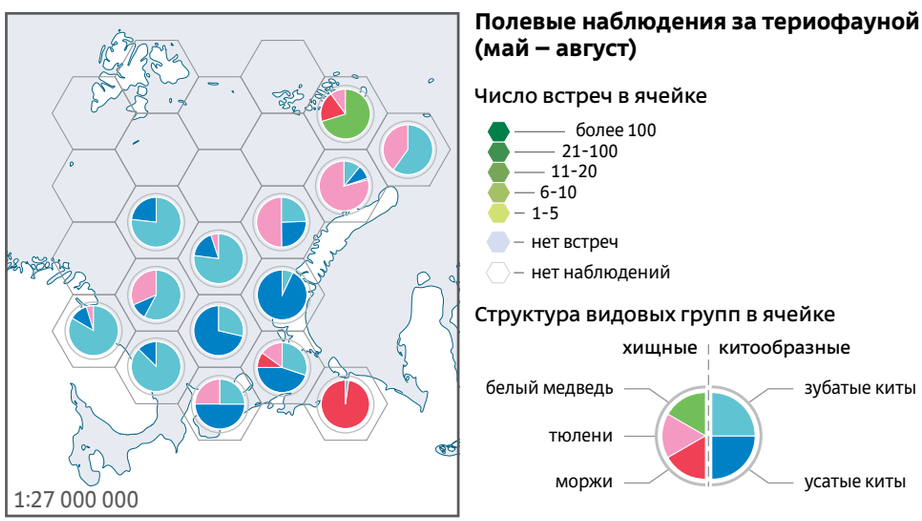


Рис. 3.6.9 Распределение атлантического моржа в безледный период по данным Norwegian Polar Institute [по 95]

Оранских островах. Сведений о численности вида на залежках, расположенных на западном побережье арх. Новая Земля, нет.

Архипелаги Шпицберген и Земля Франца-Иосифа населяет предположительно единая группировка или популяция, причем основное маточное поголовье (самки и молодые особи) сосредоточено в водах арх. Земля Франца-Иосифа и о. Виктория. На арх. Земля Франца-Иосифа моржи обычны в проливах между островами. По наблюдениям в середине лета можно выделить следующие места концентраций: прибрежные воды о-вов Хейса, Комсомольские, Артура и Земля Александры, проливы у о-вов Пайера, Столичка, Апполонова, Ля-Ронсьер, Кейна и Куна [96].

По наблюдениям в конце августа 2004 г., на дрейфующих льдах Северо-Восточного (австрийского) прохода и прилежащих акваторий моржи залегали поодиночке и группами до 17 особей, в среднем 4,2±3,8 особи. В большинстве групп присутствовали самки с детенышами, взрослые самцы встречались крайне редко [96]. Животные



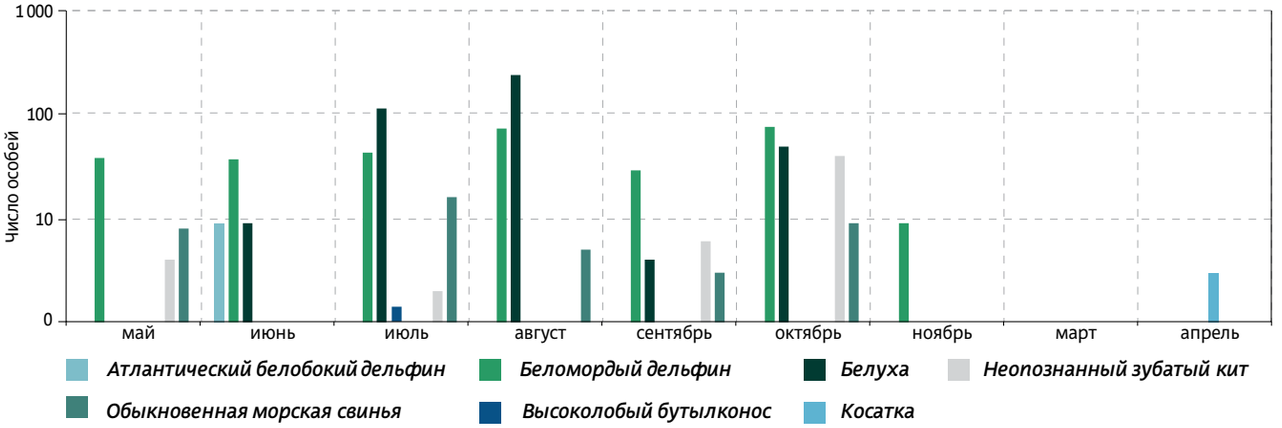


Рис. 3.6.10 Количество встреченных особей подотряда Зубатые киты за период 2014–2019 гг.

держатся как на дрейфующих льдах, так и воде, могут выходить на побережье поодиночке и небольшими группами, не образуя долговременных залежек, на о. Виктория общая численность моржей может достигать 1000 голов. Такой максимум приходится на июль — сентябрь, когда акватория острова полностью свободна ото льда [96].

Гораздо меньше информации о зимнем распределении моржей на арх. Земля Франца-Иосифа. В апреле 2010 г. моржи наблюдались регулярно вдоль кромки припая в полынье к северо-западу от о. Земля Александры (одиночки и небольшие группы), а также в полынье к северу от прол. Британский канал [54].

На побережье в юго-восточной части моря в последние десятилетия наблюдаются береговые залежки моржей на о-вах Вайгач, Голец, Матвеев и Долгий, п-ове Русский Заворот. В летний период, по мере таяния льдов, часть моржей из юго-восточной части Баренцева моря мигрирует через проливы в Карское море [97]. Обратная миграция наблюдается в ноябре—декабре.

Размеры встреченных групп на о. Матвеев в Печорском море достигают 400 и более особей [98]. Анализ распределения встреч и поведения животных, а также проведенное спутниковое мечение показало, что в летне-осенний безледовый период, помимо районов около береговых лежбищ, моржи активно используют акваторию между юго-западным берегом о. Вайгач и о. Матвеев [97]. Вероятно, этот район является для них ключевой кормовой зоной, что подтверждается результатами обследований донной фауны бесповоночных разными методами [99].

Наблюдения свидетельствуют о том, что срок пребывания моржей на лежбищах островов Печорского моря может быть растянут до середины — конца ноября в зависимости от складывающейся ледовой обстановки. Число животных на залежках здесь колебалось от 24 до 464 особей. При появлении в районе залегания моржей льда, который по своим характеристикам мог быть использован ими как платформа, животные сразу же начинали перемещаться с береговых лежбищ на лед [98].

Сравнительно крупные залежки моржей отмечены на о. Колгуев, в особенности на юго-восточных его берегах, однако, по имеющимся на настоящий момент данным, их формирование носят нерегулярный характер [100]. Весеннее распределение моржей на льдах Печорского моря до сих пор практически не изучено.

Наиболее значимым районом Печорского моря для моржей в период с июня по октябрь можно считать прибрежные участки западного побережья о. Вайгач, а также всю акваторию от юго-западного побережья о. Вайгач до о-вов Гуляевские Кошки [100]. Во время весенних авианаблюдений в Печорском море отмечены все половозрастные категории моржей, включая самок с детенышами различного возраста, а на летних лежбищах присутствуют в подавляющем большинстве взрослые самцы [100]. Это означает, что самки с зависимыми детенышами (а возможно, и некоторые взрослые самцы) покидают этот район в безледовый период. Пока достоверно не выяснено, где эта часть популяции проводит летне-осенние месяцы.

Результаты исследований териофауны ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море

С 2012 г. в состав программы крупномасштабных арктических экспедиций ПАО «НК «Роснефть» включен блок работ по изучению морских млекопитающих Арктического региона. Основной метод сбора данных — попутные судовые наблюдения, позволяющие оценить сезонное видовое обилие

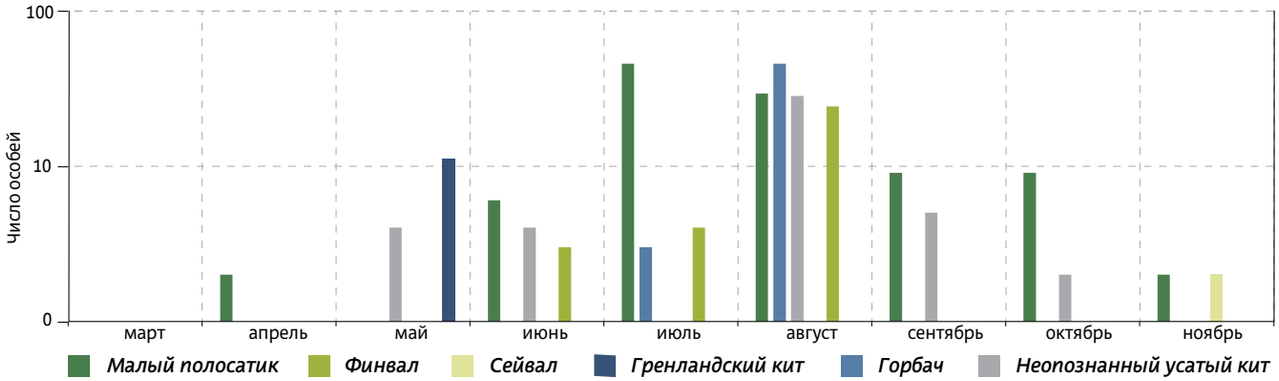


Рис. 3.6.11 Количество встреченных особей подотряда Усатые киты за период 2014–2019 гг.

и встречаемость, к специализированным исследованиям можно отнести проведение экологических мониторингов, работы по оценке кормовой базы, а также комплексные летние и зимние экспедиции («Кара-Зима-2014», «Кара-Лето-2014», «Кара-Зима-2015» и «Кара-Лето-2015» и др.). Всего было организовано более 30 длительных экспедиций, затрагивающих как ледовый, так и безледный сезон. За более чем шестилетнюю историю исследований удалось в значительной мере изучить видовое разнообразие, выявить места концентрации, уточнить некоторые аспекты экологии видов, обитающих в географических границах Баренцева моря.

В Баренцевом море наиболее полно обследованы центральная, южная и восточная части, а также юго-восточная часть — акватория Печорского моря. Наблюдения на севере ограничены юго-восточной и центральной частью арх. Земля Франца-Иосифа. Остальные акватории в рамках экспедиций не обследовались вследствие целенаправленных транзитов судов через Баренцево море для проведения исследований в других районах.

В ледовый сезон данные по встречам с морскими млекопитающими собирались с движущегося судна, поэтому большая часть встреч приурочена в основном к трассе Северного морского пути, а также к основным районам работы ледокольных судов. Выбор зимнего маршрута судов в значительной степени приурочен к особенностям ледовой обстановки в акватории и основным задачам экспедиции. Имеющееся географическое и сезонное покрытие попутными наблюдениями достаточно объемно, но позволяет сделать выводы только о видовом обилии в обследованной акватории и встречаемости видов.

Зубатые киты. Всего в географических границах Баренцева моря за период исследований зарегистрировано шесть видов, принадлежащих к подотряду Зубатые киты (Odontoceti) (рис. 3.6.10). Лидирующую позицию как по встречаемости, так и по численности особей занимает белуха — максимально количество регистрируется в августе. Зачастую белух встречали в акватории близ м. Канин Нос, в центральной части Баренцева моря и акватории арх. Земля Франца-Иосифа.

В безледный период (с мая по сентябрь) регулярно регистрировали обыкновенных морских свиней и беломордых дельфинов. В начале безледного сезона (май—июнь) регистрировались беломордые и атлантические белобокие дельфины (только июнь.) К середине сезона открытой воды (июль—август) видовое разнообразие наиболее богато и значительно возрастает численность встреченных особей. В сентябре количество регистрируемых видов и их численность снижаются и вновь возрастают октябре. Со становлением льда в акватории регистрировались только два вида из подотряда Зубатых китов — в ноябре беломордый дельфин и в апреле было несколько встреч с косатками. Беломордый дельфин присутствует в акватории Баренцева моря на протяжении и ледового, и безледного сезона.

Примечательно, что в 2016 г. зарегистрировано несколько встреч с особями беломордых дельфинов в Карском море, которое достаточно удалено от восточной границы общеизвестного ареала вида [101].

Усатые киты. Из подотряда Усатые киты (Mysticeti) в географических границах Баренцева моря зарегистрированы четыре вида семейства Полосатиковые (Balaenopteridae): малый полосатик (Минке), горбач, сейвал и финвал (рис. 3.6.11).

В самом начале безледного сезона (май) было встречено 11 особей гренландского кита в акватории арх. Земля Франца-Иосифа. В июне—июле начинают регистрироваться горбачи, а количество зарегистрированных особей малого полосатика вырастает до максимальных значений. В конце лета возрастает количество зарегистрированных горбачей. Нужно отметить, что основное количество малых полосатиков и горбачей регистрировалось близ западного побережья арх. Новая

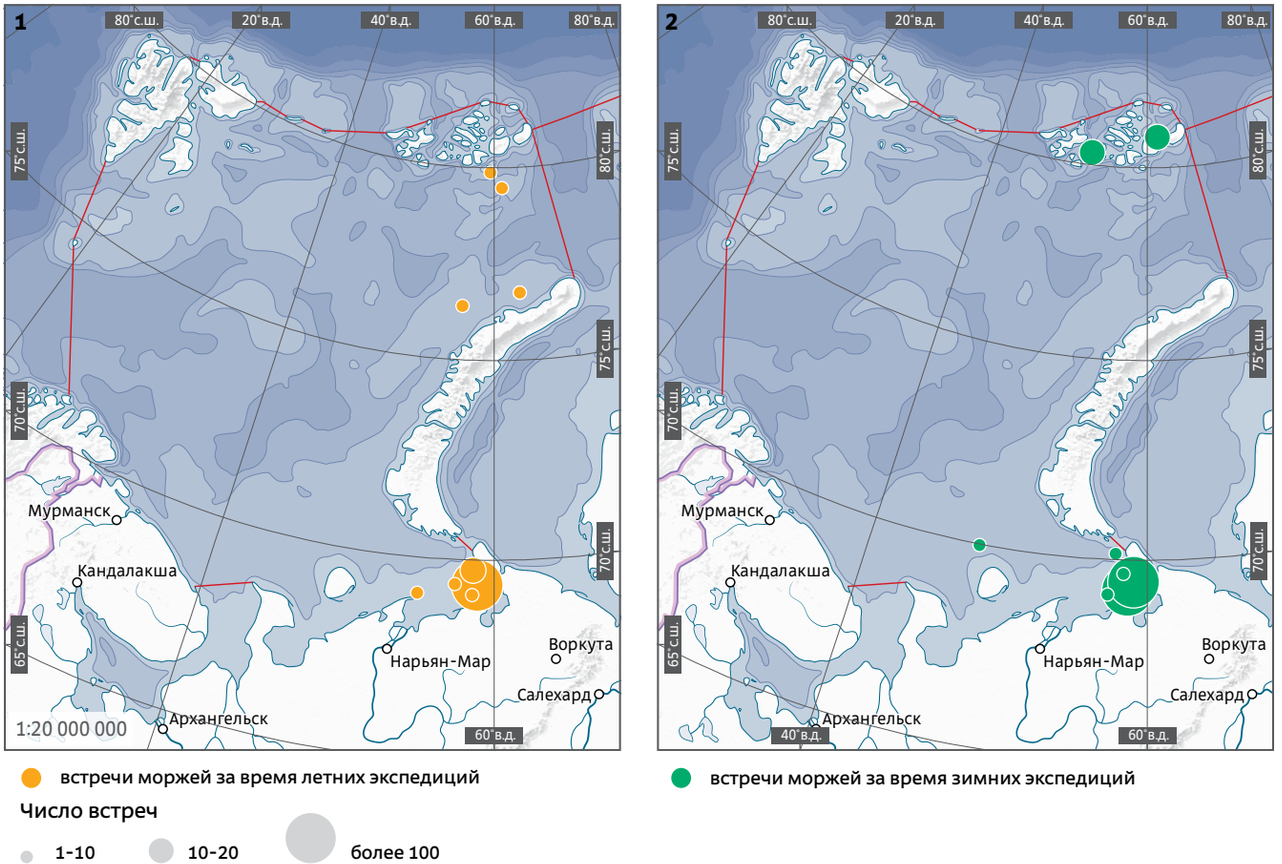


Рис. 3.6.12 Встречи атлантических моржей

Земля. Массовый подход китов в данную акваторию в августе может быть связан с подходом стайной рыбы, например мойвы или сайки [102]. В августе максимально возрастает количество встреченных особей и видовое разнообразие усатых китов: помимо ранее упомянутых видов, регистрируются сейвалы и северные финвалы, все встречи в данный период приурочены к центральной части акватории и близ берегов арх. Новая Земля.

В осенний период, перед началом ледового сезона, число встреченных особей резко уменьшается, встречаются только малый полосатик и горбач. Близ кромки льдов зарегистрированы лишь два вида — кит минке и финвал. В апреле регистрировался только малый полосатик в акватории, прилегающей к Кольскому полуострову.

Хищные морские млекопитающие. В период проведения исследований зарегистрировано четыре вида семейства Настоящие тюлени (Phocidae) — гренландский тюлень, кольчатая нерпа, морской заяц и обыкновенный тюлень, один вид семейства Медвежьи (Ursidae) — белый медведь, а также атлантический подвид моржа (рис. 3.6.12, 3.6.13). Встречаемость хищных вследствие их экологии и приверженности льдам (пагофильные виды) сильно отличается от китообразных. Круглогодично регистрируются кольчатая нерпа и атлантический подвид моржа. Ярко выражена сезонность встреч гренландского тюленя и белого медведя.

Первые встречи зарегистрированы в июне, причем белые медведи регистрировались как на льду, так и в воде. С начала июля, с таянием льдов, встречи с белым медведем не регистрируются до апреля, однако начинает расти количество встреч с атлантическим подвидом моржа. Наиболее массовые встречи моржа регистрируются в акватории Печорского моря, на ежегодных залежках на о-вах Долгий, Матвеев и Вайгач. В августе зарегистрированы встречи обыкновенного тюленя в акватории близ Восточного Мурмана.

Увеличение числа встреч гренландского тюленя происходит к концу лета (август) на сформировавшихся концентрациях мойвы, сайки, сельди, тресковых и прочих видов рыб [103, 104]. Увеличение числа встреч в апреле может быть связано с формированием линных и щенных залежек тюленей.

В ледовый сезон наиболее массовый вид — атлантический морж, регистрируемый в прикромочных

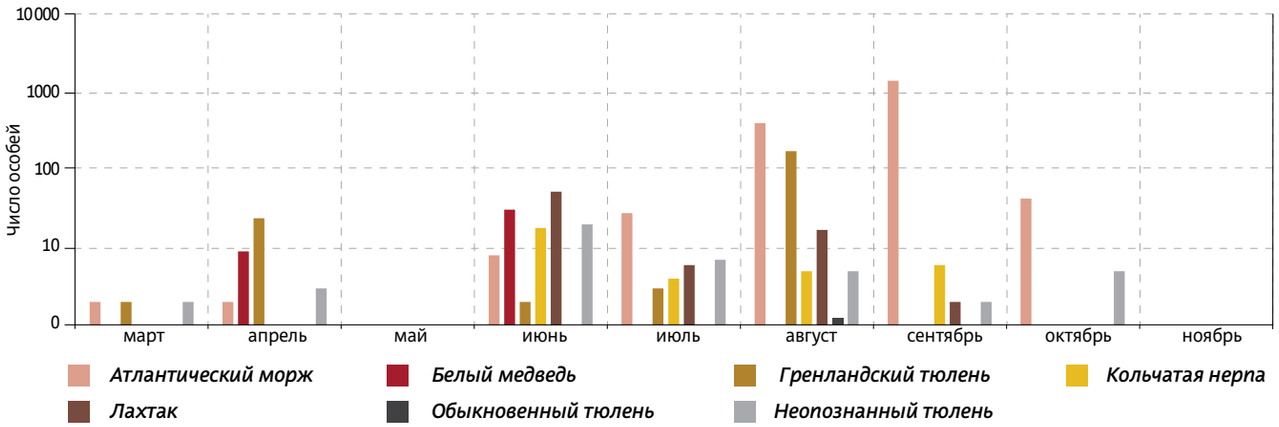


Рис. 3.6.13 Количество встреченных особей отряда Хищные за период 2014–2019 гг.

областях и акваториях высоких широт (арх. Земля Франца-Иосифа, Западно-Приновоземельская заприпайная полынья). Вновь регистрируется белый медведь, причем все встречи белого медведя приурочены к о. Южный арх. Новая Земля и о. Вайгач.

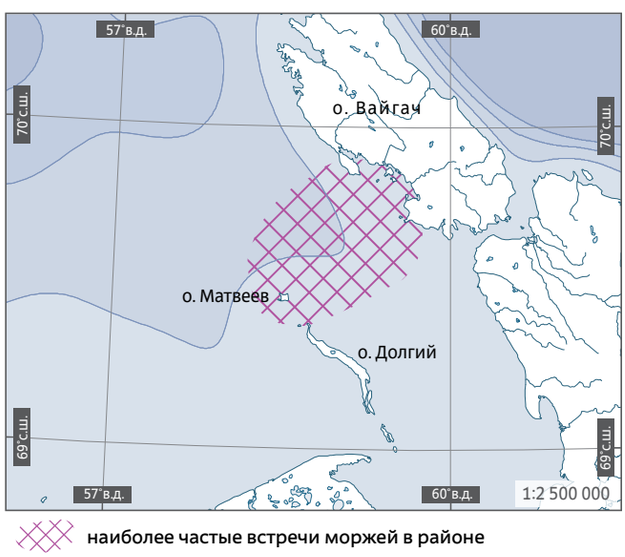
Атлантический подвид моржа. При планировании и ведении производственной деятельности ПАО «НК «Роснефть» всегда проводит экологический мониторинг в зоне своей ответственности. Так, в восточной части Печорского моря особое внимание Компания уделяет одному из наиболее ярких и узнаваемых видов — биоиндикаторов состояния экосистемы региона — моржу атлантического подвида.

Вид занесен в Красную книгу Российской Федерации, категория 2; в списке угрожаемых видов Международного союза охраны природы (The IUCN Red list of Threatened Species) атлантическому подвиду в целом присвоена категория NT (Находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому) A3c ver 3.1.

В 2019 г. Компания совместно со специалистами из Центра морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова, Научного экспедиционного центра «Морские млекопитающие», а также сотрудниками государственного природного заповедника «Ненецкий», провели специальные исследования южной группировки атлантического подвида моржа в Печорском море.

Целью этих исследований было получение необходимой информации об атлантическом морже для оценки состояния популяции, исследуемой акватории и обеспечения экологически безопасной реализации проектов на шельфе. Перед исследователями также стояли задачи оценки устойчивости популяции к антропогенным воздействиям и выявления возможных источников и характера загрязнения местообитаний на основе анализа накопленных стойких органических загрязнителей в тканях моржей. Для решения этих задач использовались методы визуальной оценки численности, авиаобследований, дистанционный отбор проб тканей живых особей и их последующий анализ, мечение особей спутниковыми передатчиками, сбор экскрементов в местах постоянного пребывания моржей, мониторинг освоения и суточной динамики ежегодно формируемых лежбищ посредством установки автономных фоторегистраторов.

Исследования атлантического моржа проводились в летне-осенний период на п-ове Лямчин, м. Бол. Лямчин Нос (о. Вайгач). Выбор акватории исследований был основан на результатах предыдущих исследований, которые показали, что моржи используют удобные для формирования береговых залежек места на о-вах Вайгач и Матвеев как единое комплексное береговое местообитание в безледовый период [105, 106] (рис. 3.6.14). Учи-



Район проведения исследований

Рис. 3.6.14

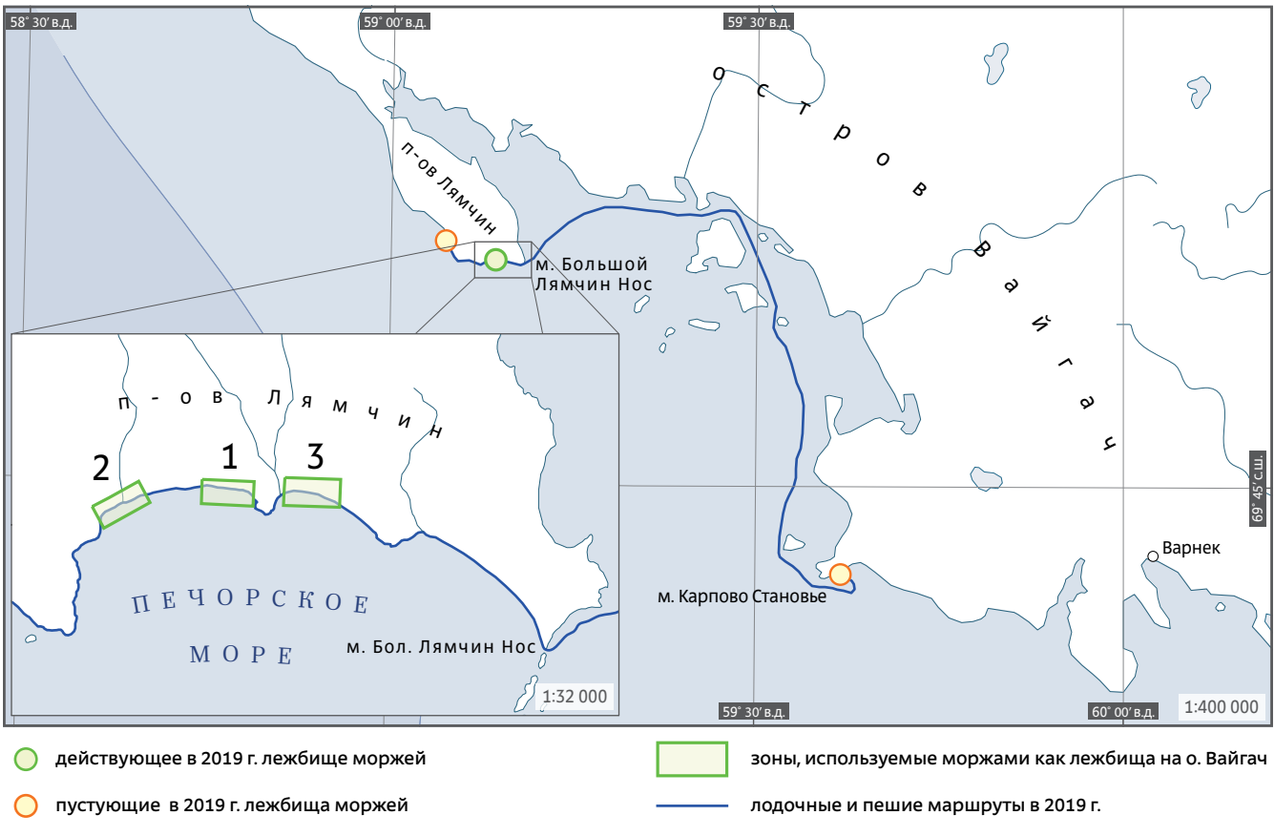


Рис. 3.6.15 Маршруты обследования побережья острова Вайгач в 2019 г. и места обнаружения лежбищ моржей

тывая этот факт, а также особый режим охраны территории (ГПЗ «Ненецкий»), все инвазивные работы по мечению и отбору биологических проб от моржей проводились на о. Вайгач.

Анализ встречаемости и пространственного распределения моржей был сделан на основе данных, полученных в ходе проведения пеших и лодочных маршрутов на юго-западной части побережья о. Вайгач, визуальных наблюдений на лежбище, а также работы автономных фоторегистраторов.

В ходе обследования юго-западной части побережья о. Вайгач (рис. 3.6.15) лежбище моржей было обнаружено только на м. Бол. Лямчин Нос. В других районах, где лежбища были зарегистрированы в предыдущие годы, моржей обнаружено не было.

По результатам визуальных наблюдений, подкрепленных автоматической фотосъемкой (рис. 3.6.16), был построен график, характеризующий динамику численности моржей на лежбище в период наблюдений (рис. 3.6.17). Максимальное количество моржей на лежбище составило 138 особей. Характер использования (частота появления животных, длительность пребывания, массовость присутствия на лежбище и т. п.) лежбища был

Табл. 3.6.3 Результаты проведения авиаобследований с помощью БПЛА

Дата	Количество моржей на лежбище*	Количество моржей в воде*	Lx/Lmax**		
			0,1–0,4	0,4–0,6	0,6–1
15.08.2019	138	4	0	18	102
16.08.2019	13	2	0	0	13
18.08.2019	13	1	0	0	13
19.08.2019	16	0	0	0	15
20.08.2019	70	0	0	0	62
22.08.2019	73	1	0	0	62

*максимальное значение за день; **Lx/Lmax — индекс биологического размера особей к биологическому размеру взрослой особи.

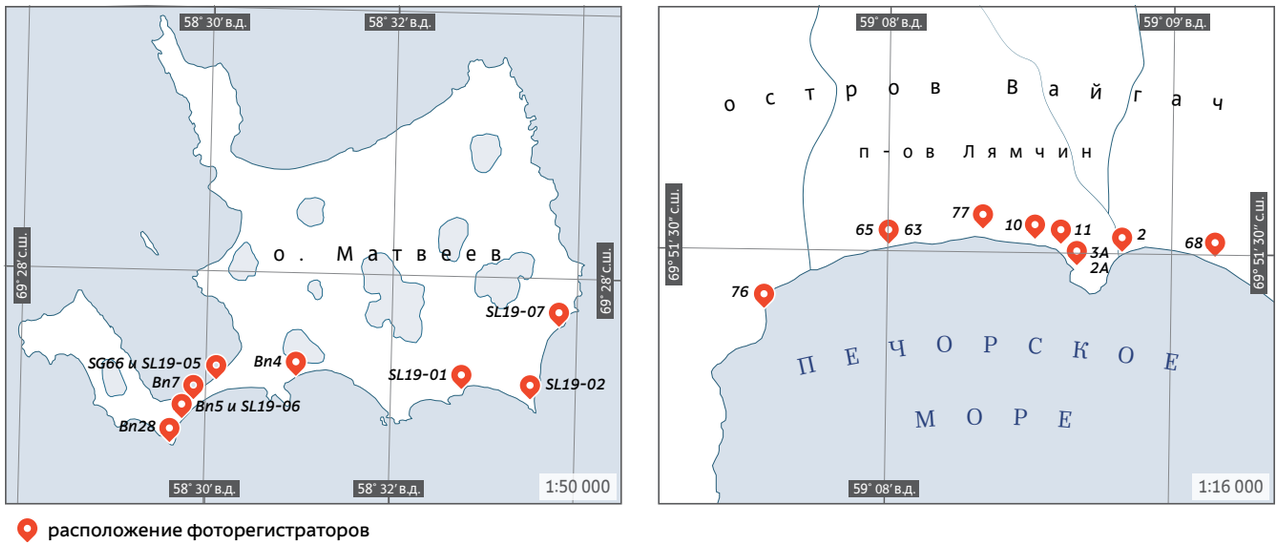


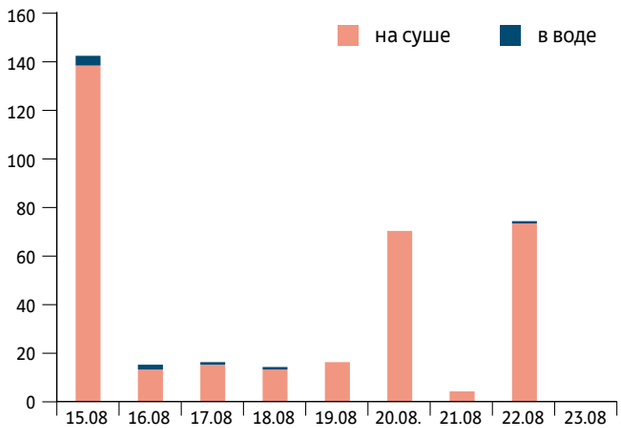
Рис. 3.6.16 Места установки фотоловушек на островах Матвеев и Вайгач

неравномерный и менее активный, чем в предыдущие годы, когда лежбище использовалось более интенсивно и равномерно по времени. Полученные в ходе авиаобследования с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) данные позволили оценить количество и возрастную категорию моржей на лежбище (табл. 3.6.3).

Все 10 фоторегистраторов, установленных на лежбище о. Вайгач в ходе проведения первого экспедиционного этапа проработали в штатном режиме. Продолжительность работы в среднем составила 54 дня. В 2019 г. моржи на лежбище о. Вайгач выходили в зонах 1 и 2. В зоне 3, с противоположной стороны скалистого выступа, животных на лежбище зарегистрировано не было. Наиболее интенсивно моржами использовался участок берега зоны 1. Возможно, моржи отдавали предпочтение зоне 1 из-за того, что эта часть берега прикрыта скалой от ветров разных направлений.

На о. Матвеев также были установлены 10 фоторегистраторов. Животные отмечены только на одном установленном регистраторе, охватывающем южную часть лежбища (SL19-05, см. рис. 3.6.16).

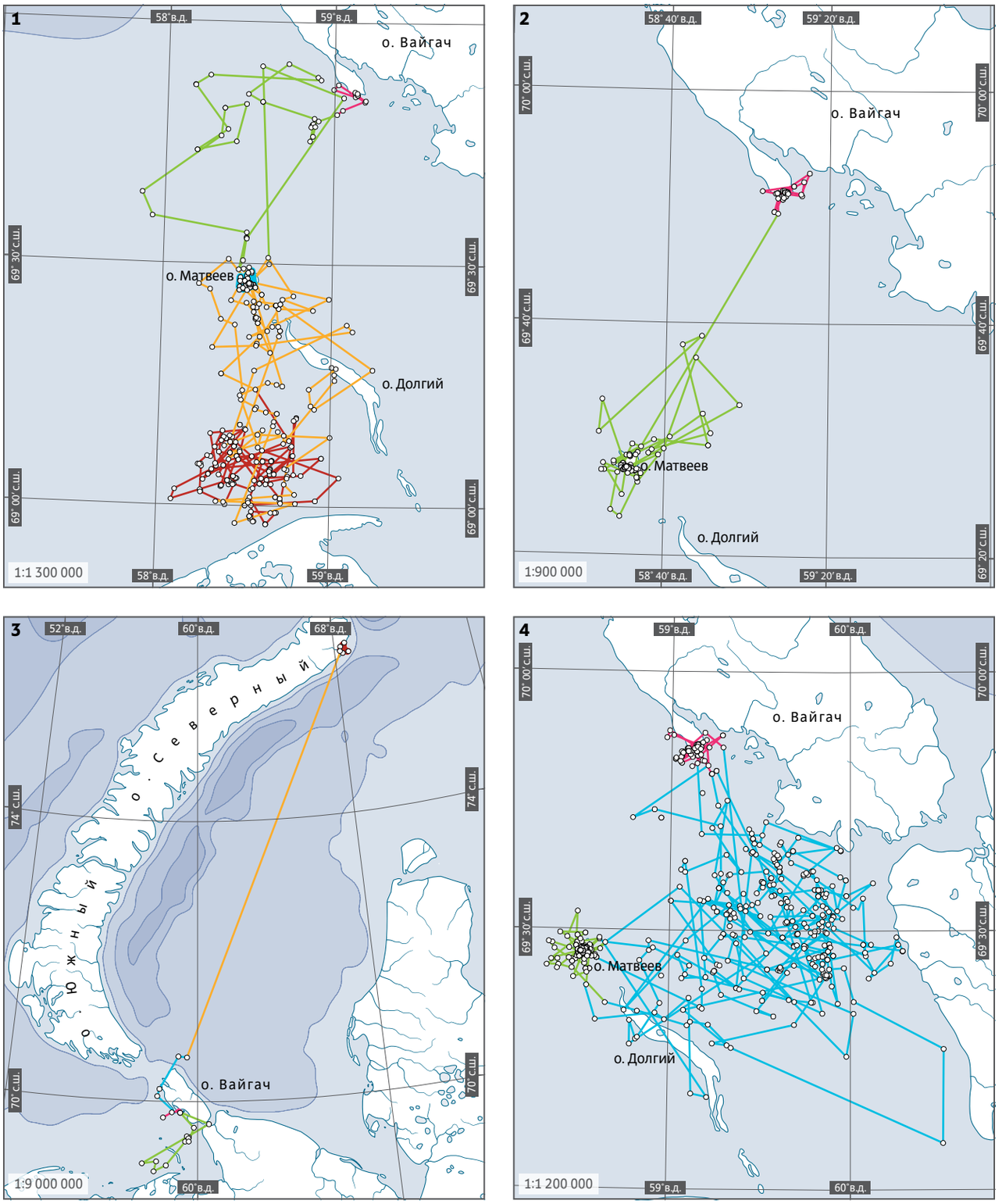
Основываясь на наблюдениях прошлых лет [105, 106], в ходе которых исследователи неоднократно фиксировали 6–7-дневную цикличность пиков численности животных на лежке, можно сказать, что только мониторинговые работы длительностью не менее недели позволяют учесть максимальную численность в один из этих пиков. Так, в период наблюдения с 15 по 22 августа такой пик пришелся на 20 августа. Количество учтенных моржей в этот день составило 400 особей. Однако



Динамика количества моржей на лежбище на острове Вайгач (максимальное значение численности за день) Рис. 3.6.17

за аналогичный период наблюдений в 2017 г. было зафиксировано 1026 моржей 16 августа, тогда как в 2019 г. в эти дни количество животных не превышало 45–70 особей.

При определении возрастного показателя животных особый интерес представляло наличие на лежбище детенышей. Результаты измерений проекций длин моржей показали, что за весь период наблюдений основу составляли взрослые животные с индексом биологического размера от 0,6 до 1 (соотношение реальной длины особи от кончика носа до наиболее выступающей задней части тела к биологическому размеру взрослой особи). Детенышей, индекс биологического размера которых составлял 0,1–0,4 от биологического размера взрослой особи, отмечено не было ни в один из дней наблюдений, однако на лежбище был за-



Результаты работы спутниковых передатчиков, установленных на моржей атлантического подвида, помеченных на м. Бол. Лямчин Нос в 2019 г.

Табл. 3.6.4 Характеристика передатчиков, установленных на моржей в 2019 г. на полуострове Лямчин (остров Вайгач; 69,856 с. ш., 59,148 в. д.)

ID передатчика	Дата установки	Дата завершения работы	Общее кол-во локаций*	Кол-во «отфильтрованных» локаций**
163841	16.08.2019	30.09.2019	408	362
163842	21.08.2019	09.09.2019	308	195
163845	21.08.2019	16.09.2019	477	404
163846	22.08.2019	28.09.2019	686	554
184121	22.08.2019	22.08.2019	—	Сброшен моржом в месте мечения

*локация, переданная посредством спутниковой, связи информация от метки о ее физическом местоположении в пространстве.
**отфильтрованная локация, местоположение, удовлетворяющее параметрам точности местоположения, позволяющим определить нахождение моржа в акватории с погрешностью в ±25 м.

регистрирован подросший моржонок размером в половину взрослого моржа (из категории 0,4–0,6). Этот молодой морж, вероятно, недавно отделился от матери, но был вполне самостоятельным.

В ходе экспедиции животные были помечены спутниковыми передатчиками с гарпунным типом крепления. Метки были установлены на пять взрослых особей атлантического подвида моржа (табл. 3.6.4). Место установки — береговое лежбище моржей на о. Вайгач (рис. 3.6.18), м. Бол. Лямчин Нос. Устанавливали гарпунную метку дистанционно, при этом обездвиживание моржей не проводилось.

Одна из меток (под номером 184121) перестала посылать сигнал — вероятно, животное сбросило метку либо повредило ее о грунт или донный субстрат (перелом антенны, срыв передатчика с гарпунного основания, срыв метки целиком и т. д.). Метка тарифицировалась в ARGOS на протяжении нескольких недель, но сигнала с нее так и не поступило. Морж, помеченный меткой 163841 (см. карту на с. 270, 1), покинул лежбище на м. Бол. Лямчин Нос в день мечения (16.08.2019) и два дня держался на акватории между о-вами Вайгач и Матвеев. Как минимум трижды этот морж выходил на лежбище на о. Матвеев, активно осваивал район о-вов Матвеев и Долгий и район к северу от материкового берега,

Залежка моржей на острове Вайгач Рис. 3.6.18

дважды переходя из одного района в другой, пока передатчик не отключился. Морж, помеченный меткой 163842 (см. карту на с. 270, 2), в течение двух дней после мечения держался на лежбище, затем сместился к о. Матвеев. Морж, помеченный меткой 163845 (см. карту на с. 270, 3), пять суток продержался в районе лежбища на м. Бол. Лямчин Нос, а также предпринял небольшой проход по акватории между м. Бол. Лямчин Нос и о-вами Матвеев и Долгий, затем 27–28 августа он был отмечен обходящим о. Вайгач через прол. Карские ворота в направлении Карского моря. С 29 августа по 5 сентября сигналы с передатчика не поступали, так как морж двигался по морю на север, преодолев по прямой более 700 км. С 7 по 16 сентября (когда метка выключилась) метка сигналила из района о. Гемскеркра. Морж, помеченный меткой

Результаты работы спутниковых передатчиков, установленных на моржей в 2019 г.

1 — ID передатчика 163841
- 24.08.2019
- 24-25.08.2019
- 01-09.09.2019, 06.09.2019, 08-11.09.2019
- 27.08.2019, 01-03.09.2019, 05-09.09.2019
- 27-31.08.2019, 03-05.09.2019, 08.09.2019

2 — ID передатчика 163842
- 21-22.08.2019
- 25.08-09.09.2019

3 — ID передатчика 163845
- 21.08.2019; 25-26.08.2019
- 23-24.08.2019
- 29.08-05.09.2019
- 07-15.09.2019
- 16.09.2019

4 — ID передатчика 163846
- 22.08.2019; 26-27.08.2019, 13-15.09.2019
- 20-22.08.2019, 05-07.09.2019
- 22-25.08.2019, 27.08-07.09.2019, 09-13.09.2019, 30.08-24.09.2019, 26-28.09.2019

163846 (см. карту на с. 270, 4), осваивал одновременно районы лежбища на м. Бол. Лямчин Нос, на о. Матвеев и акваторию между о-вами Матвеев, Долгий и Вайгач.

Сбор образцов биопсии — прижизненное взятие образцов кожи и подкожного жира у животных — проводился дистанционно на лежбище с помощью арбалета со специальной стрелой с наконечником для взятия биопсии. Выстрел из арбалета производился с земли с расстояния 10–15 м в спину животного.

В специализированных лабораториях были проанализированы 18 отобранных образцов. Для определения половой принадлежности использовали две пары праймеров (для независимого контроля результатов), указанных в работах [107] и [108].

Анализ на степень родства особей подтвердил, что исследованные выборки генетически не различаются между собой и составляют единую репродуктивную группировку даже несмотря на то, что среди животных 2019 г. не было обнаружено тех, от которых были отобраны пробы в 2012 и 2013 гг. [105]. Показатели генетического разнообразия мтДНК образцов атлантического подвида моржа выборки 2019 г. ниже таковых тихоокеанского подвида моржа и сравнимы с моржом лаптевского подвида [109]. Такие результаты могут говорить в целом о более низком генетическом разнообразии атлантического подвида моржа по сравнению с тихоокеанским. Также на основании генетического анализа выявлено большее родство атлантического моржа о. Вайгач с моржами арх. Шпицберген, чем с моржами о. Гренландия.

Для анализа объектов питания было собрано 16 проб экскрементов на лежбище о. Вайгач. Из материала извлечены фрагменты не менее 78 беспозвоночных, принадлежащие минимум 18 видам, фрагменты костей рыб и шерсть. В составе образцов присутствовали также мелкие беспозвоночные, которые, скорее всего, не являются объектами питания моржа, но попали в пробы при всасывании моржом части грунта или при сборе биологического материала на лежбище. Среди беспозвоночных, извлеченных из проб, наиболее многочисленны были фрагменты створок раковины мидии съедобной *Mytilus edulis*. Их встречаемость в пробах составила 83%. Всего найдено не менее 16 особей мидии, по большей части крупных экземпляров — от 35 мм. В половине проб встречались в большом количестве крупные крючковидные щетинки сидячих полихет — предположительно, из крупных Sabellidae (*Chone* sp.). Эти черви обитают в норах в грунте, и моржом могли быть проглочены при прицельном рыхлении мягкого донного субстрата. В двух пробах найдены 11 крышечек Buccinidae gen. sp.1. В одной пробе найдены две крышечки Buccinidae gen. sp.2 с центральным ядром — предположительно, *Buccinum* spp. Также в двух пробах отмечаются четыре крышечки представителей семейства Naticidae, предположительно, *Cryptonatica affinis*. Различные обломки раковин брюхоногих и двустворчатых моллюсков представлены в небольшом количестве в 11 пробах. Судя по числу крышечек гастропод, можно предполагать, что большая часть раковин растворяется средой желудка моржа. Среди определяемых обломков *Astarte crenata, Chlamys islandica, Ciliatocardium ciliatum, Ennucula tenuis, Hiatella arctica, Macoma calcarea*. На основании проведенного анализа сделан вывод об основных объектах питания в районе лежбища — мидии, обитающие на небольших глубинах (до 10 м).

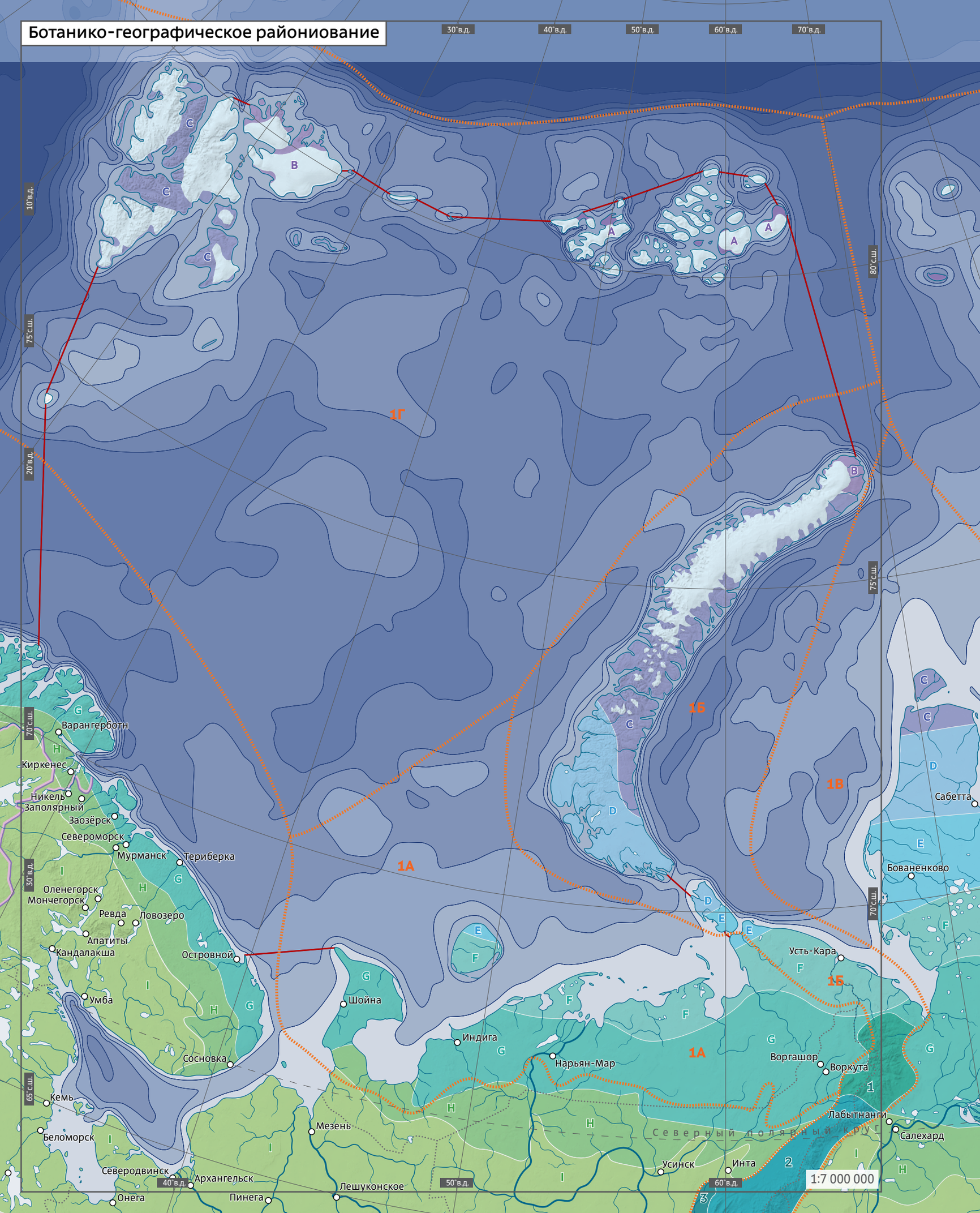
Для токсикологического анализа были отобраны 20 образцов подкожного жира моржей, один из которых был отобран от обнаруженных останков молодого животного на о. Матвеев, 19 — получены дистанционным методом от живых взрослых самцов на о. Вайгач. Из трех групп поллютантов (нефтяные углеводороды, металлы и ПХБ) значимые концентрации были выявлены для нефтяных углеводородов, кадмия, мышьяка и свинца. Валовый барий обнаружен в минимальных концентрациях во всех образцах. По сумме конгенеров ПХБ результаты анализа показывают следовые количества СОЗ. Во всех образцах обнаружены следовые количества:

— ПХБ-28: 2,4,4'-трихлорбифенил;
— ПХБ-52: 2,2',5.5'-тетрахлорбифенил;
— ПХБ-101: 2,2',4,5,5'-пентахлорбифенил;
— ПХБ-153: 2,2',4,4,5,5'-гексахлорбифенил;
— ПХБ-138: 2,2', 3,4,4',5'-гексахлорбифенил;
— ПХБ-180: 2,2',3,4,4',5,5'-гептахпорбифенил.

На основании проведенного токсикологического анализа выявлено, что отмеченные превышения по ряду показателей в морской воде (железо, медь, цинк, алюминий, фосфаты, взвешенные вещества, $БПК_5$) носят скорее естественный эндогенный характер и являются следствием влияния речного и берегового стоков (взвешенные вещества, металлы) и результатом процессов сезонной цикличности синтеза и окисления органического вещества (фосфаты, $БПК_5$). Металлы имеют свойства транслокации ледового генеза, в связи с чем отследить источники превышения загрязнений не представляется возможным, так как многолетние льды могут быть принесены как с севера и северо-востока (арх. Новая Земля), так и северо-запада (архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа).

По итогам экспедиционных и камеральных исследований был сделан вывод о том, что южная группировка моржа в целом стабильно развивается.

Песец в зимнем окрасе


Ботанико-географическое районирование
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
75°с.ш.
80°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
1Г
1Б
1В
1А
1Б
1А
A
B
C
D
E
F
G
H
I
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Бованенково
Сабетта
Северный полярный круг
1:7 000 000

3.7. Прибрежные растительные сообщества

Общие сведения. Зональная растительность

Зональной растительностью принято считать ту естественную растительность, которая наиболее полно отражает климатические условия соответствующей природной зоны. Она формируется на плакорах [1] — равнинных территориях, получающих влагу за счет атмосферных осадков, на которых в неизмененном виде проявляется региональный макроклимат [2]. Такие ландшафты, достаточно крупные по своим размерам, являются природной зоной или областью с определенными климатическим условиями и соответствующим набором доминирующих видов растений и животных и называются биомами [3]. Для разграничения наземных биомов используют особенности растительности и сочетания жизненных форм растений, поэтому зональные сообщества занимают одинаковое положение в ландшафте, имеют близкую структуру и сходный облик.

Азональная растительность — типы сообществ, не образующие самостоятельной зоны, но встречающиеся в ряде зон на неплакорных местообитаниях (пойменные луга, приморские луга) [4].

В отечественном тундроведении существует несколько схем геоботанического разделения тундровой зоны. Согласно наиболее часто используемой, зона тундры делится на три подзоны — южных, типичных и арктических тундр [5–7]. Согласно ботанико-географическому районированию Арктики Б.А. Юрцева [8], на плакорных местообитаниях в Арктике развиты два зональных типа растительности — тундровый и полярнопустынный. В свою очередь в тундровом типе растительности различаются два подтипа — субарктический и арктический.

Здесь будем придерживаться ботанико-географического районирования, используемого для циркумполярной карты растительности CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna). Для европейского сектора Арктики, для акватории и прилегающей территории Баренцева моря применимы следующие выделы: территория арх. Земля Франца-Иосифа относится к северному варианту полярных пустынь (A); северная и восточная части арх. Шпицберген и северная оконечность арх. Новая Земля — к южному варианту полярных пустынь (B); центральные части архипелагов Шпицберген и Новая Земля — к северному варианту арктических тундр (C); южная часть арх. Новая

Ботанико-географическое районирование

Ботанико-географическое районирование

- A — полярные пустыни (северный вариант)
- B — полярные пустыни (южный вариант)
- C — арктические тундры (северный вариант)
- D — арктические тундры (южный вариант)
- E — субарктические тундры (северный вариант)
- F — субарктические тундры (средний вариант)
- G — субарктические тундры (южный вариант)
- H — лесотундра
- I — северная тайга

Типы поясности растительности гор

- 1 — гипоарктические (тундровые)
- 2 — гипоарктические (таежные)
- 3 — бореальные (таежные)

Флористические сектора

- границы
- 1А — Канинско-Печорский
- 1Б — Полярный Урал-Новая Земля
- 1В — Ямал-Гыданский
- 1Г — Свальбард

1. Ива круглолистная (*Salix numullaria*)
2. Шикша обоеполая (*Empetrum hermaphroditum*)
3. Незабудочник волосистый (*Eritrichium villosum*)
4. Дриада восьмилепестная (*Dryas octopetala*)
5. Филлодоце голубая (*Phyllodoce caerulea*)
6. Дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*)
7. Камнеломка снежная (*Saxifraga nivalis*)

Земля (южнее прол. Маточкин Шар) и северная часть о. Вайгач относятся к южному варианту арктических тундр (**D**); южная часть о. Вайгач, северная оконечность Югорского полуострова и северная часть о. Колгуев — к северному варианту субарктических тундр (**E**); западное побережье Югорского полуострова (Хайпудырская губа), побережье Большеземельской тундры, Печорской губы относятся к среднему варианту субарктических тундр (**F**); баренцевоморское побережье Кольского полуострова, западное и восточное побережья п-ова Канин (за исключением южного побережья Чёшской губы), восточное побережье Малоземельской тундры до п. Тобседа — к южному варианту субарктических тундр (**G**); южная часть Чёшской губы относится к зоне лесотундры (**H**).

Территория и акватория Баренцева моря, согласно Б.А. Юрцеву [8], относятся к следующим флористическим секторам Арктической флористической области: **1А** — Канино-Печорская подпровинция, **1Б** — Урало-Новоземельская подпровинция, **1В** — Ямало-Гыданская подпровинция, **1Г** — подпровинция Свальбард Европейско-Западно-Сибирской провинции.

В растительном покрове полярных пустынь отмечается полное доминирование лишайников, накипных — сферофорус шаровидный (*Sphaerophorus globosus*), псорома гипновая (*Psoroma hypnorum*), солорина шафрановая (*Solorina crocea*), стереокаулон (*Stereocaulon* spp.) и кустистых — цетрария клобучковая (*Cetraria cucullata*), цетрария исландская (*C. islandica*), тамнолия червеобразная (*Thamnolia vermicularis*), мхов — дитрихиум извилистостебельный (*Ditrichum flexicaule*), онкофорус Валенберга (*Oncophorus wahlenbergii*), ракомитриум (*Rhacomitrium* ssp.), бриум (*Bryum* ssp.), образующих «тонкую пленку жизни» с их исключительной способностью развиваться на щебнисто-каменистых грунтах. Основными представителями растительного покрова являются ива полярная (*Salix polaris*), дриада восьмилепестная (*Dryas octopetala*), являющиеся инициаторами зарастания пятен грунта, а также лисохвост альпийский (*Alopecurus alpinus*), щучка коротколистная (*Deschampsia brevifolia*), лютик сернисто-желтый (*Ranunculus sulphureus*), камнеломка снежная (*Saxifraga nivalis*), полярный мак (*Papaver polare*).

Разделять тундровую область на две зоны — арктических и субарктических тундр — дает право сочетание таких признаков, как критическое уменьшение суммы тепла при переходе от одной зоны к другой, присутствие арктоальпийских и арктических кустарничков — ива полярная (*Salix polaris*), дриада восьмилепестная (*Dryas octopetala*) в арктической тундре и гемипростратных (прижатых к поверхности почвы) гипоарктических кустарников — березка карликовая (*Betula nana*), березка тощая (*B. exilis*) и кустарничков — вороника обоеполая (*Empetrum hermaphroditum*), багульник стелющийся (*Ledum decumbens*) в субарктической тундре. В зоне арктических тундр на водоразделах сокращается число равнинных типов растительности: исчезают заросли кустарников, нивальные луговины, не встречаются стланиковые сообщества с березкой карликовой [9–14].

Арктические тундры (северный и южный варианты) — **C** и **D** — расположены на архипелагах Шпицберген и Новая Земля. На участках, занятых растительностью, ее сомкнутость не превышает 50–60%. Флора здесь исключительно бедная, ее состав представлен 35–50 видами. Наиболее распространены лисохвост альпийский (*Alopecurus alpinus*), щучка коротколистная (*Deschampsia brevifolia*), фиппсия холодная (*Phippsia algida*), осока Бигелоу (*Carex bigelowii*), осока скальная (*Carex rupestris*), мелкие красиво цветущие двудольные — незабудка альпийская (*Myosotis alpestris*), камнеломка дернистая (*Saxifraga cespitosa*), камнеломка супротивнолистная (*Saxifraga oppositifolia*), смолевка бесстебельная (*Silene acaulis*), незабудочник волосистый (*Eritrichium villosum*). Из лишайников преобладают кустистые формы — алектория (*Alectoria* ssp.), стереокаулон (*Stereocaulon* ssp.), цетрария (*Cetraria* ssp.). Очень мало мхов, которые вместе с цветковыми растениями располагаются в ложбинках.

Северный вариант субарктических тундр — **E** — занимает небольшие площади на о-вах Колгуев, Вайгач и северной оконечности Югорского полуострова. Он характеризуется наличием на равнинных местообитаниях сообществ с доминированием щучки коротколистной (*Deschampsia brevifolia*) вместе с ивой полярной (*Salix polaris*), осокой арктосибирской (*Carex arctisibirica*) и мхами (гилокомиум блестящий (*Hylocomium splendens*), томентипнум блестящий (*Tomenthypnum nitens*)) и наличием плоскобугристых арктических болот. Полигональные болота здесь отсутствуют [9, 10].

Средний вариант субарктических тундр (**F**) — мохово-лишайниковые, расположен южнее зоны северного варианта субарктических тундр (**E**). На северо-востоке Русской (Восточно-Европейской) равнины он занимает большую часть о. Колгуев, северные окраины Малоземельской и Большеземельской тундр. В растительном покрове преобладают разнообразные кустарничково-моховые и кустарничково-лишайниковые сообщества с разреженным ярусом приземистых кустарников (березка карликовая (*Betula nana*), ива ползучая (*Salix reptans*)), комплексные плоскобугристомоча-

жинные и травяно-моховые болота, доминируют мезофитные зеленые мхи, лишайники, среди кустарничков преобладают стелющиеся и прижатые к почве формы. В плохо дренируемых понижениях формируются сфагновые болота. Особый тип образуют каменистые тундры. Они приурочены к выходам горных пород и щебнистым россыпям в горном массиве Хибины на Кольском полуострове, на Канинском и Тиманском кряжах.

Южный вариант субарктической тундры (G) занимает обширные территории баренцевоморского побережья Кольского полуострова, среднюю и северную часть п-ова Канин, береговой участок Малоземельской тундры от устья р. Индиги по п. Тобседа. Территория характеризуется более теплым, чем в предыдущих зонах, летом: средняя температура воздуха в июле составляет 9–11 °С. Растительный покров территории с южным вариантом субарктических тундр характеризуется преобладанием кустарниковых, кустарничковых и пушицевых сообществ с господством субарктических и участием бореальных видов в южной ее части. В растительности преобладают четырехъярусные сообщества из кустарников, кустарничков, трав и мохово-лишайникового покрова. Много карликовых ив: ива круглолистная (*Salix nummularia*), ива полярная (*S. polaris*), ива травянистая (*S. herbacea*). Более крупные ивы растут по речным долинам и болотным окраинам: ива мохнатая (*Salix lanata*), ива лапландская (*S. lapponum*), ива сизая (*S. glauca*).

Лесотундра (H) на побережье Баренцева моря занимает незначительную часть территории, приуроченную к южной оконечности Чёшской губы, протяженностью в материковую часть до 30 км. В Чёшскую губу впадают крупные реки бассейна Баренцева моря — Вижас, Ома, Пёша, Чёша. Устья этих рек представлены протяженными извилистыми эстуариями, в береговой полосе которых выражены обширные марши, где отмечается разнообразная приморская растительность. Вдоль береговой линии эстуария р. Чёши значительные площади илистых осушек покрывают пионерные сообщества с преобладанием эндемика Белого моря солероса Поярковой (*Salicornia pojarkovae*), по глинистым осушкам приливных желобов эстуария выше зоны ежедневного прилива обычны сообщества с преобладанием подорожника морского (*Plantago maritima*). По берегам небольших эстуарных озер с глинистыми субстратами, в зоне влияния сизигийных приливов, развиваются сообщества с преобладанием осоки оберточной (*Carex subspathacea*), триостренника морского (*Triglochin maritima*). В вершине эстуария р. Чёши большие площади рельефа занимают обширные пространства

Приморские сообщества в устье реки Каап-Виик, севернее города Лонгиербюен, архипелаг Шпицберген Рис. 3.7.1

вторичных маршей, находящихся под влиянием нагонов. Здесь в растительном покрове основное место занимают сообщества с доминированием овсяницы красной (*Festuca rubra*) и лисохвоста тростниковидного (*Alopecurus arundinaceus*) [15].

Особенности зональной растительности

Архипелаг Шпицберген. Согласно ботанико-географическому районированию CAFF, арх. Шпицберген располагается в зоне полярных пустынь (южный вариант) — A и в зоне арктических тундр (северный вариант)— C. В.Д. Александрова [10, 16, 17] считает, что арх. Шпицберген образует отдельный автономный геоботанический округ, который отличается по составу флоры как от о. Гренландия, так и от островов арх. Новая Земля. А. Эльвебакк и Х. Хертель [18] в соответствии с собственным районированием Арктики и арх. Шпицберген выделяют на архипелаге четыре зоны — зону арктических полярных пустынь, северо-арктическую и средне-арктическую тундровые зоны (рис. 3.7.1) и (как подзону средне-арктической зоны) зону тундровой растительности внутренних фьордов (Inner Fjord Zone). На арх. Шпицберген зональность проявляется в меридиональном направлении, как, например, в восточном секторе Евразии. Причиной зональной смены растительности с запада на восток является влияние на климат архипелага перемещающихся вдоль его берегов течений — вдоль западного берега теплого Западно-Шпицбергенского, а вдоль восточного и южного — холодных — Баренца и Восточно-Шпицбергенского. Зональная смена растительных сообществ осложняется со-

Рис. 3.7.2 Побережье в окрестностях поселка Нью-Алезунд, архипелаг Шпицберген

временным оледенением арх. Шпицберген. Ниже приведена характеристика растительного покрова архипелага согласно работам А. Эльвебакка [18] и Н.Е. Королевой [19].

1. Зона арктических полярных пустынь охватывает восточную часть о. Западный Шпицберген (рис. 3.7.2), восток о. Северо-Восточная Земля, восточные побережья о-вов Эджа и Баренца, а также о-ва Хопен, Квитоя и группу островов Земля Короля Карла. Суровость климата обусловила здесь невысокий уровень видового разнообразия сосудистых растений и несомкнутый, разорванный характер растительного покрова, в котором особое значение приобретают мохообразные и лишайники.

2. Северо-арктическая тундровая зона располагается на северном и северо-восточном побережье, в южной части о. Западный Шпицберген, на западе о. Северо-Восточная Земля, на западе о-вов Эджа и Баренца, а также на о. Земля Принца Карла. Растительный покров здесь также несомкнут, характерны подснежные (субнивальные) группировки, в которых доминирует фиппсия холодная (*Phippsia algida*), и пятнистые тундры с преобладанием ожики спутанной (*Luzula confusa*).

3. Средне-арктическая тундровая зона сменяет северо-арктическую по мере движения с востока на запад о. Западный Шпицберген и уменьшения суровости климата. Характерны пятнистые тундры с доминированием кустарничков дриады восьмилепестной (*Dryas octopetala*), иногда совместно с кассиопеей четырехгранной (*Cassiope tetragona*), сомкнутость растительного покрова достигает 25–50%.

4. На арх. Шпицберген зона тундровой растительности внутренних фьордов включает внутренние части побережий крупных фьордов — Ис-фьорд, Бельсунн, Конгс-фьорд, Вуд-фьорд и Вейде-фьорд. От воздействия холодных штормовых ветров северных румбов территории внутренних фьордов защищают рельеф и теплые воды, находящиеся под воздействием Западно-Шпицбергенского течения, благодаря чему здесь вегетация сосудистых растений может наступать раньше, чем в других районах [20]. Растительный покров сомкнутый, в нем встречается более 75% всего видового состава сосудистых растений арх. Шпицберген (в общий список высших растений архипелага входят 163 таксона). На склонах береговых террас широко распространены камнеломка супротивнолистная (*Saxifraga oppositifolia*), камнеломка ручейная (*Saxifraga rivularis*), кисличник двухстолбиковый (*Oxyria digina*), полярный мак (*Papaver polare*), смолевка бесстебельная (*Silene acaulis*).

Особенностью берегов арх. Шпицберген является наличие на береговых склонах участков с орнитогенной растительностью. Обилие птиц приводит к переобогащению почвы и голых субстратов азотистыми соединениями, нитрификации водоемов и водотоков. Состав растительности вблизи птичьих базаров достаточно специфичен. Сообщества большей частью олиго- и монодоминантные, преобладают злаки — трищетинник колосистый (*Trisetum spicatum*), мятлик арктический живородящий (*Poa arctica* var. *vivipara*), мятлик альпигенный (*P. alpigena*), встречаются травянистые растения: ложечница гренландская (*Cochlearia groenlandica*), ясколка альпийская (*Cerastium alpinum*), резуха альпийская (*Arabis alpina*), змеевик живородящий (*Bistorta vivipara*), селезёночник четырёхтычинковый (*Chrysosplenium tetrandrum*) [21]. Подобные сообщества отмечены также для береговых склонов на Айновских островах [22].

Архипелаг Земля Франца-Иосифа. Рельеф островов преимущественно низкогорный (максимальные абсолютные высотные отметки от 606 до 670 м), слабо расчлененный. Основные элементы рельефа — базальтовые плато с высотами от 50 до 300 м, где в нижних частях склонов плато выработаны морские абразионные и абразионно-аккумулятивные террасы высотой до 30–35 м. В позднем голоцене архипелаг испытал довольно интенсивное поднятие, сопровождавшееся тектоническими движениями. Чехол рыхлых четвертичных отложений в целом маломощный (0,5–3 м) [23, 24].

По флористическому районированию арх. Земля Франца-Иосифа относится к Свальбардской подпровинции Европейско-Западносибирской (Ненецкой) провинции выокоарктических тундр [8]. На архипелаге происходит перекрытие ареалов западных и восточных элементов флоры данной провинции.

В настоящее время для архипелага известно более 50 видов сосудистых растений [25–34].

Рис. 3.7.3 Разнотравно-моховое сообщество в ложбине стока, остров Мейбел, архипелаг Земля Франца-Иосифа

Куртины гонкении продолговатолистной *Honckenya oblongifolia*, остров Мейбел, архипелаг Земля Франца-Иосифа Рис. 3.7.4

Первые данные о растительных сообществах архипелага можно найти в работах В.Д. Александровой для северной части о. Земля Александры [11, 12], И.Н. Сафроновой [35, 36]. Растительный покров на большинстве островов арх. Земля Франца-Иосифа главным образом приурочен к небольшим мысам, освобожденным от ледникового покрова, и представлен в основном интразональными разреженными травяно-мохово-лишайниковыми сообществами, приуроченными к морским абразионным террасам островов, а также сильно разреженными растительными группировками полярных пустынь, приуроченных к щебнистым холмам и побережьям островов с ледниковой аккумуляцией.

Растительный покров островов южной части арх. Земля Франца-Иосифа часто представлен сомкнутыми травяно-мохово-лишайниковыми сообществами морских террас и осыпных берегов под птичьими базарами с проективным покрытием до 80–100%, что несвойственно полярным пустыням [37, 38]. В южной части арх. Земля Франца-Иосифа находятся о-ва Гукера и Мейбел (рис. 3.7.3, 3.7.4), видовой состав сосудистых растений которых является самым богатым на архипелаге. В ходе экспедиции «Открытый Океан: архипелаги Арктики — 2016» (O2A2-2016) впервые ботанически исследованы о-ва Сальм, Ли-Смита, больший остров из группы Этеридж [34]. На островах отмечен 21 вид цветковых растений (рис. 3.7.5), что составляет 40% от известных в настоящее время 52 видов этой группы растений на архипелаге. Среди них один вид (*Saxifraga svalbardensis*) встречен на арх. Земля Франца-Иосифа впервые. Описано 14 видов мхов и собрано девять видов лишайников, хотя, несомненно, на эти две группы растительных организмов здесь приходится намного больше видов, которые в дальнейшем еще предстоит обнаружить. При этом в составе мхов на о. Ли-Смита и большем острове из группы Этеридж отмечен новый для архипелага вид — синхитрия норвежская (*Syntrichia norvegica*), в составе лишайников впервые отмечены умбилликария хоботная (*Umbillicaria proboscidea*), умбилликария крестообразная (*U. decussata*), умбилликария цилиндрическая (*U. cylindrica*) [39]. Растительный покров имеет существенные отличия в разных типах местообитаний, что является следствием влияния различных экологических факторов, в частности, типа грунта, увлажнения, ветрового воздействия. На островах выделено восемь типов экотопов, отличающихся по механическому составу грунтов и степени увлажнения, из которых самые большие площади на о-вах Ли-Смита и Сальм занимает экотоп берегов ледниковых озер и ручьев на моренных террасах, а на группе островов Этеридж — экотоп полигональных моренных равнин с очень скудной растительностью. Большинство видов растительных организмов приурочены к берегам ледниковых озер,

Родиола розовая *Rhodiola rosea* на мелкоземистых грунтах на архипелаге Земля Франца-Иосифа Рис. 3.7.5

расположенных на низких моренных террасах, а наиболее значительное проективное покрытие (50–60%) зафиксировано для растительных сообществ микродепрессий берегов ледниковых озер с торфянисто-гравийными грунтами, где доминирует гигрофильный злак лисохвост магелланский (*Alopecurus magellanicus*) [34, 40].

Архипелаг Новая Земля. На арх. Новая Земля вегетационный период длится почти три месяца — с середины июня до начала сентября. Климатические особенности северной оконечности о. Северный арх. Новая Земля несколько мягче по сравнению с арх. Земля Франца-Иосифа. Климат морской арктический. Особенности флоры и растительности о. Северный арх. Новая Земля отражены в работе В.Д. Александровой [9–13]. Большой вклад в изучение растительного покрова западного побережья арх. Новая Земля внесла деятельность Морской арктической комплексной экспедиции (МАКЭ) 1991–1998 гг. под руководством П.В. Боярского [41]. Благодаря исследованиям побережья губы Крестовая на о. Северный арх. Новая Земля выявлено 117 видов сосудистых растений [42, 43]. Растительный покров арх. Новая Земля представлен сомкнутыми травяно-мохово-лишайниковыми сообществами морских террас с проективным покрытием до 60–80%. Наиболее распространены следующие экотопы: приморские террасы с увлажненным глинистым и суглинистым субстратами. Здесь произрастают лисохвост магелландский (*Alopecurus magellanicus*), фиппсия холодная (*Phippsia algida*), ожика снежная (*Luzula nivalis*), ясколка арктическая (*Cerastium arcticum*), ясколка Регеля (*Cerastium regelii*), звездчатка длиннолистная (*Stellaria longipes*), лютик серно-желтый (*Ranunculus sulphureus*); обычны виды камнеломок — камнеломка поникающая (*Saxifraga cernua*), камнеломка ручейная (*Saxifraga rivularis*), камнеломка снежная (*Saxifraga nivalis*). На сухих местообитаниях на абразионных и аккумулятивных приморских террасах с суглинистыми и щебнистыми моренными субстратами встречаются мятлик альпигенный (*Poa alpigena*), мятлик арктический (*Poa arctica*), мятлик укороченный (*Poa abbreviata*), сердечник маргаритколистный (*Cardamine bellidifolia*), мак полярный (*Papaver polare*), камнеломка дернистая (*Saxifraga cespitosa*), камнеломка супротивнолистная (*Saxifraga oppositifolia*).

Баренцевоморское побережье Кольского полуострова. Флора восточной части баренцевоморского побережья Кольского полуострова относится к гипоарктическому типу и по большинству признаков ближе к восточноевропейским флорам подзоны южных тундр. На внутриландшафтном уровне бóльшая часть растительного покрова этого района по составу сосудистых растений тоже соответствует подзоне южных тундр европейско-западносибирского сектора.

К настоящему времени флора всего полуострова хорошо изучена и в высокой степени выявлена [44, 45]. Кроме фундаментального издания «Флора Мурманской области» (1953–1966) и подробного анализа флоры Мурманской области и Карелии М.Л. Раменской [45], вышло множество публикаций, уточняющих и дополняющих их материалы, в том числе по северному побережью [22, 46–54]. Немало работ и по растительности этого района [2, 16, 17, 48, 50, 55–66 и др.].

Восточная часть баренцевоморского побережья Кольского полуострова представляет собой сильно расчлененную холмисто-грядовую равнину с абсолютными высотами, не превышающими 200 м (обычно до 100 м), пересекаемую меридионально направленными тектоническими разломами, занятыми крупными реками и морскими заливами. К морю равнина обрывается крутым высоким уступом, расчлененным глубокими бухтами с выраженной серией двух–трех морских террас и каменистыми, реже песчаными пляжами в вершинах бухт. Часто встречаются ледниковые формы рельефа: бараньи лбы, ледниковые шрамы, ледниковая штриховка [45, 47, 67, 68]. В дельтах некоторых рек и в вершинах крупных губ распространены аллювиальные, флювиогляциальные или морские песчаные наносы. Понижения заняты маломощными торфяниками. Многолетняя мерзлота только изредка встречается в торфяниках на болотах и островах.

На побережье большую площадь занимают петрофитные мохово-кустарничковые и лишайниково-кустарничковые (на малоснежных участках) тундры, в травяно-кустарничковом ярусе которых обычно доминирует водяника (вороника, шикша) обоеполая (*Empetrum hermaphroditum*) с более или менее значительной примесью толокнянки альпийской (медвежье ушко) (*Arctous alpina*), березки карликовой (ерник) (*Betula nana*), диапенсии лапландской (*Diapensia lapponica*), луазелерии лежачей (*Loiseleuria procumbens*), филлодоце голубой (*Phyllodoce caerulea*), черники (*Vaccinium myrtillus*), голубики (*V. uliginosum*), брусники (*V. vitis-idaea*); содоминантом часто бывает дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*). В понижениях значительные площади заняты болотами [17, 69]. Болотные кочки и бугры заняты похожими на тундровые сообществами; мочажины и гомогенные участки болот — осоковыми: осока водяная (*Carex aquatilis*), осока редкоцветковая (*C. rariflora*), осока носатая (*C. rostrata*), осока кругловатая (*C. rotun-*

1. Ложечница лекарственная (*Cochlearia officinalis*)
2. Лапчатка Эгеда (*Potentilla egedei*)
3. Гонкения продолговатолистная (*Honckenya oblongifolia*)
4. Звездчатка приземистая (*Stellaria humifusa*)
5. Триостренник морской (*Triglochin maritima*)
6. Осока обертковидная (*Carex subspathacea*)
7. Арктантемум Хультена (*Arctanthemum hultenii*)

data) и пушицевыми сообществами с покровом из сфагновых или/и гипновых мхов — пушица узколистная (*Eriophorum angustifolium*).

Малоземельская и Большеземельская тундра, о-ва Колгуев и Вайгач. На территории равнинных восточноевропейских тундр к зональным относятся сообщества с хорошо развитым моховым покровом, как правило, прерываемым пятнами суглинка, занимающие слегка выпуклые вершины и пологие склоны сопок и увалов и слабонаклонные водораздельные поверхности с суглинистыми грунтами. В северной части Малоземельской и Большеземельской тундр, на о-вах Колгуев и Вайгач распространены кустарничково–травяно–моховые сообщества с преобладанием дриад: дриады восьмилепестковой (*Dryas octopetala*), ивы полярной (*Salix polaris*), ивы сетчатой (*S. reticulata*); трав: осоки Бигелоу (*Carex bigelowii*), щучки сизой (*Deschampsia glauca*); мхов: аулякомиума вздутого (*Aulacomnium turgidum*), гилокомиума блестящего (*Hylocomium splendens*), птилидиума реснитчатого (*Ptilidium ciliare*), томентипнума блестящего (*Tomentypnum nitens*), часто с пятнами суглинка.

При удалении от береговой линии на 50–70 км вглубь материка распространены ерниково-ивовые-кустарничково-травяно-моховые сообщества. Здесь основным доминантом выступает береза карликовая (*Betula nana*); из ив характерны ива сизая (*Salix glauca*), ива филиколистная (*S. phylicifolia*); из кустарничков широко распространены водяника обоеполая (*Empetrum hermaphroditum*), багульник стелющийся (*Ledum palustre* subsp. *decumbens*), голубика обыкновенная мелколистная (*Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*) и брусника мелкая (*V. vitis-idaea* subsp. *minus*). Из трав обычны вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica*), осока Бигелоу (*Carex bigelowii*), из мхов — дикранум удлиненный (*Dicranum elongatum*), плеуроциум Шребера (*Pleurozium schreberi*), птилидиум реснитчатый (*Ptilidium ciliare*). Сообщества занимают делювиальные шлейфы, срединные и нижние части пологих склонов увалов [70, 71].

Азональная приморская растительность

Растительный покров приморских экосистем побережий Баренцева моря является уникальным флороценотическим комплексом, образовавшимся в контакте трех экологических зон — прибрежной, эстуарной и морской, существенно отличающимися друг от друга, и взаимодействие между этими зонами предельно обострено. Галофитный флороценотический комплекс наиболее чутко реагирует на возможные изменения абиотических факторов среды, поскольку составляющие его растения имеют высокий уровень адаптации к специфическим условиям произрастания. Основные особенности приморской растительности — сообщества развиваются на примитивных маршевых почвах, заливаются большей частью два раза в сутки водами прилива и в зависимости от длительности нахождения под водой растительные сообщества четко реагируют на эти условия изменением флористического состава по градиенту заливания. Парциальная приморская флора побережий Баренцева моря включает 47 таксонов в ранге видов и подвидов, относящихся к 23 семействам и 35 родам, что составляет десятую часть от общей флоры всего баренцевоморского побережья. Ведущее положение в ней занимают семейства мятликовые (Poaceae), осоковые (Cyperaceae) и астровые (Asteraceae), те же семейства, представители которых распространены на равнинных арктических территориях, но в приморских флорах; на 3–4-е места выходят семейства подорожниковые (Plantaginaceae), зонтичные (Apiaceae) и гвоздичные (Caryphyllaceae), нехарактерные для равнинных биотопов. Распределение экологических и географических групп видов флороценотического комплекса по типам местообитаний показывает доминирующую роль в сложении растительного покрова первичных маршей арктических и циркумполярных эвгалофитов, приморских кос и баров — гипоарктических амфиокеанических мезогалофитов [72–76]. Распространение маршевых зон по территории побережья Баренцева моря показано на рис. 3.7.6.

Особенности развития и существования этого комплекса на побережьях островов архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля обусловлены как их высокоширотным положением, так и особенностями субстрата: в основном это каменисто-галечные береговые пляжи и илистые небольшие осушки в устьях арктических рек и ручьев. В растительном покрове вышеупомянутых экотопов это отражается в доминировании арктических циркумполярных видов злаков — бескильницы ползучей (*Puccinellia phryganodes*), вейника щучковидного (*Calamagrostis deschampsioides*), дюпонции голоцветковой (*Dupontia psilosantha*) и осок — осоки обертковидной (*Carex subspathacea*), осоки медвежьей (*C. ursina*), осоки галечной (*Carex glareosa*) с незначительной примесью звездчатки приземистой (*Stellaria humifusa*) и лапчатки Эгеда (*Potentilla egedei*).

Западные берега Баренцева моря преимущественно фьордовые, высокие, скалистые, сильно изрезанные, но восточнее п-ова Канин береговой

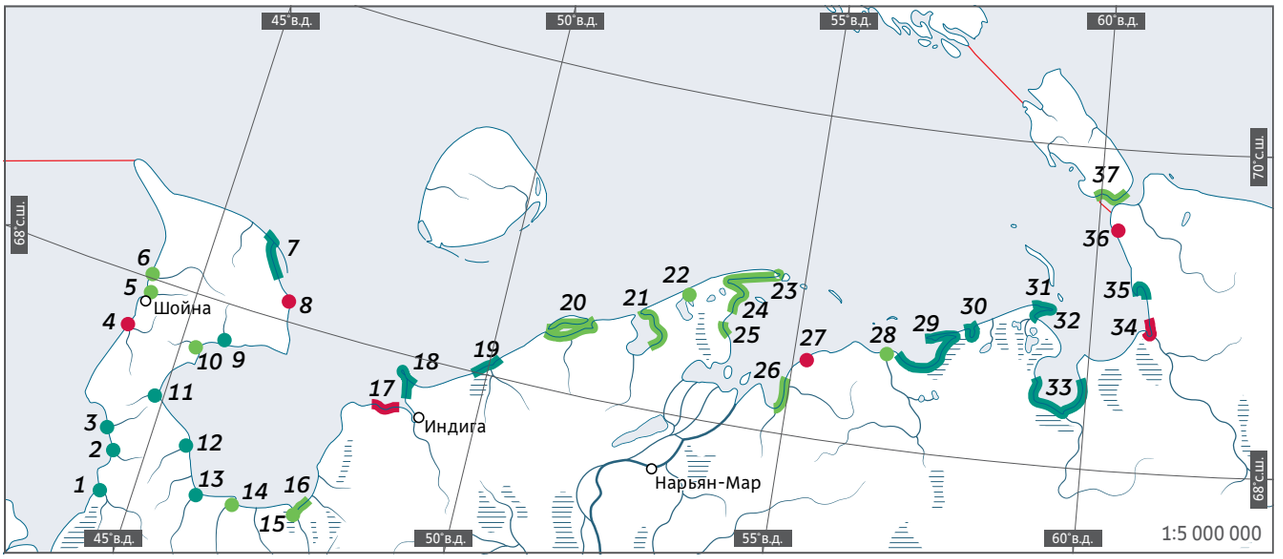


Рис. 3.7.6 Представленность маршевых зон на побережье Баренцева моря (по литературным и авторским данным). Проанализированные местонахождения приморских территорий: ***п-ов Канин:*** 1 — устье р. Несь, 2 — устье р. Яжма, 3 — устье р. Чижа, 4 — устье р. Кия, 5 — устье р. Шойна, 6 — устье р. Торна, 7 — устье р. Камбальница, 8 — м. Рыбный, 9 — устье р. Недтей, 10 — устье р. Малая Губистая, 11 — устье р. Чёша, 12 — устье р. Голубица; ***побережье Чёшской губы:*** 13 — устье р. Вижас, 14 — устье р. Ома, 15 — устье р. Пёша, 16 — устья р. Пёша вдоль восточного берега на 15 км; *побережье Малоземельской тундры*: 17 — от м. Чаячий до метеостанции Индига, 18 — от м. Железный до метеостанции Святой Нос, 19 — окрестности оз. Торавей, устье р. Вельт, 20 — о. Сенгейский, 21 — восточное побережье Колоколковой губы, 22 — окрестности оз. Песчанка-То, 23 — берега Кузнецкой губы, 24 — от Кузнецкой губы до м. Тонкий Нос, 25 — восточное побережье губы Захребетная, 26 — восточное побережье Болванской губы, 27 — окрестности п. Вангурей; ***побережье Баренцева моря (Хайпудырская губа):*** 28 — устье р. Черная, 29 — побережье Паханченской губы, 30 — окрестности п. Варандей, 31 — северное побережье п-ова Медынский Заворот, 32 — южное побережье п-ова Медынский Заворот, 33 — юго-восточное побережье Хайпудырской губы, 34 — восточное побережье устья р. Коротаиха, 35 — юго-восточное побережье губы Бельковская, 36 — окрестности м. Чайка, 37 — бухта Варнек

рельеф резко меняется — берега становятся преимущественно низкими и слабо изрезанными [77–79], см. также разд. 1.3.

Воды этих рек, текущих в меридиональном направлении и пересекающих глинистые моренные отложения, несут много взмученных илистых веществ, из которых наименьшие минеральные частицы, илистые, выносятся в акваторию Баренцева моря и равномерно осаждаются по всем низменным, заливаемым приливами берегам, формируя особые маршевые ландшафты.

На более южных территориях, в зонах арктических (южный вариант) и субарктических тундр (северный, средний и южный варианты) наличие на баренцевоморском побережье многочисленных рек с широкими пологими устьями, где происходит интенсивная седиментация илистого материала, обусловливает флористическое разнообразие приморских растительных сообществ.

Приморская терраса и ее нижняя часть — илистая осушка (рис. 3.7.7) — находятся под постоянным влиянием соленых морских вод, и их воздействие на растительность и почвы может осуществляться несколькими путями: затоплением приливами и нагонными водами, морскими брызгами и за счет капиллярных сил. В условиях сурового климата и систематического затопления солеными водами морских приливов и штормов в таких ландшафтах формируются особые маршевые почвы и специфический приморский галофитный комплекс [72, 80].

На илистом субстрате начинают формироваться приморские луга низкого уровня, и зарастание илистых почв маршей идет с поселения на них корневищного столонообразующего вида бескильницы ползучей (*Puccinellia phryganodes*). По мере повышения уровня местообитания для сообщества часто характерна большая сомкнутость (до 90%) с покрытием аллювия сплошным ярко-зеленым ковром. При уменьшении степени засоленности (при продвижении от устья реки вверх по руслу) илистых маршевых отмелей развивается сооб-

Рис. 3.7.7 Илистая осушка на побережье Хайпудырской губы, Баренцево море

Рис. 3.7.8 Приморские марши (луга) среднего уровня с доминированием арктантемума Хультена *Arctanthemum hultenii* на побережье Хайпудырской губы, Баренцево море

щество дюпонции голоцветковой (*Dupontia psilosantha*) с примесью осоки обертковидной (*Carex subspathacea*). Увеличение мощности дернового горизонта илистых почв, подвергающихся периодическому затоплению морскими водами, приводит к поселению корневищных видов осок: осоки обертковидной (*Carex subspathacea*), осоки галечной (*C. glareosa*), осоки Маккензи (*C. mackenziei*), осоки медвежьей (*C. ursina*) и мхов (бриума (*Bryum* ssp.), полии поникшей (*Pohlia nutans*), дрепаноклядуса крючковидного (*Drepanocladus uncinnatus*), дрепанокладуса плавающего (*D. fluitans*). Осоковое сообщество занимает обширные пространства первичных маршей, часто встречается полосами вдоль ручьев и проток. При повышении уровня местообитания над линией уреза малой воды, т. е. при уменьшении степени заливания и засоленности почвенного слоя, развивается сообщество с доминированием осоки галечной (*Carex glareosa*), лапчатки Эгеда (*Potentilla egedei*) и вейника щучковидного (*Calamagrostis deschampsioides*), которое обычно приурочено к плоским участкам первичных маршей с резко выраженным мелкокочковатым микрорельефом.

В дальнейшем эти луга преобразуются в приморские луга среднего уровня (рис. 3.7.8), где в растительном покрове наиболее характерными являются сообщества с доминированием арктантемума Хультена (*Arctanthemum hultenii*), вейника щучковидного (*Calamagrostis deschampsioides*) и осоки галечной (*Carex glareosa*). В прибрежной, наиболее часто заливаемой части приморской полосы лугов среднего уровня, но с меньшей соленостью воды и мощностью почвенного слоя, развиты простые по своей структуре строению приморские сообщества, большей частью представленные чистыми или почти чистыми зарослями осоки обертковидной (*Carex subspathacea*) и дюпонции голоцветковой (*Dupontia psilosantha*). С осокой обертковидной (*Carex subspathacea*), вейником щучковидным (*Calamagrostis deschampsioides*), звездчаткой приземистой (*Stellaria humifusa*), лапчаткой Эгеда (*Potentilla egedei*) связаны все производные группировки лугов данного уровня. Выше от уреза встречаются сообщества с доминированием овсяницы красной (*Festuca rubra*), белозора болотного (*Parnassia palustris*) и осоки обертковидной (*Carex subspathacea*).

Финальная стадия зарастания илистых осушек — приморские луга высокого уровня — заключается в формировании в почвенном слое торфянистого горизонта, в увеличении дернистости почвы (иногда почва похожа на торфяно-илистый упругий матрас). Особенностями почв являются присутствие своеобразного сухоторфянистого горизонта, сложенного органическим веществом

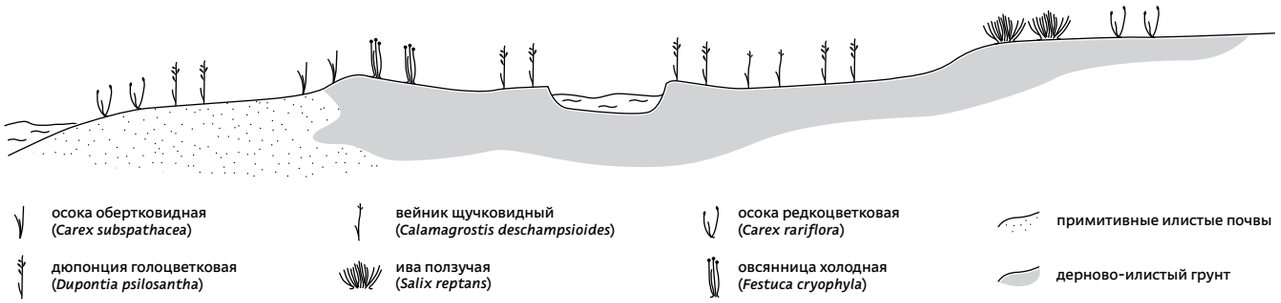


Рис. 3.7.9 Эколого-динамический ряд приморской маршевой растительности на илистых осушках на побережье Баренцева моря

слабой степени разложения, присутствие прослоев минеральных частиц в органогенной толще, резкая нижняя граница торфянистой толщи. Наличие ясно выраженного процесса торфонакопления может служить верным диагностическим признаком для разграничения лугов среднего и высокого уровней. Другой, не менее характерной чертой растительности приморских лугов высокого уровня является развитие мохового покрова, который отсутствует в большинстве сообществ лугов среднего уровня (рис. 3.7.9).

На приморских лугах среднего и высокого уровня также встречаются мелкие песчаные островки и гривки, которые едва заметно возвышаются над общим уровнем илистой приморской террасы. Так, например, луга высокого уровня распространены по берегам Чёшской, Кузнецкой губ, Малоземельской тундры (рис. 3.7.10).

Следует отметить, что повсеместно на развитых аккумулятивных формах рельефа побережья Баренцева моря усиленная ветровая и волновая эрозии, слабовыраженный дерновый горизонт, постоянное циклическое затопление морскими приливами, а также сгонно-нагонными явлениями, определяют следующие стадии зарастания, и экологический ряд можно представить следующим образом: осока обертковидная (*Carex subspathacea*), хвостник четырехлистный (*Hippuris tetraphylla*), подорожник Шренка (*Plantago schrenkii*) (рис. 3.7.11) с небольшими куртинами на микроповышениях гонкении продолговатолистной (*Honckenya oblongifolia*) (рис. 3.7.12).

Географические особенности азональной приморской растительности

Мурманский берег. Наиболее крупные реки Мурманского берега (Териберка, Воронья, Харловка, Восточная Лица, Иоканга) глубоко врезаются в край берегового плато и характеризуются в низовьях каньонообразным руслом и стремительным течением с многочисленными водопадами и порогами [63, 81]. В устьях крупных рек (например, Вороньей, Харловки) сформировались мощные песчаные отложения с эоловыми формами рельефа — дефляционными котловинами, песчаными раздувами [82]. Приморская растительность на Мурманском берегу занимает небольшие площади и встречается спорадически: на берегах мелководных участков фьордов, на побережьях устьев впадающих в заливы рек и ручьев, на пляжах и осушках, на аккумулятивных участках берегов губ и заливов, защищенных от сильных штормов.

Приморской растительности побережий Фенноскандии посвящена обширная литература: в 1932 г. Ю.Д. Цинзерлинг в своей работе [16], посвященной характеристике растительного покрова северо-запада европейской части СССР, дает краткое описание приморских лугов Кольского полуострова. Растительность пляжей и маршей баренцевоморского и беломорского побережий Мурманской области изучена неравномерно. Она довольно полно описана для п-ова Рыбачий [56, 83]. На баренцевоморском побережье Кольского полуострова приморские сообщества встречаются лишь фрагментарно, так как геоморфологические особенности побережий неблагоприятны для формирования галофитной растительности. На каменисто-илистых осушках доминируют сообщества с бескильницей ползучей (*Puccinellia phryganodes*), осокой галечной (*Carex glareosa*), ложечницей арктической (*Cochlearia officinalis*). На песчаных и галечных пляжах обычны гонгкения продолговатолистная (*Honckenya oblongifolia*) (рис. 3.7.13), волоснец песчаный (*Leymus arenarius*).

Полуостров Канин. Наиболее разнообразные приморские сообщества представлены на отмелых берегах в устье р. Чёша (Чёшская губа), где они защищены от мощного волноприбойного воздействия с севера мысами Микулкин и Западный Лудоватый Нос, с юга — м. Нягринский Нос. Эти берега имеют обширные илисто-песчаные осушки, которые лишены сообществ сосудистых растений и по направлению к коренному берегу сменяются

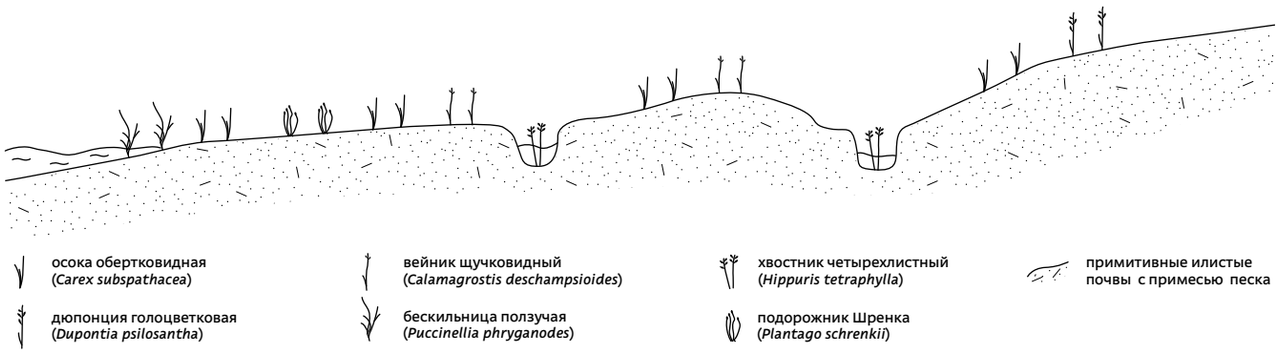


Рис. 3.7.10 Эколого-динамический ряд приморской маршевой растительности на илистых осушках на побережье Баренцева моря (берега озера Песчанка-То, Ненецкий автономный округ)

маршами [72]. В растительном покрове преобладают суккулентные облигатные галофиты, галофильные осоки и злаки. В вершинах эстуариев основные площади занимают обширные солоноватые марши шириной до 5 км, в растительном покрове которых доминируют высокотравные мезофитные и гигромезофитные злаки. Ввиду повышения уклонов рек влияние приливов здесь снижается, но возрастает влияние нагонов и паводковых вод. При всем многообразии видов на побережье Чёшской губы основу растительного покрова составляют доминирующие виды-ценозообразователи, к которым относятся гонкения продолговатолистная (*Honckenya oblongifolia*), волоснец песчаный (*Leymus arenarius*), чина алеутская (*Lathyrus aleuticus*), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), подорожник морской (*Plantago maritima*), триостренник морской (*Triglochin maritima*), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus*), бескильница волосовидная (*Puccinellia capillaris*), полевица соломенно-желтая (*Agrostis straminea*).

Малоземельская тундра. Особенностью всей территории северо-востока Малоземельской тундры является то, что марши здесь развиты преимущественно не на самóм морском побережье, а на расстоянии до нескольких километров от береговой линии, где имеется разветвленная озерная система, соединенная с морем многочисленными протоками. Галофитная растительность частично обрамляет даже такие крупные внутренние солоноватые озера, как Песчанка-То (см. рис. 3.7.10) и Кузнецкое-То, расположенные на уровне моря, которые сохранили с ним непосредственную связь и в прошлом, несомненно, были морскими заливами. Все это определяет развитие галофитной растительности на обширном пространстве как вблизи, так и вдали от моря [70, 71, 74, 84–86].

Рис. 3.7.11 Подорожник Шренка *Plantago schrenkii*, мыс Русский Заворот, маяк Ходовариха, Баренцево море

Куртины гонкении продолговатолистной *Honckenya oblongifolia*, мыс Русский Заворот, маяк Ходовариха, Баренцево море Рис. 3.7.12

Рис. 3.7.13 Гонкения продолговатолистная *Honckenya oblongifolia* на песчаном субстрате, мыс Русский Заворот, маяк Ходовариха, Баренцево море

Марши в окрестности пос. Тобседа тянутся сплошной полосой со стороны залива и проникают вглубь низкой (до 1 м) части полуострова на 0,8–2,5 км. Между массивом дюн на северо-западе и возвышенной террасой с тундрами на востоке расположена лишенная растительности обширная песчаная отмель (рис. 3.7.14), заливаемая в большие приливы, в результате чего пос. Тобседа периодически оказывается на острове [85].

Мыс Кузнецкий Нос и р. Кузнецкая на побережье Печорской губы по сути расположены на острове, который таковым не воспринимается из-за слишком малой (до 2–3 м) ширины протоки, отсекающей его от материковой части. Марши развиты на расстоянии 1,5–2,0 км от берега моря, в том числе и на другой стороне протоки, через которую соленой водой наполняются все остальные более мелкие водотоки, неглубокие озера и совсем мелкие водоемы по обоим ее берегам.

На м. Тонкий Нос в 14 км южнее м. Кузнецкий Нос на побережье Печорской губы марши встречаются в основном в устьях протоки Ябтасё и безымянных проток, впадающих в губу. На побережье Печорской губы южнее этого мыса марши распространены до окрестностей п. Хабуйка, а далее на юг отсутствуют в силу большого опресняющего влияния вод, выносимых в губу р. Печорой.

На п-ове Русский Заворот территория представляет собой обширную низменность, сложенную передутыми песками и возникшую в результате последней регрессии моря. Тип берега — илистый с приливной осушкой, марши развиты лишь на низменной (до 0,8 м) части, обращенной к Кузнецкой губе, и проникают вглубь полуострова по берегам соединенных с морем проток максимально на расстояние до 1,7 км в окрестностях бывшего п. Ходовариха (см. рис. 3.7.10).

На расположенном в Печорской губе в 8 км к востоку от м. Кузнецкий Нос низком (преимущественные высоты 1,3–1,6 м), вытянутом с запада на восток, небольшом (10×2,8 км) о. Долгий, территория приморских маршей сильно обводнена и заболочена. В районе, расположенном южнее Колоколковой губы, тип берега термоабразионный, в мерзлых (криогенных) четвертичных толщах, марши занимают площади до 4 км от берега моря вглубь материка.

Берег Нерпичьей губы у южного основания м. Русский Заворот, где узкая губа заполняет восточную часть впадины между двумя параллель-

Рис. 3.7.14 Песчаная коса в окрестностях поселка Тобседа (снимок с вертолета), Баренцево море

ными древними дюнами, а далее на запад тянется низменная и такая же узкая первая терраса с остаточными озерами, сплошной массив лугов низкого уровня расположен на южном, низменном и плоском берегу и граничит на севере с полосой движущихся песков, являющихся продолжением дюны, простирающейся через весь м. Русский Заворот. Тип берега — илистый берег с приливной осушкой; здесь представлены группировки облигатных галофитов с доминированием бескильницы ползучей (*Puccinellia phryganodes*), осоки оберточной (*Carex subspathacea*) и звездчатки приземистой (*Stellaria humifusa*).

По берегам рек Кузнецкой, Хунавей, Сеньгяха, а также по берегам Кузнецкой, Колоколковой и Печорской губ у Кузнецкого Носа отмечено сообщество с доминированием арктантемума арктического (*Arctanthemum arcticum*), подорожника Шренка (*Plantago schrenkii*) и осоки галечной (*Carex glareosa*), встречающееся довольно часто участками различных размеров и конфигурации.

Большеземельская тундра. Территория Большеземельской тундры расположена в северной части Печорской низменности. По геоморфологическому строению прибрежная часть суши представляет собой морскую аллювиальную равнину.

Длительно и часто заливаемые приморские луга низкого уровня встречаются обычно полосами по илистым берегам большинства морских заливов и соленых озер. Их растительный покров исключительно однообразен и представляет ярко-зеленый, плотный, но низкий (от 2 до 4 см высотой) ковер из вегетативных и генеративных стелющихся и укореняющихся побегов бескильницы азиатской (*Puccinellia asiatica*) с единичной примесью осоки оберточной (*Carex subspathacea*) и звездчаткой приземистой (*Stellaria humifusa*). Занимают большие площади в окрестностях п. Варандей, на п-ове Медынский Заворот на илистых берегах с обширной приливной осушкой, на юго-западном побережье о. Вайгач на илисто-песчаных пляжах у подножия абразионного берега. В прибрежной, наиболее часто заливаемой части приморской полосы лугов среднего уровня развиты простые по своему строению луговые сообщества, большей частью представленные чистыми или почти чистыми зарослями осоки оберточной (*Carex subspathacea*) и дюпонции голоцветковой (*Dupontia psilosantha*).

Солоноватоводные марши Баренцева моря

Уникальной особенностью Печорского моря является наличие больших солоноватоводных мелководных заливов, определяющих флористическую структуру прибрежных сообществ. Печорским морем называют наиболее мелководный юго-восточный район Баренцева моря. В пределах Печорского моря имеется несколько заливов (губ): Раменка,

Рис. 3.7.15 Солоноватоводные марши с доминированием злака арктофилы рыжеватой *Arctophila fulva* в устье реки Хабуйка Печорской губы, Баренцево море

Колоколкова, Паханческая, Болванская, Хайпудырская, Печорская (самая крупная из них). Из рек, впадающих в море, самой крупной является р. Печора. Пойма р. Печоры в устьевой зоне не имеет четкого разделения на генетические части: река распадается на множество рукавов, образуя дельтовые острова. Своеобразным и характерным для побережий Печорского моря является сочетание протяженных песчаных аккумулятивных береговых форм (о-ва Варандей, Песяков, Гуляевские Кошки).

Ввиду протяженности дельты р. Печоры и распресняющего влияния ее вод на всю акваторию Печорской губы, приморские сообщества на территории верхних частей эстуариев и тыловых участках заливов и губ имеют особенности. [87]. Губы заполнены осолоненными водами с выраженной сезонной и приливной изменчивостью. В Печорской губе соленость меняется от практически нулевой в устье р. Печоры до 20–25 psu в мористой части. Осолонение обычно наблюдается в конце лета, осенью и продолжается в течение зимней межени [74].

На побережье Печорской губы соленые марши распространены к северу от устья р. Хабуйка (Малоземельская тундра) и р. Хыльчую (Большеземельская тундра); южнее они не представлены. На побережье слабосоленой Болванской губы сформированы только солоноватоводные марши (рис. 3.7.15). На Паханческой и Хайпудырской губах внешние марши соленые, а в тыловых частях, куда морская вода поступает лишь в сильные нагоны и шторма, почвы менее соленые из-за осла-

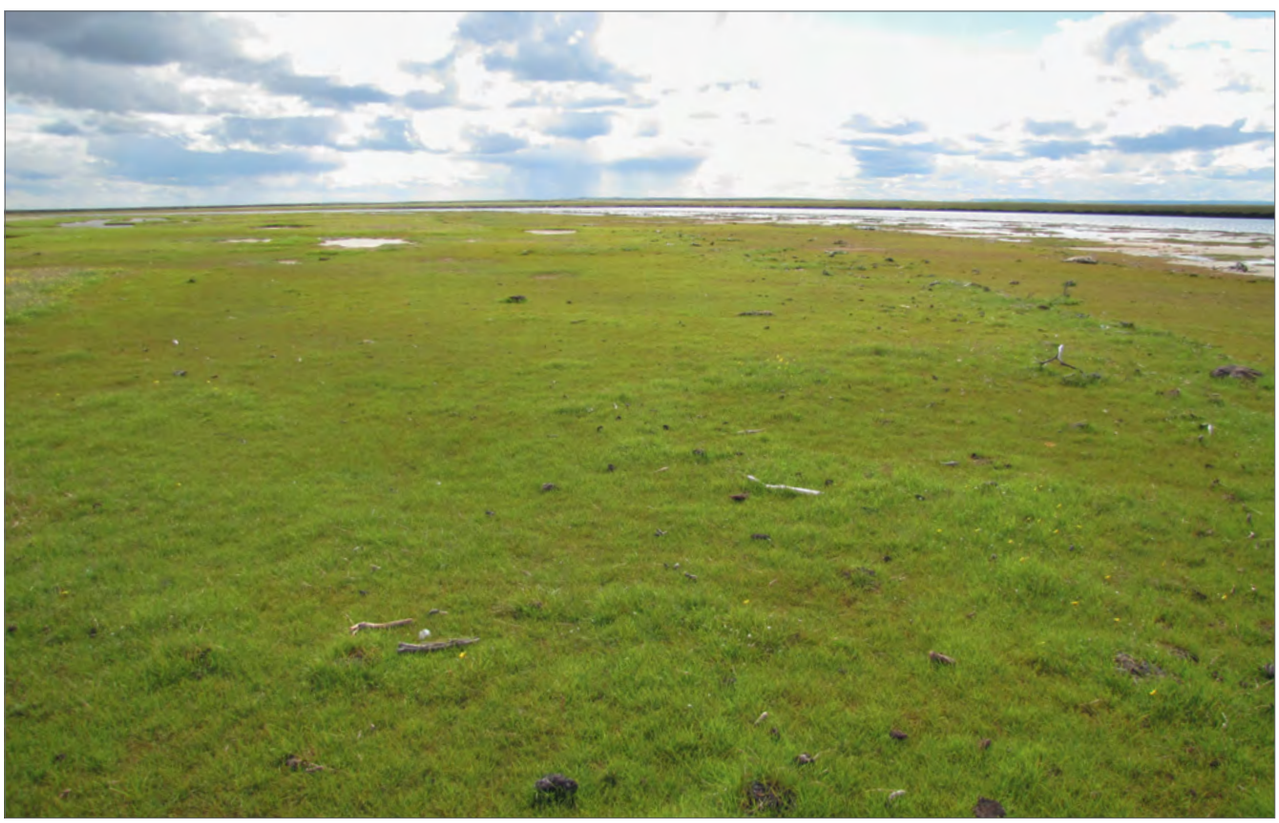


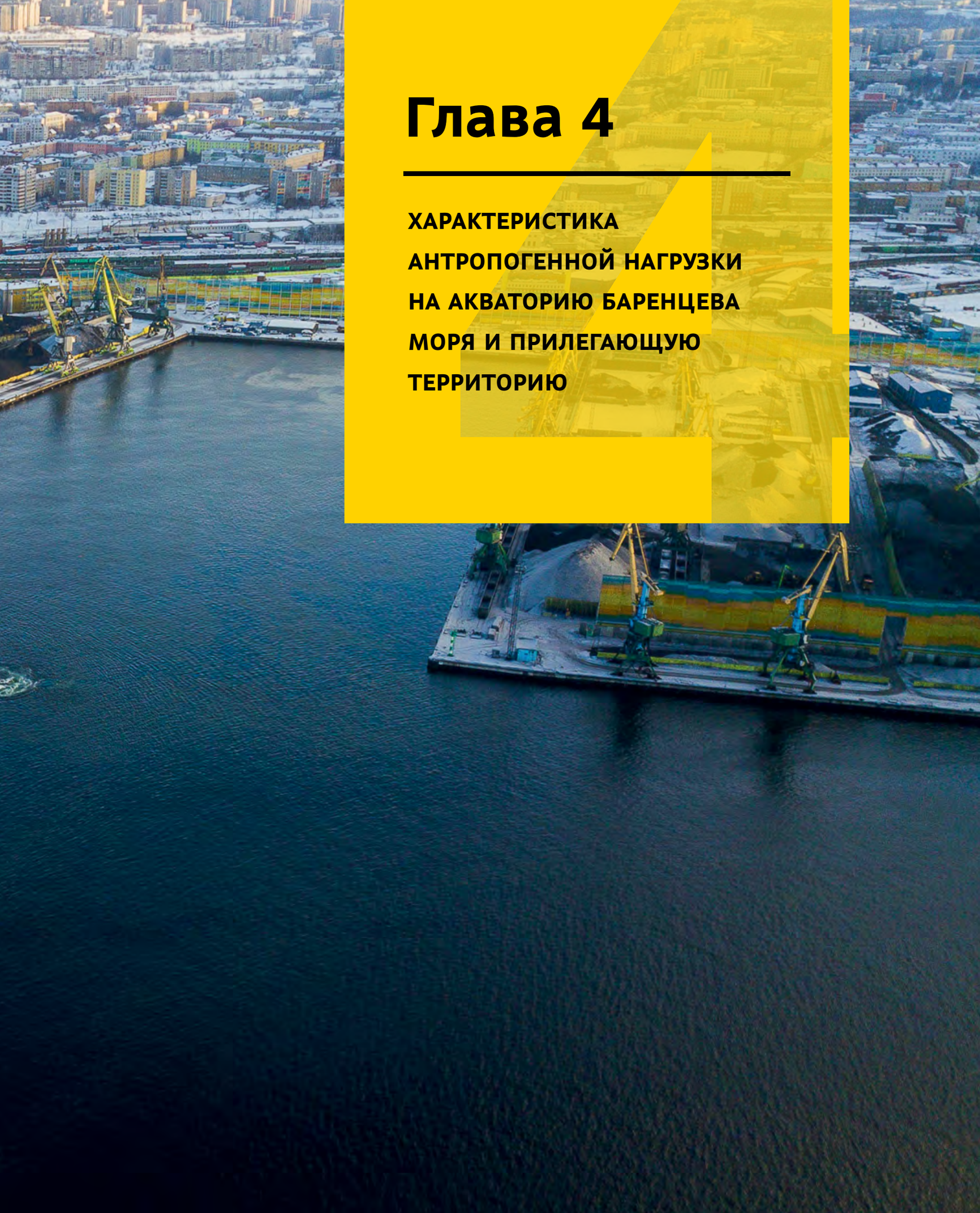
Рис. 3.7.16 Приморские марши (луга) среднего уровня с доминированием вейника щучковидного *Calamagrostis deschampsioides*, латчатки Эгеда *Potentilla egedei* на побережье Хайпудырской губы, Баренцево море

Рис. 3.7.17 Приморские марши (луга) низкого уровня с доминированием бескильницы ползучей *Puccinellia phryganodes,* осоки обертковидной *Carex subspasthacea* на побережье Хайпудырской губы, Баренцево море

бевающего влияния моря и за счет избыточного стока пресных вод — солоноватоводные [70, 71]. Основными видами, произрастающими в данных местообитаниях являются рдест нитевидный (*Potamogeton filiformis*) и болотник обоеполый (*Callitriche hermaphroditica*) Данные сообщества занимают мелководные (до 40 см глубиной) хорошо прогреваемые водоемы с илистым вязким дном в пределах солоноватоводных маршей. В мелководных (до 20 см глубиной) хорошо прогреваемых водоемах с илистым дном в пределах солоноватоводных маршей иногда встречается шелковник волосолистный (*Batrachium trichophyllum*). Довольно часто на илистых и песчано-илистых осушках в устьях небольших рек, впадающих в Печорскую губу, на расстоянии до 5–7 км вверх по течению на осушке в обводненных мелководных ваннах на солоноватоводных маршах встречается сообщество с доминированием хвостника четырехлистного (*Hippuris tetraphylla*) и с примесью болотницы болотной (*Eleocharis palustris*). Также довольно характерны для обводненных илистых осушек солоноватоводных маршей сообщества с преобладанием арктофилы рыжеватой (*Arctophila fulva*).

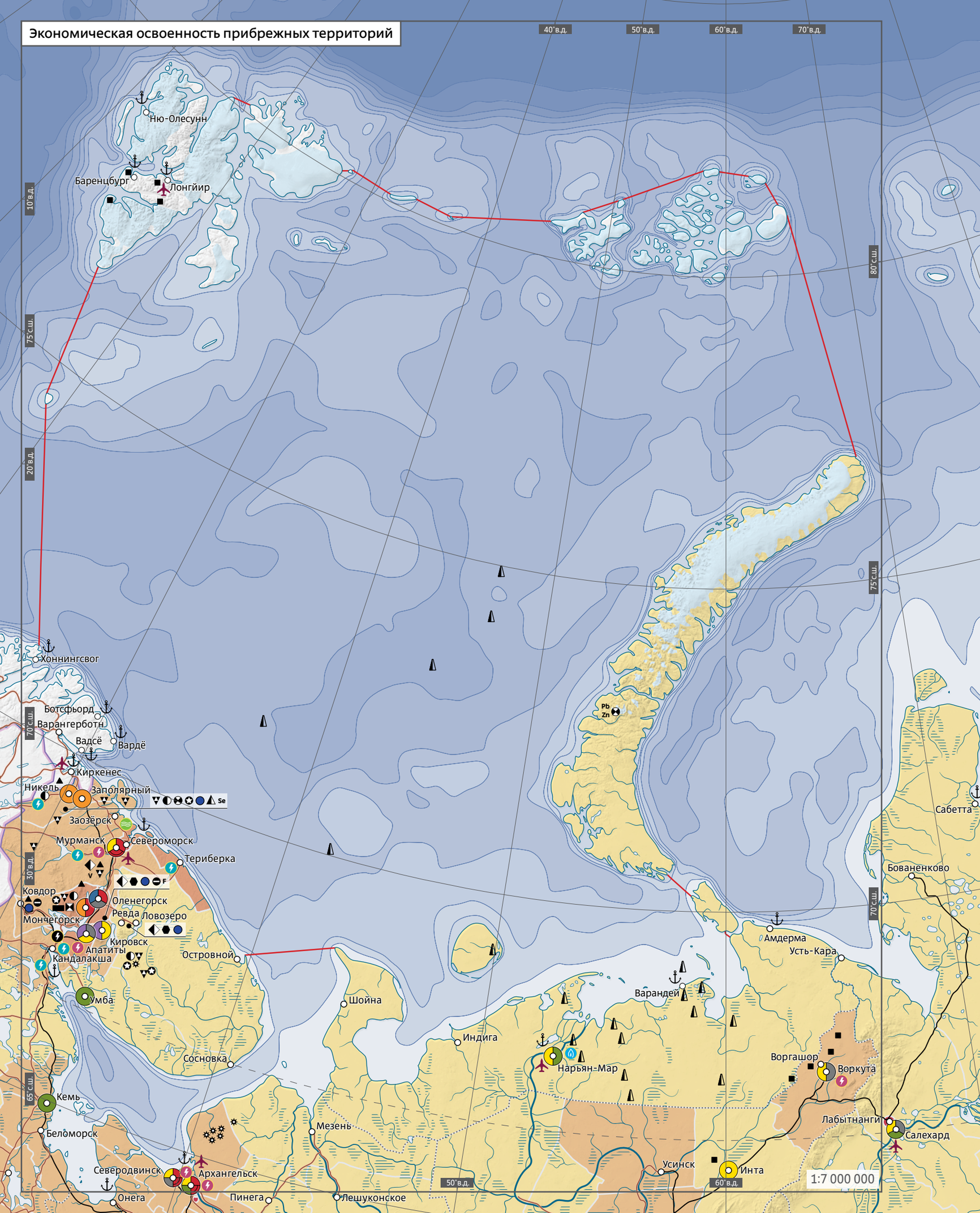
Большие, крупные массивы приморских лугов (рис. 3.7.16–3.7.18) встречаются в Хайпудырской губе, которая на северо-западе граничит с сильно заболоченной и заозеренной Варандейской низменностью, на юго-западе — с возвышенностью Еней. Частота и длительность затопления маршей, приуроченных к разным уровням рельефа, обусловливают различия в степени засоления, водном режиме, гранулометрическом составе субстрата (часто заливаемые приливами участки содержат больше илистых веществ) и, как следствие этого, разнообразии растительности [80]. В пределах маршей расположено множество мелких водоемов разной степени солености, соединенных с реками, Хайпудырской губой и между собой сильно меандрирующими узкими, зачастую глубокими (1–1,5 м) протоками. Растительность маршей представляет собой седиментационные ловушки — она задерживает мелкодисперсные частицы, приносимые приливом. Благодаря этому процессу, а также ежегодному отмиранию фитомассы для маршей отмечено вертикальное нарастание, которое, по литературным данным [86], составляет от 0,35 до 1,35 см в год. Созданный в 2017 г. Заказник «Хайпудырский» предназначен для сохранения редких ландшафтов и экосистем, таких как мелководная акватория Хайпудырской губы и приморские марши, важных для поддержания биологического разнообразия бассейна Баренцева моря и Арктики [80].

Рис. 3.7.18 Приморские сообщества с доминированием осоки обертковидной *Carex subspathacea* на побережье Хайпудырской губы, Баренцево море



Глава 4

ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АКВАТОРИЮ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ПРИЛЕГАЮЩУЮ ТЕРРИТОРИЮ


Экономическая освоенность прибрежных территорий
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
Ню-Олесунн
Баренцбург
Лонгйир
Хоннингсвог
Ботсфьорд
Варангерботн
Вадсё
Вардё
Киркенес
Никель
Заполярный
Se
Заозёрск
Мурманск
Североморск
Териберка
F
Ковдор
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Кировск
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Лешуконское
Мезень
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Варандей
Амдерма
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Сабетта
Бованенково
Pb
Zn
1:7 000 000

4.1. Экономическая освоенность территории

К территории, прилегающей к акватории Баренцева моря, относятся регионы Северо-Западного федерального округа Российской Федерации (Мурманская область, Ненецкий автономный округ и островные территории Архангельской области — архипелаги Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и о. Виктория), коммуны норвежского региона Финнмарк, прилегающие к российской границе, территория арх. Шпицберген, обладающая особым международно-правовым статусом. Совет Баренцева/Евроарктического региона как международная общественная организация (субъект международных политических отношений), созданная 11 января 1993 г. с целью развития международного сотрудничества территорий вокруг Баренцева моря, охватывает более обширную территорию, в том числе в физико-географическом аспекте частично не имеющую прямого выхода к акватории Баренцева моря.

Территория Баренц-региона представляет собой зону интенсивного трансграничного взаимодействия Российской Федерации с государствами Северной Европы — Норвегией, Швецией и Финляндией, что определяет ее особое экономическое, геополитическое и геостратегическое значение. Рассматриваемые российские регионы в составе Арктической зоны Российской Федерации [1] выделены в числе геостратегических территорий [2], освоение и социально-экономическое развитие которых является приоритетной общегосударственной задачей. Для рассматриваемой территории характерна общая низкая плотность населения и социально-экономического потенциала при их сверхконцентрации в крупнейших городах и ареалах горнодобывающей промышленности. Также отличительной чертой является высокий уровень урбанизации — доля городского населения в Мурманской области составляет 92,3%, в Ненецком автономном округе — 72,8%. Город Мурманск (численность населения 287,8 тыс. человек) является одним из крупнейших городов мира, расположенных в Арктике.

В национальном составе населения прибрежных территорий Баренцева моря особое место за-

Экономическая освоенность прибрежных территорий

Плотность населения (чел./км²)

0 1 10 50 100 1000 5000

Электростанции

- тепловые, в том числе
- газотурбинные
- гидравлические
- атомные
- приливные

Промышленная специализация городов

- машиностроение и металлообработка, в том числе
- судостроение и судоремонт
- производство строительных материалов
- лесная и деревообрабатывающая
- пищевая, в том числе рыбная
- горнохимическая
- цветная металлургия
- черная металлургия

Топливно-энергетические ресурсы

- нефть, природный газ
- каменный уголь

Металлические ископаемые

Руды черных металлов

- железные
- ванадиевые
- хромовые

Руды благородных металлов

- золотоносные
- серебряные
- платиновые

Руды редких металлов

- редкие металлы

Руды цветных металлов

- никелевые
- медные
- титановые
- нефелиновые
- свинцовые (Pb)
- цинковые (Zn)

Неметаллические ископаемые

- апатиты
- селен (Se)
- сера
- фтор (F)

Драгоценные камни

- алмазы

Рис. 4.1.1 Панорамный вид на Мурманский морской порт

нимают коренные малочисленные народы Севера (КМНС), к которым, согласно российскому законодательству [3], относят народы численностью населения не более 50 тысяч человек, проживающие на территориях традиционного расселения своих предков, сохраняющие традиционные образ жизни, хозяйствование и промыслы и осознающие себя самостоятельными этническими общностями. В пределах рассматриваемой территории наиболее многочисленными являются саамы и ненцы. По данным Всероссийской переписи населения 2010 г. в Мурманской области проживали представители 17 национальностей, относящихся к КМНС, в том числе 1,6 тыс. чел. — саамы, 149 чел. — ненцы, 82 чел. — вепсы. Численность представителей других КМНС — менее 10 чел. КМНС в Ненецком АО преимущественно представлены ненцами, здесь проживают 7,5 тыс. ненцев (17% всех ненцев России). Основными видами традиционной хозяйственной деятельности КМНС на рассматриваемой территории являются оленеводство, охотничий промысел, рыболовство, сбор дикорастущих растений. Многие представители КМНС ведут кочевой или полукочевой образ жизни, заняты в оленеводческих предприятиях различных форм собственности.

С российской стороны территория исторически развивалась как район колониальной экспансии (промысловые экспедиции за рыбой, пушниной, самоцветами), сопровождавшейся созданием более или менее длительно существовавших опорных населенных пунктов. Кольский полуостров и территории Финнмарка подвергались влиянию также и со стороны Норвегии.

Современные археологические исследования обнаружили существовавшие на арх. Шпицберген с середины XVI по конец XIX в. поселения поморов [4]. В XVII и XVIII вв. острова архипелага использовались разными странами в качестве базы китобойного промысла, а с начала XX в. началась добыча угля. Исторически сложившееся присутствие нескольких европейских стран на территории арх. Шпицберген предопределили его особый статус, в соответствии с которым каждая из них имеет право свободно осуществлять там хозяйственную деятельность.

На начальных этапах хозяйственного освоения на территории современной Мурманской области основными отраслями промышленности являлись рыболовство и солеварение, в Ненецком автономном округе — оленеводство и лесозаготовительная промышленность. В середине XVII в. на Кольском полуострове началась разработка полезных ископаемых, были открыты первые серебряные и медные рудники [5].

Преимущества незамерзающего моря в районе Кольского полуострова стали очевидными для России со второй половины XIX в. Морской порт в районе современного Мурманска (рис. 4.1.1) был основан в период Первой мировой войны как альтернатива находящимся в блокаде южным портам, а в 1920-е гг. он стал базой рыбопромыслового флота.

Начало активного экономического освоения рассматриваемой части Русского Севера относится к 1930–1940-м гг., к эпохе советской индустриализации. Мурманская область специализировалась на добыче железной руды, цветной металлургии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, машиностроении и рыболовстве. В 1930-х гг. был построен Беломорско-Балтийский канал, ставший частью Волго-Балтийского водного пути, обеспечившего транспортную связанность Балтийского и Баренцева бассейнов с Волжской водной системой. В этот период (1930-е гг.) г. Нарьян-Мар являлся опорной базой в освоении угольных и нефтяных месторождений Коми АССР, а также в целом в освоении Арктики. В 1960-е гг. на территории Ненецкого автоном-

Табл. 4.1.1 Отраслевая структура валовой добавленной стоимости (ВДС) регионов акватории Баренцева моря [6, 7]

Отрасль, формирующая ВДС, %	Финнмарк	Мурманская область	Ненецкий АО
Рыболовство и аквакультура	12,6	11,3	0,6
Добыча полезных ископаемых	3,6	16,4	74,5
Обрабатывающие производства	5,6	9,2	0,3
Электричество, газ и пар	7,2	6	0,9
Строительство	7,4	6,6	9,9
Оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств	6,2	9,8	0,7
Транспорт	4,7	11,2	6,4
Государственное управление	11,0	8,1	1,4
Образование	7,0	3,2	0,8
Здравоохранение	15,8	6,2	0,8
Прочие	18,9	12	3,7

ного округа было открыто первое промышленное газонефтяное месторождение (Шапкинское), что послужило началом кардинальной перестройки экономики региона и ее переориентацией на добычу углеводородного сырья. К 1980-м гг. относится открытие уникальных шельфовых газовых и нефтяных месторождений Баренцева моря (Штокмановского, Приразломного и др. [6]). В этот исторический период северные районы Норвегии также получили развитие как регионы нового ресурсного освоения.

Таким образом, хозяйственная специализация территории, прилегающей к акватории Баренцева моря, в первую очередь предопределена наличием минерально-сырьевых и биологических ресурсов, а также выгодным транспортно-географическим положением (выход к незамерзающему морю). В то же время, данные территории являются периферийными для своих стран и находятся в отдалении от основных центров экономического роста и инновационного развития: по данным на 2018 г., в структуре валовой добавленной стоимости (ВДС) Норвегии Финнмарк занимает лишь 1,1%, арх. Шпицберген — 0,04% [7]; в структуре ВДС регионов России Мурманская область — 0,6%, Ненецкий автономный округ — 0,4% [8].

Современная хозяйственная специализация рассматриваемых регионов отражена на карте «Экономическая освоенность территории» (см. с. 294). Отраслевая структура экономики имеет существенные различия (табл. 4.1.1): в российских регионах максимальная доля приходятся на добывающую промышленность, в Финнмарке ввиду меньшего развития индустриального сектора превалируют отрасли государственных и социальных услуг. При этом, согласно стратегии развития минерально-сырьевой отрасли Финнмарка на 2015–2019 гг., на территории региона было запланировано расширение добычи железной руды, никеля, меди и золота [9]. Экономика арх. Шпицберген также более ориентирована на сектор услуг: со стороны Норвегии особое внимание уделяется развитию туризма, научных исследований и высшего образования, со стороны России, помимо туризма и научных исследований, большое значение имеет добыча угля как исторически сложившаяся отрасль. Российские шахты на арх. Шпицберген (в г. Баренцбург) принадлежат предприятию «Арктикуголь», работа которого ведется с 1932 г. (ежегодная добыча составляет порядка 120 000 т угля [10]).

В *Мурманской области* ведется добыча черных (города Оленегорск, Ковдор), цветных (медные, никелевые и комплексные месторождения в городах Мончегорск, Заполярный, пгт. Никель), благородных и редких (лопаритовая руда в г. Ревда) металлов. Особое значение в целом для экономики России имеет добыча фосфорного сырья (апатитов в городах Апатиты и Кировск (рис. 4.1.2)). На базе разведанных месторождений действуют горно-обогатительные комбинаты, являющиеся градообразующими для вышеперечисленных городов, т. е. имеющие моноотраслевую специализацию и связанные с ней риски социально-экономического развития ввиду зависимости от конъюнктуры рынка соответствующей отрасли. На сегодняшний день к числу моногородов относят семь населенных пунктов Мурманской области, в том числе к категории с наиболее сложным социально-экономическим положением — два города [11].

Обрабатывающая промышленность в регионе в целом носит вспомогательный для горнодобывающей отрасли характер (производство оборудования на Оленегорском и Мончегорском механических

Рис. 4.1.2 Индустриальная зона города Апатиты

заводах). Ввиду особого транспортно-географического положения в Мурманской области получило развитие судостроение — судоремонтные заводы Мурманска и закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) Александровск. Статус ЗАТО связан с расположением в этом городском округе предприятий военно-промышленного комплекса судостроительной отрасли, специализирующихся на ремонте, обслуживании и утилизации атомных подводных лодок, а также военно-морской базы Северного флота России.

Рыболовство, аквакультура и рыбоперерабатывающая промышленность Мурманской области играют большую роль в экономике не только региона (см. табл. 4.1.1.), но и страны в целом (около 16% общероссийского вылова [12], более 0,5 млн т переработанной и консервированной рыбы, ракообразных и моллюсков ежегодно), а также являются традиционными сферами деятельности населения, в том числе коренных малочисленных народов Севера. По согласованию России с Норвегией общая квота на вылов основных видов промысловых рыб в Баренцевом море в 2019 г. составила приблизительно 1 млн т. Количество рыбопромысловых судов в Мурманской области с 1990 г. сократилось более чем в 2 раза и составляет на сегодняшний день около 190 единиц [13]. При этом рефрижераторные промысловые суда в значительной степени были вытеснены более производительными морозильными, что повлияло на изменение структуры поставляемой на береговые рыбоперерабатывающие предприятия продукции: охлажденный и соленый полуфабрикат уступил место мороженой рыбопродукции. Основными промысловыми видами являются треска и пикша, а также другие донные виды рыб. Большая часть улова уходит на экспорт (более 80% от общего объема экспорта приходится на страны Европейского союза), в структуре которого преобладают мороженая треска, пикша, краб, креветка, палтус и морской окунь. Аквакультура (товарное выращивание атлантического лосося, форелеводство и пр.) в Мурманской области в последние годы является одним из наиболее динамично развивающихся направлений деятельности в рыбохозяйственном комплексе.

Экономика *Ненецкого автономного округа* практически целиком базируется на добыче углеводородного сырья. Объемы добычи нефти колеблются из года в год: в 2017 г. она составила 17,3 млн т (3,4% от общероссийской добычи), газа — 6,2 млрд м^3 (1%) [14]. В регионе отсутствуют нефте- и газоперерабатывающие предприятия, так как существует множество инфраструктурных ограничений для

Рис. 4.1.3 Традиционные состязания оленеводов «Сямянхат Мерета» («Самый быстрый»), город Нарьян-Мар, 2019 г.

развития отрасли. Месторождение Приразломное на сегодняшний день является единственным на арктическом шельфе России, где уже с 2013 г. производится добыча нефти. Несмотря на высокие издержки и ограниченность отечественных технологий в области разработки шельфовых месторождений в условиях Арктики, перспективы отрасли связаны с развитием других шельфовых проектов, расположенных в Баренцевом море в большем отдалении от материка, прежде всего одного из крупнейших газоконденсатных месторождений в мире — Штокмановского. Монопрофильная структура делает экономику Ненецкого автономного округа уязвимой перед внешними угрозами: в действующей модели развития экономика и социальная сфера региона напрямую зависят от цен на углеводородное сырье.

Основными видами традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера являются оленеводство (в том числе переработка продукции оленеводства), рыболовство, охота, заготовка пищевых лесных ресурсов.

С 2019 г. Администрацией НАО при поддержке ПАО «НК «Роснефть» и его дочернего общества ООО «РН-Шельф-Арктика» проводится форум «Экоарктика». Мероприятия форума нацелены на организацию открытого обсуждения актуальных вопросов безопасного освоения Арктики и сохранения уклада жизни коренных малочисленных народов Севера. Главным культурным событием форума является празднование Дня оленевода (рис. 4.1.3), в рамках которого проводятся традиционные состязания оленеводов «Сямянхат Мерета» («Самый быстрый»). В мероприятиях форума ежегодно принимают участие более 1000 человек, в том числе представители коренных народов Севера.

Кольская энергосистема по величине установленной мощности является крупнейшей в мире за Полярным кругом: ее суммарная установленная мощность составляет 3640 МВт [15]. Она является уникальной по составу — 17 гидроэлектростанций (в том числе первая и единственная экспериментальная приливная электростанция России Кислогубская), две теплоэлектростанции (планируется вывод из эксплуатации генерирующих объектов, работающих на угле и мазуте, до 2023 г. [16]) и Кольская атомная электростанция установленной мощностью 1760 МВт в г. Полярные Зори.

Работа Пазского каскада гидроэлектростанций, расположенных на пограничной между Россией и Норвегией р. Паз, регулируется международными договорами, и большая часть генерируемой на территории России энергии экспортируется.

В целом энергосистема Мурманской области является энергоизбыточной, тем не менее есть потенциал развития ветровой энергетики как более экологически чистого способа генерации в изолированных от зоны централизованного энергоснабжения периферийных поселениях. Региональный план развития ветроэнергетики также принят в Финнмарке на период до 2025 г. [17]. Энергосистема Ненецкого автономного округа является децентрализованной. Нарьян-Марская электростанция является крупнейшей в автономном округе (30 МВт) и обеспечивает значительную часть его территории электричеством. Существенная доля объектов энергетики региона суммарной установленной мощностью 359 МВт находится в собственности нефтегазодобывающих компаний. Их отличительной особенностью является мобильность, поскольку нефтегазовые компании практикуют переброску дизель-генераторных установок с одного месторождения на другое для покрытия возникающих дефицитов мощности. Перспективным направлением также является развитие в Ненецком автономном округе ветровых возобновляемых источников энергии [18, 19] как для обеспечения потребности населения отдаленных населенных пунктов, так и нефтегазодобывающих предприятий.

Вследствие расположения территории, прилегающей к Баренцеву морю, за Полярным кругом для этой местности характерны экстремальные для ведения большинства подотраслей сельского хозяйства почвенно-климатические условия. В связи с этим в структуре производства сельскохозяйственной продукции преобладает животноводство (около 70% в Мурманской области, около 90% в Ненецком автономном округе). Вблизи г. Мурманск развито растениеводство (в том числе выращивание картофеля), а также тепличное овощеводство в личных подсобных хозяйствах населения. Исторически сложившейся отраслью специализации животноводства на рассматриваемой территории России и Норвегии является оленеводство, которым занимаются прежде всего представители коренных малочисленных народов Севера. Поголовье оленей в Мурманской области насчитывает порядка 60 тыс. особей, Ненецкого автономного округа — более 170 тыс.

Развитие, диверсификация и изменение пространственной организации экономики рассматриваемых регионов России во многом связано с реализацией запланированных на их территории крупных инвестиционных проектов. В Мурманской области целая группа проектов связана со строительством новых и увеличением мощности действующих горнообогатительных комбинатов. Проекты в сфере транспорта предполагают комплексное развитие Мурманского транспортного узла (в том числе строительство и реконструкцию морского порта Мурманска) и создание центра строительства крупнотоннажных морских сооружений. В Ненецком автономном округе запланировано освоение крупных шельфовых нефтяных месторождений, а также развитие необходимой сопутствующей транспортной инфраструктуры: строительство автомобильной дороги Нарьян-Мар — Усинск, реконструкция аэропорта г. Нарьян-Мар, строительство глубоководного морского порта Индига и примыкающей к нему железной дороги Сосногорск — Индига. Таким образом, в обоих регионах особое место занимают проекты, направленные на устранение инфраструктурных ограничений. В Мурманской области также реализуются проекты по развитию морского транспорта в контексте стратегически запланированного увеличения грузооборота Северного морского пути. В Ненецком автономном округе — единственном регионе европейской части России, не имеющем постоянного наземного транспортного сообщения с другими субъектами, важным направлением является строительство железных и автомобильных дорог, повышающих уровень интеграции во всероссийскую транспортную сеть.

Значительные перспективы связаны с развитием свинцово-цинкового минерально-сырьевого центра на базе Павловского месторождения, расположенного на острове Южный архипелага Новая Земля Архангельской области, одного из крупнейших в России по прогнозным запасам.

Важным событием для рассматриваемой территории является принятие Федерального закона от 13.07.2020 № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации». Этот закон, имеющий исключительное значение для промышленного развития арктических территорий, определяет правовой режим АЗРФ, меры государственной поддержки и порядок осуществления предпринимательской деятельности на данной территории. 12 мая 2020 г. постановлением Правительства РФ была создана территория опережающего социально-экономического развития (ТОР) «Столица Арктики», расположенная на территориях г. Мурманск и Кольского района Мурманской области [20].

Современная экологическая ситуация на рассматриваемой территории в целом характеризуется высоким уровнем антропогенной нагрузки на экосистему. По удельным объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, в 2018 г. рассматриваемые регионы входят в первую десятку субъектов Российской Федерации с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха: Ненецкий автономный округ — 2,27 т на человека в год (1-е место среди регионов России), Мурманская область — 0,32 т на человека в год (10-е место). Среднероссийское значение рассматриваемого показателя составляет 0,12 т на человека в год. Еще более сложная ситуация касается показателя сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, по которому Мурманская область занимает первое место в России (0,42 тыс. $м^3$ на человека при среднем для РФ значении 0,09 тыс. $м^3$). Неблагоприятная экологическая обстановка еще более усугубляется в условиях арктического и субарктического климата и типичных для них тундровой и лесотундровой природных зон, отличающихся наибольшей экологической неустойчивостью природных ландшафтов и систем, а также их высокой уязвимостью и восприимчивостью к антропогенному воздействию.

Сложившаяся экологическая ситуация является следствием промышленной специализации региона — основные выбросы формируют предприятия цветной металлургии Мурманской области. Разработка нефтегазовых месторождений в Ненецком автономном округе и на шельфе сопряжена с рисками загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Также негативные последствия добывающей промышленности проявляются в накоплении шламов, выводе из использования сельскохозяйственных земель, в том числе оленьих пастбищ коренных малочисленных народов Севера.

Приграничное положение рассматриваемой территории России в Арктике также предопределило наличие здесь крупных военных баз и аэродромов, а периферийная по отношению к основным ареалам расселения локация сделала допустимым проведение ядерных испытаний и захоронение жидких и твердых радиоактивных отходов на арх. Новая Земля и в акватории Баренцева моря в середине прошлого века [21]. Это может нести в себе потенциальную угрозу ухудшения радиологической обстановки в будущем при условии реализации кумулятивного риска (например, в случае оттаивания многолетней мерзлоты на радиоактивных могильниках). Современные технологии адаптации и методы снижения антропогенной нагрузки, экологизации промышленного производства при грамотно спланированном подходе создают перспективы улучшения экологической ситуации и возможности гармоничного совместного развития промышленности, природных систем и локальных сообществ.

Другой важной отличительной чертой рассматриваемой территории суши и акватории Баренцева моря в экологическом аспекте является проблема изменения климата. По существующим прогнозам [22–24], именно в приполярных регионах ожидается максимальное проявление глобальных климатических изменений и соответственно их последствий для населения и экономики. К положительным последствиям изменений климата для хозяйственной деятельности человека можно отнести следующие: снижение потребления энергии, издержек на поддержание жилищно-коммунального и дорожного хозяйства, строительство зданий и сооружений, объектов инфраструктуры. Кроме того, с учетом мерзлотного фактора, ожидается облегчение доступа к ресурсам, увеличение сезона навигации в бассейне Северного морского пути без использования ледокольного флота, развитие новых отраслей сельского и лесного хозяйства, повышающих обеспеченность населения местной продукцией и многие другие. Среди отрицательных последствий можно выделить риск активизации опасных криогенных процессов и как следствие разрушение зданий и сооружений, учащение случаев волн экстремальной жары и холода, увеличивающих риск гибели людей с хроническими заболеваниями, гибели животных (в том числе северных оленей) и возникновение эпизоотий вследствие оттаивания многолетней мерзлоты. Необходима реализация превентивных мер и программ адаптации по снижению негативных последствий, с одной стороны, и программ по развитию перспективных возможностей — с другой.

Среди важнейших направлений трансграничного сотрудничества между Россией и Норвегией, согласно договору между Российской Федерацией и Королевством Норвегия от 15 сентября 2010 г. о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане [25], можно выделить сотрудничество в сфере рыбного промысла, в том числе по вопросам, связанным с сохранением биоразнообразия, паритетность принятия решений по разграничению месторождений углеводородов на шельфе Баренцева моря.

Перспективными направлениями сотрудничества также являются экспорт электроэнергии в приграничные районы Норвегии, морские научно-исследовательские программы, туризм. На сегодняшний день существует единственный пункт

Рис. 4.1.4 Туристы на архипелаге Земля Франца-Иосифа, экскурсия в рамках тура на атомном ледоколе «50 лет Победы» летом 2016 г.

пропуска через государственную границу в сторону Норвегии на территории Печенгского района Мурманской области — Борисоглебск (пропущено более 100 тыс. автомобилей в 2018 г.).

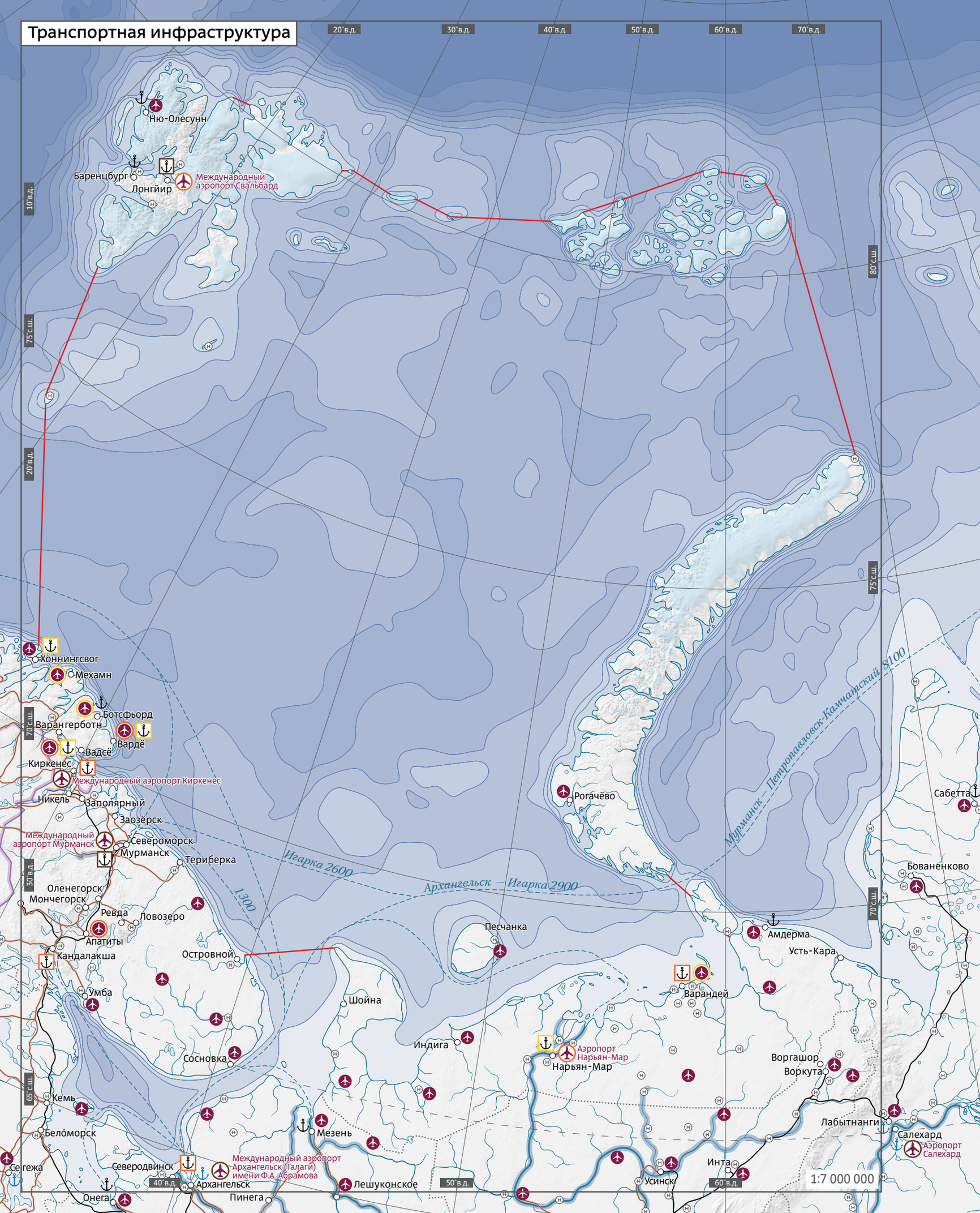
Ежегодно увеличивается количество туристов, желающих посетить арктические широты: согласно исследованиям, проведенным Всемирным фондом дикой природы (WWF), более 90% туристского потока в Арктику — это жители Северной Европы [26]. Национальный парк «Русская Арктика» — одна из самых молодых и вторая по площади арктическая ООПТ в России. Посещение парка туристами осуществляется преимущественно посредством арктических круизов на лайнерах (выход из Мурманска или с арх. Шпицберген с заходом на арх. Земля Франца-Иосифа (рис. 4.1.4)). Порт Мурманск — самый северный незамерзающий порт России. Учитывая его конкурентные преимущества, такие как наличие незамерзающего глубоководного залива и развитой транспортной инфраструктуры, г. Мурманск может стать центром морских круизов по арктическим островам, Северному морскому пути и к Северному полюсу. Популярность посещения порта Мурманск растет: так в 2015 г. в период летней навигации порт посетило 13 круизных судов с 10 тыс. пассажиров на борту. Постановлением Правительства Российской Федерации в 2016 г. г. Мурманск включен в перечень портов, через которые допускается въезд в Россию иностранных граждан, прибывающих в туристических целях без визы на 72 часа. Принятие данного постановления, наравне с реализующейся модернизацией пассажирской инфраструктуры порта, способствует повышению туристического потенциала Кольского полуострова. Наиболее популярными местами отдыха и туризма в Мурманской области являются 11 горнолыжных комплексов, экскурсионно-туристический центр «Снежная деревня», саамская деревня «Сам сыйт», Арктический выставочный центр «Атомный ледокол «Ленин» (рис. 4.1.5).

Основным центром горнолыжного туризма является г. Кировск, который ежегодно посещают более 40 тыс. туристов. Строительство ско-

Рис. 4.1.5 Арктический выставочный центр «Атомный ледокол «Ленин»

Рис. 4.1.6 Горнолыжный курорт «Большой Вудъявр»

ростной гондольно-кресельной канатной дороги значительно увеличило туристический поток в туристско-рекреационный кластер «Хибины» (рис. 4.1.6). В 32 км от г. Кировск находится аэропорт Хибины (г. Апатиты), пассажиропоток которого за 2015 г. составил 38 870 пассажиров (в 2012 г. — 8316 человек), в настоящее время не имеющий статуса международного аэропорта. В последние годы ярким туристским объектом региона стало старинное с. Териберка.


Транспортная инфраструктура
20° в.д.
30° в.д.
40° в.д.
50° в.д.
60° в.д.
70° в.д.
10° в.д.
20° в.д.
30° в.д.
40° в.д.
50° в.д.
60° в.д.
80° с.ш.
75° с.ш.
70° с.ш.
65° с.ш.
Ню-Олесунн
Баренцбург
Лонгйир
Международный аэропорт Свальбард
Хоннингсвог
Мехамн
Ботсфьорд
Варангерботн
Вардё
Вадсё
Киркенес
Международный аэропорт Киркенес
Никель
Заполярный
Заозёрск
Международный аэропорт Мурманск
Североморск
Мурманск
Териберка
Оленегорск
Мончегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Умба
Островной
Сосновка
Кемь
Беломорск
Сегежа
Онега
Северодвинск
Международный аэропорт Архангельск (Талаги) имени Ф.А. Абрамова
Архангельск
Пинега
Мезень
Лешуконское
Шойна
Индига
Песчанка
Рогачёво
Амдерма
Усть-Кара
Варандей
Аэропорт Нарьян-Мар
Нарьян-Мар
Усинск
Инта
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Аэропорт Салехард
Сабетта
Бованенково
Игарка 2600
Архангельск — Игарка 2900
1300
Мурманск — Петропавловск-Камчатский 8100
1:7 000 000

Транспортная инфраструктура

4.2.

Современный транспортный комплекс территории, прилегающей к бассейну Баренцева моря, представлен на карте «Транспортная инфраструктура» (см. с. 304). Транспорт, как отрасль экономики, имеет особенно важное значение для рассматриваемых регионов — Мурманской области, Ненецкого автономного округа, коммун норвежского региона Финнмарк, прилегающих к российской границе, и территории арх. Шпицберген, формируя от 5 до 11% добавленной стоимости в каждом из них. В то же время, в экстремальных природно-климатических условиях Арктики развитие транспортных систем является основным и первостепенным условием для жизнеобеспечения населения, особенно в отдаленных районах, а также для функционирования других отраслей экономики, в первую очередь — промышленности. Иными словами, транспорт, являясь одним из ключевых факторов поддержки конкурентоспособности арктических предприятий, одновременно выполняет важную социальную функцию по обеспечению мобильности и качества жизни местного населения.

Основные отрасли промышленной специализации региона — горнодобывающая, нефтегазовая, цветная металлургия, лесная и рыбная — в высокой степени зависят от колебаний мировой конъюнктуры, соответственно и спрос на грузовые перевозки с их стороны также имеет циклический характер. Планы по долгосрочному стратегическому развитию рассматриваемого сектора Российской Арктики, включающие в себя реализацию здесь крупных минерально-сырьевых инвестиционных проектов, в первую очередь связаны со снятием инфраструктурных ограничений, т. е. с комплексным развитием различных видов транспорта. Вместе с тем транспортно-географическое положение территории, прилегающей к бассейну Баренцева моря, в мезо- и макромасштабе имеет как преимущества, так и недостатки. Рассматриваемая территория по отношению к крупным мировым рынкам и основным центрам экономического роста своих стран (России и Норвегии соответственно) является периферийным регионом, ее транспортная инфраструктура в значительной степени разделена национальными границами государств. Для городов, сформированных на базе промышленных предприятий, в целом характерна удаленность от рынков сбыта производимой на них продукции. Вследствие этого большие расстояния приводят к высоким транспортным издержкам, что усугубляется эксплуатацией транспортной инфраструктуры в рамках отдельных национальных транспортных систем и экстремальными климатическими условиями Арктики. При этом для России выход к незамерзающему морю в Мурманской области создает конкурентные преимущества и в некоторой степени нивелирует слабые стороны транспортно-географического положения региона. Грузопотоки ориентированы преимущественно в субмеридиональном направлении (север — юг). В структуре грузооборота из рассматриваемых регионов преобладают экс-

Транспортная инфраструктура

автомобильные дороги

железные дороги

Аэропорты и вертолетные площадки

аэропорты международного и федерального значения

прочие аэропорты и гражданские аэродромы

вертолетные площадки

Объем перевозок пассажиров через аэропорты (тыс. чел./год)

< 50 | 50 - 200 | >200

ключевые трассировки морских путей

судоходные участки рек

Порты

морские порты

речные порты

Грузооборот морских портов (млн тонн/год)

< 1 | 1 - 10 | > 10

Рис. 4.2.1 Мурманский железнодорожный терминал

портируемые минеральное сырье, лесная и рыбная продукция, а в обратном направлении — ввозимые туда потребительские товары.

Железнодорожный и автомобильный транспорт

Система железных дорог очень важна для отраслей промышленности, ориентированных на экспорт. Для рассматриваемых регионов уровень обеспеченности сетями различен: в промышленно развитой Мурманской области с достаточно плотной для арктических территорий сетью населенных пунктов показатели обеспеченности наземной транспортной сетью весьма высоки — плотность железнодорожных путей составляет 60 км путей на 10 000 км^2 территории при среднероссийском значении показателя 50. Участок Октябрьской железной дороги, проходящий от г. Мурманск до г. Петрозаводск (далее на г. Санкт-Петербург), имеет однопутные и двухпутные участки. Эксплуатационная длина железнодорожных линий в Мурманской области составляет 870 км, из них электрифицировано 439 км (рис. 4.2.1). В среднем за 2005–2018 гг. в Мурманской области железнодорожным транспортом отправлялось 28,1 млн т груза ежегодно. В отличие от грузовых перевозок, пассажирские перевозки в этот период имели ежегодные отрицательные темпы роста: количество отправленных пассажиров сократилось в 2 раза (с 1,4 до 0,7 млн человек). В значительной степени этот тренд обусловлен не снижением мобильности населения, а повышением роли воздушного транспорта в пассажирообороте региона. В Ненецком автономном округе и на севере Финнмарка (кроме локальных линий от месторождений к морским портам, например железная дорога Киркенес — Бьорневатн) железнодорожное сообщение вообще отсутствует.

Обеспеченность автодорогами также недостаточна, что вообще характерно для Арктики. Плотность автомобильных дорог общего пользова-

ния с твердым покрытием в Мурманской области составляет 23, в Ненецком автономном округе — 1,4 км на 1000 км^2 территории, что в несколько раз ниже среднероссийских значений (62 км на 1000 км^2 территории). Поэтому и объемы грузовых перевозок автомобильным транспортом также невелики — в 2017 г. в Мурманской области было перевезено 3,5 млн т грузов, в Ненецком автономном округе — 3 млн т. За счет низких объемов перевозок, а также существенной доли в них перевозок скоропортящейся рыбной продукции и отдаленности основных рынков сбыта, показатели грузооборота невелики — 423 млн т км в Мурманской области и 77 млн т км в Ненецком автономном округе (при среднем для регионов России значении показателя 2159 млн т км). Однако автомобильный транспорт выполняет важную функцию: помимо пассажирских перевозок, он обеспечивает транспортировку из региона грузов, требующих четкого соблюдения сроков поставки (например, свежей рыбы). Закрытие автомобильных дорог при неблагоприятных для вождения погодных условиях (сильные метели и снегопады) приводит к увеличению стоимости рыбной продукции.

Основными автомобильными магистралями на рассматриваемой территории являются европейский маршрут Е105, связывающий города Киркенес и Мурманск с Москвой и Санкт-Петербургом, и единственный национальный маршрут грузовых перевозок между севером и югом Норвегии — трасса Е6. Участок трассы Е105, проходящий по территории Мурманской области, является частью федеральной автомагистрали Р21 «Кола» (Санкт-Петербург — Петрозаводск — Мурманск — пос. Печенга — граница с Королевством Норвегия). Трасса проходит через единственный пограничный пункт пропуска между Россией и Норвегией — Борисоглебск/Стурскуг. Между городами Киркенес и Мурманск налажено ежедневное автобусное сообщение, обеспечиваемое российскими перевозчиками, однако трафик невелик — через пограничный пункт в 2018 г. было пропущено немногим более 100 тыс. автомобилей.

Перспективные крупные инвестиционные проекты в области наземного транспорта направлены на преобразование всего социально-экономического пространства рассматриваемой территории посредством повышения включенности локальных транспортных систем в государственные и международные. Среди запланированных к реализации в ближайшие десятилетия [1, 2] наиболее значимыми являются следующие:

1) строительство в Ненецком автономном округе участков железнодорожной магистрали «Баренцево море — Коми — Урал» («Баренцкомур») протяженностью 612 км от п. Индига до г. Сосногорск (с продолжением до г. Сургут) и 210 км от п. Усть-Кара до г. Воркута [3]. Данные проекты обеспечат выход Воркутинского промышленного района к новым портам Баренцева моря для транспортировки лесных, минеральных и нефтегазовых ресурсов;

2) строительство в Ненецком автономном округе (единственном субъекте европейской части России, не имеющем постоянного наземного транспортного сообщения с другими регионами) автомобильной дороги от г. Нарьян-Мар до трассы Воркута — Сыктывкар;

3) реконструкция в Мурманской области автомобильной дороги Р21 «Кола».

Морской и внутренний водный транспорт

Порт Мурманск — самый северный незамерзающий порт России и крупнейший по грузообороту порт Баренцева моря (рис. 4.2.2) (60,7 млн т в 2018 г., что составляет 7,4% от общероссийского грузооборота и 65,5% от грузооборота портов российского Арктического бассейна [4, 5]). Мурманский порт состоит из трех частей: торгового, рыбного и пассажирского портов [6].

Исторически *торговый порт* специализируется на экспорте угля из Печорского угольного бассейна, также в структуре грузов присутствуют металлические руды, окатыши, апатиты и минеральные удобрения, генеральные грузы, контейнеры, металлолом. Перевалка нефтяных грузов с месторождений п-ова Ямал с танкера на танкер происходит на рейдовом перегрузочном комплексе в Кольском заливе, существует также несколько береговых перегрузочных терминалов. Мурманский транспортный узел является базовым предприятием по реализации государственной политики развития Арктической зоны Российской Федерации, основной базой для Северного морского пути. В порту производят перевалку грузов в направлении восточных заполярных портов (Сабетта, Диксон, Хатанга), он служит домашним портом атомных ледоколов России, к нему приписаны суда, обеспечивающие шельфовые нефтегазовые проекты.

Рыбный порт является современным высокомеханизированным предприятием, специализирующимся на комплексном обслуживании судов рыбопромыслового флота разного класса: выполнении погрузочно-разгрузочных работ, хранении грузов, обеспечении судов связью, водой, электроэнергией. Для выполнения своих функ-

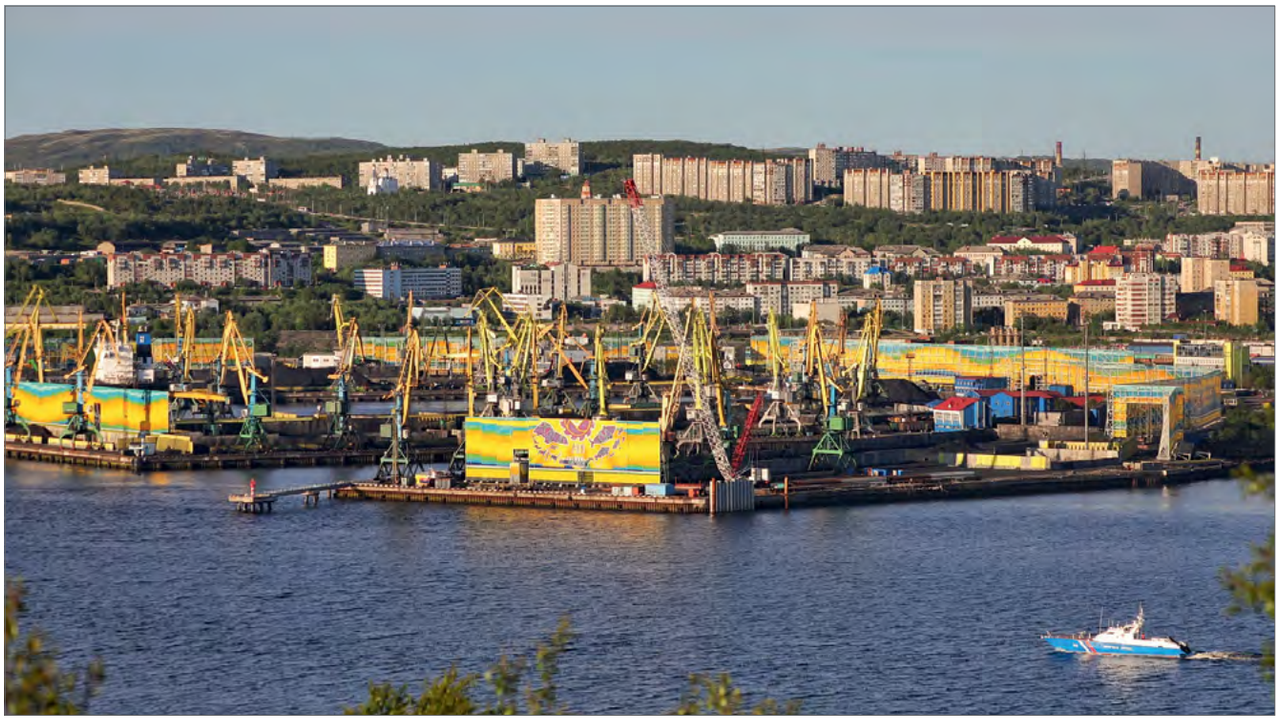


Рис. 4.2.2 Мурманский морской торговый порт

ций порт располагает необходимым комплексом инженерных сооружений, полной системой сетей энерго-тепло-водоснабжения. В рыбном порту имеется около 50 причалов небольшой длины с глубинами от 6 до 8,5 м общей протяженностью около 4 км. Проектная мощность переработки грузов составляет 3,5 млн т в год, в том числе рыбной продукции — 1,3 млн т в год. Фактическая мощность переработки грузов в порту, с учетом технического состояния основных производственных фондов, составляет 1 млн т в год, в том числе рыбной продукции 0,7 млн т.

Пассажирский порт осуществляет как международные, так и социально значимые местные пассажирские перевозки. С 2016 г. в порту начался прием круизных лайнеров в летний период. Пассажирский порт включает пирс с двумя причалами длиной по 148 м для линейного флота, три плавучих причала для судов местного плавания и здание Морского вокзала. Глубины у пирса составляют 6,5 м, у плавучих причалов — до 7,8 м. С вокзала отправляется теплоход Мурманского морского пароходства «Клавдия Еланская», который работает на пассажирской морской линии вдоль побережья Кольского полуострова на протяжении всего года. Он совершает около трех–четырех рейсов в месяц с расширенным перечнем остановочных пунктов в весенне-летний навигационный период, связывая труднодоступные населенные пункты с Мурманском. Запланированы мероприятия по расширению мощностей пассажирского порта, в том числе предполагающие проведение дноуглубительных работ для возможности приема круизных судов большего дедвейта.

По акватории Баренцева моря проходит западное продолжение Северного морского пути — исторически сложившейся национальной транспортной артерии российского сектора Северного Ледовитого океана, кратчайшего морского пути между европейской частью России и Дальним Востоком, странами Северной Европы и Восточной Азии. Для развития Российской Арктики значение Северного морского пути трудно переоценить. Его важной исторически сложившейся функцией являлся «северный завоз» — комплекс ежегодных государственных мероприятий по обеспечению территорий европейской части России, Крайнего Севера Сибири и Дальнего Востока основными жизненно важными товарами, прежде всего продовольствием и нефтепродуктами, в преддверии зимнего сезона. Северный морской путь представляет собой сложную систему, объединяющую высокоширотные судоходные морские трассы, меридианно ориентированные транспортные пути речного транспорта, транспортные средства морского и речного флота, ледокольный флот, порты и береговую инфраструктуру. Развитие Северного морского пути стратегически значимо

для России, первоочередной целью является увеличение объемов по нему грузовых перевозок за счет российских, а не транзитных грузов. В 2018 г. грузооборот Северного морского пути составил 18 млн т (максимальное значение в советский период составляло 6,5 млн т в 1986 г.). Большую часть грузооборота формирует ПАО «ГМК «Норильский никель», а также ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НОВАТЭК» и ПАО «Лукойл». Перспективное увеличение грузооборота связывают в первую очередь с развитием материковых и шельфовых нефтегазовых месторождений. Уменьшение льдистости и перспективное увеличение навигационного периода без использования ледокольного флота в морях Северного Ледовитого океана наряду с возросшей потребностью в ресурсах приведет к активизации морского транспорта и повышению роли Северного морского пути в качестве международного транспортного коридора.

Среди крупнейших морских портов региона следует упомянуть порт Варандей, грузооборот которого в 2018 г. составил 7 млн т; порт специализируется на отгрузке на экспорт нефти, добываемой в северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Грузооборот порта Нарьян-Мар в 2018 г. составил 123,5 тыс. т — преимущественно уголь и строительные материалы. Норвежские порты Киркенес, Хоннингсвог, Берлевог, Вадсё, Вардё ориентированы на вывоз продукции рыболовства, полезных ископаемых и пр. Особо следует отметить порт Лонгйир на арх. Шпицберген, через который обеспечиваются вывоз с острова полезных ископаемых, доставка продовольственных и хозяйственных грузов, а также осуществляется прием туристических и круизных судов. В морском порту Баренцбург на арх. Шпицберген есть как пассажирские, так и грузовые терминалы, служащие для отгрузки угля и приема грузов с материка. Порт имеет особое значение для города, поскольку морской транспорт здесь является безальтернативным: аэропорта в Баренцбурге нет, функционирует только вертолетная площадка.

На рассматриваемой территории отсутствуют крупные магистральные нефтегазопроводы (кроме локальной трубопроводной инфраструктуры Ненецкого автономного округа), что является существенным ограничением в том числе для развития портовых мощностей по перевалке нефти и нефтепродуктов. Проекты строительства трубопроводов и их интеграции в общероссийскую сеть существуют, однако в настоящий момент не являются приоритетными, и их реализация отложена на неопределенный период.

В числе крупнейших инвестиционных проектов, связанных с развитием морского транспорта и запланированных к реализации на рассматриваемой территории, выделяются следующие:

1) комплексное развитие Мурманского транспортного узла со строительством угольного и нефтяного терминалов, а также подъездных железнодорожных путей, реконструкцией существующих объектов портовой инфраструктуры [1]. Запланировано строительство морского перегрузочного комплекса сжиженного природного газа в Мурманской области мощностью 20,9 млн т в год для отправки грузов с арктических газовых месторождений;

2) создание крупного транспортно-логистического комплекса, размещение железнодорожной станции, создание крупного многопрофильного глубоководного арктического порта и терминала для транспортировки углеводородов в п. Индига Ненецкого автономного округа [3]. Кроме этого, здесь запланировано строительство базы портового флота и базы ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов;

3) в рамках Федерального проекта «Северный морской путь» в целях повышения безопасности мореплавания предполагается осуществить строительство базы и причала для стоянки аварийно-спасательных судов в порту г. Мурманск.

Среди значимых инвестиционных проектов также можно выделить проекты, включенные в Территорию опережающего социально-экономического развития (ТОР) «Столица Арктики»: «Морской торговый порт Лавна» (угольный терминал), «Морской терминал Тулома» (терминал минеральных удобрений и апатитового концентрата), «Порт Лиинахамари» (с одноименным инвестиционным проектом по созданию туристического кластера, в том числе необходимой инфраструктуры мирового уровня для захода круизных судов, яхт, развития дайвинга, морской рыбалки).

Авиационный транспорт

Ввиду особенностей периферийного транспортно-географического положения территории, прилегающей к бассейну Баренцева моря, и экстремальных природно-климатических условий Арктики, авиасообщение на дальние расстояния имеет ключевое значение для обеспечения транспортной доступности. Авиатранспорт для некоторых населенных пунктов и в отдельные периоды года является безальтернативным.

К аэропортам федерального значения [7] относятся аэропорты городов Мурманск (рис. 4.2.3) и Нарьян-Мар. В условиях Арктики для аэро-

Рис. 4.2.3 Аэропорт города Мурманск

портов характерно деление на летнее и зимнее расписание полетов. Крупнейшим аэропортом на рассматриваемой территории является международный аэропорт г. Мурманск — его пассажиропоток имеет устойчивую многолетнюю тенденцию роста: в 2018 г. он составил 938 тыс. человек [8]. География вылетов весьма обширна: ежедневные прямые рейсы выполняются в Москву, Санкт-Петербург, Архангельск, Череповец, в летний сезон также в южном и западном направлении — в Краснодар, Калининград, Сочи, Симферополь, Анапу и некоторые другие города. Сеть международных рейсов в последние годы существенно сузилась и большинство из них осуществляется через Москву.

Пассажирооборот аэропорта г. Нарьян-Мар в 2017 г. составил 183,1 тыс. человек [8]. Без пересадок можно было улететь в Москву, Санкт-Петербург, Сыктывкар, Архангельск, Амдерму, Киров, Пермь, Сургут, Уфу, Казань, Сочи, Симферополь. Важной задачей аэропорта является осуществление устойчивого авиасообщения (вертолеты и малая авиация) с отдаленными населенными пунктами (в том числе расположенными на островах) внутри Ненецкого автономного округа.

К региональным аэропортам и аэропортам местного значения относятся аэропорты в г. Апатиты (Хибины) в Мурманской области и п. Варандей в Ненецком автономном округе с объемом пассажиропотока в 2018 г. 60,1 и 15,6 тыс. человек соответственно [8]. Сеть аэродромов местных воздушных линий в 1990-х гг. существенно сузилась ввиду низкого спроса населения и высоких авиационных тарифов. Наряду с сокращением и выводом из строя воздушных судов, в целом возросла степень износа самолетного парка. Воздушные суда малой авиации используются при выполнении санитарных рейсов медицины катастроф, а также в чрезвычайных ситуациях (разведка ледовой обстановки, проведение спасательных работ, доставка срочных грузов). С целью улучшения сложившейся ситуации Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 г. на рассматриваемой территории предусмотрено развитие социально значимых аэродромов гражданской авиации местного значения.

В России существует механизм развития геостратегически значимых территорий посредством субсидирования (целевых денежных выплат из бюджета) организаций воздушного транспорта. При этом повышается доступность воздушных перевозок для пассажиров, проживающих в Калининградской области, Дальневосточном макрорегионе и Арктической зоне, в том числе и на рассматриваемой территории. Однако в отличие от остальных арктических регионов, количество субсидируемых маршрутов здесь весьма ограничено — всего два из 175 существующих (Киров — Нарьян-Мар и Сыктывкар — Нарьян-Мар).

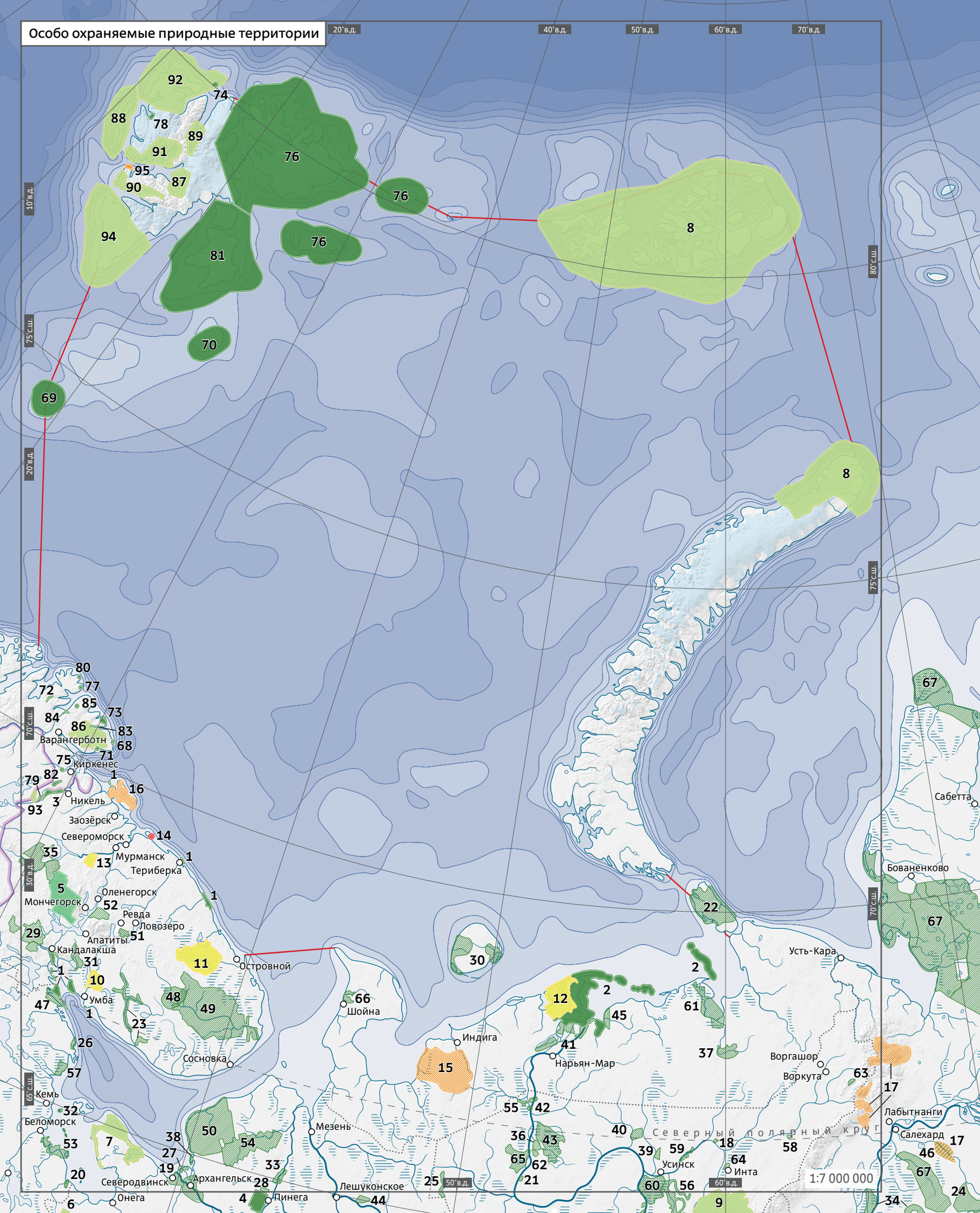
Между российскими и норвежскими территориями, прилегающими к бассейну Баренцева моря, в настоящий момент нет прямого авиасообщения [9]. Крупнейшим норвежским аэропортом на рассматриваемой территории является Киркенес с объемом пассажиропотока в 2014 г. 297,1 тыс. человек [10]. Также к числу континентальных аэропортов относятся Вадсё (объем пассажиропотока 77,3 тыс. человек), Вардё (13,9 тыс. человек), Ботсфьорд (14,5 тыс. человек) и Берлевог (5,9 тыс. человек). Аэропорт «Свальбард» (Лонгийр) на арх. Шпицберген (154,3 тыс. человек) является самым северным в мире аэропортом, выполняющим регулярные рейсы.

В России запланировано множество мероприятий по реконструкции ключевых аэропортов Крайнего Севера, в том числе и на рассматриваемой территории. К крупнейшим инвестиционным проектам можно отнести реконструкцию аэропортового комплекса «Мурманск, Нарьян-Мар, Амдерма». Особое значение авиатранспорта для территории, прилегающей к бассейну Баренцева моря, также связано с обеспечением безопасности, в том числе в контексте проведения оперативных спасательных операций во время стихийных бедствий, развития медицины катастроф, оказания срочной медицинской помощи людям, находящимся в труднодоступных районах, так как эти и другие задачи, требующие незамедлительного реагирования, зачастую не могут быть осуществлены с использованием других видов транспорта.

Полярное сияние в городе Нарьян-Мар, Ненецкий автономный округ

Глава 5

ТЕРРИТОРИИ С ОСОБЫМ ОХРАННЫМ СТАТУСОМ


Особо охраняемые природные территории
20°в.д.
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
10°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
20°в.д.
75°с.ш.
70°с.ш.
30°в.д.
70°с.ш.
65°с.ш.
50°в.д.
60°в.д.
Северный полярный круг
1:7 000 000
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Мончегорск
Оленегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Умба
Островной
Шойна
Сосновка
Кемь
Беломорск
Онега
Северодвинск
Архангельск
Пинега
Мезень
Лешуконское
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Воргашор
Воркута
Усинск
Инта
Лабытнанги
Салехард
Сабетта
Бованенково

5.1. Особо охраняемые природные территории

В прибрежной зоне Баренцева моря на территории Российской Федерации в настоящее время выделяется 14 особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В Мурманской области расположено две ООПТ федерального значения: Кандалакшский заповедник и памятник природы «Озеро Могильное»; и три ООПТ регионального значения: один природный парк и два памятника природы. В Архангельской области расположен национальный парк «Русская Арктика». В Ненецком автономном округе расположены две ООПТ федерального значения: государственный природный заповедник «Ненецкий» и государственный природный заказник «Ненецкий»; шесть ООПТ регионального значения: пять природных заказников и природный парк. Общая площадь этих территорий составляет 3 938 718 га. ООПТ федерального значения, находящиеся в прибрежной зоне, включают участки особо охраняемых морских акваторий общей площадью 6 863 925 га.

Охраняемые природные территории в регионе Баренцева моря распределены неравномерно: большая часть ООПТ и связанных с ними охраняемых акваторий расположены в северной (архипелаги Шпицберген и Земля Франца-Иосифа) и восточной части Баренцева моря. На западном побережье ООПТ существенно меньше.

В ближайшем будущем в регионе планируется создание государственного природного заказника федерального значения «Ворьема» площадью 21 496 га, более трети которого должна составить морская акватория, а также нескольких региональных ООПТ — заказника или природного парка «Приморские сообщества губ Баренцева моря»

Кандалакшский заповедник

Рис. 5.1.1

на территории Мурманской области, природного парка «Югорский» и заказников «Канин Камень» и «Святой Нос» в Ненецком автономном округе [1].

Особо охраняемые природные территории России федерального значения

Кандалакшский государственный природный заповедник. Общая площадь заповедника составляет 78 608 га, в том числе морская акватория — 48 427 га (рис. 5.1.1). Заповедник, созданный в 1932 г. как резерват для охраны местообитаний морских, водоплавающих и околоводных птиц, в первую очередь гаги, находится в Мурманской области и в Республике Карелия. Его территория включает участки, расположенные на островах, прибрежных территориях и прилегающих акваториях

Особо охраняемые природные территории

Государственный уровень

- 1* государственный природный заповедник
- 5 государственный биосферный заповедник
- 6 национальный парк
- 10 государственный природный заказник
- 95 геологический заказник
- 14 памятник природы

Региональный уровень

- 15 природный парк
- 50 государственный природный заказник

* *номер на карте соответствует номеру в табл. 5.1.1*

Табл. 5.1.1 Особо охраняемые природные территории

№ на карте		Название
		Российской Федерации
		Государственные природные заповедники
1	●	Кандалакшский
2	●	Ненецкий
3	●	Пасвик
4	●	Пинежский
		Государственные природные биосферные заповедники
5	●	Лапландский
		Национальные парки
6	●	Водлозерский
7	●	Онежское Поморье
8	●	Русская Арктика
9	●	Югыд Ва
		Государственные природные заказники
10	●	Канозерский
11	●	Мурманский тундровый
12	●	Ненецкий
13	●	Туломский
		Памятник природы
14	●	Озеро Могильное
		Природный парк
15	○	Северный Тиман
16	○	Полуострова Рыбачий и Средний
17	○	Полярно-Уральский
		Государственные природные заказники
18	○	Адак
19	○	Беломорский
20	○	Болото у села Нюхча
21	○	Большой
22	○	Вайгач
23	○	Варзугский
24	○	Верхнеполуйский
25	○	Верхнецилемский
26	○	Гридино
27	○	Двинской
28	○	Железные ворота
29	○	Кайта
30	○	Колгуевский
31	○	Колвицкий
32	○	Кузова
33	○	Кулойский
34	○	Куноватский
35	○	Лапландский лес
36	○	Ларьковский
37	○	Море-Ю
38	○	Мудьюгский
39	○	Надпойменный
40	○	Небеса-Нюр
41	○	Нижнепечорский
42	○	Новоборский
43	○	Океан
44	○	Онский
45	○	Паханческий
46	○	Полуйский
47	○	Полярный круг
48	○	Понойский (зоологический)
49	○	Понойский (рыбохозяйственный)
50	○	Приморский
51	○	Сейдъявврь
52	○	Симбозерский
53	○	Сорокский
54	○	Соянский
55	○	Сула-Харьягинский
56	○	Сынинский
57	○	Сыроватка
58	○	Уса-Юньягинское
59	○	Усинский
60	○	Усинский комплексный (Усинское)
61	○	Хайпудырский
62	○	Хопковский и Клетчатый
63	○	Хребтовый
64	○	Чернореченский
65	○	Чукчинское
66	○	Шоинский
67	○	Ямальский
		Королевства Норвегии
		Государственные природные заповедники
68	●	Barvikmyran Og Blodskytodden
69	●	Bjørnøya
70	●	Hopen
71	●	Komagværstranda
72	●	Langfjorddalen/Laggu
73	●	Makkaurhalvøya
74	●	Moffen
75	●	Neiden-Og Munkefjord
76	●	Nordaust-Svalbard
77	●	Omgangsstauran
78	●	Ossian Sars
79	●	Pasvik
80	●	Slettnes
81	●	Søraust-Svalbard
82	●	Store Sametti-Skjelvatnet
83	●	Syltefjorddalen
84	●	Tanamunningen
85	●	Trollfjorddalen/Gulgo
		Национальные парки
86	●	Varangerhalvøya
87	●	Bünsow Land
88	●	Forlandet
89	●	Indre Wijdefjorden
90	●	Nordenskiöld Land
91	●	Nordre Isfjorden
92	●	Nordvest-Spitsbergen
93	●	Øvre Pasvik
94	●	Sør-Spitsbergen
		Геологический заказник
95	●	Festningen

Примечание.

● — государственного уровня, ○ — регионального уровня.

Рис. 5.1.2 Морошка *Rubus chamaemorus*. Ненецкий заповедник, нижнее течение реки Печора

Баренцева и Белого морей. К бассейну Баренцева моря относятся три участка: Айновские острова, Гавриловский архипелаг и арх. Семь островов.

В заповеднике (включая участки, расположенные в Белом море) в настоящее время известно около 700 видов сосудистых растений и около 400 видов мохообразных (печеночники, листостебельные мхи). Обитают 67 видов млекопитающих и 258 видов птиц [1–3].

Государственный природный заповедник «Ненецкий». Общая площадь заповедника 313 400 га, в том числе морская акватория — 181 900 га. Заповедник создан в 1997 г. Его территория состоит из нескольких участков: Захарьинский берег Печорской губы, часть дельты р. Печора и р. Восточная Нерута вдоль южного побережья Болванской губы, о-ва Гуляевские Кошки, Матвеев, Голец, Долгий, Большой и Малый Зеленцы. Кроме этого, под охраной находится акватория Коровинской, Средней и Кузнецкой бухт, часть Болванской бухты, десятикилометровая акватория вдоль Захарьинского берега (губа Захребетная) и двухкилометровая акватория вокруг островов.

Рис. 5.1.3 Северный Ледовитый океан, пейзажи арктических островов архипелага Земля Франца-Иосифа

Заповедник создан для охраны и изучения типичных малонарушеных экосистем восточноевропейских тундр и прибрежных акваторий Баренцева моря.

Фауна заповедника представлена 125 видами птиц, 27 видами млекопитающих, 42 видами рыб, 111 видами пауков и 105 видами насекомых. Флористический список включает 339 видов сосудистых растений, 162 вида лишайников, 474 вида водорослей.

Большая часть территории заповедника расположена в подзоне северных гипоарктических тундр. На основную часть материковой территории заповедника приходятся тундровые экосистемы с типичными сообществами: кустарничково-лишайниковые, кустарничково-мохово-лишайниковые, кустарничково-моховые (рис. 5.1.2), редкоивнячковые, мелкоерниково-кустарничково-лишайниковые тундры и др. На некоторых островах сохранились нетронутыми первичные ягельные тундры как эталон оленьих пастбищ.

Особенно примечательны арктические пятнистые тундры, расположенные на высоких каменистых морских террасах о-вов Долгий, Голец и Матвеев и уникальные сообщества тундровой зоны — приморские луга или марши (лайды) разных уровней, привлекающие сотни тысяч водных и околоводных птиц.

Болотные экосистемы, играющие большую роль в формировании ландшафта, представлены осоко-сфагновыми болотами и мочажинами и приурочены к депрессиям рельефа; для них характерно близкое залегание мерзлоты.

В заповедник частично входит дельта р. Печора (Коровинская губа, п-ов Русский Заворот) — комплексное водно-болотное угодье, имеющее международное значение и включенное в Перспективный список Рамсарской конвенции (см. разд. 5.2) [3, 4].

Национальный парк «Русская Арктика». Общая площадь парка составляет 8 800 000 га, в том числе морская акватория — 793 910 га. Парк создан в 2009 г. и расположен на двух полярных архипелагах в Архангельской области — Новая Земля и Земля Франца-Иосифа (рис. 5.1.3). Это самая северная и первая по величине ООПТ России. Южный кластер национального парка включает в себя северную часть арх. Новая Земля, Большие и Малые Оранские острова, о-ва Гемскерк, Саввы Лошкина и ряд других.

Парк первоначально был создан в 2009 г. в северной части о. Северный арх. Новая Земля с прилегающими островами и акваторией. В 2016 г. в состав национального парка были включены, с некоторыми изменениями, территория и акватория существовавшего до того времени заказника «Земля Франца-Иосифа».

Рис. 5.1.4 Река Белая. Северный Тиман

В парке представлены островные ландшафты полярных пустынь, большая часть суши покрыта ледником. Преобладающий тип растительности — варианты высокоарктической тундры и каменистые пустоши. Флора высших растений насчитывает 55 видов цветковых растений, фауна позвоночных — 51 вид птиц и 12 видов млекопитающих.

Акватория арх. Земля Франца-Иосифа — ключевой район современного ареала шпицбергенской популяции гренландского кита и место наиболее регулярных встреч нарвалов в Российской Арктике. Это важнейший район для поддержания и воспроизводства атлантического моржа, который, благодаря наличию стационарных полыней, обитает на архипелаге круглогодично. На островах находится важный очаг воспроизводства белого медведя карско-баренцевоморской популяции.

На территории национального парка сосредоточена большая часть российской гнездовой популяции атлантического подвида глупыша и полярного подвида люрика; располагаются самые северные из известных в мире гнездовых колоний толстоклювой кайры; находятся единственные в России доказанные места гнездования атлантического подвида черной казарки и основные места гнездования гренландского подвида обыкновенной гаги. На архипелаге известны самые крупные в Баренцевом море колонии белой чайки — редкого аборигенного арктического вида.

Особого внимания заслуживают исторические и памятные места, связанные с плаваниями поморов, экспедициями первооткрывателей Арктики, арктическими исследованиями советского периода. Наиболее значимый объект международного значения — комплекс памятников голландской экспедиции Виллема Баренца [2, 3, 5].

Государственный природный заказник федерального значения «Ненецкий». Общая площадь заказника 248 750 га, в том числе морская акватория 9 179 га. Заказник был создан в 1985 г. и управляется ФГУ «Государственный природный заповедник «Ненецкий». Объект расположен на территории Ненецкого автономного округа, занимает северо-восточную оконечность Малоземельской тундры.

На территории заказника отмечается обилие больших и малых озер разной солености, часто соединенных протоками в сложные озерные системы, крупнейшие из которых озера Кузнецкое, Песчанка-То, Белузей-То, Хуновей-То. К территории заказника примыкает акватория Колоколковой губы. Эти водно-болотные угодья создают исключительно благоприятные условия для воспроизводства многих видов водоплавающих птиц, в числе которых виды, включенные в Красную книгу РФ (см. разд. 5.2) [1–3].

Памятник природы федерального значения «Озеро Могильное». Площадь озера 17 га. Памятник природы расположен в восточной части о. Кильдин. Представляет собой меромиктическое озеро — водоем, в котором практически отсутствует циркуляция воды между слоями различной минерализации.

Озеро не связано с морем, однако морская вода просачивается в озеро через перемычку. В озере существует четыре слоя воды с разной соленостью — от почти пресной на поверхности, до превышающей 30 psu в придонном слое. В средних слоях на глубине около 4 м с соленостью 8–28 psu обитает эндемик озера — кильдинская треска, занесенная в Красные книги РФ и Мурманской области. Памятником природы областного значения озеро было объявлено в 1980 г., федерального значения — в 1985 г. [3].

Особо охраняемые природные территории России регионального значения

Природный парк регионального значения «Полуострова Рыбачий и Средний». Общая площадь природного парка составляет 83 062 га. Природный парк занимает частично п-ова Рыбачий и Средний в Мурманской области. Здесь произрастают редкие виды растений, занесенные в Красную книгу РФ и Красную книгу Мурманской области. Наиболее важным объектом являются Городецкие птичьи базары, одно из самых крупных поселений морских колониальных птиц в российском секторе южной части Баренцева моря. В парке также представлены памятники истории и культуры, территория имеет мемориальное значение как памятник воинской славы времен Великой Отечественной войны [3].

Природный парк регионального значения «Северный Тиман». Общая площадь природного парка составляет 501 103 га. Природный парк создан в 2017 г. и расположен к востоку от Чёшской губы Баренцева моря в Ненецком автономном округе.

Парк создан для сохранения тундровых сообществ как мест произрастания редких и охраняемых видов растений, а также как основные места обитания дикой популяции северного оленя. Кроме этого, объектом охраны в природном парке являются естественные водоемы (рис. 5.1.4), в которых нерестятся ценные и охраняемые виды рыб.

Научный интерес представляют палеонтологические объекты — опорные разрезы девонской, каменноугольной, пермской систем палеозоя, ценные находки ископаемой флоры и фауны, включения и россыпи агатов и других минералов, стоянки древнего человека, а также уникальные формы рельефа — так называемые «каменные города» [3, 6].

Государственный региональный природный заказник «Колгуевский». Комплексный ландшафтный заказник с территорией общей площадью 186 084 га, создан в 2019 г. и расположен в Ненецком автономном округе на о. Колгуев. Включает два участка: центральную часть о. Колгуев и систему западных, южных и восточных песчаных кос, пляжей и «кошек», состоящую из 10 участков.

Заказник предназначен для сохранения редких ландшафтов и высокопродуктивных экосистем о. Колгуев, уникальных для Арктики, сохранения редких видов птиц и млекопитающих, охраняемых арктических и эндемичных видов растений, занесенных в Красные книги РФ, Ненецкого автономного округа и МСОП.

Основными объектами охраны на ООПТ являются гнездования охраняемых видов птиц (сокола, сапсана, обыкновенной гаги, малого лебедя, белощекой и, возможно, краснозобой казарок), места произрастания арктических и эндемичных видов растений, лежбища атлантического моржа, уникальные ландшафты.

Большую часть острова занимают морские террасы, над которыми возвышаются многочисленные сопки округлой, реже продолговатой или серповидной формы. Здесь берут начало многие крупные реки острова (рис. 5.1.5). Между сопками находится множество небольших округлых озер ледникового происхождения. Вершины и склоны сопок заняты зональными кустарничково-моховыми сообществами характерными для подзоны типичных тундр. Холмистые ландшафты острова создают благоприятные условия для гнездования различных видов гусей, играют важную роль в поддержании популяции турпана и морянки. Западную часть острова занимают более низкие

Мелководная река на острове Колгуев Рис. 5.1.5

заболоченные террасы с зарослями кустарниковых ив на водоразделах и склонах. Здесь наблюдается исключительно высокая плотность гнездования белолобого гуся.

Территория лагуны р. Песчанка — место массовой линьки водоплавающих птиц и крупных миграционных скоплений куликов на грязевых отмелях [3].

Государственный региональный природный заказник «Нижнепечорский». Общая площадь заказника 88 073 га. Он учрежден в 1998 г. и расположен в низовьях р. Печора и оз. Голодная Губа в Ненецком автономном округе. Территория заказника состоит из трех участков. Заказник создан для сохранения местной флоры и фауны (в том числе рыбных запасов) и для разработки научных основ охраны и рационального использования природных ресурсов Ненецкого автономного округа. Здесь сохранились уникальные популяции сиговых рыб (сиг, пелядь, чир, омуль, ряпушка), обитает самое крупное стадо атлантического лосося — печорской семги, а также нельма, занесенная в Красную книгу РФ. Территория заказника с многочисленными протоками, озерами, болотами является ценнейшим водно-болотным угодьем и идеальным местом для остановок на пролете, гнездования и линьки многих видов водоплавающих и околоводных птиц — нырковых и речных уток, гусей, куликов (20 видов), малого лебедя, краснозобой и чернозобой гагар (см. разд. 5.2).

Хорошо сохранившиеся типичные зональные растительные сообщества важны для сохранения биоразнообразия и представляют большой научный интерес [3].

Государственный региональный природный заказник «Паханческий». Общая площадь заказника составляет 58 535 га. Заказник создан в 2017 г. и расположен на севере Ненецкого автономного округа в приморской части Большеземельской тундры. Территория состоит из четырех участков.

Рис. 5.1.6 Устье реки Алексеевка

Основными объектами охраны являются разнообразные природные ландшафты и водно-болотные угодья как места обитания гнездящихся и мигрирующих птиц. Важное значение также имеет сохранение видов животных и растений, занесенных в Красные книги РФ, Ненецкого автономного округа и МСОП.

Флора сосудистых растений включает 274 вида цветковых растений, 100 видов мхов, из них 90 видов листостебельных мхов и 10 видов печеночников.

На высокопродуктивных акваториях Болванской, Печорской и Паханческой губ и в устьях крупных рек (рис. 5.1.6), впадающих в них, кормятся многотысячные стада сиговых рыб, в том числе редких и охраняемых. Обилие рыбы, в свою очередь, привлекает сюда морских млекопитающих, таких как нерпа и морской заяц.

На морском побережье проходят массовые сезонные миграции песцов. Заказник также играет важную роль в сохранении мест размножения песцов и их выводковых нор. В Большеземельской тундре количество мест, пригодных для устройства выводковых нор, ограничено. Поэтому норы песцов являются сложными долговременными сооружениями, своеобразным «жилым фондом» переходящим от поколения к поколению [3].

Рис. 5.1.7 Побережье Хайпудырской губы

Государственный региональный природный заказник «Хайпудырский». Общая площадь заказника составляет 164 634 га, в том числе морская акватория — 79 185 га. Заказник создан в 2017 г. и находится в Заполярном районе Ненецкого автономного округа.

Комплексный ландшафтный заказник создан для сохранения малонарушенных прибрежных и морских экосистем, важных для сохранения биологического разнообразия бассейна Баренцева моря и Арктики в целом. Основные объекты охраны — мелководная акватория Хайпудырской губы (рис. 5.1.7) и приморские марши, служащие как местом гнездования и предотлетных скоплений мигрирующих водоплавающих птиц (см. разд. 5.2), так и местом нагула сиговых и лососевых рыб. В районе Хайпудырской губы обитает 2 вида рыб, 11 видов птиц и 1 вид млекопитающих, нуждающихся в охране и включенных в Красную книгу Ненецкого автономного округа [3].

Государственный региональный комплексный природный заказник «Вайгач». Общая площадь заказника составляет 242 778 га. Заказник создан в 2007 г., расположен в Заполярном районе Ненецкого автономного округа. Заказник занимает бóльшую часть о. Вайгач (рис. 5.1.8), расположенного в районе арктических тундр, между материками и островами арх. Новая Земля, омывается Баренцевым и Карским морями.

Пересеченный, местами гористый рельеф острова определяет многообразие условий обитания и своеобразие местной флоры и фауны. Порожистые реки и ручьи имеют каменистое русло, часто протекают в глубоких скалистых каньонах с многочисленными водопадами. Сложный рельеф делает труднодоступными многие участки, которые практически не посещаются людьми.

Профиль заказника — ландшафтный. Основные объекты охраны на его территории: типичные и уникальные природные сообщества; места обитания редких и нуждающихся в охране видов растений и животных, в том числе включенных в Красные книги РФ и Ненецкого автономного округа; геологические объекты и объекты культурного наследия.

В заказнике находятся различные варианты арктических тундр. Наибольший интерес представляют сообщества травяно-кустарничковых тундр на сухих, щебнистых, бесснежных зимой участках, так как на территории Ненецкого автономного округа встречаются только на о-вах Вайгач и Долгий.

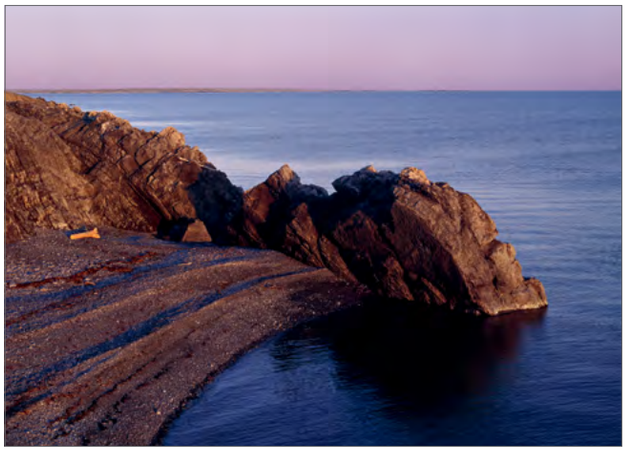


Рис. 5.1.8 Побережье острова Вайгач

На о. Вайгач в границах заказника наиболее интересны ландшафты арктических равнинных тундр в сочетании с карстовыми и термокарстовыми формами, комплекс долин-каньонов, скалистых островов и сложно расчлененных берегов — «Вайгачские шхеры».

Флора сосудистых растений заказника насчитывает 78 видов цветковых и 2 вида папоротников, фауна позвоночных — 88 видов птиц и 12 видов млекопитающих.

В настоящее время для объединенной флоры о. Вайгач известно 277 видов сосудистых растений, из них 49 видов включены в Красную книгу Ненецкого автономного округа.

Местная фауна наземных млекопитающих включает сибирского и копытного лемминга, узкочерепную полевку, песца и белого медведя. Регулярные или нерегулярные заходы на остров совершают заяц-беляк, лиса, волк, росомаха, новоземельский северный олень и песец других арктических островов и материковых тундр. В прибрежных водах отмечены большие скопления кольчатой нерпы, морского зайца, белухи. Из морских млекопитающих в Красную книгу РФ и Ненецкого автономного округа включен атлантический подвид моржа, который устраивает залежки на берегу острова.

В заказнике многочисленны на гнездовье обыкновенная гага и другие виды уток, гуси (гуменник и белолобый), белощекая казарка, малый лебедь, кулики (кулик-воробей, галстучник, чернозобик). На пролете и линьке образуются сезонные скопления гусей, морских уток, казарок, куликов.

Огромно историческое и культурное значение о. Вайгач как священного острова ненцев. На острове сохранилось памятники ненецкой культуры. Основной памятник о. Вайгач — святилище, в котором находится деревянное изображение главного ненецкого божества семиликого Вэсако в окружении 20 каменных и 400 деревянных идолов. Кроме того, на территории заказника были обнаружены стоянки людей каменного века. Всего на Вайгаче известно 230 объектов культурного наследия [3].

Памятник природы регионального значения «Птичьи базары губы Дворовой». Общая площадь памятника природы составляет 610 га. Создан в 2009 г. и находится на территории Ловозерского района Мурманской области на северо-восточном побережье Кольского полуострова. Памятник природы представляет собой участок скалистого берега Баренцева моря, на котором располагается один из крупнейших птичьих базаров Восточного Мурмана, и непосредственно прилегающее к нему побережье. Это не только одно из крупнейших на Мурманском береге поселений моевки (превышающие по своей численности колонии арх. Семь островов), но и самая восточная в южной части Баренцева моря колония тонкоклювых кайр. Здесь же, в районе губы Дворовой, существует поселение хохлатого баклана.

Растительность памятника природы представляет собой типичные лишайниковые тундры и орнитофильные скальные группировки Восточного Мурмана [3, 7].

Памятник природы регионального значения «Губа Ивановская». Общая площадь памятника природы составляет 7480 га. Он создан в 2009 г. и находится на территории Ловозерского района Мурманской области. Памятник природы создан с целью охраны прибрежных экосистем, редких видов растений и животных, гнездовий, залежей ластоногих.

Фауна позвоночных включает около 70 видов птиц и 12 видов млекопитающих. Из представителей фауны следует отметить колонию больших бакланов на северном берегу губы Ивановская (около 30 пар в 2005 г.), гнездовой участок орлана-белохвоста, летние залежки обыкновенного тюленя. В губе в летнее время постоянно держатся лебеди, в том числе шипуны.

Флора высших растений насчитывает 235 видов, из которых 30 видов занесены в Красную книгу Мурманской области. Основной тип растительности — кустарничковые тундры и тундровые болота. По долинам ручьев и влажным берегам тундровых озер встречаются ерники из карликовой березы с примесью ив и тундровые луговины. По долинам крупных рек и по южным склонам к губе Ивановская встречаются небольшие березовые рощи. Зарослями березы также покрыты участки склонов морских террас, где осадочные отложения сочетаются с выходами гранитов [3, 7].

Рис. 5.1.9 Архипелаг Шпицберген

Охраняемые природные территории Норвегии

Сеть ООПТ Норвегии является одной из самых развитых в Европе. Непосредственно в регионе Баренцева моря на территории континентальной Норвегии находится один национальный парк. Еще семь национальных парков и природных резерватов расположены на арх. Шпицберген. Следует отметить, что Баренцево море омывает только восточную часть арх. Шпицберген. Западное побережье архипелага принадлежит к бассейну Гренландского моря. Однако здесь приводятся все ООПТ, находящиеся на арх. Шпицберген, так как между морями не существует выраженных границ и все прибрежные охраняемые территории в равной степени влияют на поддержание экологического баланса в регионе.

Национальный парк п-ов Варангер (Varangerhalvøya nasjonalpark). Общая площадь национального парка составляет 180 400 га, расположен у восточного побережья континентальной части Норвегии. Парк создан в 2006 г. для сохранения малонарушенных экосистем и ландшафтов, природного биоразнообразия и объектов культурного наследия саамов. Особый интерес представляют типичные сообщества арктических тундр и места произрастания ряда сибирских видов растений, находящиеся далеко за границами основного ареала. На территории парка произрастает самый северный в мире лиственный лес. Территория также включает водно-болотные угодья международного значения, охраняемые Рамсарской конвенцией. Национальный парк управляется Норвежским директоратом природопользования [8].

Охраняемые природные территории архипелага Шпицберген. Архипелаг Шпицберген (принятое в Норвегии название архипелага — Свальбард) (рис. 5.1.9) включает множество островов, самым крупным из которых является о. Западный Шпицберген. Архипелаг можно сравнить со своеобразным геологическим музеем под открытым небом. По составляющим его горным породам можно проследить все периоды развития Земли. Богатые залежи каменного угля явно доказывают, что когда-то климат здесь был намного теплее, чем сегодня. Так как в настоящее время растительный покров крайне скуден, а человеческая деятельность ограничена, ничто не мешает древним ландшафтам оставаться в почти первозданном состоянии.

Фауна арх. Шпицберген небогата. Постоянно здесь встречается всего два вида наземных млекопитающих: свальбардский подвид северного оленя, песец, а также белый медведь, который считается символом арх. Шпицберген. Его численность в разные годы колеблется от 3000 до 6000 животных. Особенно много медведей в северо-восточной части архипелага. Свальбардский северный олень — мелкий островной подвид северного оленя, эндемик арх. Шпицбергена. На архипелаге он распространен практически повсеместно. Периодически на него открывают лицензионную охоту для поддержания экологического равновесия, так как крупных хищников, охотящихся на оленей, на островах нет.

В летнее время по берегам в южной и западной части архипелага образуются многочисленные лежбища моржей. Кроме моржа в летнее время на прилегающих к арх. Шпицберген акваториях встречается 5 видов ластоногих и 12 видов китов.

Рис. 5.1.10 Вход в хранилище семян, архипелаг Шпицберген

На арх. Шпицберген отмечено около 90 видов птиц, из которых 36 видов постоянно гнездятся. Круглый год на архипелаге обитает только шпицбергенский подвид полярной куропатки. Остальные птицы встречаются на архипелаге только в гнездовой сезон или во время сезонных миграций.

Флора сосудистых растений арх. Шпицберген насчитывает 176 видов цветковых растений (162 аборигенных вида и 14 заносных) и 10 видов папоротников. Такое флористическое разнообразие не характерно для высоких широт, однако теплое Североатлантическое течение значительно смягчает климат вдоль западного побережья и в центральной части о. Западный Шпицберген. Климатические градиенты и разнообразие геологических пород создают большое разнообразие мест обитания, поддерживающих уникальную флору острова. Восточная и северная части архипелага имеют значительно более суровый климат и покрыты ледниками.

Около 65% территории арх. Шпицберген занимают охраняемые территории, которые по установленному на них режиму охраны делятся на два типа: природные резерваты (naturreservat) и национальные парки (nasjonalpark). Режим охраны природных резерватов исключает всякую деятельность на их территории. Само их посещение запрещено или строго ограничено и допускается только по разрешению губернатора Шпицбергена.

Национальные парки доступны для туристов за исключением особых зон (обычно мест размножения животных), на которых действует режим резерватов.

Режим каждой из охраняемых территорий установлен в соответствии со строгими нормами «Экологического акта Свальбарда» от 2001 г., большинство положений которого относятся и к охране природы архипелага в целом. На всех территориях действует полный запрет на использование транспортных средств с мотором и любую хозяйственную деятельность.

Все ООПТ арх. Шпицберген находятся в управлении Норвежского директората природопользования и губернатора Шпицбергена [9].

На арх. Шпицберген в поселке Лонгйир по причине благоприятных условий хранения — многолетней мерзлоты и незначительной тектонической активности — в 2008 г. на глубине 130 м было построено Всемирное семенохранилище. Его задача — не допустить уничтожения семян в результате возможных глобальных катастроф (рис. 5.1.10).

Резерват «Нордауст-Шпицберген» (Nordaust-Svalbard naturreservat). Общая площадь резервата составляет 5 535 400 га, в том числе морская акватория — 3 669 100 га. Природный резерват создан в 1973 г., расположен в северо-восточной части арх. Шпицберген и является самой большой ООПТ Норвегии. В его состав входят о-ва Северо-Восточная Земля, Земля Улафа V, арх. Семь островов, о-ва Квитойя, Соройя, Логёйа, Вильгельма и Вальберг. В южной части территория граничит с природным резерватом «Юго-восточный Шпицберген».

Большая часть территории лишена растительности и занята полярной пустыней и ледниками, крупнейшие из которых Эустфонна и Вестфонна. В резервате находятся крупные береговые лежбища моржа. Группа о-вов Земля Короля Карла известна как основное место размножения белых медведей на арх. Шпицберген. Эта территория полностью закрыта для посещения.

На береговых скалах находятся обширные птичьи базары. Здесь гнездятся толстоклювая кайра, вилохвостая и белая чайки. Резерват объявлен ключевой орнитологической территорией (КОТ), важной для размножения морских птиц [9].

Природный резерват «Сёрауст-Шпицберген» (Søraust-Svalbard naturreservat). Общая площадь резервата составляет 2 182 500 га, в том числе морская акватория — 1 542 600 га. Резерват создан в 1973 г. и расположен в юго-восточной части арх. Шпицберген на островах Баренцева моря. Территория резервата включает два крупных острова — Баренца, Эдж и множество мелких — Райке Исе, Полумесяц (Halvmåneøya) и группу из 40 островов, носящую традиционное название «Тысяча островов».

Существенная часть территории резервата занята ледниками. На остальной площади представлены арктические моховые тундры.

Основными объектами охраны являются места размножения белых медведей, береговые лежбища моржей, места гнездований морских и водоплавающих птиц.

Резерват выделен как КОТ, имеющая большое значение для поддержания популяций краснозобой гагары, полярной крачки, гаги, чайки-бургомистра [9].

Природный резерват «Остров Надежды» (Hopen naturreservat). Общая площадь резервата составляет 32 500 га, в том числе морская акватория — 320 800 га. Природный резерват создан в 2006 г. и расположен на одноименном острове в южной части арх. Шпицберген.

В зимнее время на острове концентрируется большое количество белых медведей. Bird Life International выделяет о. Хопен как КОТ. Здесь ежегодно гнездятся моевки, толстоклювые кайры, чистики.

На острове работает метеостанция Норвежского метеорологического института [10].

Природный резерват «Остров Моффен» (Moffen naturreservat). Общая площадь резервата составляет 900 га, в том числе морская акватория — 400 га. Природный резерват создан в 1983 г. и находится на одноименном острове около северного побережья арх. Шпицберген.

Остров является местом гнездования околоводных и водоплавающих птиц. Здесь также находятся места нагула и береговые лежбища моржей.

Заход судов в охраняемую акваторию и высадка на остров строжайше запрещены [10].

Природный резерват «Оссиана Сарса» (Ossian Sars naturreservat). Общая площадь резервата составляет 1200 га. Создан в 2003 г. и находится в западной части о. Западный Шпицберген, во внутренней части Конгсфьорда.

Создан для охраны ненарушенных растительных сообществ горы Оссиана Сарса и редких видов арктической флоры. В резервате произрастает большое количество сосудистых растений, гнездятся птицы и водятся песцы [10].

Природный резерват «Остров Медвежий» (Bjørnøya naturreservat). Общая площадь резервата составляет 298 300 га, в том числе морская акватория — 280 600 га. Создан в 2002 г., расположен в западной части Баренцева моря между арх. Шпицберген и Северным мысом.

Преобладающий тип растительности — разные варианты арктических тундровых сообществ.

Постоянно на острове обитают только три вида наземных позвоночных — песец, полярная куропатка и пуночка. В акватории встречаются кольчатая нерпа и лахтак. На побережье располагаются летние лежбища моржей.

Остров Медвежий является КОТ и имеет высокое значение для гнездования и миграций многих видов водоплавающих и околоводных птиц [10].

Национальный парк «Форландет» (Forlandet nasjonalpark). Общая площадь национального парка составляет 464 700 га, в том числе морская акватория — 403 100 га. Парк был создан королевским постановлением в 1973 г. Занимает всю территорию о. Земля Принца Карла и прилегающую морскую акваторию.

На острове находятся самая северная в мире колония кайр и береговые лежбища моржей.

На территории национального парка расположен орнитологический резерват «Форландсояне», признанный водно-болотным угодьем международного значения, охраняемый Рамсарской

конвенцией, и КОТ, важной для размножения популяций обыкновенной гаги, белощекой казарки, чистика.

На острове находятся также археологические памятники, связанные с историей освоения арх. Шпицберген русскими и норвежскими охотниками [10].

Национальный парк «Индре-Вийдефьорден» (Indre Wijdefjorden nasjonalpark). Общая площадь национально парка составляет 112 800 га, в том числе морская акватория — 38 600 га. Он создан в 2005 г. и находится в северной части о. Западный Шпицберген, во внутренней части Вийде-фьорда — самого длинного фьорда на острове.

Главный объект охраны национального парка — уникальные травянистые сообщества арктических гор, сформировавшиеся на засоленных почвах в условиях малого количества осадков и сильной ветровой эрозии. Наряду с растительностью птичьих базаров это самые редкие растительные сообщества арх. Шпицберген, в их флоре присутствуют эндемичные виды. «Индре-Вийдефьорден» — единственное место на арх. Шпицберген, где сохранились эти сообщества.

Животный мир национального парка небогат — здесь обитает полярная куропатка, гнездится короткоклювый гуменник. Из млекопитающих обычны песец и северный олень [10, 11].

Национальный парк «Норденшёльд-Ланд» (Nordenskiöld Land nasjonalpark). Общая площадь национального парка составляет 136 200 га, в том числе морская акватория — 15 500 га. Парк создан в 2003 г. и находится в западной части о. Западный Шпицберген.

Ландшафты национального парка довольно разнообразны. На западе расположены большие прибрежные равнины, горные хребты и ледники, а на востоке простирается самая большая долина арх. Шпицберген — Рейндален. Сплошной ледяной покров в долине отсутствует, но здесь находится множество мелких ледников разных типов.

Строгой охране на территории национального парка подлежат расположенные на прибрежных скалах птичьи базары, где гнездятся многие виды морских птиц. Парк признан водно-болотным угодьем международного значения Рамсарской конвенции. На территории парка обитает большая популяция северных оленей [10, 11].

Национальный парк «Северный Ис-фьорд» (Nordre Isfjorden nasjonalpark). Общая площадь парка составляет 295 700 га, в том числе морская акватория — 93 800 га.

Парк создан в 2003 г. и находится в западной части о. Западный Шпицберген, в северной части Ис-фьорда, где сохранились ненарушенные прибрежные ландшафты с характерной для арх. Шпицберген растительностью.

Циркулирующая во фьорде теплая вода Североатлантического течения способствует развитию фито- и зоопланктона, в том числе планктонных ракообразных, служащих пищей для многих видов рыб, прежде всего мойвы и полярной трески. Обилие рыбы, в свою очередь, привлекает во фьорд морских птиц и млекопитающих.

На скалах фьорда расположены птичьи базары, где гнездятся толстоклювая кайра, люрик, атлантический тупик, сизая чайка, глупыш и моевка. Кроме этого, в парке гнездятся белощекая казарка и короткоклювый гуменник. Обычна здесь полярная куропатка. В парке зимой и весной регулярно перемещаются белые медведи. Некоторые фьорды являются важными местами рождения и линьки кольчатой нерпы [10, 12].

Национальный парк «Нурвест-Шпицберген» (Nordvest-Spitsbergen nasjonalpark). Общая площадь национального парка составляет 991 400 га, в том числе морская акватория — 623 100 га. Парк создан в 1973 г. и расположен в северо-западной части о. Западный Шпицберген и на прилегающих островах: Земля Альберта I, Земля Хокона VII и о. Датский.

В парке находятся районы размножения белого медведя.

Около трети территории парка заняты прибрежными скалами с птичьими базарами. Также на территории парка выделены КОТ, важные для поддержания популяций белощекой казарки и чистика.

В пределах границ национального парка расположены птичьи заповедники (норв. — *fuglereservat*) Гиссезхольмен, Скорпа, Мосейя и заповедник Мойя с лежбищами моржей.

Основная достопримечательность парка — горячие источники, два из которых Тролль и Йотун являются самыми северными в мире [10].

Нацональный парк «Земля Сассен-Бюнсова» (Sassen-Bünsow Land nasjonalpark). Общая площадь парка составляет 123 000 га, в том числе морская акватория — 7300 га. Национальный парк создан в 2003 г. и находится в центральной части о. Западный Шпицберген.

Национальный парк создан для сохранения ненарушенного ландшафта арктических фьордов и долин, мест обитания как типичных, так и редких видов, в качестве эталонной области для естественнонаучных исследований, для сохранения природного и культурного наследия арх. Шпицберген.

Большая часть территории национального парка сложена четвертичными известняками, в ко-

торых протекающие здесь реки проложили хорошо заметные долины, часто с крутыми обрывистыми берегами и меловыми обнажениями. В северной части долины Сассендален находится несколько глубоких каньонов. На р. Эскер находится один из самых высоких водопадов арх. Шпицберген. Еще одна достопримечательность национального парка — гора Темплей.

В парке представлены редкие для арх. Шпицберген ландшафты с необычными для архипелага природными условиями, благодаря которым сформировались уникальные природные сообщества. В отличие от «ледяной» долины Рейндален, речная долина Сассендален покрыта сплошной растительностью. На богатой известняком почве и меловых обрывах встречается большое количество редких видов растений «меловой флоры». Для многих из них арх. Шпицберген — единственное место произрастания в Европе.

Речная долина Сассендален внесена в список Рамсарской конвенции как водно-болотное угодье, важное для гнездования водоплавающих и околоводных птиц.

Морские птицы образуют птичьи базары на склонах Темпель-фьорда. Кроме этого, фьорд служит местом размножения и отдыха кольчатой нерпы. Долина Сассендален — пастбище и место отела для большей части северных оленей арх. Шпицберген [11].

Национальный парк «Сёр-Шпицберген» (Sør-Spitsbergen nasjonalpark). Общая площадь парка составляет 13 286 га, в том числе морская акватория — 825 700 га.

Парк создан в 1973 г. и находится в южной части о. Западный Шпицберген. Включает в себя Землю Веделя Ярлсберга, Землю Туреля и Землю Сёркапп.

Около 65% площади парка покрыто ледниками. На остальной территории распространены тундры и травянистые сообщества по берегам многочисленных пресноводных озер.

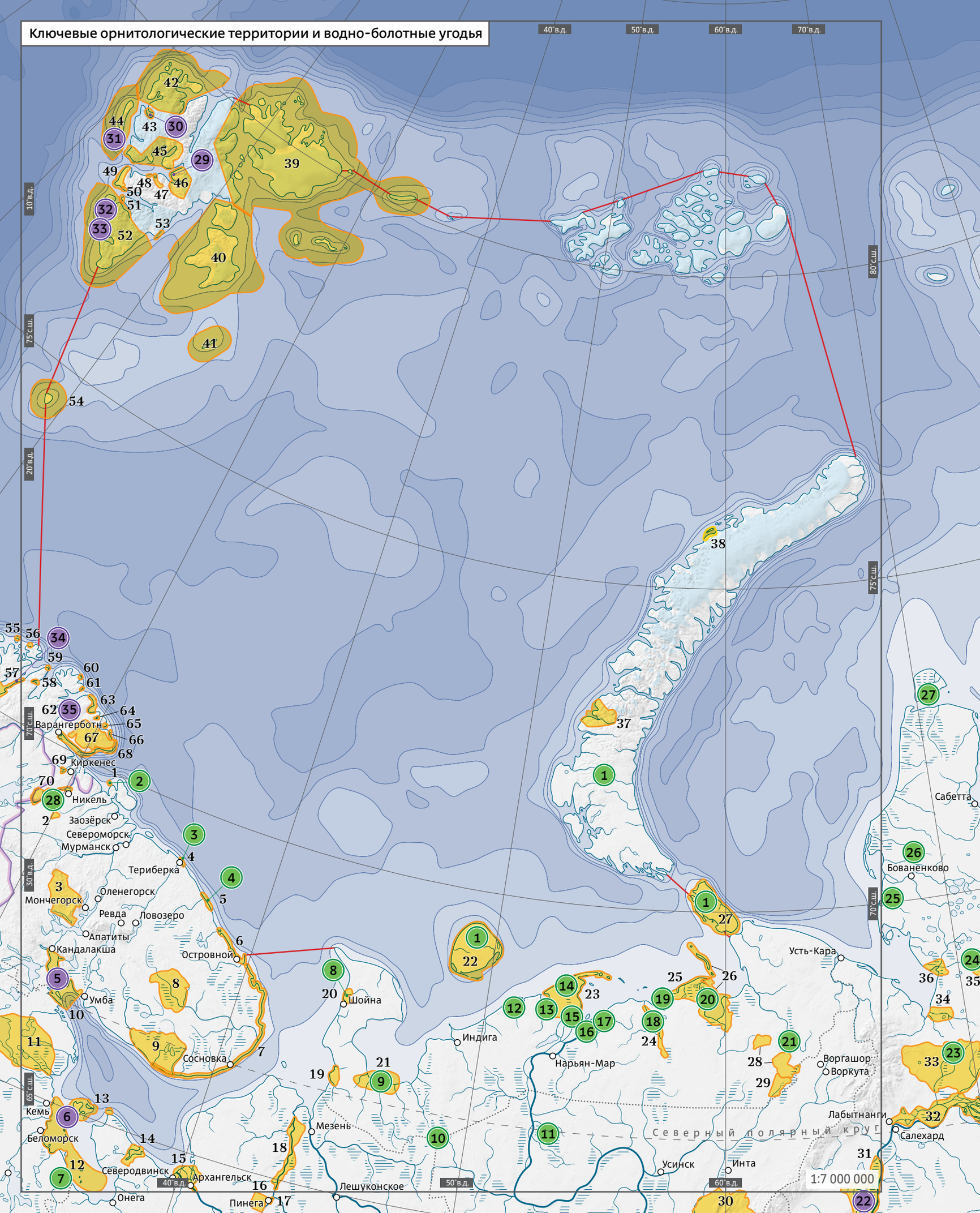
Основной объект охраны — места гнездования морских и водоплавающих птиц. Южная часть о. Западный Шпицберген выделен как КОТ. Здесь находятся места гнездования белощекой казарки, гаги, моевки, толстоклювой кайры. На территории национального парка расположены птичьи заповедники Сёркапп, Дунёйане, Исёяне и Ольсхольмен со значительными гнездовьями гаг и гусей. Вдоль западного побережья арх. Шпицберген обитает популяция северных оленей. Хорнсуннфьорд является важным районом для белых медведей, которые приходят с дрейфующими льдами, а весной мигрируют в сторону Стурфьорда [10].

Геотопный заповедник «Фестнинген» (Festningen geotopvernområde). Общая площадь заповедника составляет 900 га, в том числе морская акватория — 400 га. Создан в 2003 г. Геологическое обнажение находится в западной части о. Западный Шпицберген (Земля Норденшельда) на побережье Гренфьорда у м. Старостина. Название «Фестнинген», которое можно перевести как «крепость», дали этому месту норвежские охотники.

Территория заповедника представляет собой почти отвесную скалу и состоит из осадочных пород, наиболее ранние из которых имеют возраст до нескольких сотен миллионов лет. На обнажении хорошо различимы почти вертикальные слои, сформировавшиеся в разные эпохи от пермского периода до кайнозойской эры.

Фестнинген впервые был изучен в 1910–1920-х гг., и до сих пор исполняет роль геологического опорного разреза. Здесь были обнаружены окаменелые следы динозавра игуанодона диаметром 0,5 м и имеющие возраст около 100 миллионов лет [10].

Общий вид на птичьи базары мыса Флора, остров Западный Нортбрук, архипелаг Земля Франца-Иосифа, где размножаются десятки тысяч толстоклювых кайр и моевок


Ключевые орнитологические территории и водно-болотные угодья
40°в.д.
50°в.д.
60°в.д.
70°в.д.
80°с.ш.
75°с.ш.
70°с.ш.
65°с.ш.
10°в.д.
20°в.д.
30°в.д.
Варангерботн
Киркенес
Никель
Заозёрск
Североморск
Мурманск
Териберка
Мончегорск
Оленегорск
Ревда
Ловозеро
Апатиты
Кандалакша
Островной
Умба
Сосновка
Шойна
Индига
Нарьян-Мар
Усть-Кара
Сабетта
Бованенково
Воргашор
Воркута
Лабытнанги
Салехард
Усинск
Инта
Кемь
Беломорск
Северодвинск
Архангельск
Онега
Пинега
Мезень
Лешуконское
Северный полярный круг
1:7 000 000

5.2. Водно-болотные угодья и ключевые орнитологические территории

Согласно Рамсарской конвенции 1971 г. о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение в качестве местообитаний водоплавающих птиц, водно-болотными угодьями считаются районы болот, фенов, торфяных угодий или водоемов — естественных или искусственных, постоянных или временных, стоячих или проточных, пресных, солоноватых или соленых, включая морские акватории, глубина которых при отливе не превышает шести метров. Водно-болотные угодья могут включать прибрежные речные и морские зоны, острова или морские водоемы с глубиной больше шести метров во время отлива, расположенные в пределах водно-болотных угодий. Таким образом, к водно-болотным угодьям относят широкий круг водоемов, мелководий, а также избыточно увлажненные участки территорий, где водное зеркало обычно находится на поверхности земли. В этих местах вода является основным фактором, который определяет условия жизни растений и животных, а также состояние окружающей среды [1].

В России в 1994 г. водно-болотными угодьями международного значения были объявлены 35 территорий и акваторий. Все они находятся за пределами Баренцева моря. В настоящее время в нашей стране подготовлен список из 166 участков природных территорий и акваторий, рекомендованных для внесения в так называемый «теневой список» водно-болотных угодий, охраняемых Рамсарской конвенцией [2]. В прибрежной зоне региона Баренцева моря в «теневой список» внесены 14 угодий.

В него входят угодья «*Острова Европейского Севера*» (включая о-ва Колгуев, Вайгач и о. Южный арх. Новая Земля).

Ключевые орнитологические территории и водно-болотные угодья

5 ключевые орнитологические территории*

Водно-болотные угодья**

1 в списке Рамсарской конвенции

6 в «Теневом» списке

** номер на карте соответствует номеру в табл. 5.2.1*

*** номер на карте соответствует номеру в табл. 5.2.2*

Остров Колгуев — низменный тундровый остров, где водно-болотные угодья представлены тундровыми долинными комплексами и мелководными морскими побережьями с наносными островами — «кошками» (рис. 5.2.1). Остров известен высокой численностью размножающихся водоплавающих

Прибрежные районы острова Колгуев Рис. 5.2.1

Табл. 5.2.1 Ключевые орнитологические территории

№ на карте	Название
1	Айоновы острова
2	Окрестности озера Киешъяур
3	Лапландский биосферный заповедник
4	Гавриловский архипелаг
5	Семь островов
6	Восточное побережье Мурмана
7	Терский берег
8	Понойская котловина
9	Междуречье рек Стрельны и Варзуги
10	Кандалакшский залив
11	Озера Северной Карелии
12	Онежская губа Белого моря
13	Соловецкие острова и остров Жижгинский
14	Унская губа
15	Дельта реки Северная Двина
16	Пинежский заповедник
17	Пинежский наволок
18	Река Кулой и ее пойма
19	Полуостров Канин (междуречье рек Яжмы и Несь)
20	Междуречье рек Терны и Шойны
21	Южное побережье Чешской губы
22	Остров Колгуев
23	Русский Заворот и восток Малоземельской тундры
24	Бассейны реки Черная
25	Полуостров Варандейская Лапта
26	Хайпудырская губа, о-ва Большой Зеленец, Долгий, Матвеев
27	Остров Вайгач
28	Вашуткины, Падимейские и Харбейские озера
29	Среднее течение рек Большая и Роговая
30	Национальный природный парк «Югыд-Ва»
31	Двуобье
32	Низовья Оби
33	Бассейны рек Щучья и Хадытаяха
34	Долина реки Йоркутаяха
35	Верхний и Средний Юрибей
36	Нижний Юрибей
37	Губы Безымянная и Грибовая с прилегающей акваторией
38	Губа Архангельская
39	Nordaust-Svalbard naturreservat
40	Søraust-Svalbard naturreservat
41	Hopen
42	Nordvest-Spitsbergen nasjonalpark
43	Indre Kongsfjorden
44	Forlandet nasjonalpark
45	Nordre Isfjorden
46	Sassen-Bünsow Land
47	Adventdalen og Adventfjorden
48	Fuglefjella
49	Nordenskiöldskysten
50	Ingeborgfjella
51	Midterhuken og Eholmen
52	Sør-Spitsbergen nasjonalpark
53	Kvalhovden og Sjukovskifjella
54	Bjørnøya
55	Hjelmsøy
56	Gjesværstappan
57	Indre Porsangerfjord
58	Lille Porsangen
59	Sværholtklubben
60	Slettnes
61	Omgansstauran
62	Tanamunningen
63	Kongsøy
64	Båtsfjord
65	Syltefjordstauran
66	Persfjorden-Hamningberg
67	Varangerhalvøya
68	Varangerfjord (med Hornøya og Reinøya)
69	Neiden-og Munkefjord
70	Øvre Pasvik

птиц: малого лебедя, гуменника, белолобого гуся, белощекой казарки [3]. На мелководных акваториях у южного побережья острова обычно держатся гаги-гребенушки, большие крохали и морянки, реже — обыкновенные гаги [4]. Отмечены встречи сибирской гаги [5].

Для *о. Вайгач* и *о. Южный арх. Новая Земля* характерны тундровые долинные комплексы с обрывистыми берегами. Для обоих районов типично наличие гнездовий и мест массовой линьки птиц отряда Гусеобразных: малого лебедя, гуменника, белощекой казарки, обыкновенной гаги [6–8]. На арх. Новая Земля отмечено гнездование пискульки [9]. На западном побережье о. Южный арх. Новая Земля существуют крупные колонии морских птиц: толстоклювой кайры и моевки, среди которых встречаются небольшие агрегации гнездящихся тонкоклювых кайр и тупиков [10–12]. В прибрежных водах в постгнездовой период существуют скопления морских уток: обыкновенных гаг, гаг-гребенушек и сибирских гаг [13]. В настоящее время на о. Вайгач организована региональная особо охраняемая природная территория (ООПТ) категории 3 — заказник.

Табл. 5.2.2 Водно-болотные угодья

№ на карте	Название
1	Острова европейского Севера: Колгуев, Вайгач и о. Южный арх. Новая Земля
2	Айоновы острова
3	Гавриловский архипелаг
4	Архипелаг Семь островов
5	Кандалакшский залив
6	Острова Онежского залива Белого моря
7	Верховые болота и побережье Белого моря в окрестностях деревни Нюхча
8	Торна-Шойнинское междуречье полуострова Канин
9	Южное побережье Чешской губы
10	Косминская система озёр
11	Междуречье Шапкиной и Ерсы
12	Остров Сенгейский и Сенгейский пролив
13	Колоколкова губа
14	Полуостров Русский Заворот
15	Коровинская губа Печорского залива
16	Дельта реки Печора
17	Болванская губа
18	Река Чёрная
19	Паханческая губа
20	Хайпудырская губа Баренцева моря
21	Вашуткины, Падимейские и Харбейские озёрные системы
22	Нижнее Двуобье
23	Бассейны рек Южного Ямала
24	Долина реки Юрибей
25	Бассейн реки Морды-Яха
26	Бассейны рек Западного Ямала
27	Остров Белый (с проливом Малыгина)
28	Фьярванн (полигон Сконнинга)
29	Gåsøyane fuglereservat
30	Kongsfjorden fuglereservat
31	Forlandsøyane fuglereservat
32	Isøyane fuglereservat
33	Dunøyane fuglereservat
34	Stabbursnes naturreservat
35	Tanamunningen naturreservat

На севере Кольского полуострова предложена организация трех водно-болотных угодий: Айновых островов, Гавриловского архипелага и арх. Семь островов. Все три группы островов в настоящее время входят в состав Кандалакшского государственного природного заповедника.

Угодье *«Айновы острова»* — о-ва Большой Айнов и Малый Айнов расположены в российской части Варангер-фьорда на юго-западе Баренцева моря. В целом равнинные острова имеют небольшие

Гавриловский архипелаг Рис. 5.2.2

Заросли цветущей калужницы на острове Харлов, архипелаг Семь островов Рис. 5.2.3

выходы обрывистых скал. Растительный покров состоит из вороничниковых и вороничниково-морошковых ассоциаций. Имеются приморские луга с пышным разнотравьем. Острова являются местом размножения морских птиц, включая атлантического большого и хохлатого бакланов, серого гуся, обыкновенной гаги, морской и серебристой чаек, тупика [14, 15].

Острова угодий *«Гавриловский архипелаг»* и *«Архипелаг Семь островов»* (рис. 5.2.2) в большинстве своем скалистые со значительными перепадами высот. На плато островов имеются тундровые участки и приморские луга. Максимальная высота скал на Гавриловском архипелаге — 70 м над уровнем моря (о. Большой Гусинец), на арх. Семь островов — 112 м (о. Харлов) (рис. 5.2.3). На островах обоих групп размножаются преимущественно морские колониальные птицы: большие и хох-

Рис. 5.2.4 Серебристая чайка — наиболее массовый вид крупных чаек на островах юго-западной части Баренцева моря

Рис. 5.2.5 Морская чайка — типичный гнездящийся вид на островах юго-западной части Баренцева моря. Отдельные пары могут размножаться на острове Южный архипелага Новая Земля и острове Вайгач

латые бакланы, серебристые и морские чайки (рис. 5.2.4, 5.2.5), тупики [16]. Из морских уток в массе гнездятся обыкновенные гаги [17]. В состав орнитофауны обоих архипелагов входит редкий для России вид морских птиц — большой поморник. Его гнездование для СССР впервые отмечено на арх. Семь островов в 1988 г. [18, 19]. Здесь же в 1996 г. впервые в России стала гнездиться северная олуша [20]. В настоящее время численность птиц этого вида на архипелаге варьирует по годам от десятков до сотен гнездящихся пар. На обоих архипелагах на обрывистых скалах со сложным рельефом существуют колонии тонкоклювой и толстоклювой кайр и моевки. Численность птиц-базарников зависит от трофической ситуации в районах зимовки и от наличия массовой пелагической рыбы в прибрежных водах Мурманского берега в предгнездовой период [21]. В течение ряда благоприятных лет она может возрастать до нескольких десятков тысяч пар и резко снижаться почти до полного негнездования и распада колоний в годы отсутствия массовых источников корма [21].

В юго-восточной части Баренцева моря перспективная сеть водно-болотных угодий включает 9 районов материкового побережья и прилегающие к нему акватории.

Угодье *«Южное побережье Чёшской губы»* представляет собой мелководный залив и низменные тундровые берега в районе рек Снопа, Ома, Вижас и Перепуск. Предполагается, что на мелководье в массе совершают миграционные остановки утки и гуси [2], но до настоящего времени материалы детального орнитологического обследования данного района в литературе отсутствуют.

Угодье *«Хайпудырская губа»* представляет собой крупный мелководный залив (с максимальными глубинами до 70 м) с островами и участком побережья. Прибрежный участок суши южной части губы представляет собой заболоченную мохово-кустарничковую тундру со множеством речек и проток. Это район массового размножения водных и околоводных птиц, среди которых встречаются малый лебедь (до 20 пар), обыкновенная гага (рис. 5.2.6) (до 200 пар) [22]. Акватория Хайпудырской губы, богатая бентосными сообществами, является районом массовой линьки гаг-гребенушек, миграционных и предмиграционных стоянок лебедей, гусей, синьги и турпана [23].

Угодье *«Коровинская губа»* представляет собой крупный пресный водоем, граничащий с дельтой р. Печора. Залив мелководный, с глубинами от 0,5 до 7 м [24–26]. Значительная часть мелководий залива покрыта зарослями макрофитов. Крупные острова представляют собой частью типичную мохово-кустарничковую тундру, частью низменную заболоченную тундру. Растительный покров других островов — пойменно-луговой. На прилегающих участках тундры и островах

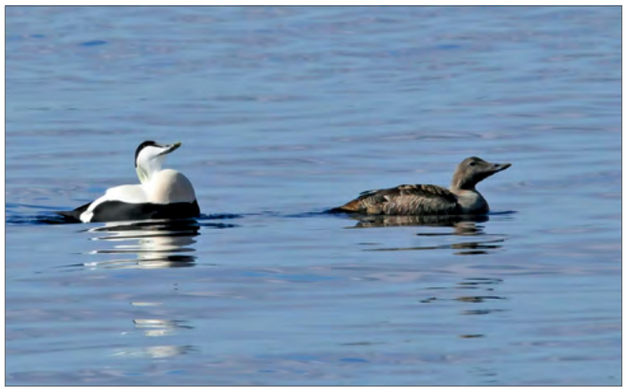


Рис. 5.2.6 Обыкновенная гага обычна на гнездовании на островах Баренцева моря

размножаются лебеди-кликуны и морские утки: морянка и синьга, линяют гуменники (рис. 5.2.7). На о. Чаячий существует многолетняя колония краснозобых гагар (рис. 5.2.8) [2, 24]. Акватория губы является местом массовой концентрации предотлетных скоплений морской чернети, морянки и синьги. В настоящее время угодье входит в состав Ненецкого государственного природного заповедника.

Угодье *«Колоколкова губа»* представляет собой солоноватый залив с прилегающей низменной тундрой. С Баренцевым морем сообщается проливом шириной до 3,5 км. На акватории залива находится около 25 островов различной площади. Среди 30 рек, впадающих в залив, самая большая — р. Нерута [2]. Район является важным местом размножения водных и околоводных птиц. На гнездовании отмечены чернозобая и краснозобая гагары, малый лебедь, гуменник, белолобый гусь, белощекая казарка. На акватории губы в летний период отмечены скопления линяющего малого лебедя, массовые миграционные остановки белолобых гусей и гуменников, синьги, турпана. На акватории залива наблюдали группы летующих сибирских гаг [2]. На побережье залива в миграционный период скапливаются десятки тысяч куликов. Специальные меры охраны Колоколковой губы отсутствуют.

Угодье *«Дельта реки Печора»* представлено развитой дельтой с островами крупнейшей реки европейского Севера, впадающей в Баренцево море. Река распадается на множество рукавов, образуя дельтовые острова, покрытые зарослями кустарников ивы и заболоченными лугами. На мелководных участках дельты распространены развитые заросли макрофитов. В пойме распространены заросли ивы и участки лугов. Гнездовая орнитофауна состоит главным образом из водных и околоводных птиц. Размножаются лебеди-кликуны и малые лебеди, при доминировании первого вида. На гнездовании многочисленны речные утки: шилохвость, свиязь, широконоска,

Рис. 5.2.7 Гуменник — обычный гнездящийся вид на островах и побережьях южной части Баренцева моря

Птенец краснозобой гагары Рис. 5.2.8

Рис. 5.2.9 Морянка на гнезде

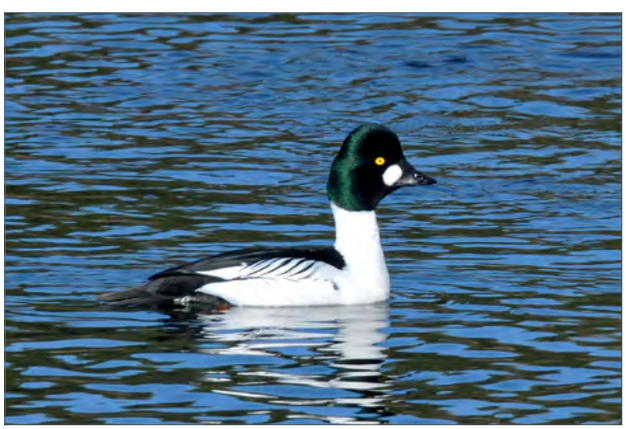
кряква, чирок-свистунок. Из нырковых уток размножаются и линяют хохлатая и морская чернети, морянка (рис. 5.2.9), синьга и турпан, длинноносый крохаль [24]. На линьке обычны гоголь (рис. 5.2.10) и большой крохаль. Общая численность уток в данном районе может достигать нескольких десятков тысяч [25, 27]. Среди околоводных птиц широко распространены кулики. В предмиграционный и миграционный периоды наблюдаются крупные скопления круглоносого плавунчика, туруxтана и белохвостого песочника [24]. В настоящее время специальные меры охраны отсутствуют.

Угодье *«Полуостров Русский Заворот»* расположено в северо-восточной части Малоземельской тундры и представлено холмистой моренной равниной с типичной северной тундрой и лугами в прибрежной части. Растительный покров состоит из травяно-моховых, реже ивняковых сообществ. Распространены травяно-гипновые болота [2]. Район важен как место размножения и линьки водных птиц: чернозобых и краснозобых гагар, гуменника, белолобого гуся, белощекой казарки. В летний период многочисленны речные и нырковые утки, среди которых обычны шилохвость, свиязь, чирок-свистунок, морская чернеть, морянка и гага-гребенушка. Общая численность гусей оценивается в 10–13 тыс. особей, уток — 50–70 тыс. особей [25]. Полуостров Русский Заворот относится к одному из важнейших районов обитания малого лебедя в России, здесь размножается и линяет до 5–6 тыс. малых лебедей [27]. Вдоль полуострова проходит русло Восточно-Атлантического пролетного пути, которым мигрируют водные и околоводные птицы из восточноевропейских и западносибирских тундр. Большая часть выделенных под данное угодье территорий включена в состав Ненецкого государственного природного заповедника и находится под охраной.

Угодье *«Остров Сенгейский и Сенгейский пролив»* находится в юго-западной части Печорского моря и является местом массовой концентрации линяющих водных птиц: малого лебедя, гуменника, свиязи, гоголя, морской чернети, морянки и гаги-гребенушки. В районе отмечены миграционные стоянки черных казарок. Предлагаемое угодье включено в «Зоны ограниченной хозяйственной деятельности», утвержденные решением Ненецкого окружного совета народных депутатов № 55 от 31.03.1989 г.

Угодье *«Болванская губа»* представляет собой мелководный морской залив с узкой полосой приморской тундры. Это район размножения и линьки, миграционных остановок водных птиц: малых лебедей, гусей и уток. Численность гнездящихся и линяющих малых лебедей оценивается в 0,5–1 тыс. особей, гусей и уток — более чем в 20 тыс. особей [22]. В настоящее время специальные меры охраны не осуществляются.

Угодье *«Паханческая губа»* представляет собой мелководный морской залив с узкой полосой прибрежной тундры. Вследствие прохождения в районе одного из русел Восточно-Атлантического пролетного пути залив имеет важное значение как



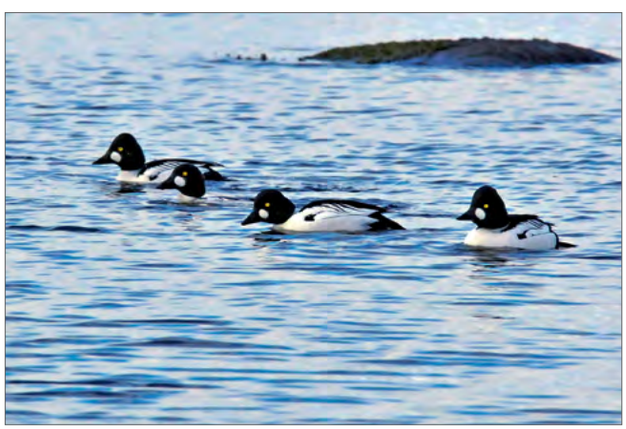


Рис. 5.2.10 Самцы гоголя перед отлетом в места линьки создают скопления в прибрежных районах Печорской губы

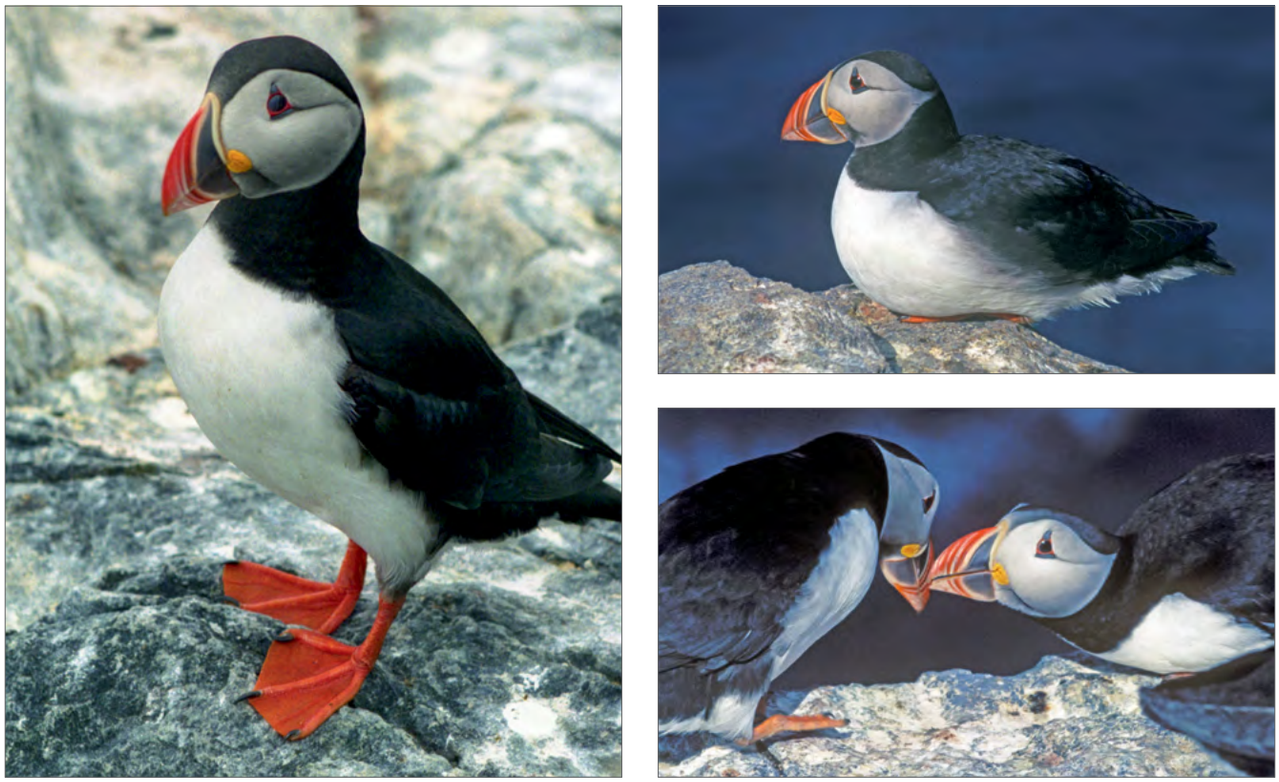


Рис. 5.2.11 Тупик обычен на гнездовании на Айновых островах, Гавриловском архипелаге и архипелаге Семь островов в юго-западной части Баренцева моря

место промежуточных остановок мигрирующих гусей и черных казарок [22]. В настоящее время специальные меры охраны отсутствуют.

Таким образом, подавляющее большинство территорий и акваторий Баренцева моря, предложенных для включения в Водно-болотные угодья международного значения, расположены в юго-восточной части Баренцева моря, в так называемом Печорском море.

Ключевые орнитологические территории — это районы, в которых, в силу тех или иных причин, концентрируются птицы одного или нескольких видов для гнездования, линьки, зимовки или отдыха в период миграций. Деградация этих участков суши или водной поверхности может негативно отразиться на благополучии отдельных популяций или вида в целом [28]. КОТ выделяют в первую очередь для редких и находящихся под угрозой исчезновения видов, для которых территориальные формы охраны имеют наиважнейшее значение. Данные территории в той или иной степени должны отвечать следующим условиям: отличаться по характеру биотопа или орнитологической значимости от окружающей территории; в определенной степени обладать свойствами самоподдерживающейся экосистемы, которая продолжительное время обеспечивает экологические потребности обитающих на ней птиц [28]. Ключевая орнитологическая территория не является какой-либо особой формой охраняемой природной территории, включение ее в международный или российский каталог не означает ее автоматическую охрану. Каталог КОТ является рекомендуемым орнитологическим сообществом списком территорий, приоритетных для охраны. Он может служить основой для дальнейшей работы по совершенствованию системы ООПТ.

Всего в Российской Арктике имеется 120 КОТ общей площадью около 575 тыс. кв. км [29]. Из них на островах и побережье Баренцева моря расположены только 13 КОТ международного значения. На юго-западе Баренцева моря три КОТ включают в себя островные архипелаги Кандалакшского государственного природного заповедника: *«Айновы острова»*, *«Гавриловский архипелаг»*, *«Архипелаг Семь островов»*. На равнинных Айновых островах с развитыми приморскими лугами существуют гнездовые поселения большого и хохлатого бакланов, серого гуся, обыкновенной гаги, серебристых и морских чаек, тупика (рис. 5.2.11) [14, 15]. Берега Айновых островов омывают воды Варангер-фьорда, где в зимний период встречаются хохлатые бакланы,

Рис. 5.2.12 Побережье острова Долгий

обыкновенные гаги, гаги-гребенушки и сибирские гаги [30]. Два других архипелага состоят из скалистых островов со сложным рельефом, где размножаются десятки тысяч морских колониальных птиц нескольких видов, на Гавриловском архипелаге — до 20 тыс. пар, на арх. Семь островов — до 25 тыс. пар [21, 29]. Колонии Гавриловского архипелага в целом незначительно уступают по численности и размерам гнездовым поселениям арх. Семь островов, и состав орнитофауны на них практически совпадает. На обоих архипелагах размножаются большой и хохлатый баклан, обыкновенная гага, большой и короткохвостый поморники, морская и серебристая чайки. Но особенностью обоих архипелагов является наличие птичьих базаров бореально-атлантического типа, где доминируют моевки и тонкоклювые кайры и имеются крупные поселения тупиков. Единственным отличием арх. Семь островов по сравнению с Гавриловским архипелагом, является наличие одной из двух российских колоний северной олуши [20].

На акватории у восточной оконечности Кольского полуострова располагается КОТ *«Восточное побережье Мурмана»*. Через данную акваторию в миграционные периоды во время линьки и зимовки перемещаются скопления морских уток. Данная акватория является лишь незначительным участком обширных прибрежных акваторий Баренцева и Белого моря, где общая численность зимующих морских уток может достигать 130 тыс., среди которых абсолютное большинство составляет три вида гаг: обыкновенная, гага-гребенушка и сибирская [30–32].

В юго-восточной части Баренцева моря расположены 6 КОТ: *«Южное побережье Чёшской губы»*, *«Русский Заворот и восток Малоземельской тундры»*, *«Хайпудырская губа, о-ва Большой Зеленец, Долгий* (рис. 5.2.12)*, Матвеев»*, *«Остров Вайгач»*, *«Полуостров Варандейская лапта»* и *«Остров Колгуев»*. Данные районы в Баренцевом море являются важнейшими участками размножения, линьки, предмиграционных и миграционных остановок

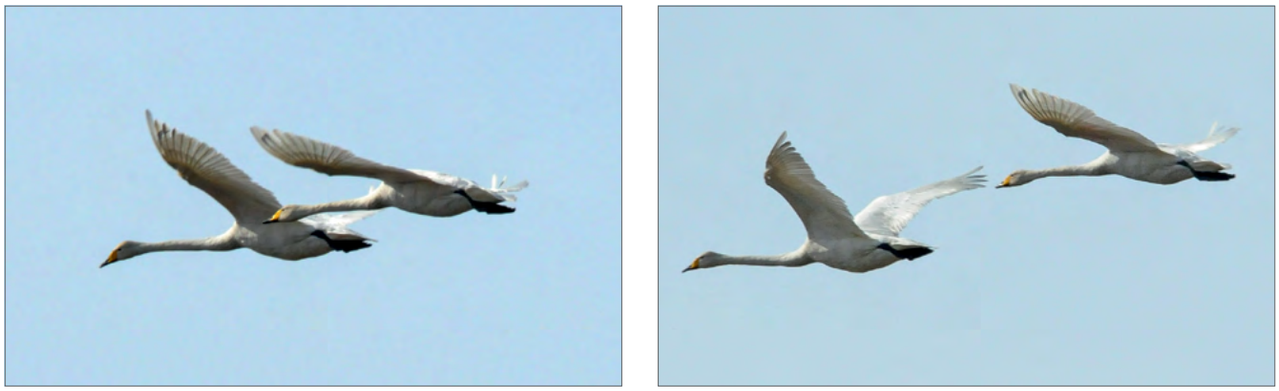


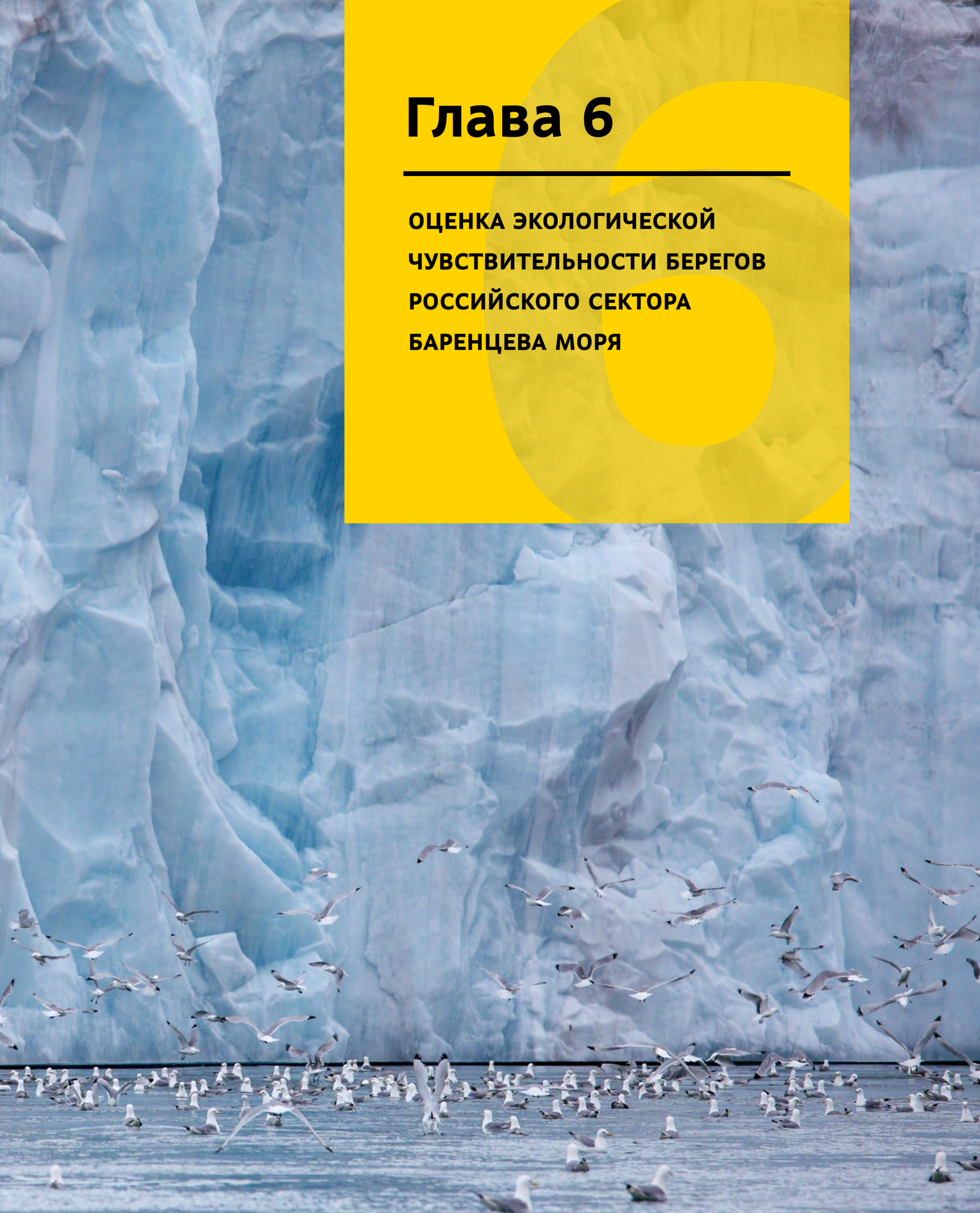
Рис. 5.2.13 Лебедь-кликун обычен на гнездовании на островах и в прибрежных тундрах юго-восточной части Баренцева моря

сотен тысяч водных и околоводных птиц [29]. В первую очередь краснозобой и чернозобой гагар, лебедя-кликуна (рис. 5.2.13) и малого (тундрового) лебедя, гуменника, белолобого гуся, белощекой казарки [5, 29, 33]. Мелководья у о-вов Матвеев, Долгий, Большой Зеленец и Хайпудырской губы являются одними из важнейших мест линьки и постгнездового откорма гаг-гребенушек, миграционными стоянками сибирских гаг, морских чернетей, синьги и турпана [22, 23, 34].

Две КОТ находятся в восточной части Баренцева моря: на западном побережье арх. Новая Земля на о. Северный *«Губа Архангельская»*, на о. Южный — *«Губы Безымянная и Грибовая с прилегающей акваторией»*. Особенностью орнитофауны обоих районов является наличие гнездовий обыкновенной гаги и птичьих базаров арктического типа, насчитывающих сотни тысяч птиц, с доминированием толстоклювой кайры и моевки (рис. 5.2.14) [10, 12, 35, 36]. В губе Архангельская существуют колонии люрика [37], единственные на арх. Новая Земля. В губах Грибовая и Безымянная размножаются белощекие казарки [11]. Прилегающие акватории служат местом постгнездовых кочевоки, возможно, линьки сибирских гаг и гаг-гребенушек [32, 38]. Губы Грибовая и Безымянная с 1947 по 1951 г. входили в Новоземельский филиал заповедника «Семь островов».

На севере Баренцева моря, на арх. Земля Франца-Иосифа существует единственная КОТ *«Мыс Флора»*. Это район о. Юрия Кучиева (ранее часть о. Нортбрук), где на обрывистых скалах со сложным рельефом существуют крупные колонии морских птиц арктического типа с доминированием толстоклювой кайры, моевки и люрика. Общая численность толстоклювых кайр составляет 40–45 тыс. особей [39] и 10–12 тыс. пар моевок [40].

Рис. 5.2.14 Моевка — доминирующий вид морских птиц на птичьих базарах в южной части Баренцева моря



Глава 6

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Белая медведица с медвежонком на архипелаге Шпицберген

6.1 Методы оценки экологической чувствительности морских берегов

Общие сведения

Континентальный шельф Баренцева моря содержит колоссальные запасы углеводородного сырья и является стратегически важным регионом перспективного развития нефтегазовой отрасли России. Концепция развития шельфовых проектов и освоение ресурсов лицензионных участков ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом море предполагает безусловное следование требованиям российского природоохранного законодательства и международных соглашений с соблюдением всех норм экологической и промышленной безопасности. Выявление и предупреждение экологических рисков являются обязательной частью любого проекта ПАО «НК «Роснефть» в области разведки и добычи.

Одним из важнейших направлений обеспечения экологической безопасности при разработке месторождений шельфа является предотвращение и устранение последствий потенциально возможных разливов нефти и нефтепродуктов. Наиболее серьезную опасность с эколого-геологической точки зрения представляет загрязнение береговой зоны моря, которое приводит к изменению комплекса физико-химических свойств грунтов, определяющих экологические функции пораженного участка и сокращению биоразнообразия флоры и фауны крайне уязвимых экосистем высокой Арктики. Это обусловливает необходимость разработки комплексных мероприятий по защите окружающей среды и оценке экологической чувствительности морских берегов к разливам нефти и нефтепродуктов.

Береговая зона арктических морей — это особый природный комплекс, представляющий не только естественную границу двух сред, способную ограничивать распространение загрязнения, но и являющийся важнейшим природным и социально-экономическим ресурсом, экологическое состояние которого имеет ключевое значение для устойчивого развития всего региона в целом.

При планировании и проведении мероприятий по ликвидации разливов нефти в прибрежных районах приоритетной задачей является определение как наиболее ценных в экологическом отношении, так и наиболее чувствительных к загрязнению и сложных в очистке береговых участков. Для этих целей разрабатываются специальные карты экологической чувствительности берегов, отражающие комплексную экспертную оценку и обеспечивающие оперативное принятие решений в чрезвычайной ситуации. Под берегом при этом понимается верхняя часть береговой зоны от уреза при минимальном (сгонном, отливном) уровне моря до линии максимального заплеска (включая пляжи, бенчи, береговые уступы и затапливаемые при нагонах поверхности приморских низменностей). Другими словами, рассматривается так называемая прибойная зона [1], переменная ширина которой зависит от уклона поверхности наносов или коренных пород, параметров волнения и амплитуды приливно-отливных и нагонных колебаний уровня моря. Это зона возможного начального распространения нефтяного загрязнения при его контакте с сушей, характеризуемая особыми формами берегового рельефа и накоплением своеобразных толщ рыхлых прибрежных наносов. Именно эта область подлежит картографированию при составлении карт чувствительности морских берегов к загрязнению нефтью и нефтепродуктами.

История исследований

Индекс чувствительности окружающей среды ESI (Environmental Sensitivity Index) впервые был предложен в 1978 г. американскими учеными [2] для обоснования мероприятий по ликвидации нефтяных разливов. На основании данных о поведении нефти и эмульсии было выделено 10 основных типов берегов с различной чувствительностью к нефтяному загрязнению (табл. 6.1.1). Они отличаются геолого-геоморфологическим строением, гранулометрическим составом отложений и интенсивностью гидрометеорологических факторов, воздействующих на берег и определяющих глубину проникновения, условия и длительность сохранности нефти на берегу, а также возможные способы ликвидации разлива и очистки берегов. В дополнение к системе индексов была предложена и методика картографирования, основанная на различиях отдельных отрезков береговой

Табл. 6.1.1 Международная система индексов экологической чувствительности (Environmental Sensitivity Index)

Индекс ESI и цветовой код	Оригинальное наименование [6]	Адаптированные названия (перевод с английского)
1A	Exposed rocky shore	Открытые скалистые берега
1B	Exposed, solid, man-made structures	Открытые прочные искусственные сооружения (непроницаемые)
1C	Exposed rocky cliffs with boulder talus base	Открытые скалистые клифы (уступы) с валунно-глыбовой отмосткой (основанием)
2A	Exposed wave-cut platforms in bedrock, mud or clay	Открытые волноприбойные платформы (бенчи), выработанные в коренных породах, глинистых и илистых отложениях
2B	Exposed scarps and steep slopes in clay	Открытые уступы размыва и крутые склоны в глинистых отложениях (менее 0,06 мм)
3A	Fine- to medium-grained sand beaches	Пляжи, сложенные мелко- и среднезернистым песком (0,06–1 мм)
3B	Eroding scarps and steep slopes in sand	Размываемые уступы и крутые склоны в песчаных отложениях
3C	Tundra cliffs	Тундровые обрывы (уступы)
4	Coarse grained sand beaches, bars and gently sloping banks	Пляжи, бары и отмелые берега, сложенные крупнозернистым песком (1–2 мм)
5	Mixed sand and gravel beaches, bars and gently sloping banks	Пляжи, бары и отмелые берега, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями
6A	Gravel beaches and bars (granules and pebbles)	Галечные пляжи и бары (гравий (2–4 мм) и галька (4–64 мм))
6B	Gravel beaches (cobbles and boulders)	Галечно-валунные и валунно-глыбовые пляжи (валуны (64–256 мм) и глыбы (более 256 мм))
6C	Riprap structures	Искусственные каменные наброски (конструкции)
6D	Gravel beaches (man-made)	Искусственные галечные пляжи (галька (4–64 мм))
7	Exposed tidal flats (large sandy area often covered at high tide)	Открытые приливные отмели (большие песчаные площади, часто затопляемые при высоких приливах (нагонах))
8A	Sheltered rocky shores and sheltered scarps in bedrock, mud, or clay	Защищенные скалистые берега и защищенные уступы в коренных породах, глинистых и илистых отложениях
8B	Sheltered solid man-made structures (permeable); sheltered rocky shores (permeable)	Защищенные прочные искусственные сооружения (проницаемые); защищенные скалистые берега (проницаемые)
8C	Sheltered riprap	Защищенные искусственные каменные наброски (конструкции)
8D	Sheltered rocky rubble shores	Защищенные скалистые крупнообломочные берега
8E	Peat shorelines	Торфяные береговые линии
8F	Vegetated, steeply-sloping bluffs	Покрытые растительностью, круто наклонные уступы
9A	Sheltered sand/mud (tidal) flats	Защищенные песчано-илистые (приливные) поверхности
9B	Sheltered, vegetated low banks	Защищенные, покрытые растительностью низкие берега
9C	Hypersaline tidal flats	Гипергалинные (засоленные) приливные поверхности
10A	Salt- and brackish-water marshes	Соленые и солоноватые болота
10B	Freshwater marshes	Пресноводные болота (марши)
10C	Swamps	Болота
10D	Scrub-shrub wetlands; Mangroves (in tropical climates)	Кустарниковые водно-болотные угодья; мангровые заросли (в тропическом климате)
10E	Inundated, low-lying tundra	Затапливаемая низменная тундра

Примечание. Гранулометрический состав наносов волноприбойной зоны: глинистые и илистые отложения — менее 0,06 мм; пески мелко- и среднезернистые — 0,06–1 мм; пески крупнозернистые — 1–2 мм; гравий — 2–4 мм; галька — 4–64 мм; валуны — 64–256 мм; глыбы — более 256 мм.

Табл. 6.1.2 Основные критерии типизации морских берегов по экологическому (в соответствии с системой индексов ESI) и геоморфологическому принципу

Экологическая типизация ESI (в переводе с английского)	Геоморфологическая типизация
Характеристика береговой линии (гранулометрический состав отложений, профиль береговой зоны), определяющая возможность проникновения и/или захоронения нефти и нефтепродуктов на берегу и их перемещения	Геолого-геоморфологическое строение береговой зоны (профиль берега, литология и др.) и геокриологические условия (для арктических морей)
Воздействие волнения и приливной энергии, определяющее время естественной устойчивости (сохранности) нефти на берегу	Гидродинамические условия и факторы морфолитодинамики (волнение, морские льды, нагоны, приливы и пр.)
Общая биологическая продуктивность и чувствительность берега, социально-экономическая значимость	Береговые процессы (абразия, аккумуляция)

линии. За прошедшие годы методика получила широкое признание, классификации и карты чувствительности, созданные с ее использованием, охватывают берега морей многих стран США, Канады, Кувейта, Индонезии, Бразилии, Саудовской Аравии, Австралии и др. [1]. На основе индексов ESI разработаны различные подходы к оценке чувствительности прибрежных зон. Стоит отметить опыт Нидерландов, Норвегии, Германии, Великобритании и Новой Зеландии. Отдельными проектами охвачена береговая линия целых морей [3].

Вслед за развитием технологий эволюционировали и подходы к составлению карт экологической чувствительности берегов к разливам нефти. Сегодня, согласно требованиям Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO), такие карты следует составлять для всех участков прибрежно-морской зоны, где имеется риск загрязнения нефтью. Их разработку предлагается осуществлять с использованием актуализированной методики оценки чувствительности, выработанной в результате сотрудничества IMO с Международной ассоциацией представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, IPIECA) и Международной ассоциацией производителей нефти и газа (International Association of Oil and Gas Producers, OGP) [4–6 (ESI Guidelines, ver. 4, 2019)]. Методика выпускается в виде докладов рекомендательного характера и уже получила признание на международном уровне.

С 2016 г. ПАО «НК «Роснефть» издает серию экологических атласов, в число которых вошли «Экологический атлас. Карское море» (2016) [7], «Экологический атлас. Море Лаптевых» (2017) [8] и «Экологический атлас. Моря Черное и Азовское» (2019) [9]. В изданиях впервые представлена оценка экологической чувствительности российских берегов двух арктических и двух южных морей (общей протяженностью свыше 38 тыс. км) к возможным загрязнениям нефтью и нефтепродуктами. Настоящее издание продолжает серию работ данной тематики.

Методические подходы

Рекомендованная международная методика оценки экологической чувствительности и система индексов не является обязательным государственным или промышленным стандартом каких-либо стран или отраслей индустрии. Однако она продолжает развиваться и совершенствоваться на основе опыта нефтедобывающих компаний и государств, современных научных достижений и технологий. На сегодняшний день международная система индексов по-прежнему включает 10 основных уровней (индексов) от 1 (низкая чувствительность) до 10 (высокая чувствительность). Каждый уровень имеет цветную кодировку в соответствии с увеличением индекса экологической чувствительности от холодного цвета к теплому согласно принятой цветовой шкале. Это обеспечивает наглядную идентификацию экологической чувствительности берега при картографировании и работе с геоинформационными системами (ГИС), упрощает оперативную работу при ликвидации разливов.

Учитывая множество региональных отличий, отдельные уровни ESI включают несколько типов берегов, обозначаемых буквенными индексами. Всего насчитывается 29 типов берегов (см. табл. 6.1.1.). В основу ранжирования положены три основных критерия. Их сопоставление с критериями геоморфологического районирования морских берегов представлено в табл. 6.1.2.

Ввиду отсутствия единой утвержденной методики для оценки экологической чувствительности берегов Баренцева моря к разливам нефти и нефтепродуктов в рамках настоящего издания применялся апробированный на берегах морей Карского, Лаптевых, Черного и Азовского [7–11]

1
Лист 5А

Рис. 6.1.1 Побережье острова Северный, архипелаг Новая Земля

эколого-геоморфологический подход. Основанный на представлениях о строении и эволюции береговой зоны [1, 12–14], эколого-геоморфологический подход не противоречит принципам международной системы индексов чувствительности, а является ее более широким вариантом, дополняющим упрощенную типизацию по отдельным критериям ранжирования в соответствии с методикой IMO/IPIECA/OGP [4].

Сопряженное изучение рельефа и рыхлых отложений, направленное на установление механизмов рельефообразования и динамики наносов, лежит в основе анализа большинства экзогенных процессов. Морфолитодинамические процессы береговой зоны не являются исключением. Именно они определяют особенности перемещения и аккумуляции наносов, обусловливают направление распространения, существование зон транзита и накопления нефти, сохранности ее на берегу (рис. 6.1.1).

Использование комплексного анализа геолого-геоморфологических и гидродинамических условий функционирования береговых систем в качестве основных критериев районирования берегов по их чувствительности к загрязнению нефтью позволило увязать экологическую типизацию (ESI) с традиционным для морских берегов морфодинамическим районированием. Современные дистанционные данные, опубликованные материалы специализированных исследований морфологии и динамики береговой зоны, материалы полевых исследований авторов позволили получить детальное представление о рассматриваемых берегах и выполнить достоверную оценку их чувствительности к возможному загрязнению.

Разработка карт экологической чувствительности морских берегов к разливам нефти включала создание объектно-ориентированной базы пространственных данных в среде ArcGIS в виде систематизированных растровых и векторных слоев с необходимой атрибутивной информацией. Помимо хранения информации программные инструменты ArcGIS использовались для морфометрического и пространственного анализа, масштабирования и полуавтоматизированной генерализации исходных данных. С помощью методов геоинформационного картографирования разработанная электронная база данных была положена в основу классических картографических материалов, представленных в настоящем издании. Такое картографическое обеспечение является незаменимой основой при разработке планов ликвидации разливов нефти и может использоваться для проведения дальнейших фундаментальных и прикладных исследований в регионе.

2
Лист 6А

Мыс Тегетхофф, южная оконечность острова Галля, архипелаг Земля Франца-Иосифа

Побережье Баренцева моря в районе поселка Териберка, Мурманская область

6.2. Морфодинамическая типизация берегов российского сектора Баренцева моря

Морфодинамическое районирование береговой зоны

Для экологического районирования необходимо охарактеризовать основные черты геоморфологического строения и динамики береговых систем. С учетом разработанных методических подходов [10, 11] выполнена морфодинамическая типизация береговой зоны Баренцева моря общей протяженностью 13 936 км. Типизация является необходимой основой на пути к конкретному районированию берегов и оценке их экологической чувствительности к загрязнению нефтью и нефтепродуктами. Ее разработка осуществлялась с учетом сложившихся представлений о геоморфологии и литодинамике береговой зоны Баренцева моря [15–18], существующих классификаций берегов других арктических морей и возможностей картографического изображения отдельных сегментов береговой линии в масштабе настоящего издания.

Районирование береговой зоны проводилось с использованием большого объема картографических, спутниковых и литературных данных, материалов экспедиционных исследований различных лет, имеющихся фото- и видеоматериалов. Наряду с морфологическими и динамическими характеристиками конкретного отрезка берега, учитывалось влияние геологических, геокриологических, флювиальных и гидрометеорологических факторов, которые определяют условия развития берега не в меньшей степени, чем волнение, и в отдельных случаях превосходят его. Это имеет особенное значение на низких берегах полузамкнутых заливов, в устьевых областях рек и в волновой тени крупных полуостровов и островов, развитие которых происходит под влиянием штормовых нагонных повышений уровня моря, значительных объемов твердого стока рек и минимальных уклонов подводного склона.

Другим заметным фактором, принятым во внимание, стали регулярные (периодические) приливно-отливные изменения уровня Баренцева моря, имеющие различную амплитуду и отличающиеся асимметрией скоростей приливных и отливных течений (и их длительностью) в различные фазы. Приливы создают специфические формы рельефа береговой зоны, наиболее отчетливые на тех участках, где высота прилива превышает высоту штормовых волн. Такие условия более характерны для внутренних частей заливов и мелководий, чем для открытых волнению приглубых берегов. Наиболее ярким отличием приливных берегов является существование зоны осушки, которая в зависимости от уклонов берега, количества наносов в береговой зоне и интенсивности волнового воздействия может иметь различный характер, ширину, зональную дифференциацию и пр. [1, 14].

С целью формирования геоморфологической основы для оценки экологической чувствительности берегов в соответствии с международной системой индексов ESI наряду с открытостью побережья волнению и другими факторами учитывался состав отложений волноприбойной зоны, определяющий восприимчивость берега к загрязнению и глубину проникновения нефтепродуктов. Были выделены три основные группы берегов — выработанные в коренных породах, сложенные осадочными отложениями и ледяные, выработанные в ледниках островов Баренцева моря (табл. 6.2.1). Структурная сложность береговых систем и разнообразие рельефа в условиях ограниченного числа взаимодействующих компонентов предопределили необходимость объединения абразионных типов с доминирующей ролью абразионных, термоабразионных и термоденудационных процессов в общую группу отступающих берегов, сложенных нелитифицированными отложениями. Кроме этого, принимались во внимание особенности перемещения и аккумуляции наносов, значимость приливно-отливных явлений и флювиальных процессов, необходимые для понимания характера распространения нефтепродуктов в береговой зоне, определения зон возможного накопления нефти и времени удержания ее на берегу, способы ликвидации загрязнения и очистки берега.

Для сопоставления выделенных морфодинамических типов берегов с системой индексов экологической чувствительности при типизации учитывались характерные черты рельефа волноприбойной зоны, во многом определяющие геоморфологический облик и характер взаимодействия

3
Лист 1А

Табл. 6.2.1 Морфодинамические типы берегов Баренцева моря (масштаб 1:1 000 000)

	Тип берега	Характерные элементы рельефа волноприбойной зоны	Протяженность, км
Берега, выработанные в коренных (литифицированных) породах			
1.	Абразионные	клиф, бенч	720
2.		береговой уступ с валунно-глыбовой отмосткой	1840
3.	Абразионно-денудационные	береговой уступ, валунно-глыбовая отмостка (в заливах и проливах)	2945
Берега, выработанные в ледниках			
4.	Термоденудационные ледяные (образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками)	ледяной уступ (стена, барьер)	1977
Берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями (включая многолетнемерзлые породы)			
5.	Абразионные, термоабразионные и абразионно-термоденудационные	береговой уступ с прислоненным песчано-галечным пляжем/глинистым бенчем	1410
6.		береговой уступ с прислоненным песчаным пляжем/ глинистым бенчем (в заливах и проливах)	2175
7.	Аккумулятивные выровненные (включая примкнувшие, свободные, окаймляющие формы — бары, косы и др.)	песчаный пляж	625
8.		песчано-галечный пляж (смешанный состав отложений)	518
9.		галечный и/или валунно-глыбовый пляж	155
10.	Аккумулятивные отмелые, лагунно-бухтовые, дельтовые (в заливах, лагунах и пр.)	регулярные осушки (ватты) и мелководья	479
11.		лайды (марши)	443
12.		дельтовые (устьевые) аккумулятивные формы	649
Общая протяженность			**13 936**

с нефтью и нефтепродуктами. Это позволило провести детальный анализ и выполнить достоверную оценку экологической чувствительности береговой зоны к нефтяному загрязнению.

Масштаб исследования 1:1 000 000–1:1 800 000 позволил дать обобщенную характеристику берегов материковой части и островов российского сектора Баренцева моря, учитывающую сложность объекта исследования и необходимую степень генерализации данных для их публикации. Представленную типизацию можно считать универсальной как для данного региона, так и для арктических берегов в целом, поскольку использование емких наименований допускает вариации содержания каждого выделенного типа берега, столь необходимые при районировании и картографировании сложных объектов, отличающихся разнообразием литологии пород и морфолитодинамических обстановок. Переходы между отдельными типами берега часто неуловимы, и различия обнаруживаются лишь при сопоставлении участков, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. При укрупнении масштаба картографирования типизация может быть расширена и детализирована с учетом региональной специфики.

Распространение и протяженность отдельных типов берегов в рассматриваемом регионе весьма неравномерны. Это подчеркивает отличия морфоструктурного, геологического, геокриологического и геоморфологического строения побережий, характера расчленения береговой линии и различия в направленности и интенсивности неотектонических движений.

Абразионные и абразионно-денудационные берега, выработанные в коренных породах, имеют протяженность порядка 5505 км, что составляет 39,5% общей протяженности исследованной береговой линии. Отступающие берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями, занимают около 3585 км, или почти 25,7%. Термоденудационные берега, выработанные в ледниках, за счет высокого расчленения островов арктических архипелагов также имеют значительную протяженность — 1977 км, или порядка 14,2% береговой линии. Таким образом, берега абразионного типа в совокупности охватывают почти

4
Лист 3А

Рис. 6.2.1 Устьевая область реки Печора

80% протяженности береговой линии российского сектора Баренцева моря.

Берега аккумулятивного типа (рис. 6.2.1) (выровненные, лагунно-бухтовые и дельтовые) имеют протяженность около 2869 км, включая береговую линию внутренних частей отдельных заливов. Это составляет порядка 20% общей протяженности береговой линии.

Далее приводится краткая характеристика каждого выделенного морфодинамического типа берега и типа берега, выделенного в соответствии с методикой ESI. Разделы 6.2 и 6.3 снабжены большим количеством фотографий, места съемки которых можно найти на картах в конце главы. Для удобства поиска на полях размещен условный знак.

Полуостров Рыбачий

Абразионные и абразионно-денудационные берега, выработанные в коренных породах

Абразия является одним из ведущих природных процессов разрушения морского берега и подводного берегового склона под воздействием волн и прибоя. Важнейшим условием, предопределяющим абразионное развитие берега, является относительно крутой угол исходного откоса прибрежной части дна моря [19]. Эффективность абразии и скорость разрушения берега зависят от множества других факторов, основными из которых являются интенсивность (степень) воздействия волнения и свойства горной породы или составляющих ее минералов. Значение имеет экспозиция берега по отношению к доминирующим ветрам и волнениям, длина разгона волн, уклон подводного склона и глубина моря, высота приливов и нагонов, морфология волноприбойной зоны, состав пород, слагающих уступы, и вдольбереговое перемещение прибрежных наносов. В результате продолжительного воздействия процессов абразии формируются основные элементы рельефа абразионного берега: абразионный подводный склон, или бенч, клиф (береговой уступ), ограничивающий береговую террасу со стороны суши, волноприбойная ниша и подводная прислоненная (намывная) терраса или пляж [19, 20].

Наиболее ощутимо механическая абразия воздействует на рыхлые и непрочно связанные породы. Для кристаллических пород воздействие движущейся воды значимо лишь при больших скоростях прибойного потока, при этом особое значение наряду с прочностными и деформационными свойствами приобретают текстурные особенности горных пород, прежде всего трещиноватость [14]. Считается, что именно компрессионое давление воздуха в трещинах и полостях пород является одной из основных причин их разрушений, возникающих при ударном воздействии волн [21 и др.]. Помимо гидродинамического воздействия, механическая абразия коренных пород осуществляется в результате разрушающего (абразивного) действия обломочного материала, перемещаемого в береговой зоне при волнении. Концентрированные ударные (силовые) и истирающие воздействия твердого движущегося тела (гальки, валунов) на поверхность бенча или клифа, повторяющиеся многократно, способны приводить к весьма ярким морфологическим результатам в виде эворзионных котловин разных размеров с галькой и валунами внутри, эмбриональных волноприбойных ниш, а также другим формам разрушения береговых уступов, обусловленных неоднородностью коренных пород (выбоины, гроты, трещины и пр.). Во многих случаях абразионные формы сочетаются с небольшими пляжами, примыкающими к их основанию, и абразивное воздействие гальки и песка приводит к выработке исключительно изящных форм рельефа [14].

Особенности структурно-тектонического строения и незначительная мощность рыхлых осадков на берегах материковой суши и островах Баренцева моря обусловили широкое распространение коренных абразионных, а на участках, защищенных от интенсивного воздействия волнения, абразионно-денудационных берегов. Основными районами распространения берегов этих типов являются Мурманский берег Кольского полуострова, северо-западная часть Югорского полуострова, о. Вайгач, архипелаги Новая Земля, Земля Франца Иосифа и др. Все эти районы принадлежат к областям мелкоблоковой тектоники, где густая сеть новейших разломов показывает отчетливую унаследованность от структур древнего заложения, нередко являющихся границами блоков разных порядков, а в отдельных случаях совпадая с сейсмогенными зонами. Неотектонические деформации дизъюнктивного характера сыграли важную роль в формировании современного рельефа и предопределили характер общего расчленения побережий. Так, крупнейшая региональная разломная зона Карпинского обусловила общее северо-западное простирание Мурманского берега и во многом тектонические черты исходного расчленения, характерными типами которого являются фиордовый и фиардово-шхерный. Другим примером является арх. Земля Франца Иосифа, где воздействие тектонических процессов (главным образом неотектонических) обусловило сильную вертикальную расчлененность и общую раздробленность этой крупной морфоструктуры, многочисленные острова которой разделены желобами-проливами [22].

На участках, где абразии подвергаются прочные кристаллические, терригенные и карбонатные породы различного состава и возраста, устойчивые к воздействию моря, выравнивания контура берега, характерного для берегов нормального (волнового) развития, практически не происходит (рис. 6.2.2). В зависимости от характера прибрежного рельефа высота береговых обрывов может достигать десятков метров, или берег может быть сформирован полого наклоненными выходами прочных коренных пород, отшлифованных волнением (рис. 6.2.3, 6.2.4). Подводный профиль на абразионных берегах кардинальным образом отличается от берегов других типов, и особенно от берегов мелководного юго-восточной части Баренцева моря, большими

6
Лист 1А

Рис. 6.2.2 Абразионный берег, выработанный в прочных коренных породах, Мурманский берег, полуостров Рыбачий

уклонами. Местами высокий обрыв коренного берега круто уходит под воду и перепады глубин на расчлененных участках достигают 50–100 м и более. На других участках полого залегающие коренные породы формируют невысокие берега иногда с узкими прислоненными осушками, перекрытыми скоплениями грубообломочного материала различной размерности и степени окатанности. В некоторых случаях абразионные формы сочетаются с небольшими галечно-валунными и песчано-галечными пляжами, материал которых усиливает абразивный эффект волнения. Мелкозернистый материал на таких берегах, как правило, отсутствует — выносится в более глубокие участки акватории приливно-отливными и волновыми течениями. Лишь на участках частично изолированных акваторий, вблизи устьев рек, можно встретить маломощные песчаные и песчано-гравийные пляжи, образованные короткими, ненасыщенными потоками наносов, направленными от мысов к кутовым частям бухт и заливов.

Нередко крутизна склонов исключает образование пляжей у подножия клифов и происходит непосредственное воздействие волн на берег. Вследствие неоднородности большинства коренных пород, а также структурных особенностей их залегания в береговой зоне, селективная абразия приводит к прихотливому расчленению берегов, формированию выбоин, гротов, понижений и пр. В результате отступания коренного берега перед клифом формируется бенч, представляющий собой слабо наклоненную выположенную поверхность коренных пород. Основным механизмом деструкции бенча, наряду с волнением, является истирание, стачивание поверхности коренных пород абразивным материалом, роль которого выполняют крупнообломочные осадки. Не менее существенную роль на периодически осушаемых бенчах играет физическое, преимущественно морозное выветривание, а также работа морского льда и вмерзшего в него обломочного материала [14 и др.]. Исключение составляют узкие проливы, где волнение ослаблено, а приливные течения достигают высоких скоростей и бенчеобразные осушки практически полностью формируются эрозионным действием приливо-отливных вод. Для берегов Баренцева моря характерны грядовые, ступенчатые, щебенчато-глыбовые и погребенные под маломощным чехлом осадков бенчи (рис. 6.2.5). В зависимости от прочности и трещиноватости

7 Лист 1А

8 Лист 1А

Рис. 6.2.3 Абразионные берега Кольского полуострова, Мурманский берег, полуостров Рыбачий

9 Лист 4А

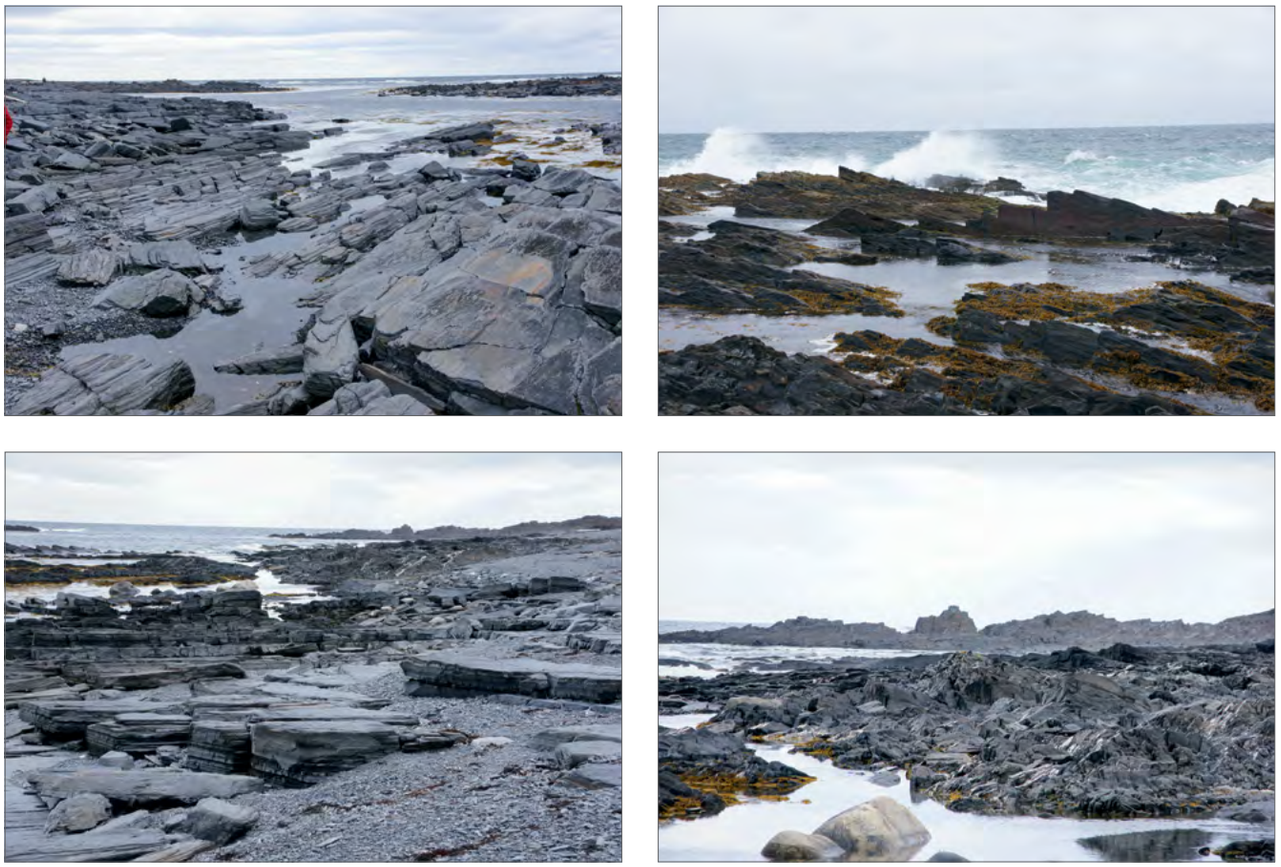
10 Лист 4А

Рис. 6.2.4 Абразионные берега архипелага Новая Земля

горных пород, препарируемых в ходе денудации и абразии, ширина бенчей может достигать десятков метров. На участках интенсивных тектонических движений в результате относительного поднятия суши встречаются поднятые бенчи, формирующие характерный ступенчатый профиль берега.

Морфологический облик абразионно-денудационных берегов не сильно отличается от абразионных берегов открытых побережий, но ведущую роль в их развитии играют денудационные процессы, основным среди которых является морозное выветривание в сочетании с комплексом склоновых (гравитационных) процессов. Волнение принимает участие в регулярном смачивании и полировке скальных поверхностей, сортировке поступающих в береговую зону продуктов разрушения и их транспортировке, хотя объем обломочного материала крайне невелик. Характерными особенностями преимущественно неволнового развития береговой зоны являются отсутствие широких пляжей и плохая сортировка наносов на весьма значительных по ширине осушках, невыработанность профиля подводного берегового склона и отсутствие типичных абразионных форм рельефа (волноприбойных ниш, бенчей и пр.). Поэтому нередко эти берега относят к типу мало измененных морем, сохранивших на склонах надводной и подводной части четкие следы воздействия субаэральных и тектонических процессов. На берегах крупных узких заливов, подобных Кольскому или губам Ура, Ара, Западная Лица, по мере ослабления воздействия волнения открытого моря и увеличении роли приливно-отливных явлений осушки приобретают четкую зональную дифференциацию [1]. На участках распространения более податливых абразии пород морфология открытых скалистых берегов отличается разнообразием, во многом определяемым морфоструктурными особенностями побережья и литологией (рис. 6.2.6, 6.2.7).

Скалистые абразионные и абразионно-денудационные берега наиболее стабильны. Средние скорости отступания береговой линии, в значи-



11 Лист 1А
12 Лист 1А
13 Лист 1А
14 Лист 1А

Рис. 6.2.5 Скалистые грядовые и ступенчатые бенчи полуострова Рыбачий

тельной степени обусловленные деятельностью комплекса денудационных процессов, ничтожны и не превышают 0,002–0,01 м/год [16, 23]. Наибольшие скорости и формирование характерных абразионных форм, упомянутых выше, характерны для открытых волнению берегов в условиях значительных уклонов подводного склона и высокой волновой активности. В условиях изрезанного берегового контура преобладают крайне устойчивые абразионно-денудационные берега, скорости разрушения которых еще ниже. Значительно быстрее разрушаются берега, сложенные коренными терригенными и терригенно-карбонатными породами палеозоя (о. Кильдин, п-ова Рыбачий, Югорский и др.). Эффективность абразионных процессов на локальных участках различна, но

15 Лист 3А
16 Лист 3А

Рис. 6.2.6 Абразионно-денудационные берега, выработанные в коренных породах, остров Вайгач

17
Лист 1А

Рис. 6.2.7 Абразионно-денудационный берег, сложенный коренными породами, Мурманский берег, полуостров Рыбачий

в целом заметно выше — до 0,05–0,2 м/год. На подводном склоне также преобладают обстановки денудации и транзита.

Морфологическое разнообразие береговой зоны Баренцева моря позволило выделить в составе общего типа коренных абразионных и абразионно-денудационных берегов три наиболее характерных подтипа с различными элементами рельефа волноприбойной зоны и условиями их развития. Это открытые морскому волнению приглубые *берега с активными клифами и бенчами, берега с валунно-глыбовой отмосткой в основании скалистых уступов и защищенные от воздействия волн берега проливов и заливов с абразионно-денудационными уступами* (см. табл. 6.2.1). Такое подразделение позволило обобщить и типизировать все многообразие скалистых берегов рассматриваемого региона и, что не менее важно, подразделить берега данного типа по характеру их взаимодействия с возможным нефтяным загрязнением. Берега этих типов соответствуют индексу 1A, 1C и 8D экологической типизации берегов.

Наряду с упомянутыми районами широкого распространения абразионных и абразионно-денудационных берегов на Кольском и Югорском полуостровах и о-вах Баренцева моря (о. Вайгач, архипелаги Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и др.), следует отметить отдельные участки коренных абразионных берегов на п-ове Канин (мысы Канин Нос и Микулкин), на северо-востоке Чёшской губы (м. Бармин), м. Святой Нос и цепочку островов в восточной части Печорского моря — о-ва Матвеев, Голец, Долгий, Большой и Малый Зеленцы, представляющих собой линейно вытянутый выступ коренных терригенно-карбонатных пород на западной окраине Урало-Новоземельской складчатой области.

Общая протяженность скалистых абразионных и абразионно-денудационных берегов с клифами, бенчами и валунно-глыбовой отмосткой около 5505 км, что составляет 39,5% общей протяженности береговой линии российского сектора Баренцева моря.

Ледяной берег, архипелаг Земля Франца-Иосифа

18
Лист 6А

Рис. 6.2.8 Ледяной барьер, остров Земля Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа

Термоденудационные ледяные берега, образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками

Ледниковые покровы арктических архипелагов скрывают свыше 80% площади островов и представляют собой крупнейший в баренцевоморском регионе район распространения весьма специфических ледяных берегов. Протяженность ледниковых фронтов арх. Шпицберген составляет порядка 1000 км. Для арх. Новая Земля протяженность ледниковых фронтов составляла на 2001 г. 229,9 км, из них 164,3 км для западного берега и 65,6 км для восточного (карскоморского) берега соответственно. На баренцевоморском побережье о. Северный арх. Новая Земля расположены 19 выводных ледников, 10 из которых относятся к крупнейшим выводным ледникам евразийской части Арктики. Для арх. Земля Франца-Иосифа общая протяженность заканчивающихся в море ледниковых фронтов составляет 2510 км, или 59% всей длины береговой линии архипелага, что практически в 2,5 раза больше, чем на островах арх. Шпицберген. Наряду с упомянутыми архипелагами, ледяные берега встречаются на о-вах Ушакова и Виктория, где занимают практически 100% береговой линии [24].

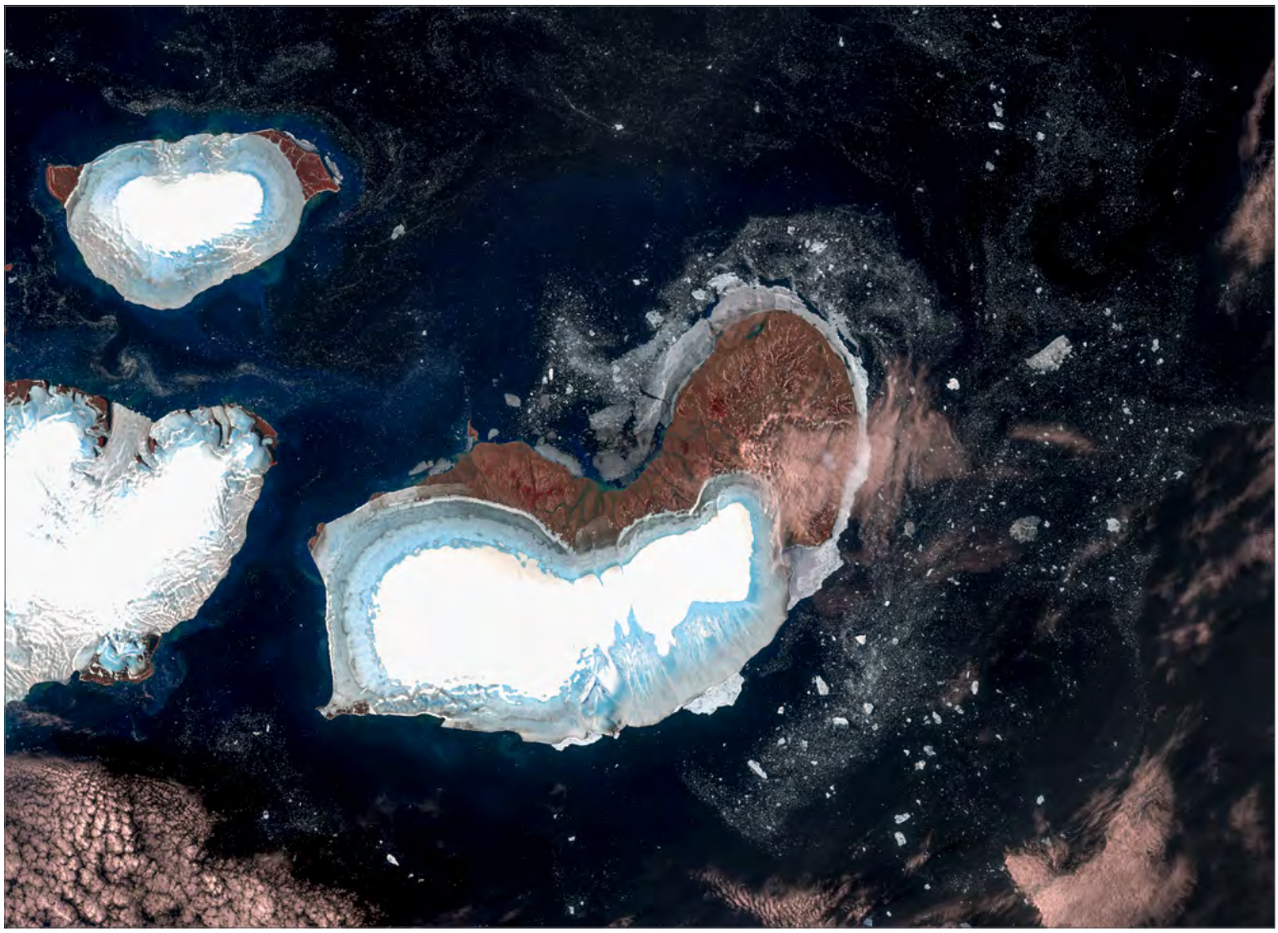
19
Лист 6А

Ледяные берега образованы, главным образом, выходящими к морю мощными материковыми покровными и выводными ледниками, шельфовые ледники сравнительно невелики по размерам и имеются из отмеченных архипелагов только на арх. Земля Франца-Иосифа (зал. Географов, район м. Быстрова) [24]. Формирование и развитие этих во многом уникальных береговых систем протекает в значительной степени под влиянием неволновых факторов, на основании чего они рассматриваются нами как термоденудационные. Край ледника может спускаться в море полого или образовывать обрывы высотой до нескольких десятков и даже сотен метров. Если лед лежит на грунте, поверхность которого находится на уровне моря или ниже, то в соответствии с номенклатурой Гидрометеослужбы [25] такой уступ называется «ледяная стена». Если обращенная к морю сторона ледника держится на плаву и возвышается на 2–50 и более метров над уровнем моря, такой уступ называется «ледяным барьером» (рис. 6.2.8). На островах Баренцева моря

Рис. 6.2.9 Айсберги Баренцева моря

встречаются разные подтипы ледяных берегов, морфология которых достаточно разнообразна. Описание их затруднено в связи с немногочисленными данными непосредственного полевого обследования этих труднодоступных береговых участков. Отметим лишь, что большинство ледников оканчиваются в море вертикальной ледяной стеной, высота которой может достигать 100–110 м с подводным основанием до 150–200 м [24]. Ледяные барьеры имеют сравнительно меньшую высоту — от 2–5 до 25–35 м. Независимо от мощности ледового тела и высоты ледяного уступа в его подошве под отепляющим воздействием воды в безледный период года формируются глубокие ниши и гроты, а разрушение таких берегов нередко сопровождается образованием айсбергов — массивных отколовшихся от ледника при достижении льдом уровня гидростатического равновесия фрагментов нерегулярной формы, выступающих над уровнем моря более чем на 5 м, которые могут быть на плаву или сидеть на мели (рис. 6.2.9). Большие куски плавающего глетчерного льда, возвышающиеся над уровнем моря на высоту от 1 до 5 м и имеющие площадь 100–300 м^2, относят к обломкам айсберга [25]. Образованию айсбергов и обломков айсбергов способствует горизонтальное сжатие толщи льда и формирование разрывных деформаций выводных ледников в краевых областях, в результате которых лед дробится возникающими трещинами на сравнительно мелкие глыбы. Фронт ледника в береговой зоне может сильно разрушаться не только за счет откола, но и под действием волнения, таяния в морской воде, периодических и непериодических колебаний уровня моря, вызывающих усиление давления воды на лед снизу вверх. При наличии талых вод у ложа ледника он может размываться струями пресной воды, поднимающейся из-под ледника к поверхности вдоль ледяной стенки.

Айсберговые образования являются одними из наиболее опасных природных явлений как для судоходства, так и для функционирования различного рода инженерных сооружений в открытой части Баренцева моря. Одним из основных источников крупных айсбергов являются ледниковые фронты арх. Земля Франца-Иосифа, 1606 км которых (на 2001 г.) являются айсбергопродуцирующими; особенно активны ледники в окрестностях о. Земля Вильчека [26]. Они могут продуцировать большое число ледяных образований следующих основных типов: столообразные айсберги, обломки айсбер-



20
Лист 6А

Рис. 6.2.10 Формирование айсбергов у берегов острова Грэм-Белл, архипелаг Земля Франца-Иосифа. Спутниковый снимок в стандартных псевдоцветах (комбинация каналов ближний инфракрасный, красный и зеленый), полученный съемочной системой Landsat-8/OLI, от 29.07.2020. Данные получены из U.S. Geological Survey

гов, куски айсбергов и айсберги пирамидальной формы. Причем преобладающей формой айсбергов в Баренцевом море являются обломки и куски айсбергов (около 80%). Масса и размеры айсбергов могут быть весьма значительными. По оценкам, проведенным во время экспедиционных работ ААНИИ, встреченный в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения самый крупный айсберг имел массу около 3670 тыс. т. При этом в модельных расчетах специалисты учитывают айсберги с массой от 9,6 до 8150,5 тыс. т [26]. Статистические характеристики линейных размеров надводной части айсбергов Баренцева моря показывают, что наиболее часто встречаются айсберги длиной до 300–400 м (при максимальных значениях до 1–2 км) и шириной до 200–250 м, высота в среднем 25–40 м (максимальные вертикальные размеры 60–100 м). При этом соотношение надводной и подводной частей столообразных айсбергов в регионе составляет 1/7 [24].

В последние десятилетия происходит достаточно активное сокращение площадей ледниковых куполов в Арктике. В этой связи протяженность ледниковых фронтов в береговой линии является достаточно изменчивой величиной. На отдельных участках ледниковые купола не выходят в море, на других за счет сокращения ледниковых покровов увеличивается извилистость ледниковых фронтов, что приводит к увеличению протяженности береговой линии с ледяными берегами (рис. 6.2.10). В качестве исходных данных о положении ледниковых фронтов и характере берегов арктических архипелагов использовались снимки Sentinel 2 летнего сезона 2019 г. Установленная на основании этих данных протяженность ледяных берегов на островах российского сектора Баренцева моря составила 1977 км, что около 14,2% общей протяженности рассматриваемой береговой линии. Берега данного типа соответствуют индексу 1D экологической типизации берегов.

Древние береговые линии на западном побережье полуострова Средний, сложенные галечно-валунным материалом

21
Лист 2А

22
Лист 2А

23
Лист 2А

Рис. 6.2.11 Термоабразионные и термоденудационные берега острова Колгуев

Абразионные, термоабразионные и абразионно-термоденудационные берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями

Побережье юго-восточной части Баренцева моря от п-ова Канин до Хайпудырской губы лежит в пределах Тимано-Печорской плиты, коренной фундамент которой погребен под сравнительно мощным осадочным чехлом. Рельеф этой области формировался в условиях генеральной тенденции к новейшему погружению и к морю выходят низменные пластовые или аккумулятивные равнины Печорской низменности и о. Колгуев, сложенные на значительном протяжении нелитифицированными преимущественно песчано-глинистыми многолетнемерзлыми отложениями с включениями полигонально-жильных, реже пластовых льдов (рис. 6.2.11). Арктические острова архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа также характеризуются практически сплошным распространением многолетней мерзлоты. Наличие мерзлых пород и высокая интенсивность гидродинамических факторов ледовитого Баренцева моря обусловливают развитие особого комплекса деструктивных процессов в береговой зоне, в котором важнейшую роль играют процессы термоабразии и термоденудации, присущие лишь водоемам полярных широт.

24
Лист 1А

Как известно [19, 20, 27–33], процесс термоабразии обусловлен совместным проявлением механического действия прибоя и термического действия воды и воздуха на берег и подводный береговой склон, сложенный льдом или многолетнемерзлыми льдистыми породами. Разрушение же берега под воздействием только тепловой энергии воздуха и солнечной радиации называется термоденудацией, более характерной для районов распространения высокольдистых толщ и подземных льдов. Еще одним процессом, встречающимся на берегах арктических морей, является деформация поверхности пляжа и подводного склона в результате деградации многолетнемерзлых пород — так называемая осадка при оттаивании. Однако осадка при оттаивании более характерна для областей, сложенных высокольдистыми отложениями, и имеет весьма ограниченное распространение на берегах Баренцева моря. Наряду с термоабразией

Рис. 6.2.12 Поперечный профиль абразионного берега в 2 км восточнее устья реки Песчанки, Варандейский береговой район (по фондовым данным составил А.А. Ермолов)

и термоденудацией разрушение берегов рассматриваемого региона часто связано с процессами механической абразии немерзлых или оттаявших толщ, распространенных в юго-западном секторе материкового побережья (п-ов Канин) и на участках молодых морских террас (о-ва Песяков, Варандей и др.). Нередко эти процессы развиваются совместно или последовательно при заметном участии волнения, и выделение сугубо термоабразионного или термоденудационного берега при районировании конкретного участка берега затруднено.

Принципиальное отличие термической абразии от чисто механической (волновой) абразии заключается в том, что в процессе последней берег проходит несколько стадий развития и в завершение достигает относительно устойчивого состояния, определяемого соответствующим профилем равновесия. Развитие термоабразии ограничивается лишь начальной стадией процесса, характеризуемой непрерывным (в многолетнем плане) отступанием берега [20, 34].

Интенсивность термоабразии зависит от криолитологического строения берегового уступа, активности и продолжительности действия гидродинамических (волнение, течения, морские льды и др.) и метеорологических (температуры воды и воздуха) факторов и в меньшей степени от уклонов подводного склона [35, 36]. Причем термическая абразия развивается даже при низких значениях уклонов, так как в ходе отступания берега происходит увеличение глубин в береговой зоне [37]. Важнейшим фактором, обеспечивающим длительное поддержание высокой активности термоабразионных процессов, является периодическое проявление в береговой зоне арктических морей штормовых нагонных явлений. В результате повышения уровня моря в эти кратковременные периоды глубины в приурезовой зоне возрастают до 1,5–2,0 м, а волновая энергия увеличивается в 8–10 раз, вызывая интенсивное разрушение береговых откосов. Причем штормовые волны способны воздействовать на значительную по высоте часть стенки берегового уступа [38]. В юго-восточной части Баренцева моря ветровые нагоны достигают высоты 3,0–3,5 м и способны приводить к затоплению низких берегов и их интенсивному размыву [39–41]. Так, сильный шторм 24 июля 2010 г. вызвал подъем уровня моря до максимального за всю историю наблюдений (с 1951 г.) значения — 3,58 м и привел к затоплению значительной территории п. Варандей и существенным разрушениям расположенной там производственной инфраструктуры [41, 42].

Термоабразионное разрушение берега осуществляется последовательными циклами, продолжительность которых определяется льдистостью слагающих берег мерзлых пород, типом и размером ледяных включений, температурой воды и режимом волнений. В зависимости от конкретных условий весь цикл может длиться несколько сезонов, а может завершиться в течение одного сильного шторма. В наиболее общем виде цикл развития термоабразионного берега включает выработку волноприбойной ниши в основании берегового уступа, глубина которой может достигать нескольких метров [35], обрушение козырька и его размыв. Вместе с уступом размыву подвергается и подводный склон, изменяя морфологию берега в целом, а общей тенденцией является выравнивание линии берега и обмеление береговой зоны. При этом на формирование и трансформацию профиля подводного склона, как и береговых уступов, оказывает влияние целый комплекс криогенных процессов, включая просадки поверхности дна [27, 28]. Поступление большого количества наносов в береговую зону способствует восстановлению равновесного профиля верхней части подводного склона в течение интервала времени между разрушительными штормами. Но в реальности подводный профиль практически никогда не достигает равновесного положения, так как преимущественно тонкозернистый состав размываемых отложений не обеспечивает волновое поле достаточным количеством пляжеобразующих наносов, а величина деформаций профиля

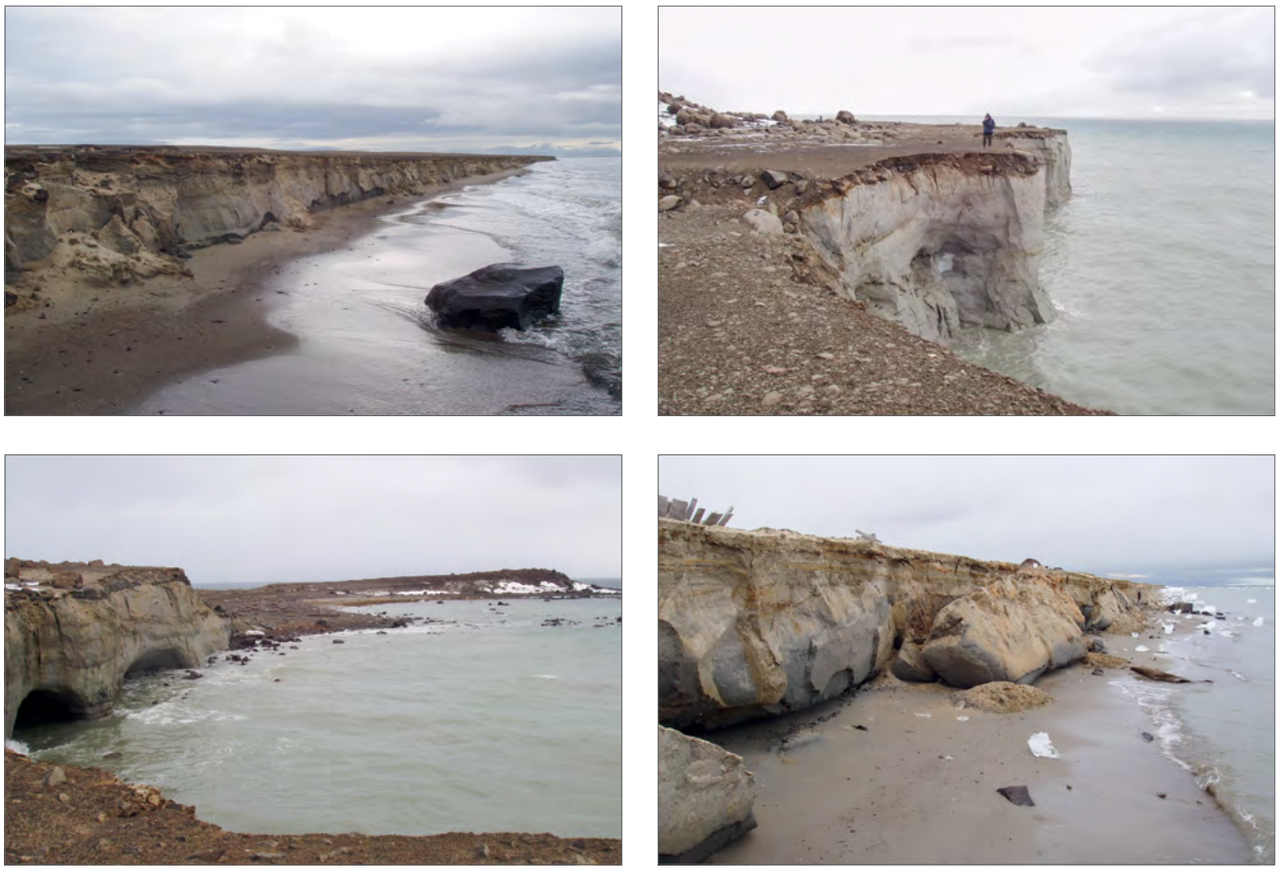
25 Лист 3А
26 Лист 3А
27 Лист 3А
28 Лист 3А

Рис. 6.2.13 Абразионные и термоабразионные берега островов Варандей и Песяков

в течение кратковременных штормов остается незначительной. Поэтому воздействие моря на береговой уступ усиливается за счет избыточной энергии, не израсходованной на формирование равновесного профиля [43], и разрушение берега продолжается.

При ослабленной абразии блокового обрушения толщи не происходит и оттаявшие отложения смещаются вниз по склону, периодически обнажая мерзлую толщу. Развитие получают склоновые процессы, солифлюкция, криогенные оползни и др. Нередко вскрываются пластовые льды, и развитие получают такие термоденудационные процессы, как термокарст, термоэрозия и др. За счет вытаивания ледяных залежей и обрушения перекрывающих отложений процесс разрушения таких абразионно-термоденудационных берегов [44] затрагивает значительные площади и проникает на десятки метров вглубь суши. И если при термоабразии образуется уступ, отступающий вверх по склону и разрушающийся в ходе своего развития, то термоденудация вызывает выполаживание (понижение поверхности) склона [30]. В результате у подножия склона накапливаются значительные массы оттаявшего материала, образуются подсклоновые шлейфы, а в период штормов осадки удаляются волнами и течениями. В том случае, если льдистость пород незначительна или вынос материала у подножия уступа сокращается, термоденудация затухает и образуется пологий склон [30].

Морфология и литологическое строение отступающих берегов Баренцева моря очень разнообразны. Размыву подвержены как низкие терасовые уровни с уступами высотой от 1,5–2,5 до 5 м (о-ва Варандей, Песяков и др.), так и высокие террасы с уступами до 10–12 м (рис. 6.2.12, 6.2.13). На западном побережье о. Колгуев береговые



29 Лист 6А
30 Лист 6А
31 Лист 6А
32 Лист 6А

Рис. 6.2.14 Термоабразионные берега архипелага Земля Франца-Иосифа

обрывы достигают высоты 50 м [45, 46]. Термоабразионные береговые уступы крутые, в средней части профиля — отвесные, в нижней части формируются волноприбойные ниши различной глубины. К подножию уступов примыкают песчаные и песчано-галечные пляжи неполного профиля шириной 4–10 м, реже до 20 м в полную воду. Ширина приливно-отливной осушки — от 15–20 до 40–60 м и более. Мощность пляжевых отложений невелика, на отдельных участках не превышает первых сантиметров — первых десятков сантиметров. На берегах, где береговой уступ сложен преимущественно песчаными отложениями, в верхней части пляжа формируется торфяной бенч, частично перекрытый пляжевыми песками. Там, где береговой уступ сложен преимущественно глинистыми породами, бенч глинистый, представлен плотными глинами с незначительной (до 3–5%) примесью грубообломочного материала [47].

Береговая линия на участках развития термоабразии, как правило, имеет прямолинейные очертания, береговые уступы бывают осложнены различными формами комплексной деструкции. На западном и северо-западном побережьях о. Колгуев такими формами являются термоцирки и термокары с вскрывающимися залежами пластовых льдов [45]. Крупные термоцирки и термокары сливаются друг с другом и образуют термотеррасы (открытые в плане формы, обращенные к морю широкой ступенью) протяженностью от 300 до 1100 м и шириной 210–280 м [46]. В целом развитие криогенных процессов является характерным для более высоких террасовых уровней, сложенных высокольдистыми отложениями. На южных берегах Баренцева моря низкие аккумулятивные морские террасы (о-ва Песяков, Варандей и др.) сложены преимущественно песчаными отложениями с низким содержанием льда, нередко в береговых уступах и на пляжах многолетнемерзлые отложения отсутствуют [48]. Их размыв происходит без участия термической абразии, и характерным является развитие эоловых процессов [18].

Острова арх. Земля Франца-Иосифа отличаются большой мозаичностью геоморфологических условий береговой зоны, обусловленных влиянием тектонических, гляциальных, перигляциальных и морских факторов. Свободные ото льда берега — это узкие абразионные морские террасы, вдоль

33 Лист 3А

34 Лист 3А

Рис. 6.2.15 Термоденудационные берега Хайпудырской губы

тыловых швов которых накапливаются делювиальные осыпи, сползающие с крутых обнаженных склонов, сложенных на значительном протяжении базальтами. Реже встречаются цокольные террасовые уровни, с поверхности перекрытые валунно-галечными валами. Береговая линия большинства островов архипелага имеет изрезанные очертания, осложненные неглубокими бухтами, разделенными мысами — скальными выходами (нунатаками). Характерным является частая смена (на коротких отрезках) берегов различного типа, в том числе отступающих термоабразионных, абразионно-термоденудационных и термоденудационных (рис. 6.2.14). Берега сложены неоднородным составом отложений со значительной примесью крупнообломочного материала, перед уступами нередко формируется отмостка, состоящая из галечно-валунного материала.

Средние многолетние скорости отступания абразионных и термоабразионных берегов в естественных условиях определяются целым рядом факторов и изменяются в широких пределах — от 0,5 до 3–5 м/год и более [18, 35, 40, 46, 49 и др.]. Важнейшим среди них выступает льдистость отложений, определяющая различия в скорости отступания близких по своему строению участков берега при равных гидродинамических и литологических условиях. Скорость отступания тыловых стенок термоцирков с обнажающимися пластовыми льдами (о. Колгуев) намного превышает скорость термоабразионного отступания береговых уступов [46]. Термоабразионные процессы наиболее разрушительны на открытых морских берегах, волновая экспозиция которых способствует подходу штормовых волн максимальной обеспеченности, и близ устьев рек. В первом случае больше проявляется волноэнергетический эффект, а во втором — отепляющее влияние речного стока [29]. Не меньшее значение имеет высота берегового уступа и объем материала, поступающего в береговую зону в результате разрушения. Для того чтобы низкий термоабразионный берег высотой 5 м отступил на то же расстояние, что и высокий 30-метровый клиф, волнам необходимо разрушить и вынести в 6 раз меньше материала. Поэтому при прочих равных условиях низкие берега будут отступать заметно быстрее высоких [42].

В заливах и проливах разрушение берегов происходит главным образом за счет термоденудационных процессов, и морфология уступов характеризуется отсутствием ярких признаков волнового воздействия — волноприбойных ниш, пляжей и пр. (рис. 6.2.15). Откосы таких берегов имеют различную высоту — от 0,5 м до 20 м, и от-

35
Лист 3А

36
Лист 3А

Рис. 6.2.16 Низкие термоденудационные берега Паханческой губы

личаются сравнительно пологим уклоном и наличием форм протаивания и оползания льдистых толщ, нередко перекрытых остатками торфяников и дерниной. Характерной чертой динамики льдистых берегов, развивающихся под воздействием неволновых факторов, является неравномерность их отступания в пределах небольших по протяженности участков береговой линии. Она возникает вследствие пространственных изменений льдистости, литологического состава отложений и высоты клифов. В результате плановые очертания абразионно-термоденудационных берегов отличаются невыровненным извилистым контуром, изобилующим неглубокими бухточками и мысами (рис. 6.2.16).

Среднемноголетние скорости отступания этих берегов заметно уступают скоростям отступания берегов на открытых участках и определяются совокупностью рассмотренных факторов. Важную роль играет экспозиция берегового откоса, обусловливающая величину поступающей солнечной радиации и возможность сохранения снежников, льдистость и высота уступов. Имеющиеся данные наблюдений немногочисленны и носят ориентировочный характер. Согласно [50], средние скорости отступания берегов Печорской губы варьируют от 0,1 до 0,65 м/год (в среднем 0,4 м/год), подчеркивая неоднородность геоморфологического и геокриологического строения на отдельных участках побережья.

Общей же тенденцией, оказывающей влияние на динамику термоабразионных и абразионно-термоденудационных берегов в последние годы, является увеличение оттаивания мерзлых грунтов под действием более высоких температур воздуха и воды и усиление волнового воздействие на берега [51]. Последнее обстоятельство обусловлено ростом повторяемости штормовых ветров и ветровых нагонов, увеличением длины волн за счет сокращения ледовитости Баренцева моря и возрастанием общей продолжительности динамически активного периода, и без того наибольшей среди всех арктических морей России.

В современных условиях наибольшие темпы отступания берегов — до 7,4–12,5 м/год — в отдельные годы отмечаются на участках, подверженных антропогенному воздействию, снижающему естественную устойчивость природных береговых систем [18, 36, 52–57]. Резкое увеличение скорости отступания берегов на таких участках (в 1,5–2 раза по сравнению с ненарушенными участками) и частичное уничтожение естественного барьера — дюнного пояса — способствует проникновению штормовых волн в нагоны вглубь суши на несколько километров. Это представляет большую опасность для инженерных и хозяйственных объектов, транспортной инфраструктуры и пр. При этом волновая экспозиция берегов и наметившаяся тенденция к росту повторяемости штормовых ветров не оставляют сомнения в возможности повторения экстремальных событий в мелководных районах юго-восточной части Баренцева моря, подобных шторму 24 июля 2010 г. [41, 58]. Это представляет угрозу экологической безопасности и является опасным для существующих и проектируемых объектов нефтегазовой инфраструктуры, включая шельфовые платформы, подводные нефтепроводы и пр. [51].

Активизация опасных рельефообразующих процессов (абразия, ледовая экзарация и др.) на участках антропогенного воздействия и риски возникновения чрезвычайных природных ситуаций определяют исключительную важность мероприятий по обеспечению экологической и промышленной безопасности. Имеющийся негативный опыт строительства и эксплуатации сооружений в криолитозоне наилучшим образом демонстрируют значение обоснованного научного подхода при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных объектов на берегах арктических морей, устойчивость которых наряду с геокриологическими условиями определяется геоморфологическим и геологическим строением, а также характером и интенсивностью литодинамических процессов в естественных условиях.

С целью детализации отступающих берегов нами выделено два основных подтипа — *абразионные и термоабразионные берега открытых побережий*, развивающиеся преимущественно под влиянием волнения, и *термоденудационные берега защищенных проливов и заливов*. Помимо рассмотренных участков материкового побережья юго-восточной части Баренцева моря и о. Колгуев, разрушающиеся берега, выработанные в рыхлых отложениях, выделяются на открытых волнению и термическому воздействию побережьях п-ова Канин, берегах Чёшской, Индигской, Печорской и Хайпудырской губ, отдельные участки встречаются на островах Баренцева моря. В пределах заливов и проливов термоденудационные берега чередуются с термоабразионными, абразионно-термоденудационными и аккумулятивными участками различного типа.

Берега описанного типа соответствуют индексу 3В и 8А экологической типизации берегов. Их общая протяженность в пределах российского сектора Баренцева моря 3585 км, что составляет 25,7% от суммарной протяженности береговой линии.

Оранские острова. Синтезированное изображение,
мозаика получена съемкой с применением БПЛА в 2020 г.

37
Лист 2А
38
Лист 2А

Рис. 6.2.17 Аккумулятивные формы берегов острова Колгуев: Южные и Восточные Плоские Кошки

Аккумулятивные выровненные берега

Выровненные аккумулятивные берега с примкнувшими, свободными и окаймляющими формами и приливными осушками имеют весьма широкое распространение на открытых волнению морских побережьях юго-восточной части Баренцева моря, обладающих сравнительно большими запасами рыхлого материала как на суше, так и на подводном склоне. Развитие рельефа этой территории в конце позднего плейстоцена и голоцене происходило под влиянием прогрессирующей морской трансгрессии, вызывавшей формирование молодых морских отложений [59]. Современные аккумулятивные формы начали формироваться в условиях более активного и продолжительного воздействия гидродинамических процессов, сложившихся в период климатического оптимума после середины голоцена — 5–6 тыс. лет назад, когда уровень моря достиг современных отметок. В это время в Баренцевоморском регионе окончательно установился морской режим морфолитогенеза и сформировалась береговая зона в границах, близких к современным.

Процессы аккумуляции были связаны с волновой переработкой прибрежной полосы дна и выносом песчано-галечного материала в верхнюю часть берегового склона [60], являвшегося областью накопления и перераспределения продуктов интенсивной термоабразии берегов; твердой сток рек и мелких водотоков вследствие повышения базиса эрозии, вероятно, не превышал современный. Для образования аккумулятивных форм большой протяженности требовалось длительное время, в течение которого направленность гидродинамических процессов оставалась близкой современной, а уровень моря испытывал сложные колебания с амплитудой 2–3 м. Об этом свидетельствует широкое распространение позднеголоценовой террасы с абсолютными отметками 1,5–2,5 м над уровнем моря [59].

39
Лист 5А

В результате в береговой зоне юго-восточной части Баренцева моря сформировался целый ряд крупных аккумулятивных форм, пространственное положение и динамика которых демонстрируют многообразие частных литодинамических обстановок, обусловленное изменениями режима питания наносами и общей направленности береговых процессов на большом протяжении. В зависимости от конкретных условий развитие получили аккумулятивные формы как продольного (вдольберегового), так и поперечного питания наносами. К первым относятся п-ова Русский Заворот, Медынский Заворот, м. Лайденный и о-ва Камбальницкие Кошки, представляющие собой дистальные оконечности литодинамических систем с устойчивым вдольбереговым транспортом наносов, областью питания которых служат, как правило, участки разрушения берегов. В редких случаях аккумулятивные формы сформированы за счет наносов, поставляемых встречными потоками (конвергенция потоков наносов). Такую перейму двойного питания, соединяющую материковый берег с останцом коренных пород, представляет собой п-ов Святой Нос [18, 61].

Полное или частичное падение емкости потока и аккумуляция наносов могут быть приурочены к участкам изменения направления береговой линии, когда меняется экспозиция берега относительно направления равнодействующей ветроволнового режима и режима течений [20]. Общее падение энергии волнения может возникать также в результате внешней блокировки (в волновой тени островов или полуостровов), как это имеет место на южном и юго-восточном побе-

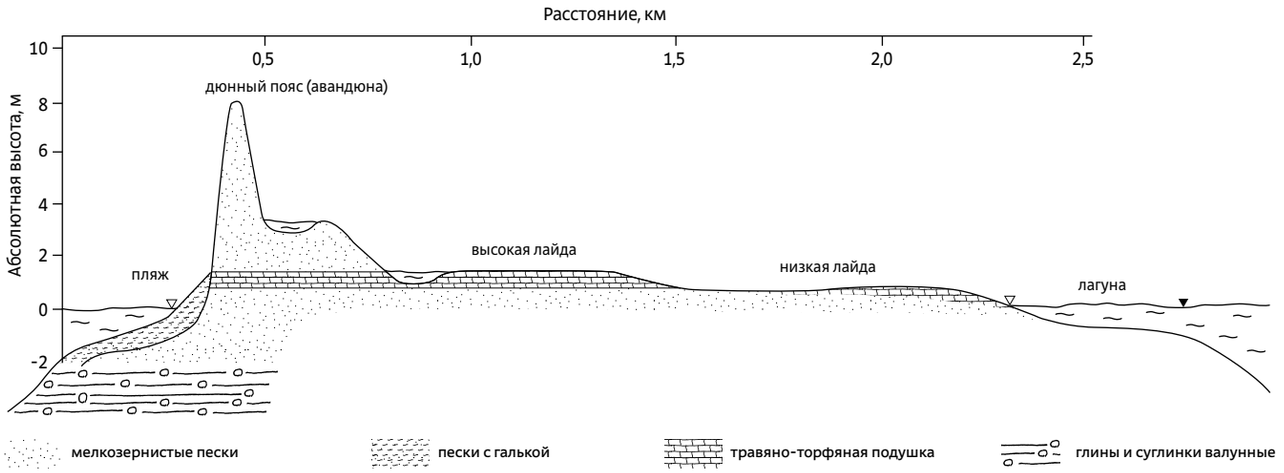


Рис. 6.2.18 Поперечный литолого-геоморфологический профиль острова Песяков

40 Лист 3А
41 Лист 3А

Рис. 6.2.19 Развитие эоловых процессов и дюнный пояс на острове Песяков

режье о. Колгуев (рис. 6.2.17). Здесь защищенные от волн берега образованы островными косами — Восточными, Западными и Южными Плоскими Кошками и крупной косой-баром, отделяющей бух. Песчаную от моря [18].

При преимущественно поперечном перемещении наносов вверх по подводному склону возникают вытянутые вдоль края коренной суши береговые бары (барьеры) или длинные примкнувшие террасы. К их числу относится крупная примкнувшая аккумулятивная форма (терраса) Тиманского берега, местами переходящая в островной бар (о. Сенгейский), цепочка островов (островной бар) Гуляевские Кошки, примкнувшие островные бары и косы о-вов Песяков и Варандей. В ходе позднеголоценовой эволюции береговые бары активно надвигались на прибрежные лайды, смещаясь в сторону суши, о чем свидетельствует смена условий осадконакопления от прибрежно-морских, литоральных к субаэральным условиям лайды и авандюны, установленная по данным диатомового анализа [62]. Под воздействием эоловых процессов и перевевания материала, поступавшего с пляжей и осушек, образовалась мощная гряда дюн, перекрывающих более древние поверхности (рис. 6.2.18). В дистальных частях островов высота эоловых образований снижается и дюнный пояс замещается рядом береговых валов различных возрастных генераций, соответствующих этапам эволюции аккумулятивных береговых барьеров.

В целом дюнный пояс (авандюна) является весьма распространенной формой рельефа на выровненных аккумулятивных берегах юго-восточной части Баренцева моря. Он представляет собой ориентированную вдоль береговой линии гряду дюн высотой до 4–10 м, сложенную песками и частично задернованную травянистой рас-

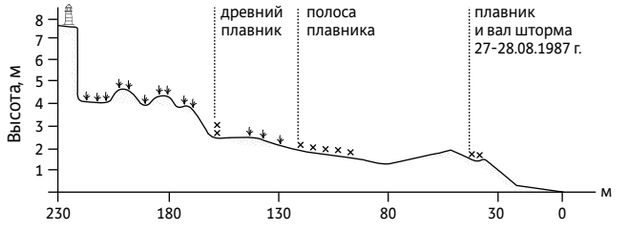


Рис. 6.2.20 Поперечный профиль аккумулятивного берега полуострова Медынский Заворот, район мыса Медынский Заворот (по фондовым данным составил А.А. Ермолов)

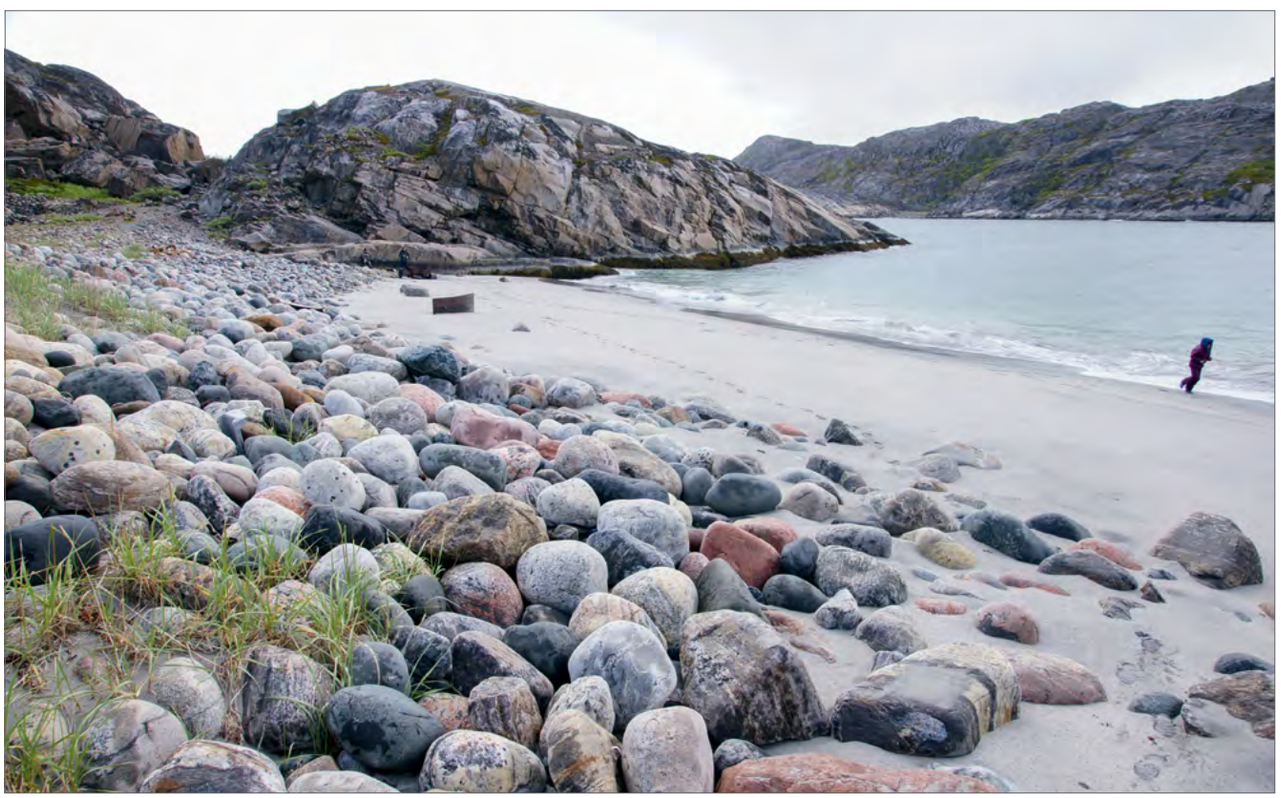
тительностью. Моделировка рельефа и питание дюнного пояса в современных условиях также осуществляется эоловыми процессами. Стационарными исследованиями на о. Варандей установлено, что при скорости ветра свыше 12 м/с начинается массовый вынос мелкопесчаного материала с пляжей и осушек, причем в течение одного ветрового цикла продолжительностью несколько часов может быть удален слой песка мощностью 3–5 см. За динамически активный период в результате дефляции пляжи теряют не менее 1 м^3 мелкопесчаных наносов с квадратного метра незадернованной поверхности [63]. Значительная часть этого материала откладывается в пределах дюнного пояса (рис. 6.2.19).

Характерным элементом рельефа волноприбойной зоны берегов рассматриваемого типа является пляж полного профиля. В наиболее широком понимании пляж представляет собой элементарную двусклонную надводную аккумулятивную форму, сложенную подвижным скоплением пляжеобразующих наносов. Морской склон пляжа характеризуется следами недавних волнений, обычно выраженных в виде небольших береговых валов, соответствующих зоне действия прибойных потоков различных по силе (балльности) волнений, действовавших в течение длительного периода [19, 20]. В юго-восточной части Баренцева моря свободные пляжи преимущественно песчаные и песчано-галечные, шириной 20–100 м с одним, реже с двумя штормовыми песчано-галечными валами высотой до 0,3–0,7 м и многочисленным плавником (рис. 6.2.20). Пляжи плавно переходят в регулярную песчаную осушку шириной 50–150 м (рис. 6.2.21), образованную несколькими уплощенными аккумулятивными песчано-галечными

42
Лист 3А

Рис. 6.2.21 Песчаная осушка на острове Песяков

43
Лист 1А



44
Лист 1А

Рис. 6.2.22 Пляжи Мурманского берега

45 Лист 1А

46 Лист 1А

Рис. 6.2.23 Пляжи полуострова Рыбачий

валами значительной протяженности шириной 30–150 м и высотой гребня 1,0–2,5 м. Ширина этих форм планомерно уменьшается по мере удаления от источника наносов, а в случае донного питания — по мере снижения энергии волн. Тыловая, расположенная за пляжем или дюнным поясом часть островных баров и кос, в большинстве случаев представляет собой лайду или нагонную осушку с отметками до 2,5–3,0 м [62].

Наряду с песчаными и песчано-галечными пляжами на Мурманском берегу и на отдельных участках островов архипелагов, подверженных периодическому воздействию больших волн открытого моря, встречаются крупнообломочные пляжи, сложенные хорошо окатанной галькой, валунами и глыбами диаметром до 0,5–1,5 м (рис. 6.2.22, 6.2.23). Такие пляжи характеризуются меньшей шириной (до 20–30 м) и значительными уклонами профиля.

Среди периодических форм рельефа, возникающих в зоне пляжа и заметно меняющих облик надводной части берега, следует отметить пляжевые фестоны, серии штормовых песчано-галечных валов, нередко с навалами плавника, и микроклифы (до 0,4 м). Образование и исчезновение этих элементов наиболее активно происходит в периоды штормов, сопровождаемых нагонными повышениями уровня. В такие периоды низкие

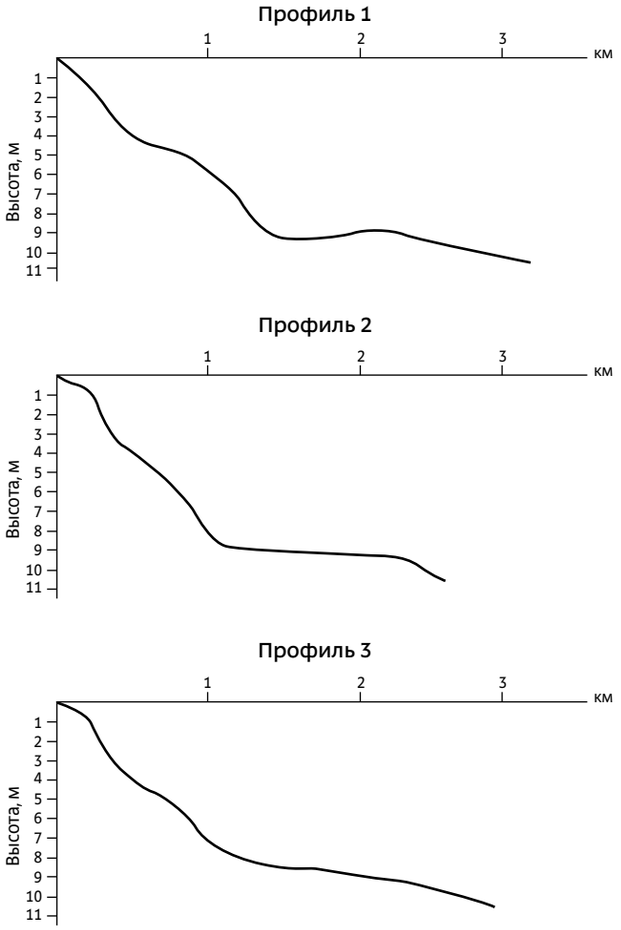


Рис. 6.2.24 Характерные поперечные профили подводного берегового склона острова Варандей (по фондовым данным составил А.А. Ермолов)

поверхности затапливаются целиком, и может наблюдаться кардинальная перестройка профиля подводного склона и надводной части береговых систем, нарушаться сортировка наносов и возникать области размыва.

Подводный береговой склон на выровненных аккумулятивных берегах юго-восточной части Баренцева моря характеризуется средними уклонами дна 0,007–0,001, на глубине 4–5 м отмечается ступень (рис. 6.2.24), соответствующая обрушению ежегодно повторяющихся в осенний период штормовых волн высотой 3,3 м [64]. В прибрежной зоне отмечается 2–4 подводных вдольбереговых вала, положение которых не выдержано по простиранию. Из отрицательных форм рельефа дна широкое распространение имеют борозды и желоба стока речных вод, являющиеся продолжением основного русла или его ответвлений и сформированные при активном участии приливо-отливных течений. Верхняя часть подводного склона сложена в основном разнозернистыми песками, гравийно-галечный материал присутствует как примесь на отдельных участках пляжей. Мощность современных пляжевых отложений (песчаных, гравийно-песчаных и песчано-галечных) изменяется от 0,2 до 4,5 м. Эти отложения подстилаются глинами и суглинками позднеплейстоценового возраста, которые лишь изредка выступают на дневную поверхность [47, 65]. Небольшая мощность аккумулятивной толщи связана с малым количеством пляжеобразующего материала, поступающего от размыва береговых уступов и выносимого с суши водотоками — в твердом стоке рек преобладает тонкозернистый материал, увлекаемый стоковыми течениями на глубину и осаждающийся за пределами волнового поля. По этой причине в исследуемом районе, за исключением отдельных рек региона, практически не образуется крупных речных дельт, характерных для активно формирующихся аккумулятивных берегов. Наиболее распространены устья эстуарного типа, прямое впадение рек или устья в той или иной мере блокированные приустьевыми косами или островными барами.

Протяженность крупнейших аккумулятивных форм юго-восточной части Баренцева моря достигает 25–50 км (п-ов Медынский Заворот, о. Песяков, островной бар Гуляевские Кошки и др.), а наиболее крупный аккумулятивный участок от губы Горностальей до восточной оконечности п-ова Русский Заворот (Тиманский берег), местами подверженный размыву, превышает 200 км. Сравнительно небольшие отрезки выровненных аккумулятивных берегов встречаются в вершинах бухт и заливов на изрезанном Мурманском берегу Кольского полуострова (губа Климовка, Долгая, Лодейная, Воронья и др.) и островах арктических архипелагов (Новая Земля, Земля Франца-Иосифа). В большинстве случаев они приурочены к приустьевым областям рек, поставляющих в береговую зону достаточное количество пляжеобразующего материала, но могут возникать и на участках, где происходит снижение емкости потоков наносов, идущих от входных мысов к их вершине, вызванное падением энергии волн вследствие растяжения их фронта при рефракции в акватории залива. Если потоки наносов идут вдоль обеих сторон залива, то могут образовываться две аккумулятивные формы, растущие навстречу друг другу. В случае соединения свободных форм образуются замыкающие формы типа пересыпи, отчленяющие вершину залива от его приустьевой акватории [20]. Такие образования описаны, например

П.А. Каплиным [66], в фьордах арх. Новая Земля, встречаются они и на других арктических островах, характеризующихся сравнительно высокими скоростями неотектонического поднятия. На островах арх. Земля Франца-Иосифа (о-вах Галля, Гукера, Белл, Мейбел и др.) распространены низкие морские террасы, образованные сериями валунно-галечных валов, многие галечные косы и пляжи продолжают формироваться в современных условиях [42].

Формирование и развитие аккумулятивных форм на низких берегах арктических равнин, на корневых участках кос и на береговых барах происходит при постоянном воздействии морских льдов в условиях отрицательных среднегодовых температур воздуха. На островах архипелагов Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Шпицберген пляжи и осушки подвержены длительному смерзанию с подошвой припая и промерзанию. В результате здесь, как и на побережьях других арктических морей, многие более древние надводные аккумулятивные формы, вышедшие из зоны регулярного воздействия волнения, сцементированы льдом и представляют собой новообразованный комплекс прибрежно-морских мерзлых отложений. Промерзание способствует закреплению аккумулятивных форм, препятствуя их размыву в летнее время [38, 60].

Южные берега Баренцева моря отличаются развитием в условиях более мягкого климата с весьма продолжительным безледным периодом года. По этой причине многие активно формирующиеся аккумулятивные формы, их дистальные окончания и особенно отчлененные формы (типа баров и аккумулятивных островов) чаще всего лишены многолетнемерзлых пород, а их сезонное промерзание не превышает 1–2 м [48]. Процессы многолетнего промерзания не оказывают существенного влияния на рост аккумулятивных форм и на изменение их очертаний, как это имеет место на берегах арктических архипелагов, а ограничиваются некоторым консервирующим воздействием на более древние части аккумулятивных форм, препятствуя их перестройке в периоды наиболее сильных штормов [67].

В гораздо большей степени аккумулятивные берега Баренцева моря реагируют на малейшие изменения условий морфолитогенеза в береговой зоне, вызываемые климатическими или тектоническими причинами. Глобальные изменения относительного уровня моря приводят к несоответствию баров, как реликтовых форм, современным гидродинамическим условиям, что нередко вызывает изменение направленности береговых процессов — аккумуляцию, преобладавшую несколько тысяч лет (4–1 тыс. л. н.), сменяет размыв, приводящий к деградации и отмиранию ряда аккумулятивных форм с отложениями возрастом 4–1,5 тыс. л. н. [42]. Поэтому морфология и динамика выровненных аккумулятивных берегов Баренцева моря заметно меняется в зависимости от конкретных условий, и наряду с активно растущими аккумулятивными образованиями встречаются относительно стабильные формы, а также отступающие в современных условиях низкие берега [42]. В историческом плане это находит отражение в сокращении площади и числа аккумулятивных островов (например, о-ва Гуляевские Кошки [18]), изменении их пространственного положения (миграциях, смещениях) и очертаний в плане.

Основной причиной начала размыва аккумулятивных образований является истощение запасов обломочного материала на подводном береговом склоне за период позднеголоценовой стабилизации уровня моря на современных отметках, увеличение продолжительности безледного периода и увеличение частоты и интенсивности катастрофических природных событий, отмечаемое в последнее время [41, 58]. Кроме этого, следует отметить все возрастающее негативное влияние антропогенного фактора на участках промышленного освоения, снижающего устойчивость природных береговых систем [68, 69].

В соответствии с различным гранулометрическим составом отложений, слагающих волноприбойную зону, в рамках общего типа выровненных аккумулятивных берегов выделены три наиболее распространенных подтипа. Это берега с преимущественно *песчаными, песчано-галечными и галечными и/или валунно-глыбовыми пляжами* (см. табл. 6.2.1). Такое подразделение позволило несколько упростить и типизировать все многообразие выровненных аккумулятивных берегов рассматриваемого региона и, что не менее важно, подразделить берега данного типа по характеру их взаимодействия с возможным нефтяным загрязнением. Берега этих типов соответствуют индексам 4, 5 и 6В экологической типизации берегов (см. табл. 6.1.1). Их общая протяженность около 1298 км, что составляет 9,3% общей длины береговой линии российского сектора Баренцева моря.

Берега рассмотренного типа представляют большой интерес для исследования литодинамических условий отдельных береговых районов и, как и в других арктических морях, могут служить важным источником данных для палеогеографических реконструкций развития береговой зоны в голоцене и колебаний относительного уровня моря.

Дельта реки Печора. Спутниковый снимок в натуральной цветопередаче, полученный съемочной системой Landsat-8/OLI, от 23.07.2020. Данные получены из U.S. Geological Survey

47
Лист 3А

Рис. 6.2.25 Осушка на берегах Хайпудырской губы

Аккумулятивные отмелые, лагунно-бухтовые и дельтовые берега

Аккумулятивные отмелые, лагунно-бухтовые и дельтовые берега (включая лайды) имеют наиболее широкое распространение в мелководных заливах и проливах южной и юго-восточной части Баренцева моря, защищенных от действия волн открытого моря. Обширные пространства неволновой аккумуляции выделяются в береговой зоне замкнутых и полузамкнутых заливов — Чёшской, Колоколковой, Паханческой, Варандейской, Перевозной и Хайпудырской губах, отчлененных от моря барами бух. Песчаной, губы Горностальей и др. и в волновой тени островов и полуостровов. Крупнейшей в регионе областью аккумуляции терригенного материала является Печорская губа и прилегающие районы, питаемые твердым стоком р. Печоры. В соответствии с различиями в строении верхней части береговой зоны аккумулятивных берегов Баренцева моря выделены три наиболее распространенных подтипа: берега с широкими регулярными осушками (ваттами) и мелководьями, низкие берега с обширными периодически затапливаемыми поверхностями лайд (маршей) и устьевые берега с дельтовыми аккумулятивными формами.

Отмелые и лагунно-бухтовые берега. Ведущими факторами развития отмелых и лагунно-бухтовых берегов являются периодические и непериодические колебания уровня моря, вызываемые приливно-отливными и нагонными явлениями различной амплитуды и обусловливающие формирование специфического комплекса форм рельефа.

48
Лист 3А

Непрерывное изменение уровня предопределяет смещение области наиболее интенсивного воздействия волн, и как следствие такого постоянного смещения происходит распределение волновой энергии на гораздо более широкую поверхность склона, что снижает уровень волнового воздействия на единицу длины берега [14]. По этой причине на таких берегах практически отсутствуют широкие пляжи полного профиля и штормовые валы, характерные для выровненных аккумулятивных берегов, а подводный береговой склон отличается исключительной отмелостью (уклоны 0,001–0,0002). В немалой степени этому способствует общая извилистая конфигурация берега, изобилующая отмелями, мысами и вогнутостями, обусловливающая локализацию и развитие седиментационных процессов. Отдельные участки отмелы настолько, что линия берега не фиксируется сколько-нибудь четко и прослеживается только при наличии галофитовой растительности, подчеркивающей переход от морского к земноводному гидрологическому режиму.

Поскольку амплитуда приливов меняется в течение месяца и года, разные участки осушки в зависимости от их высоты над уровнем сизигийного отлива развиваются в различных гидрологических условиях. Наиболее постоянный земноводный режим свойственен зоне квадратурных вод (водообеспеченность до 70–80%), которую и принято именовать собственно осушкой или «ваттом» [19]. Ширина этой зоны может достигать 1,0–2,0 км и более, как это имеет место в Чёшской губе и у м. Лайденного [16], но обычно не превышает первых десятков или сотен метров (рис. 6.2.25).

49
Лист 3А
50
Лист 3А

Рис. 6.2.26 Лагунно-бухтовые берега Хайпудырской губы

Аккумулятивная приливная осушка представляет собой не только пологонаклонную поверхность в верхней части береговой зоны, подвергающуюся попеременному затоплению и осушению во время приливов и при сгонно-нагонных явлениях, но и является результатом седиментационных процессов на ее поверхности. Отложениям осушек нередко присуща горизонтальная ритмическая микрослоистость, обусловленная периодичностью колебаний уровня и ритмичностью поступления наносов с речным стоком и в результате разрушения берегов сильными штормами, сохраняющаяся благодаря очень низкому уровню волновой активности. Выровненный рельеф осушек бывает осложнен знаками ряби и своеобразным эрозионным расчленением, которое формируют потоки пресных и приливно-отливных вод.

Основными условиями формирования осушек являются крайне малые уклоны дна в береговой зоне и наличие источников тонкого песчаного и алеврито-пелитового материала. Кроме этого, необходим специфический гидродинамический режим береговой зоны, при котором наряду с колебаниями уровня возникает положительная асимметрия скоростей и их длительности в различные фазы прилива и нагона, обеспечивающая преобладание наносодвижущей способности прилива над наносодвижущей способностью отлива [14] в условиях ослабленного воздействия волнения. Ведь в отличие от ветровых волн во время экстремальных фазовых точек прилива наблюдаются минимальные значения скоростей, а максимальные приурочены к некоторым средним значениям уровня. Это ведет к инверсионному распределению наносов по крупности на подводном склоне и осушках, в результате которого вблизи берега накапливается относительно тонкозернистый материал, а в сторону моря состав наносов укрупняется. Подобные условия выполняются не только на мелководьях юго-восточной части Баренцева моря, но и в вершинах полузамкнутых заливов в областях, прилегающих к фронтам ледников на о. Северный арх. Новая Земля. Детальный анализ спутниковых снимков высокого разрешения показал, что в этих труднодоступных и относительно малоизученных областях в результате сокращения площади ледниковых покровов и активизации комплекса термоденудационных процессов на прибрежных равнинах, сложенных преимущественно ледниковыми (моренными) и водно-ледниковыми отложениями, формируются мелководья с обширными осушками. Этому способствует интенсивное разрушение флювиогляциальных равнин перед фронтом ледника вследствие активной деградации погребенных под отложениями мертвых льдов, спуска подпрудных озер-лагун, термоабразионной переработки краевых и конечных морен и термоэрозионной деятельности потоков талых ледниковых вод. Поступающий в береговую зону обломочный материал формирует обширные конусы выноса и впоследствии перераспределяется гидрогенными процессами в соответствии с гидравлической крупностью частиц, образуя осушки значительной ширины (нужен фрагмент спутникового изображения с географической привязкой места).

Выше по профилю аккумулятивные образования затопляются только во время сизигийных приливов и штормовых нагонов редкой повторяемости, они заняты приморской луговой растительностью и традиционно именуются маршами (поморское название — «лайды») (подробнее см. 3.7). Растительные ассоциации состоят из видов, стойких к временному засолению и изменению условий увлажнения, и играют заметную роль в поглощении энергии волнения и преобразовании рельефа [14]. Пологая (уклоны не более 1–2 град), заболоченная

и заторфованная поверхность лайды зачастую имеет несколько высотных уровней (с отметками до 2,5–3,0 м), соответствующих нагонам низкой и высокой обеспеченности, а ее ширина достигает 1–3 км и более (рис. 6.2.26). Плавник, распространенный на поверхности, маркирует максимальные уровни современного затопления. Гидросеть представлена небольшими озерами, которые соединены между собой небольшими протоками (называемыми висками) с невыработанным продольным профилем и узкими (ширина русла 0,2–1,5 м) каналами с глубиной вреза, не превышающей 0,5–1,0 м. Сеть каналов, формирующихся под воздействием нагонов и приливов, как правило, весьма сложна и имеет несколько выходов в акваторию [39, 59]. Наиболее крупные каналы (протоки Песяков Шар, Варандейский Шар и др.) разделяют поверхность низкой террасы на отдельные части, образуя о-ва Песяков, Варандей и др.

При среднем относительном уровне моря на поверхности лайды идет торфо- и сапропеленакопление, и развитие этой зоны протекает при существенной роли криогенных процессов, которые более активно развиваются на высоких уровнях лайды и представлены морозобойным растрескиванием, пучением и термоэрозией. При штормовых нагонах и затоплении поверхности лайды ситуация кардинально меняется, происходит интенсивное поступление терригенных осадков и осаждение взвеси, формируются вязкие, труднопроходимые топи, а стоковые течения способствуют эрозионному расчленению, интенсивность которого резко возрастает на участках техногенной трансформации рельефа [56]. Аккумуляция тонкого алевритово-пелитового материала наиболее характерна для низких уровней лайды (до отметок 0,5 м выше среднего уровня моря) и усиливается благодаря галофитовой растительности, однако средняя скорость осадконакопления, по всей видимости, не превышает нескольких миллиметров в год. В разрезе алеврито-пелитовые осадки переслаиваются с торфом и растительным детритом. Иногда преобладает торф, иногда — хорошо сортированный отмытый песок. На поверхности лайды формируется дернина, которая на более высоких участках состоит из сросшихся корневищ осок и злаков, а на низких, только что вышедших из-под уровня периодического затопления, практически отсутствует. На отдельных участках лайды, как и выровненные аккумулятивные пляжевые берега, подвержены размыву [42].

Участки современной лайды приурочены к берегам Паханческой, Колоколковой, Перевозной, Варандейской, Печорской, Болванской, Хайпудырской губ, Поморскому проливу, низким берегам рек (Песчанка и др.) и проток (Песяков Шар, Варандейский Шар и др).

Общая протяженность берегов с регулярными осушками и мелководьями составляет 479 км, или около 3,4% береговой линии моря. Протяженность берегов с обширными пространствами лайд (маршей) порядка 443 км, или 3,2% соответственно. Берега этих типов соответствуют индексам 9А и 10А экологической типизации берегов.

Дельтовые берега. Поступление аллювиальных наносов в береговую зону юго-восточной части Баренцева моря играет важную геоморфологическую роль на протяжении всей истории развития этого региона, подтверждением чему является довольно широкое распространение аллювиально-морских и аллювиальных равнин [59]. Многие крупные аккумулятивные формы сложены в значительной степени материалом первично-аллювиального происхождения, впоследствии переработанного волнением.

Особенности геоморфологического строения и черты современного развития берегов с аллювиальным притоком материала определяются соотношением объемов и составом поступающих наносов, энергией и направлением действия ведущих гидрогенных процессов приустьевых областей — волнений, приливов и сгонно-нагонных явлений [14]. Их развитие протекает в условиях сложного взаимодействия с флювиальными процессами. Исходные геоморфологические условия также играют важную роль и предопределяют общую направленность береговых процессов, обусловливают возможности потерь или сохранения в береговой зоне значительной части наносов, а следовательно, определяют развитие берега в направлении выдвижения или отступания, построение дельт различного типа и формирование эстуариев. Кроме этого, на развитие дельтовых берегов большое влияние оказывают колебания относительного уровня моря (в результате климатических и тектонических причин), распределение твердого и жидкого стока реки по рукавам, конфигурация приемного водоема, ледовые условия и др.

Дельтовые аккумулятивные береговые формы выделяются на внешнем краю дельт наиболее крупных рек региона. Они образованы в основном за счет аллювиального материала, осаждение которого происходит в результате затухания и резкого замедления течения на участке взморья перед устьем реки, нередко бывают рассечены более или менее разветвленной сетью рукавов и проток. В соответствии с этим устьевые области рек включают не только дельты, где определяющим

51
Лист 3А

52
Лист 3А

Рис. 6.2.27 Дельтовые берега Печорской губы

является гидрологический режим самого водотока, но и устьевое взморье с преобладанием влияния морских факторов. Подводная часть дельтового накопления наносов (авандельта), формирующаяся на предустьевом взморье при взаимодействии течения реки, морского волнения и приливно-отливных явлений, отличается наиболее высокими скоростями седиментации и является своеобразной платформой для наращивания субаэральной части дельты. Большой объем твердого стока обеспечивает защиту берегов от абразии и создает предпосылки для наращивания аккумулятивных форм рельефа. Малые реки с небольшим стоком наносов при наличии достаточно развитого вдольберегового перемещения не оказывают существенного влияния на морфологию берега.

Можно выделить пять типов устьевых областей рек, впадающих в Баренцево море [70]: 1) дельты выдвижения, 2) дельты выполнения, 3) устья эстуарного типа, 4) устья рек, впадающих в лагуны, 5) прямое впадение рек. Учитывая региональный масштаб исследования и необходимость генерализации данных, устьевые области всех типов отнесены нами к участкам преимущественной аккумуляции, что не всегда соответствует действительности. Например, аккумулятивные процессы имеют ограниченное распространение на приглубых участках, для которых типично прямое впадение рек и в эстуариях — воронкообразных суживающихся к вершине заливов, образовавшихся в результате подтопления низовьев речной долины и преобразованных воздействием волнового, речного и приливного факторов [19]. Наряду с аккумулятивными процессами, в эстуариях может происходить и размыв береговых уступов [14].

Крупнейшей в баренцевоморском регионе и уникальной во многих отношениях является обширная устьевая область р. Печоры, которая относится к эстуарно-дельтовому типу [71] приливного устья с многорукавной дельтой выполнения и закрытым устьевым взморьем. Эта область включает устьевой участок реки от впадения р. Сулы (в 190 м от устьевого створа) до морского края дельты (шириной около 45 км) и устьевое взморье — Печорскую губу. Морской границей устьевой области р. Печоры является линия, проходящая через п-ов Русский Заворот, цепь о-вов Гуляевские Кошки и о. Песяков. Устьевой участок включает дельту р. Печоры, вершина которой находится на месте разветвления главных рукавов — Большой Печоры и Малой Печоры — в 120 км от морского края дельты. Влияние приливов и сгонно-нагонных колебаний уровня распространяется вверх по реке на расстояние до 160 км (в летнюю межень и в зимний период). Дельта занимает порядка 2900 км^2, причем на долю суши в межень приходится около 70% ее площади. Низменные острова дельты имеют плоский рельеф с большим числом пресноводных озер, разнообразных по глубине, площади и степени зарастания водного зеркала, растительный покров состоит из разнотравья с кустарниками ив. Площадь устьевого взморья, занимающего одноименный мелководный залив (Печорскую губу), составляет около 6400 км^2, а объем его вод около 35 км^3. Длина устьевого взморья около 80 км, ширина вдоль морской границы — 110 км (включая о-ва Гуляевские Кошки) [39, 72]. Помимо важного транспортного и рыбохозяйственного значения, устьевая область р. Печоры становится объектом интенсивного промышленного освоения, связанного с открытием газовых и нефтяных месторождений.

Морфодинамическая роль волнения в Печорской губе существенно уступает действию чисто речных факторов и нагонов. Это обусловлено полузамкнутым характером акватории и ее мелководностью. Неоднородность аккумуляции вдоль отдельных проток дельты проявляется на фоне сгонно-нагонных и приливных колебаний уровня и придает берегу сложное расчленение (рис. 6.2.27). Значительная часть песков оседает в дельте и авандельте, вызывая интенсивный рост островов и песчаных осушек и значительную изменчивость и заносимость фарватера [73–75]. Так, на первый взгляд стабильные аккумулятивные участки и острова характеризуются высокими скоростями изменения контура береговой линии, достигающими десятков и сотен метров в год. Особенно быстрые изменения очертаний происходят в периоды катастрофических штормовых нагонов, не только моделирующих рельеф дна и берегов внешнего края, но и оказывающих существенное влияние на морфологию островов дельты. Преобладающий в твердом стоке более тонкий материал выносится за пределы губы стоковыми, отливными и сгонными течениями, лишь частично осаждаясь в кутовых частях заливов и зонах разгрузки потоков наносов. В связи с тем что вынос основного количества взвеси происходит в период, когда припай еще не полностью сошел, припайные льды активно участвуют в ее переносе [70]. Сходные (но менее масштабные) процессы характерны и для устьев более мелких рек, впадающих в мелководные заливы Баренцева моря.

Таким образом, береговые аккумулятивные формы в приустьевых областях и дельтах рек имеют сравнительно большое распространение на берегах Баренцева моря. Несмотря на формирование обширных осушек, отмелей и островных баров, береговая линия этих районов нередко имеет сложный изрезанный контур, а морфология берегов отличается разнообразием. Наиболее высокая динамика изменения контура береговой линии и частая смена (на коротких отрезках) характера береговых процессов отмечается на внешнем мористом крае дельт крупных и средних рек, подверженному воздействию множества морфолитодинамических факторов.

Общая протяженность дельтовых берегов, по нашей оценке, 649 км, что составляет почти 4,7% береговой линии рассматриваемой части Баренцева моря. Берега этого типа являются наиболее чувствительными к нефтяному загрязнению и соответствуют индексу 10E экологической типизации берегов.

Птичьи базары в бухте Тихая, остров Гукера, архипелаг Земля Франца-Иосифа

6.3. Оценка экологической чувствительности российских берегов Баренцева моря

Риски опасных экологических воздействий при освоении месторождений арктического шельфа существенно снижаются благодаря применению передовых технологий разработки месторождений, созданных на основе международного опыта работы в арктических условиях. Мероприятия по снижению и предотвращению экологических последствий обеспечивают необходимый и достаточный уровень экологической безопасности при круглогодичной эксплуатации. Тем не менее разработка месторождений на шельфе и в прибрежной зоне остается технически сложной и потенциально опасной работой, сопряженной с рисками не только техногенного, но и природного характера. В немалой степени этому способствует широкое развитие опасных природных процессов и явлений [41, 51].

Наряду с буровыми платформами, потенциальными источниками нефтяного загрязнения, в Баренцевом море остаются существующие промышленные районы — Варандейский нефтеналивной береговой терминал (резервуарный парк, подводные нефтепроводы и пр.), связанный с шельфовой ледостойкой платформой «Приразломная» (расположена в 60 км от берега), Мурманский транспортный узел, порт Нарьян-Мара, а также перспективные объекты добычной и транспортной инфраструктуры, грузовое и военное судоходство и др.

Имеющийся опыт разведки и промышленного освоения нефтегазовых месторождений юго-восточной части Баренцева моря и дельты р. Печоры подтверждают особое значение природоохранных мероприятий. Соблюдение норм экологической и промышленной безопасности, выявление и предупреждение экологических рисков являются неотъемлемой частью любого проекта ПАО «НК «Роснефть» в области разведки и добычи и служат основой для целого ряда научных и прикладных исследований в этом стратегически важном, но пока еще недостаточно изученном регионе Российской Арктики.

Оценки воздействия на окружающую среду морских систем добычи и вывоза нефти с месторождений арктического континентального шельфа показывают, что наиболее тяжелые экологические последствия будут возникать при аварийных разливах нефтепродуктов, достигающих береговой зоны. С момента возникновения аварии и контакта нефти и нефтепродуктов с морской водой и грунтами прибрежной зоны развивается сложная картина их взаимодействия, сценарии и результаты которой определяются как составом и свойствами самой нефти, так и природными условиями [76]. Главными ее чертами являются динамизм и сложное сочетание физических, химических и биологических процессов рассеивания и трансформации компонентов нефти вплоть до их полного исчезновения [77–79]. В морской среде нефть подвергается воздействию процессов физического переноса, растворения, эмульгирования, окисления, деструкции, микробного разложения, агрегирования, седиментации и постепенно теряет свои первоначальные свойства, разделяется на группы углеводородов и фракции, состав и химическая структура которых радикально трансформируются, а содержание падает в результате испарения, рассеивания и распада вплоть до исчезновения. Это так называемое естественное самоочищение природной среды неизбежно происходит в морской экосистеме и не имеет катастрофических последствий, если, конечно, токсическая нагрузка не превысила допустимые пределы.

На берегах загрязнение дисперсных грунтов нефтью и нефтепродуктами имеет гораздо большую опасность с эколого-геологической точки зрения [80] и состоит в нарушении динамического равновесия в сложившихся экосистемах из-за изменения всего комплекса морфологических, физических, физико-химических и биологических свойств грунтов, определяющих экологические функции литосферы в пределах загрязненного участка. При этом период естественного самоочищения на берегах арктических морей может быть заметно увеличен вследствие суровых гидрометеорологических условий (низкие температуры воды и воздуха, консервация прибрежного мелководья и акватории морскими льдами, продолжительное отсутствие солнечной радиации и пр.), в результате захоронения нефти в крупнообломочных отложениях с высокой проницательной способностью или в случае перекрытия загрязнения осадками в областях интенсивного разрушения берегов, а также их аккумуляции на участках с низкой гидродинамической активностью среды, лайдах и пр. Сложное и неоднородное строение береговой зоны в сочетании с разнообразными криолитологически-

Табл. 6.3.1 Сводная типизация морфодинамических и экологических (ESI) типов берегов Баренцева моря

	Морфодинамическая типизация		Экологическая типизация		Протяженность, км
	Типы берегов	Характерные элементы рельефа волноприбойной зоны	Типы берегов	Индекс ESI	
Берега, выработанные в коренных (литифицированных) породах					
1.	Абразионные	клиф, бенч	Открытые скалистые	1A	720
2.		береговой уступ с валунно-глыбовой отмосткой	Открытые скалистые уступы с валунно-глыбовой отмосткой (основанием)	1C	1840
3.	Абразионно-денудационные	береговой уступ (в заливах и проливах), валунно-глыбовая отмостка	Защищенные скалистые уступы и крупнообломочные берега	8D	2945
Берега, выработанные в ледниках					
4.	Термоденудационные ледяные (образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками)	ледяной уступ (стена, барьер)	Открытые ледяные уступы	1D	1977
Берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями (включая многолетнемерзлые породы)					
5.	Абразионные, термоабразионные и абразионно-термоденудационные	береговой уступ с прислоненным песчано-галечным пляжем/ глинистым бенчем	Открытые уступы в песчано-глинистых отложениях	3B	1410
6.		береговой уступ с прислоненным песчаным пляжем/глинистым бенчем (в заливах и проливах)	Защищенные уступы в песчано-глинистых отложениях	8A	2175
7.	Аккумулятивные выровненные (включая примкнувшие, свободные окаймляющие формы — бары, косы и др.)	песчаный пляж	Пляжи, сложенные разнозернистым песком	4	625
8.		песчано-галечный пляж (смешанный состав отложений)	Пляжи, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями	5	518
9.		галечный и/или валунно-глыбовый пляж	Галечные и валунно-глыбовые пляжи	6B	155
10.	Аккумулятивные отмелые, лагунно-бухтовые и дельтовые (в заливах, лагунах и пр.)	регулярные осушки (ватты) и мелководья	Защищенные песчано-илистые приливные и ветровые осушки (отмели, мелководья)	9A	479
11.		лайды (марши)	Соленые и солоноватые марши (лайды)	10A	443
12.		дельтовые (устьевые) аккумулятивные формы	Затапливаемые низменные тундры	10E	649

ми и гидродинамическими условиями различных районов Баренцева моря определяют необходимость оценки их экологической чувствительности к разливам нефти и нефтепродуктов.

Учитывая опыт аналогичных работ по оценке экологической чувствительности берегов морей Карского, Лаптевых, Черного и Азовского [7–9], для анализа берегов Баренцева моря был применен эколого-геоморфологический подход, основные принципы которого представлены в разделе 6.1 и литературе [10, 11]. Типы сценариев разлива, модели распространения (дрейфа, растекания и пр.), возможные способы ликвидации загрязнения и варианты физико-химического и механического взаимодействия нефтепродуктов с осадками на арктических побережьях были приняты в соответствии с руководством [81] и монографией [82].

В качестве источников информации о берегах использовались литературные, картографические и дистанционные данные, материалы полевых ис-

следований, фото- и видеоматериалы. Комплексный анализ спутниковых снимков, геологических и геоморфологических карт и схем, информации из открытых электронных ресурсов, позволил выполнить оценку берегов по эколого-геоморфологическому принципу в масштабе 1:500 000 — 1:1 800 000. Выбранный масштаб исследования и большое разнообразие генетических и морфодинамических типов берегов не позволили полностью исключить некоторые обобщения, но все они были выполнены с учетом особенностей геоморфологического строения берега и в соответствии с рекомендованными принципами предосторожности в пользу природного объекта.

Чувствительность берегов определялась на основе экспертной оценки основных критериев ранжирования согласно международной методике и включала анализ гидродинамических, геологических, геокриологических и геоморфологических условий каждого выделенного сегмента берега. Учитывались особенности взаимодействия нефти с различным субстратом, установленные экспериментальным путем, возможность естественного захоронения нефти и перемещения грунта, предполагаемые способы устранения загрязнения [78, 81, 83]. При этом в расчет не принимались природоохранный статус того или иного берега, биологическое разнообразие и удаленность от основных объектов инфраструктуры.

В качестве основы экологической типизации на начальном этапе использовалось геоморфологическое районирование береговой зоны. В соответствии с международной методикой [4, 5] для системы индексов ESI учитывалась открытость побережья волнению и литология пород, слагающих береговую зону. Детальный анализ проводился в рамках отдельных литодинамических систем или отрезков берега, обладающих схожими показателями морфологии, литологии и динамики. Используя сочетание рассмотренных факторов, каждому участку присваивался индекс чувствительности к нефтяному загрязнению в соответствии с системой индексов ESI.

Всего на побережье Баренцева морей выделено 12 типов берегов с различным уровнем экологической чувствительности (табл. 6.3.1). С целью адаптации оригинальных названий международной системы индексов к региональным условиям при разработке легенды в названия отдельных экологических типов берегов были внесены изменения, которые можно считать минимальными. Градация крупности пляжевых отложений соответствует системе индексов ESI (см. табл. 6.1.1).

Ниже дана краткая характеристика экологических типов берегов с различной чувствительностью. Описание дополнено иллюстрациями характерных участков берегов и схемами их распространения в рассматриваемом регионе. Протяженность берегов с различной экологической чувствительностью на побережьях Баренцева моря различна (легенда к карте на с. 399). Наиболее чувствительными к нефтяному загрязнению являются аккумулятивные лагунно-бухтовые и дельтовые берега с обширными осушками, мелководьями и лайдами (индекс 9A, 10A и 10E). Благодаря высокой изрезанности береговой линии отдельных районов, множеству мелких и крупных дельтовых островов и полуостровов общая протяженность самых чувствительных берегов с индексом 10A и 10E составила 1092 км, или около 7,9% общей длины рассматриваемой береговой линии. Участки с широким развитием осушек и мелководий (индекс 9A) занимают порядка 479 км, или 3,4% протяженности береговой линии.

Наименее чувствительные к нефтяному загрязнению открытые морскому волнению абразионные и абразионно-денудационные берега с клифами, бенчами и валунно-глыбовыми отмостками у основания береговых уступов (индексы 1A и 1C), выработанных в коренных породах, занимают в общей сложности около 2560 км, или порядка 18,4% протяженности береговой линии.

Наибольшую протяженность на побережьях Баренцева моря имеют защищенные абразионно-денудационные берега заливов и проливов, выработанные в коренных породах и характеризующиеся наличием скалистых уступов и крупнообломочных отложений в волноприбойной зоне (индекс 8D). Протяженность берегов данного типа 2945 км, что составляет 21,1% береговой линии.

Немногим меньшую протяженность имеют защищенные термоденудационные и абразионно-термоденудационные берега с уступами, выработанными в песчано-глинистых отложениях (индекс 8A). Их общая протяженность составляет 2175 км, или 15,6% исследованной береговой линии. Открытые абразионные и термоабразионные берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями (индекс 3B), имеют протяженность 1410 км, что составляет 10,1% общей протяженности. Аккумулятивные выровненные берега (индексы 4, 5 и 6B) занимают в общей сложности 1298 км, или 9,3% протяженности береговой линии.

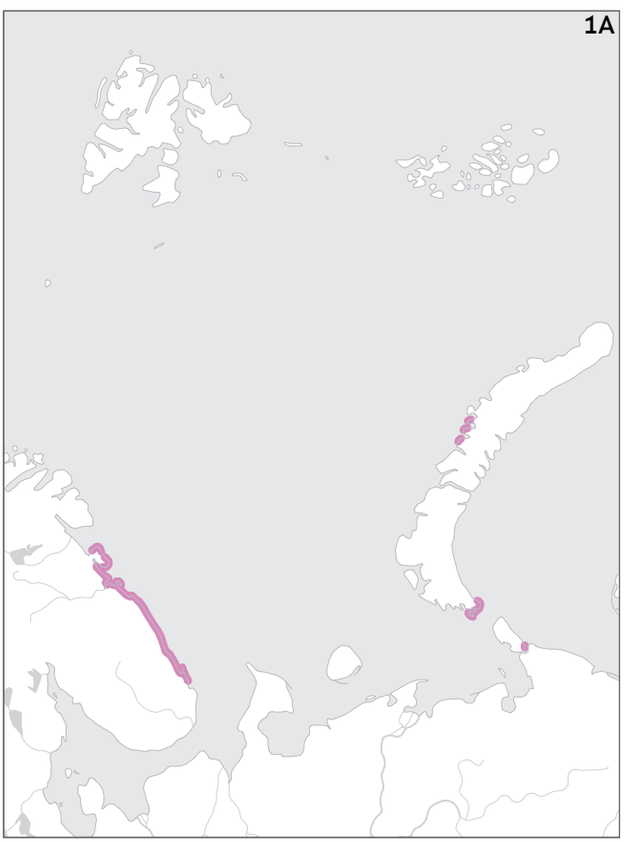
Специфические термоденудационные ледяные берега, образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками, также имеют весьма широкое распространение. Это обусловлено высокой изрезанностью берегового контура островов арктических архипелагов, являющихся областью современного оледенения. Их общая протяженность 1977 км, или 14,2% протяженности береговой линии. Берега этого типа имеют низкую экологическую чувствительность — индекс 1D.

1А Открытые скалистые уступы

54
Лист 1Б
55
Лист 4Б

Рис. 6.3.1 Открытые скалистые уступы: 1 — Кольский полуостров; 2 — архипелаг Новая Земля

Открытые скалистые абразионные берега, выработанные в коренных (литифицированных) породах (рис. 6.3.1), характеризуются наименьшей экологической чувствительностью к разливам нефти. Это обусловлено практически непроницаемым для нефтяного загрязнения характером структурных и текстурных особенностей коренных пород и их высокой прочностью по отношению к воздействию волнения и других рельефообразующих факторов. Кроме того, эти берега отличаются значительными уклонами подводного склона и почти полным отсутствием пляжевых накоплений в приурезовой зоне, что обеспечивает непосредственное воздействие волнения на клифы и бенчи. В таких условиях нефть практически не накапливается на берегу или имеет крайне непродолжительный период сохранности. Регулярное воздействие высоких волн и течений будет способствовать быстрой очистке поверхности скал и естественному восстановлению экосистемы. Очистка обычно не требуется и не рекомендуется.



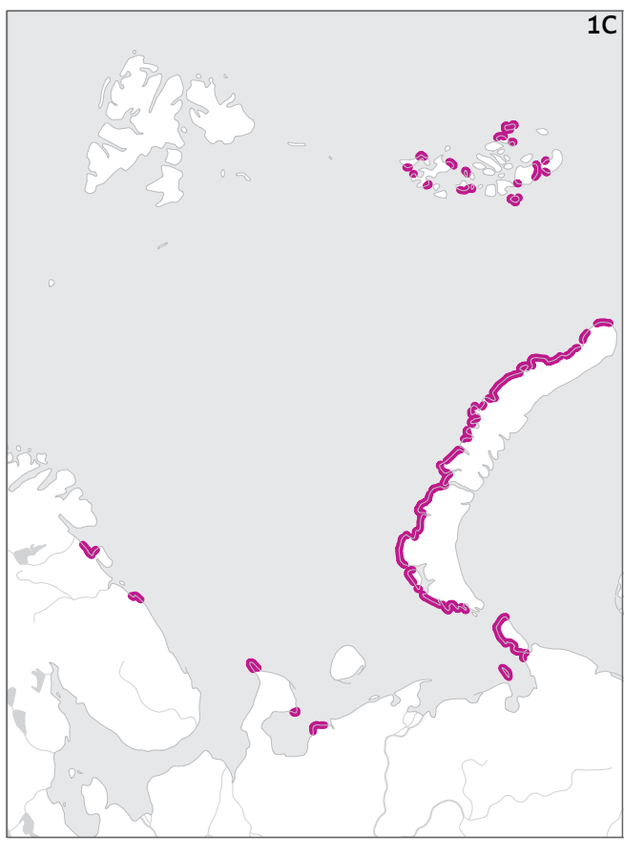
1С Открытые скалистые уступы с валунно-глыбовой отмосткой (основанием)

56 Лист 1Б

57 Лист 1Б

Рис. 6.3.2 Открытые скалистые уступы с валунно-глыбовой отмосткой, Кольский полуостров

На открытых абразионных берегах с валунно-глыбовой отмосткой в основании уступа, выработанного в коренных (литифицированных) породах (рис. 6.3.2), существует вероятность проникновения нефтяного загрязнения в пространства между крупнообломочным материалом. Волны способны вымывать загрязнение почти так же интенсивно, как на отрытых скалистых берегах, однако период сохранности загрязнения будет определяться видом нефтепродуктов и мощностью валунно-глыбового основания. Берега этого типа весьма стабильны и могут быть заселены растительными и животными сообществами. Поэтому при небольших количествах загрязнения естественное восстановление остается предпочтительным.

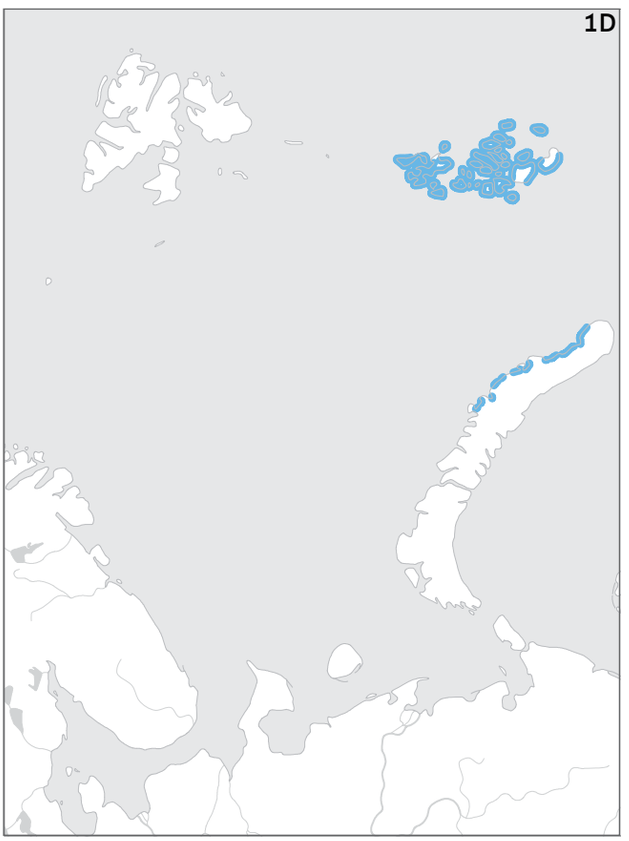


1D Открытые ледяные уступы

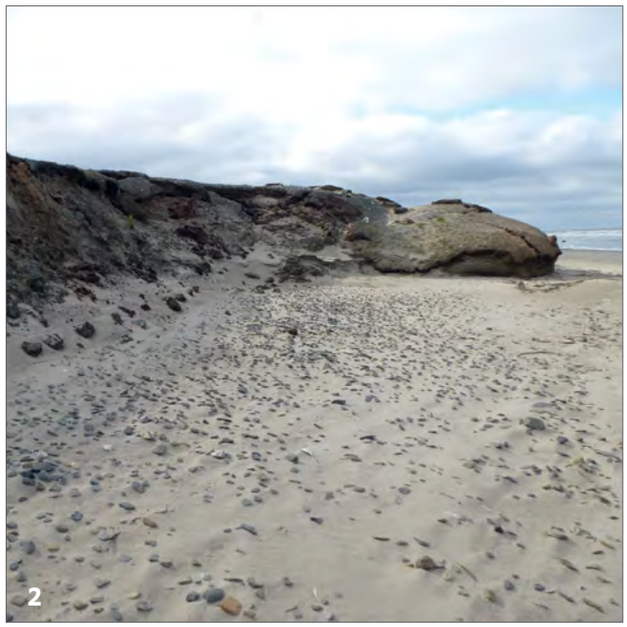
58
Лист 6Б
59
Лист 6Б

Рис. 6.3.3 Открытый ледяной уступ, архипелаг Земля Франца-Иосифа

Открытые ледяные берега (рис. 6.3.3) в экологическом отношении относятся к одним из наименее чувствительных к разливам нефти. Ледяные уступы отличаются сравнительно высокой динамикой, связанной с таянием льда при практически полной непроницаемости, и возможность сохранения нефти на берегах этого типа может возникать лишь при определенных погодных условиях — при чередовании заморозков и оттепелей. Отсутствие растительных и животных сообществ, сложность и опасность работы на периодически обрушающихся ледяных уступах позволяют рассматривать естественное восстановление в качестве наиболее рационального варианта борьбы с загрязнением.



3В Открытые уступы размыва и крутые склоны в песчано-глинистых отложениях



60
Лист 2Б
61
Лист 3Б

Рис. 6.3.4 Открытые уступы размыва и крутые склоны в песчано-глинистых отложениях: 1 — остров Колгуев; 2 — остров Варандей

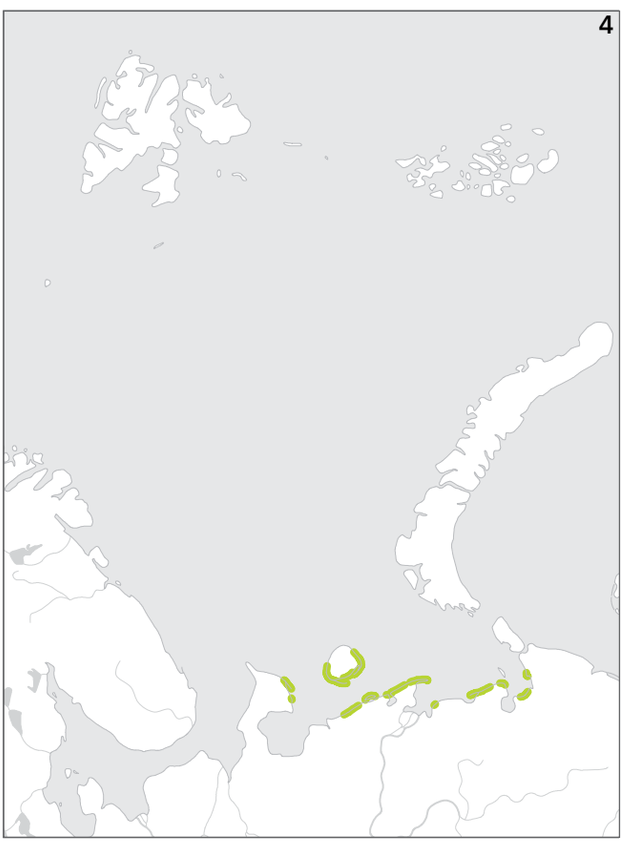
Открытые уступы размыва и крутые склоны в песчано-глинистых отложениях (рис. 6.3.4) характерны для отступающих берегов абразионного, термоабразионного и абразионно-денудационного типа, сложенных рыхлыми (нелитифицированными) отложениями, включая многолетнемерзлые породы. В формировании облика этих берегов заметная роль принадлежит волнению. Наносы волноприбойной зоны характеризуются высокой динамикой в безледный период, что может способствовать захоронению определенных видов нефтяного загрязнения на глубину до 0,5 м и более. Кроме этого, следует отметить крайне низкую устойчивость этих берегов не только к природным, но и к техногенным воздействиям. В зависимости от высоты береговых уступов будет меняться скорость отступания берега (в среднем 1–2 м/год, на участках техногенного влияния до 10–12 м/год), а также объемы материала, поступающего в береговую зону в результате разрушения. Соответственно может изменяться период сохранности загрязнения и сложность очистки различных участков. Метод естественного восстановления на таких берегах рекомендован для небольших разливов и легких нефтепродуктов. В остальных случаях может оказаться полезным смывание с применением вакуумных систем удаления нефти и механическое перемешивание с перемещением породы, а также биовосстановление.

4 Пляжи, сложенные разнозернистым песком

62
Лист 1Б
63
Лист 3Б

Рис. 6.3.5 Пляжи, сложенные разнозернистым песком: 1 — полуостров Средний; 2 — Паханческая губа

Аккумулятивные выровненные берега с пляжами, сложенными разнозернистыми песками (рис. 6.3.5), имеют весьма широкое распространение в юго-восточной части Баренцева моря. Преобладание мелко- и среднезернистых фракций в составе песчаных отложений пляжей блокирует глубокое проникновение нефти. Тем не менее волновая переработка обеспечивает подвижность поверхностного слоя отложений и обусловливает возможность неглубокого захоронения нефтепродуктов. Подстилающие мерзлые породы являются практически непроницаемыми для загрязнения. Биологическая продуктивность на берегах этого типа сравнительно низкая. Метод естественного восстановления может применяться при небольших разливах, легких нефтепродуктах и в удаленных районах. В остальных случаях рекомендуется ликвидация загрязнения механическими способами и смыванием с применением вакуумных систем удаления нефти при условии минимизации техногенного воздействия. Не рекомендуются масштабные изъятия пляжеобразующих песчаных наносов с пляжей и осушек, это способно вызвать дефицит наносов волнового поля и спровоцировать активизацию абразионных и термоабразионных процессов.



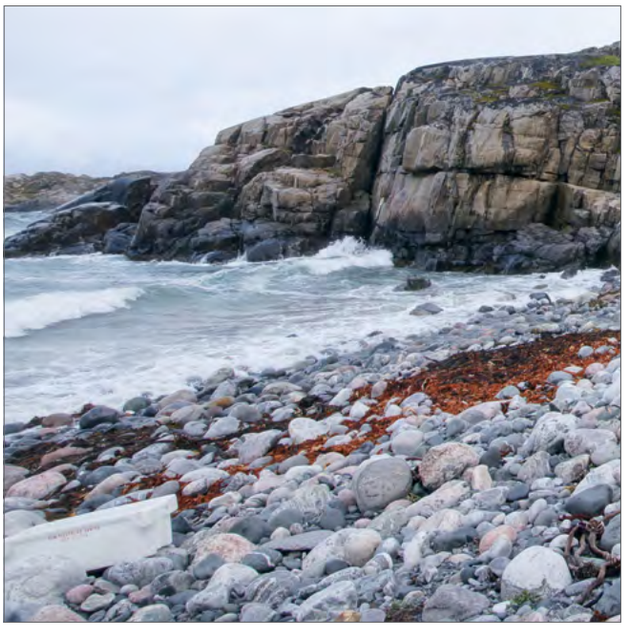
5 Пляжи, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями

64
Лист 1Б
65
Лист 2Б

Рис. 6.3.6 Пляжи, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями: 1 — полуостров Средний; 2 — остров Колгуев

Пляжи, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями (рис. 6.3.6), имеют довольно широкое распространение на выровненных аккумулятивных берегах Баренцева моря. Поверхностный слой отложений неоднородного гранулометрического состава обычно подвижен и нестабилен, пляжи подвержены сезонным и штормовым деформациям. Только немногие животные организмы и растения могут пережить продолжительную переработку отложений волнением, поэтому такие пляжи бедны в биологическом отношении. За счет наличия песка отложения являются проницаемыми только для некоторых видов нефти средней вязкости и легких нефтепродуктов. В зависимости от вида нефти меняется и глубина проникновения загрязнения, которая при прочих равных условиях будет выше, чем на чисто песчаных берегах. Кровля многолетнемерзлых пород будет служить границей проникновения нефтепродуктов, расширяя или сокращая зону потенциального загрязнения от сезона к сезону.

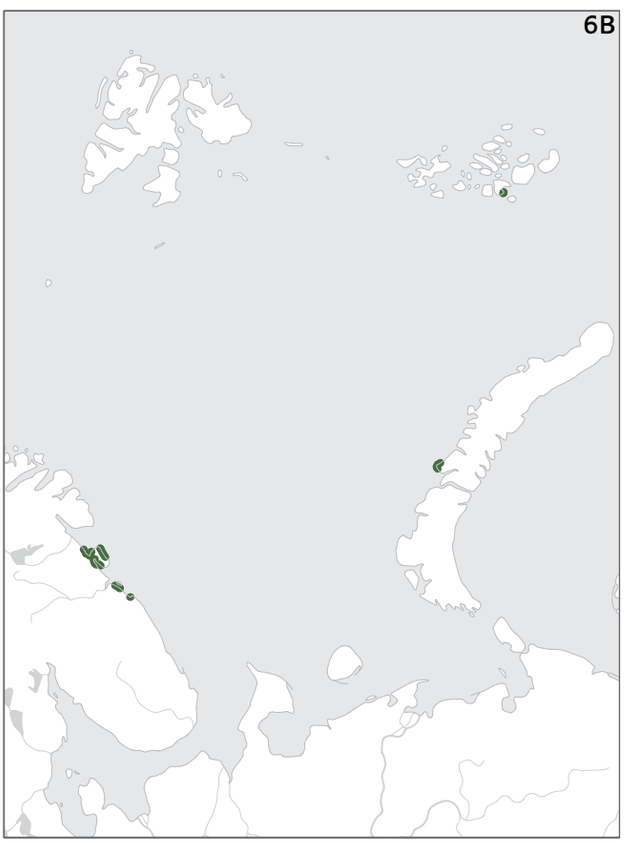
6В Галечные и валунно-глыбовые пляжи



66 Лист 1Б
67 Лист 1Б

Рис. 6.3.7 Галечные и валунно-глыбовые пляжи полуострова Рыбачий

Галечно-валунные и валунно-глыбовые пляжи (рис. 6.3.7) относятся к наиболее чувствительным из всех типов пляжей из-за высокой проницаемости грубообломочных отложений для нефти и нефтепродуктов и потенциала к длительной сохранности загрязнения. Верхний слой галечных пляжей может быть весьма динамичным и является малопригодным для обитания живых организмов и растений. Крупнообломочные отложения подвижны исключительно в периоды сильных штормов редкой повторяемости, что определяет возможность длительной сохранности нефти и нефтепродуктов всех типов в случае ее проникновения в породу. Замещение породы естественным путем на этих берегах происходит крайне медленно, что делает нежелательным удаление загрязненной породы, очистка которой сложна.



8А Защищенные уступы в песчано-глинистых отложениях

68
Лист 3Б
69
Лист 3Б

Рис. 6.3.8 Защищенные уступы в песчано-глинистых отложениях: 1 — Хайпудырская губа; 2 — Паханческая губа

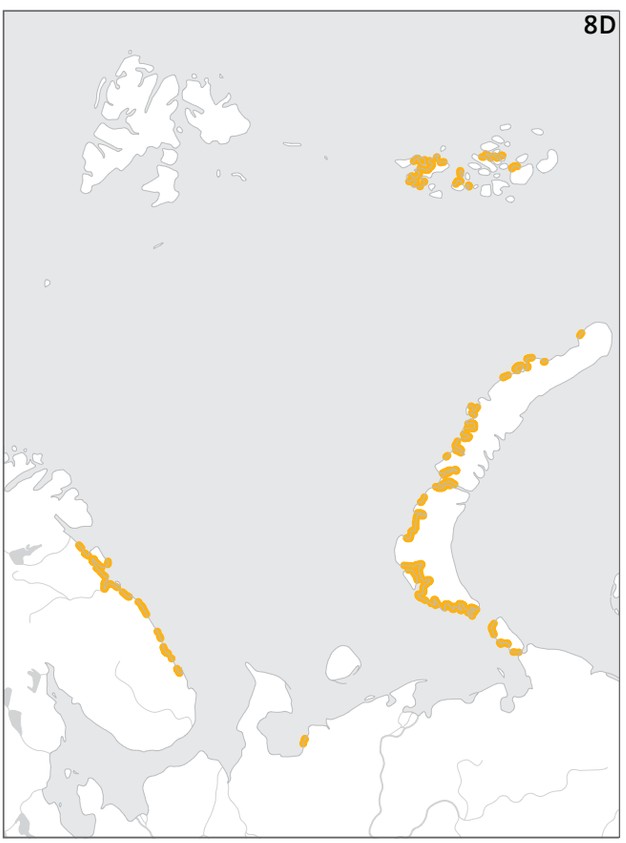
Защищенные уступы в глинистых и песчано-глинистых отложениях (рис. 6.3.8) отличаются от открытых абразионных берегов развитием в условиях сравнительно низкой волновой активности полузамкнутых акваторий (заливов, лагун) и волновой тени островов и полуостровов. Ведущими рельефообразующими процессами на таких берегах являются склоновые и термоденудационные, протекающие при заметном участии приливно-отливных и сгонно-нагонных течений. Характерны небольшие уклоны подводного берегового склона, отсутствие широких пляжей и сравнительно низкая подвижность прибрежных наносов, в составе которых преобладают тонкозернистые пески и алеврито-пелитовые разности. На таких участках могут формироваться весьма продуктивные биологические сообщества. Проникновение нефти и нефтепродуктов ограничено преимущественно глинистым составом отложений приурезовой зоны, однако длительность периода сохранности нефти в затишных гидродинамических условиях выше, чем на открытых волнению берегах. Естественное восстановление не всегда оправданно. Очистка часто затруднена проходимостью тяжелой техники и труднодоступностью мелководных участков с моря.

8D Защищенные скалистые уступы и крупнообломочные берега

70
Лист 1Б
71
Лист 3Б

Рис. 6.3.9 Защищенные скалистые уступы и крупнообломочные берега: 1 — полуостров Рыбачий; 2 — остров Вайгач

Защищенные скалистые уступы и крупнообломочные берега (рис. 6.3.9) характеризуются развитием в условиях сравнительно низкой волновой активности полузамкнутых заливов и губ изрезанного материкового побережья и островов арктических архипелагов. Высота коренных уступов и уклоны подводного склона могут быть различны. Скопления крупнообломочного материала у подножия уступов являются крайне неоднородными по своему составу, малоподвижными и проницаемыми для всех типов нефти и нефтепродуктов. В таких условиях нефть может накапливаться и сохраняться на берегу продолжительное время. При этом берега отличаются высоким биоразнообразием. При небольших разливах легких нефтепродуктов предпочтительным остается метод естественного восстановления. Для средних и крупных разливов естественное восстановление не всегда оправданно, так как длительность периода сохранности нефти и нефтепродуктов в этих условиях существенно выше, чем на волновых берегах.

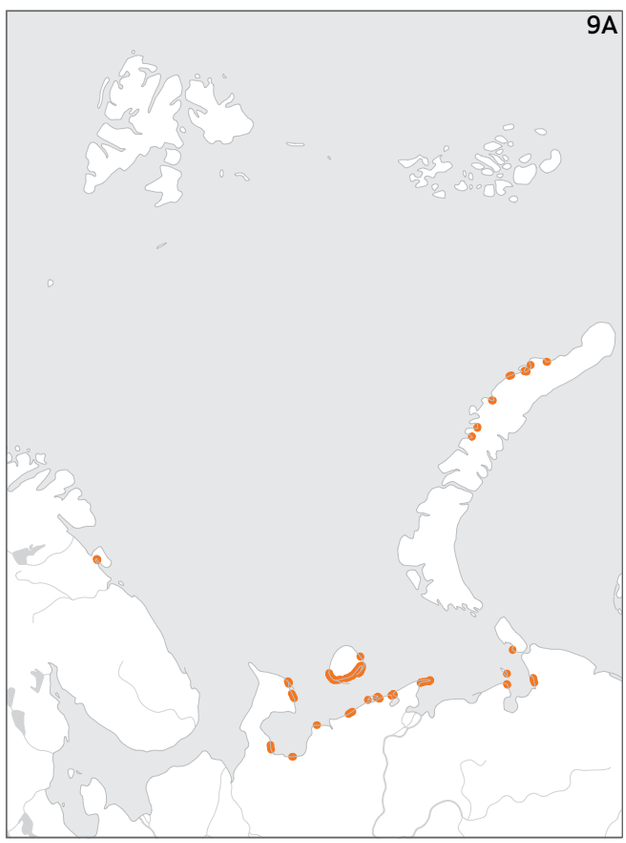


9A Защищенные песчано-илистые приливные и ветровые осушки (отмели, мелководья)

72 Лист 3Б
73 Лист 2Б

Рис. 6.3.10 Защищенные песчано-илистые приливные и ветровые осушки (отмели, мелководья): 1 — остров Песяков; 2 — остров Колгуев

Защищенные приливные отмели и ветровые осушки (рис. 6.3.10) как самостоятельный тип береговой линии можно выделить на низких аккумулятивных неволновых берегах, берегах лагун, при крайне небольших уклонах и значительной ширине верхней осушаемой части подводного склона. Для таких районов характерно высокое биоразнообразие. При главенствующей роли приливно-отливных и сгонно-нагонных течений в составе наносов преобладают тонкозернистые пески и алевритово-пелитовые разности. Это ограничивает проникновение нефти, но может способствовать широкому распространению загрязнения по пологой поверхности осушки в сизигийные приливы и штормовые нагоны. Величина волновой переработки отложений осушек на обширных мелководьях, как правило, меньше, чем глубина сезонного оттаивания. В зимний период льды смерзаются с поверхностью осушки и полностью блокируют берег. На практике лишь немногие технологии эффективны для очистки этих периодически затапливаемых берегов. При этом любое воздействие на эти аккумулятивные поверхности способно причинить больший экологический вред, чем сама нефть. По этой причине при наличии выбора предпочтительно естественное восстановление, особенно для небольших разливов.

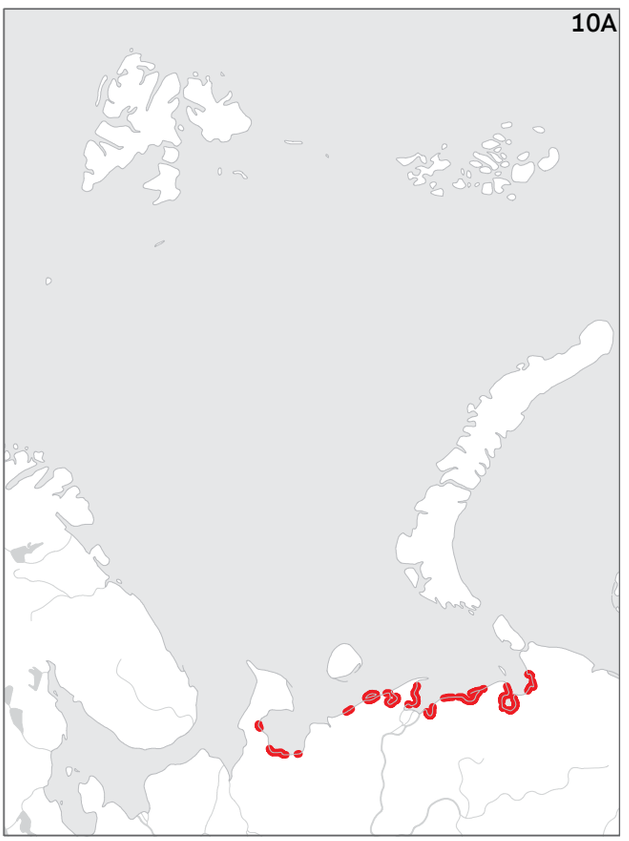


10A Соленые и солоноватые марши (лайды)

74 Лист 3Б
75 Лист 3Б

Рис. 6.3.11 Соленые и солоноватые марши (лайды) Паханческой губы

Соленые и солоноватые марши или лайды (рис. 6.3.11) имеют широкое распространение на отмелых аккумулятивных берегах заливов и лагун юго-восточной части Баренцева моря. Это участки неперiодического затопления морскими водами, представляющие собой субгоризонтальные, нередко заболоченные поверхности неволновой аккумуляции, осложненные специфическим микрорельефом и занятые галофитовой растительностью, выносящей временное засоление и изменение условий увлажнения. Распространение нефти возможно в периоды штормовых нагонов, когда эти поверхности затапливаются морскими водами. Сложный микрорельеф, проницаемость отложений и фактически полное отсутствие волнения способствуют максимальной сохранности нефти и нефтепродуктов. Мелководность лагун и преимущественно илистый состав отложений делают эти берега труднодоступными и крайне уязвимыми к техногенным воздействиям, затрудняя очистку. Поэтому борьба с загрязнением целесообразна только при больших объемах нефти тяжелого и вязкого состава, когда прогнозируемый период восстановления оценивается десятилетиями. Во всех остальных случаях естественное восстановление является приоритетным.

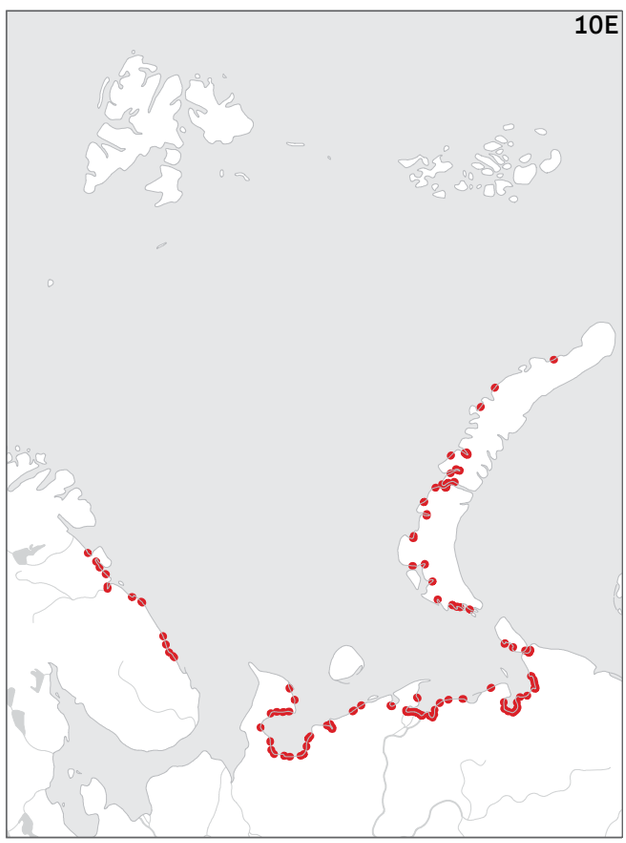


10E Затапливаемые низменные тундры

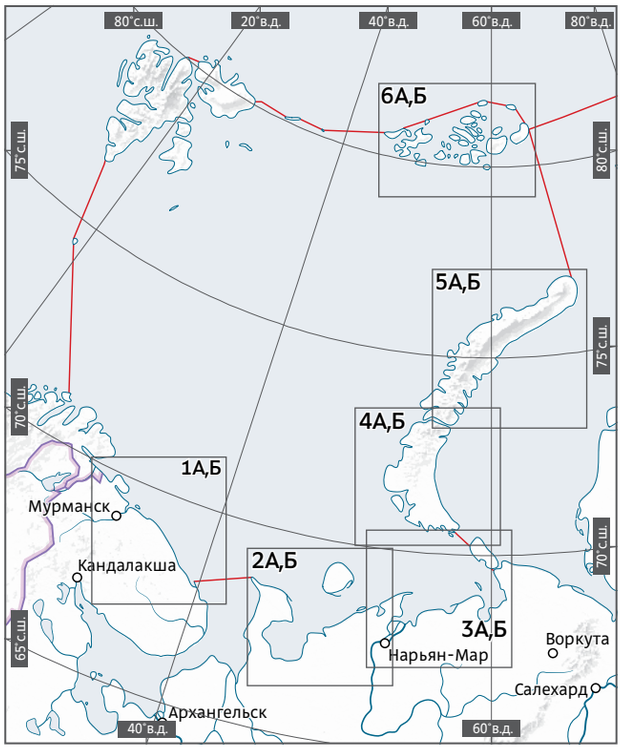
76 Лист 3Б
77 Лист 3Б

Рис. 6.3.12 Затапливаемые низменные тундры в дельте реки Печора

Наиболее чувствительными к разливам нефти являются низменные участки дельтовых берегов и приустьевых областей рек, затапливаемых в периоды штормовых нагонов редкой повторяемости (рис. 6.3.12). Устьевые области рек включают не только дельты, но и устьевое взморье с преобладанием влияния морских факторов. Подводная часть дельтового накопления наносов (авандельта), формирующаяся на предустьевом взморье при взаимодействии течения реки, морского волнения и приливно-отливных явлений, отличается наиболее высокими скоростями седиментации. Для устьевых областей характерна высокая изменчивость гидродинамических условий и состава отложений с высоким содержанием органического вещества. Распространение нефти возможно в периоды штормовых нагонов, сохранности загрязнения будут способствовать сложный микрорельеф, многочисленные рукава, каналы и озера, проницаемость дельтовых отложений и низкий уровень волнового воздействия. Уникальное биоразнообразие, сложность очистки и потенциальное долгосрочное воздействие на экосистему являются основными критериями высокой чувствительности этих участков к разливам нефти.



Галечно-валунные пляжи полуострова Рыбачий



Разграфка карт морфодинамических типов берегов и карт классификации берегов по индексу экологической чувствительности ESI

1A — границы листов карт и их номер

граница космических снимков Landsat-8/OLI

1 — фотографии берегов

Фотографии из раздела 6.2:

1 – стр. 344
2 – стр. 345
3 – стр. 346
4 – стр. 349
5 – стр. 350
6 – стр. 352
7 – стр. 353
8 – стр. 353
9 – стр. 353
10 – стр. 353
11 – стр. 354
12 – стр. 354
13 – стр. 354
14 – стр. 354
15 – стр. 354
16 – стр. 354
17 – стр. 355
18 – стр. 357
19 – стр. 356
20 – стр. 359
21 – стр. 361
22 – стр. 361
23 – стр. 361
24 – стр. 360
25 – стр. 363
26 – стр. 363
27 – стр. 363
28 – стр. 363
29 – стр. 364
30 – стр. 364
31 – стр. 364
32 – стр. 364
33 – стр. 365
34 – стр. 365
35 – стр. 366
36 – стр. 366
37 – стр. 369
38 – стр. 369
39 – стр. 368
40 – стр. 370
41 – стр. 370
42 – стр. 371
43 – стр. 372
44 – стр. 372
45 – стр. 373
46 – стр. 373
47 – стр. 377
48 – стр. 376
49 – стр. 378
50 – стр. 378
51 – стр. 380
52 – стр. 380

Фотографии из раздела 6.3:

53 – стр. 382
54 – стр. 386
55 – стр. 386
56 – стр. 387
57 – стр. 387
58 – стр. 388
59 – стр. 388
60 – стр. 389
61 – стр. 389
62 – стр. 390
63 – стр. 390
64 – стр. 391
65 – стр. 391
66 – стр. 392
67 – стр. 392
68 – стр. 393
69 – стр. 393
70 – стр. 394
71 – стр. 394
72 – стр. 395
73 – стр. 395
74 – стр. 396
75 – стр. 396
76 – стр. 397
77 – стр. 397

Морфодинамические типы берегов

Берега, выработанные в коренных (литифицированных) породах

Абразионные:

1 — клиф, бенч

2 — береговой уступ с валунно-глыбовой отмосткой

Абразионо-денудационные:

3 — береговой уступ (в заливах и проливах), валунно-глыбовая отмостка

Берега, выработанные в ледниках

Термоденудационные ледяные (образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками):

4 — ледяной уступ (стена, барьер)

Берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями (включая многолетнемерзлые породы)

Абразионные, термоабразионные и абразионно-термоденудационные:

5 — береговой уступ с прислоненным песчано-галечным пляжем/глинистым бенчем

6 — береговой уступ с прислоненным песчаным пляжем/глинистым бенчем (в заливах и проливах)

Аккумулятивные выровненные (включая примкнувшие, свободные окаймляющие формы – бары, косы и др.):

7 — песчаный пляж

8 — песчано-галечный пляж (смешанный состав отложений)

9 — галечный и/или валунно-глыбовый пляж

Аккумулятивные отмелые, лагунно-бухтовые и дельтовые (в заливах, лагунах и пр.):

10 — регулярные осушки (ватты) и мелководья

11 — лайды (марши)

12 — дельтовые (устьевые) аккумулятивные формы

Классификация берегов по индексу экологической чувствительности ESI

1A — открытые скалистые

1C — открытые скалистые уступы с валунно-глыбовой отмосткой (основанием)

1D — открытые ледяные уступы

3B — открытые уступы в песчано-глинистых отложениях

4 — пляжи, сложенные разнозернистым песком

5 — пляжи, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями

6B — галечные и валунно-глыбовые пляжи

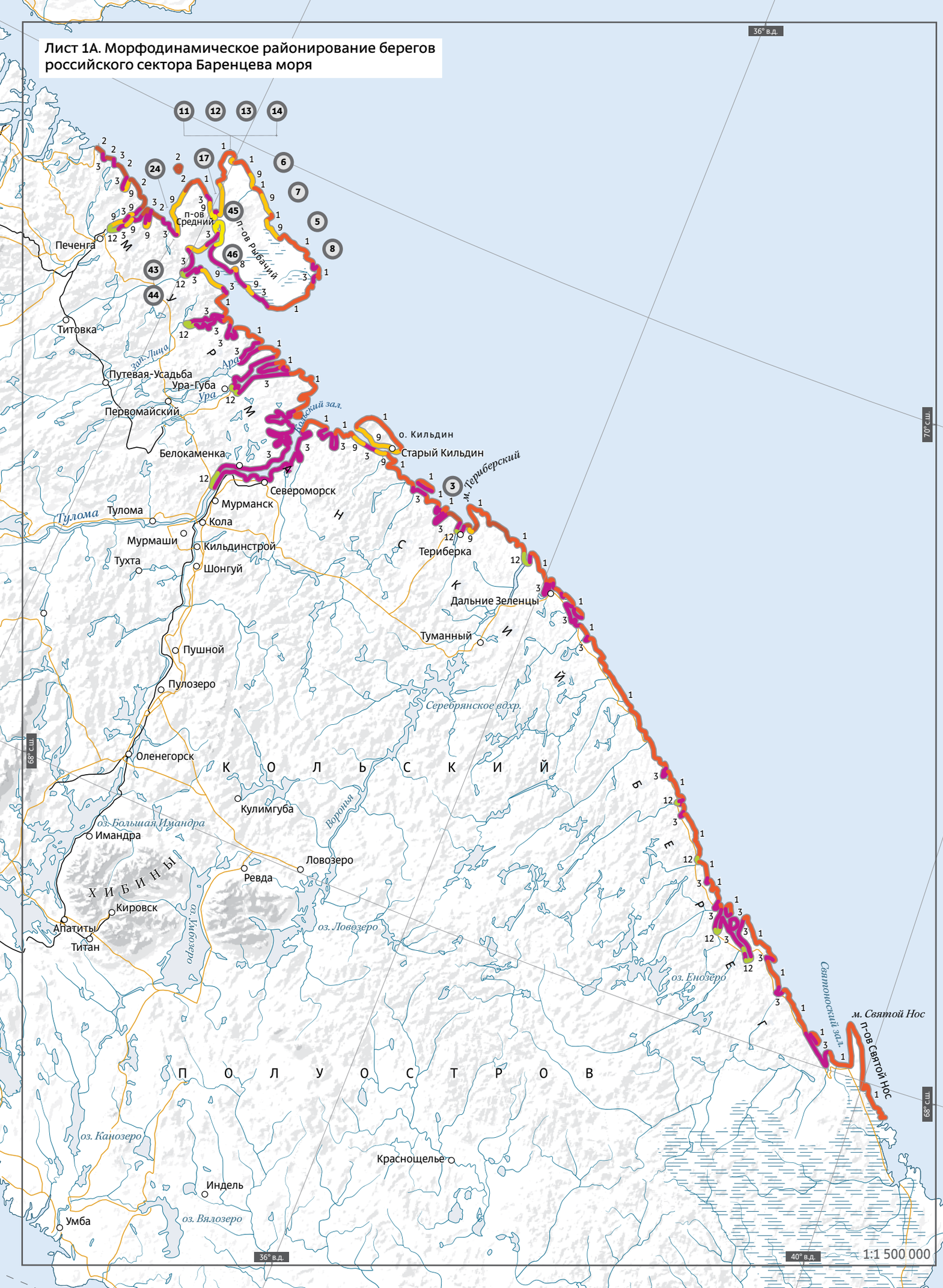
8A — защищенные уступы в песчано-глинистых отложениях

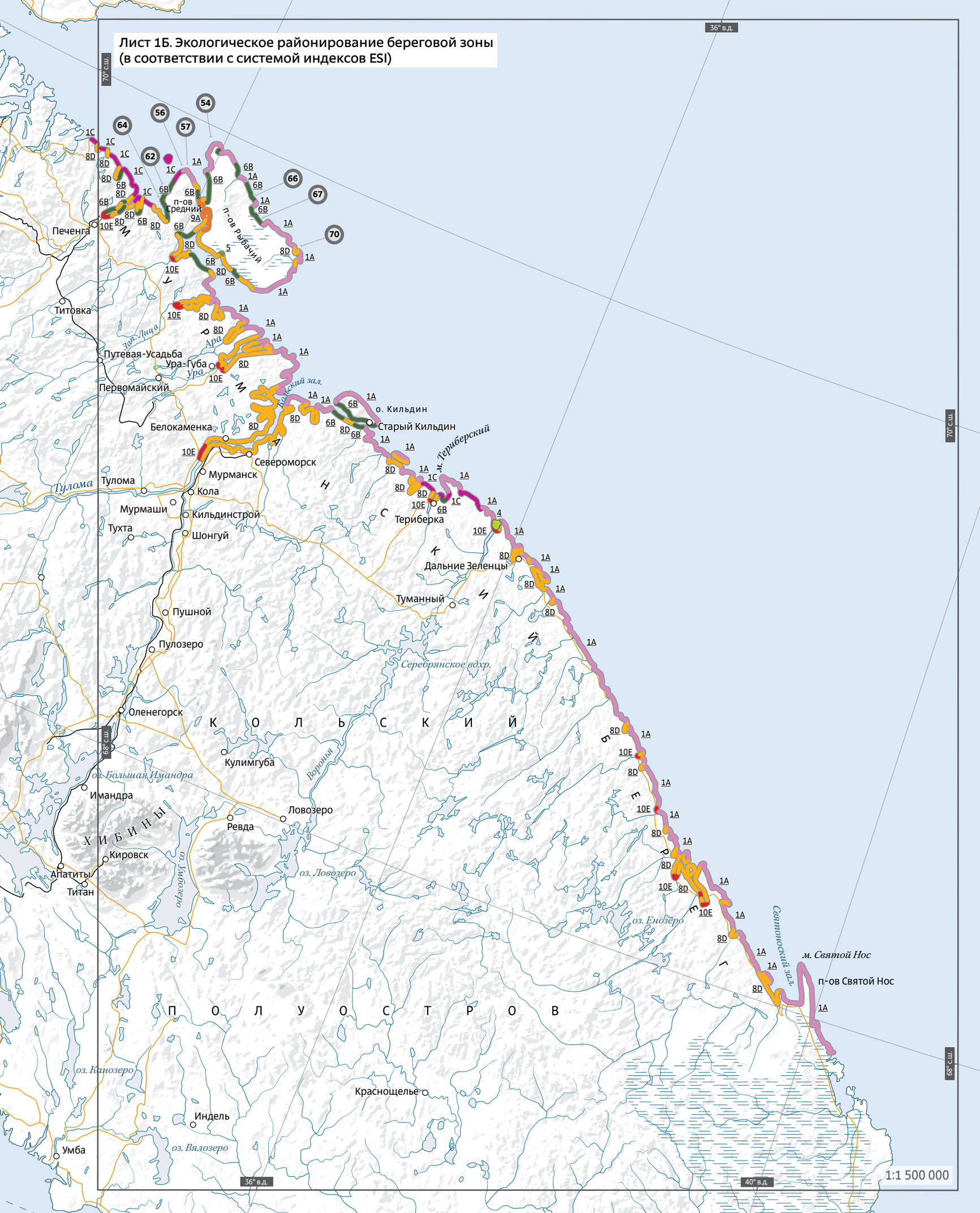
8D — защищенные скалистые уступы и крупнообломочные берега

9A — защищенные песчано-илистые приливные и ветровые осушки (отмели, мелководья)

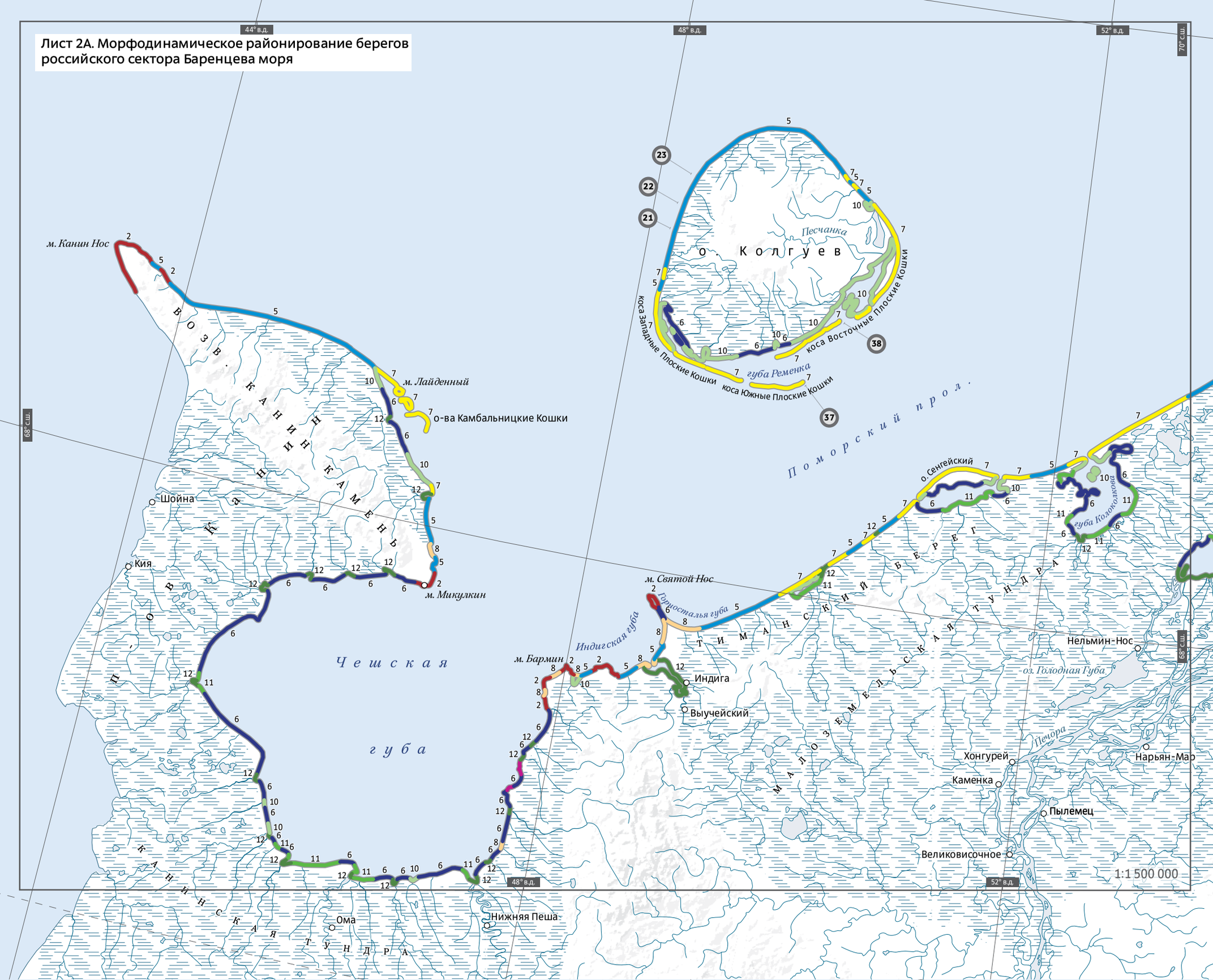
10A — соленые и солоноватые марши (лайды)

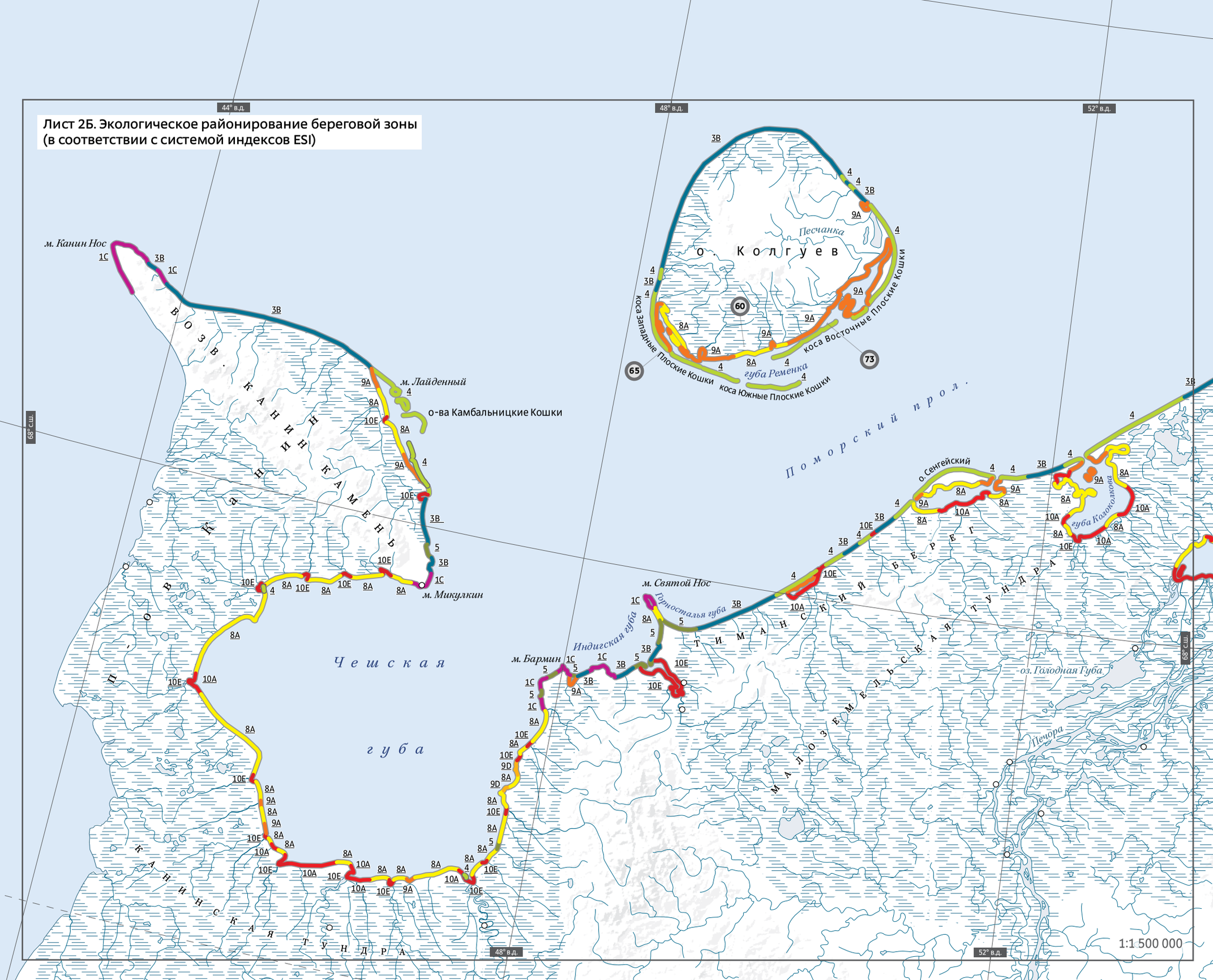
10E — затапливаемые низменные тундры

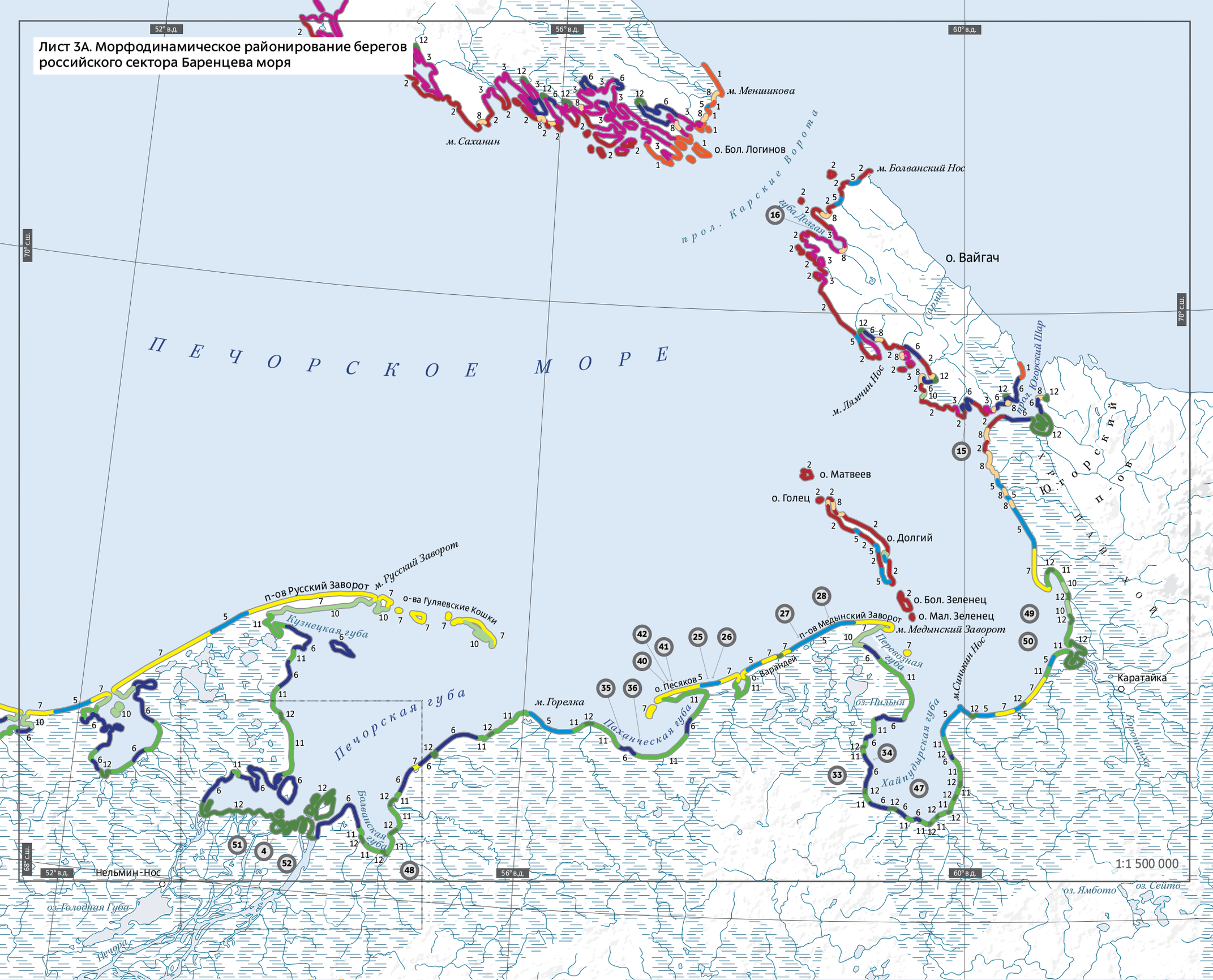

Лист 1А. Морфодинамическое районирование берегов российского сектора Баренцева моря
36° в.д.
70° с.ш.
68° с.ш.
40° в.д.
1:1 500 000
Печенга
Титовка
Зап. Лица
Путевая-Усадьба
Ура-Губа
Ура
Первомайский
Белокаменка
Мурманск
Североморск
Тулома
Тулома
Кола
Мурмаши
Кильдинстрой
Тухта
Шонгуй
Пушной
Пулозеро
Оленегорск
Кулимгуба
оз. Большая Имандра
Имандра
Ловозеро
Ревда
Кировск
Апатиты
Титан
оз. Умбозеро
оз. Ловозеро
Воронья
Серебрянское вдхр.
оз. Канозеро
Индель
оз. Вялозеро
Умба
Краснощелье
п-ов Средний
п-ов Рыбачий
Кольский зал.
о. Кильдин
Старый Кильдин
м. Териберский
Териберка
Дальние Зеленцы
Туманный
оз. Еноозеро
Святоносский зал.
м. Святой Нос
п-ов Святой Нос
Мотовский
Ара
Ура
Кольский
Хибины
Полуостров
Терский
Берег


Лист 1Б. Экологическое районирование береговой зоны
(в соответствии с системой индексов ESI)
36° в.д.
70° с.ш.
68° с.ш.
40° в.д.
Печенга
Титовка
Путевая-Усадьба
Ура-Губа
Первомайский
Белокаменка
Североморск
Мурманск
Тулома
Кола
Мурмаши
Кильдинстрой
Тухта
Шонгуй
Пушной
Пулозеро
Оленегорск
Кулимгуба
Имандра
Ревда
Ловозеро
Кировск
Апатиты
Титан
Краснощелье
Индель
Умба
п-ов Средний
п-ов Рыбачий
о. Кильдин
Старый Кильдин
м. Териберский
Териберка
Дальние Зеленцы
Туманный
Серебрянское вдхр.
Воронья
оз. Большая Имандра
оз. Умбозеро
оз. Ловозеро
оз. Енозеро
оз. Канозеро
оз. Вялозеро
Святоносский зал.
м. Святой Нос
п-ов Святой Нос
Тулома
Ура
Ара
Зап. Лица
Кольский зал.
М У Р М А Н С К И Й
Б Е Р Е Г
К О Л Ь С К И Й
П О Л У О С Т Р О В
Х И Б И Н Ы
1:1 500 000

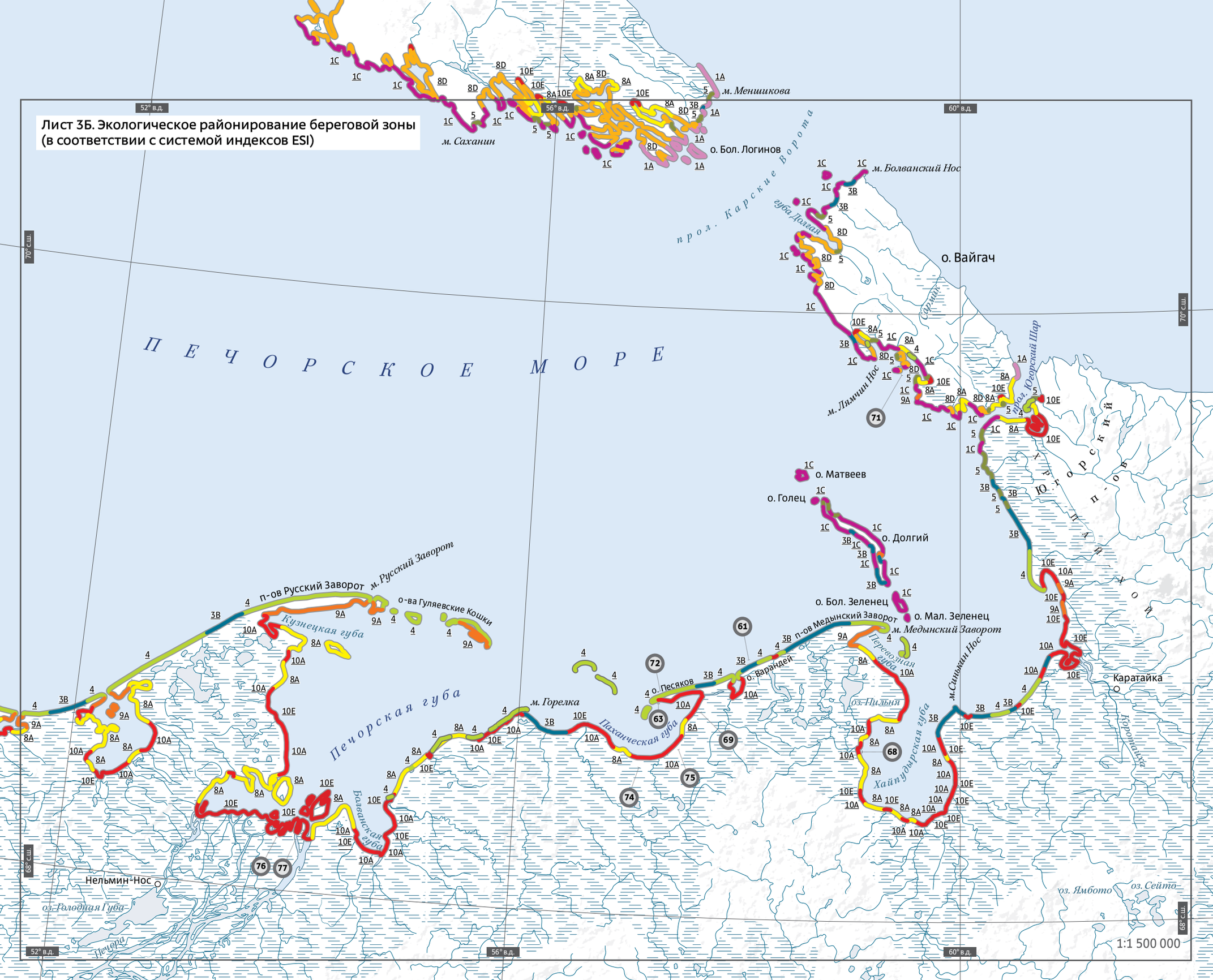
Лист 2А. Морфодинамическое районирование берегов российского сектора Баренцева моря




Лист 2Б. Экологическое районирование береговой зоны
(в соответствии с системой индексов ESI)
44° в.д.
48° в.д.
52° в.д.
68° с.ш.
м. Канин Нос
о. Колгуев
Песчанка
коса Западные Плоские Кошки
коса Восточные Плоские Кошки
коса Южные Плоские Кошки
губа Ременка
60
65
73
Поморский пролив
Воронья Салма
Канинский Камень
м. Лайденный
о-ва Камбальницкие Кошки
м. Микулкин
Чешская губа
Канинская тундра
о. Сенгейский
губа Колоколкова
Белая тундра
м. Святой Нос
Горносталья губа
Индигская губа
м. Бармин
Тиманская тундра
Малоземельская тундра
оз. Голодная Губа
Печора
1:1 500 000

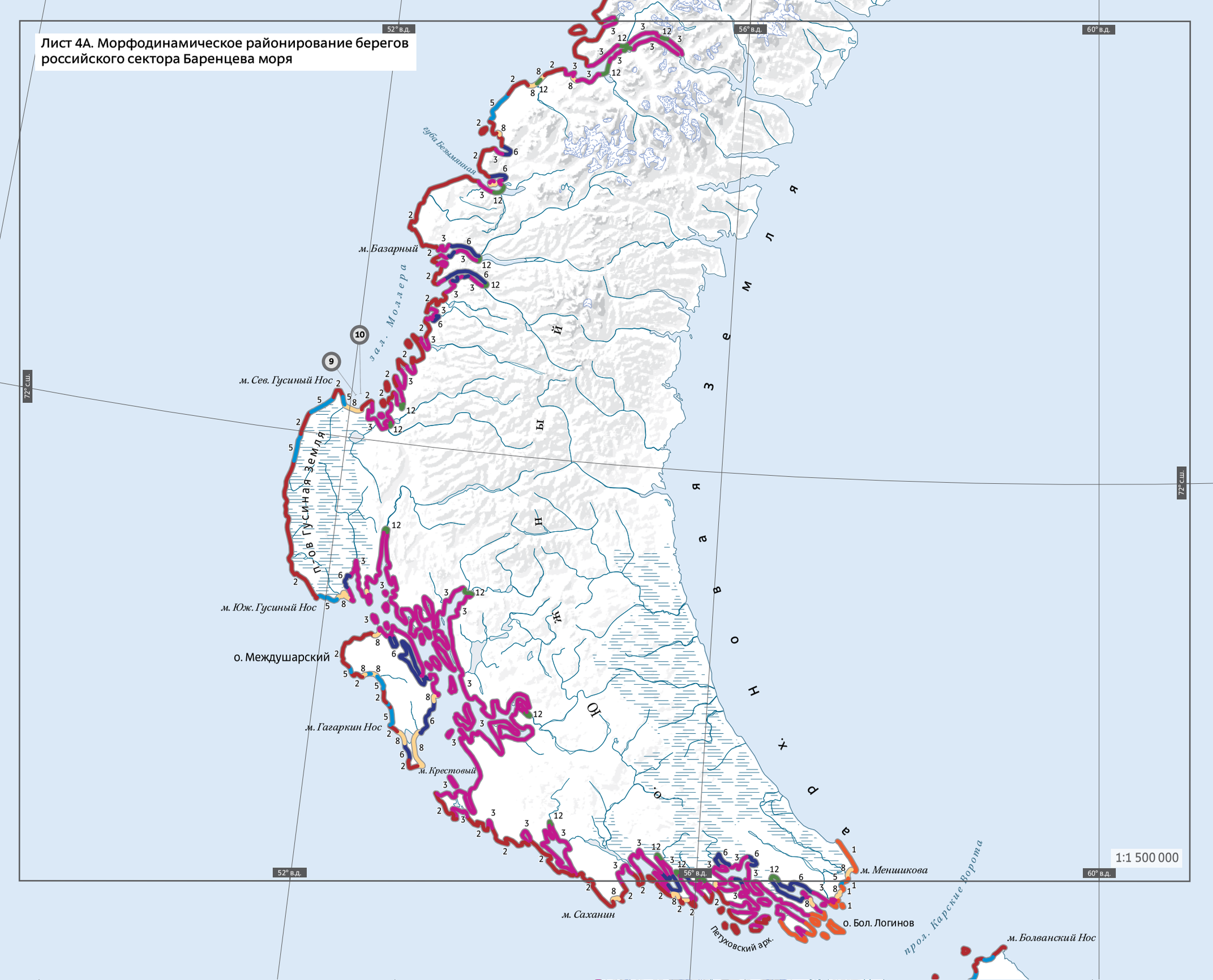


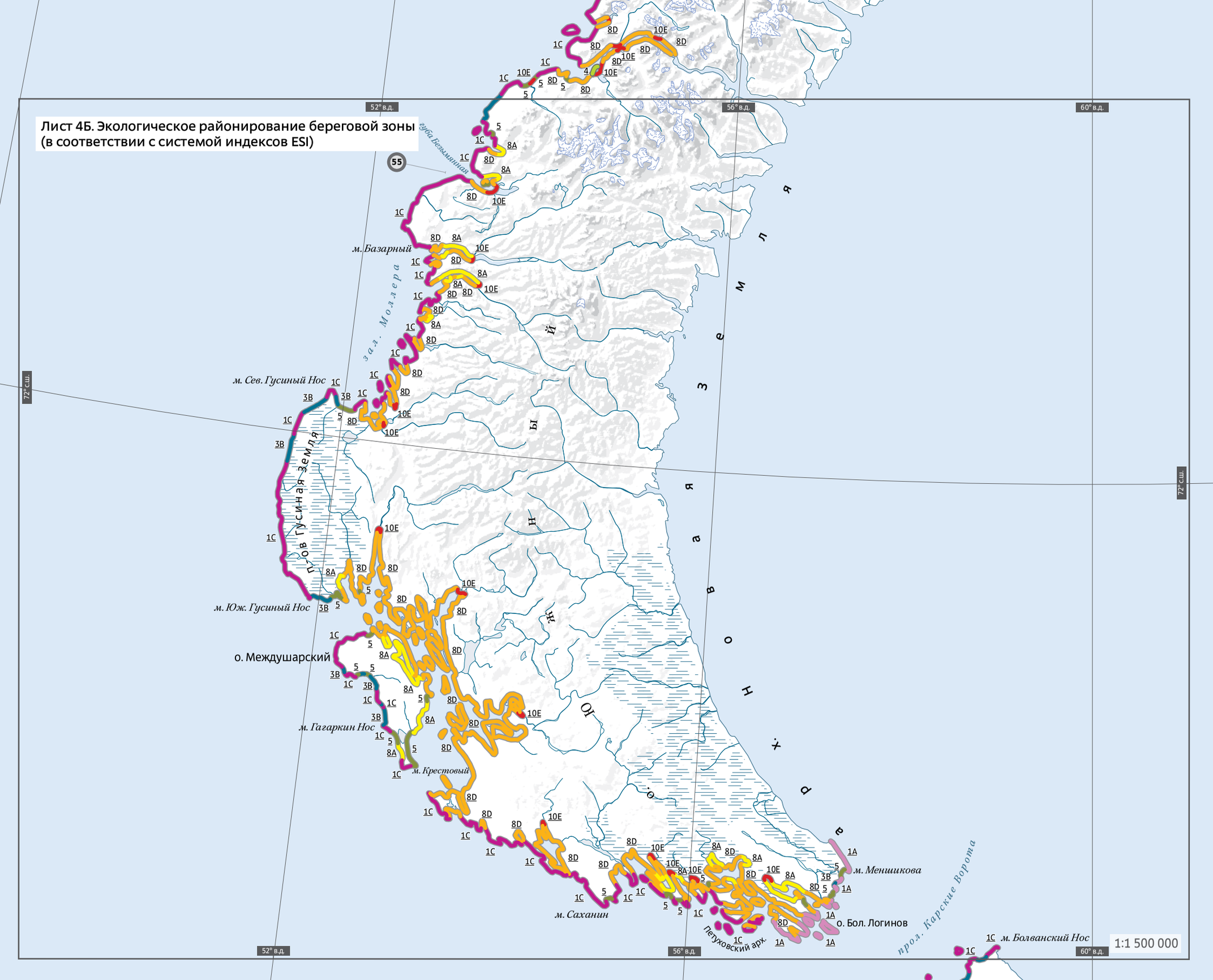
Лист 3А. Морфодинамическое районирование берегов российского сектора Баренцева моря
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
70° с.ш.
68° с.ш.
ПЕЧОРСКОЕ МОРЕ
м. Меншикова
м. Саханин
о. Бол. Логинов
прол. Карские Ворота
м. Болванский Нос
губа Долгая
о. Вайгач
Сармик
м. Лямчин Нос
прол. Югорский Шар
Югорский п-ов
Хрупай-хой
о. Матвеев
о. Голец
о. Долгий
о. Бол. Зеленец
о. Мал. Зеленец
м. Медынский Заворот
п-ов Медынский Заворот
Перевозная губа
о. Варандей
о. Песяков
Паханческая губа
м. Горелка
Печорская губа
Кузнецкая губа
п-ов Русский Заворот
м. Русский Заворот
о-ва Гуляевские Кошки
Болванская губа
Нельмин-Нос
оз. Голодная Губа
Печора
оз. Пильня
Хайпудырская губа
м. Синькин Нос
Каратайка
Коротаиха
оз. Ямбото
оз. Сейто
1:1 500 000



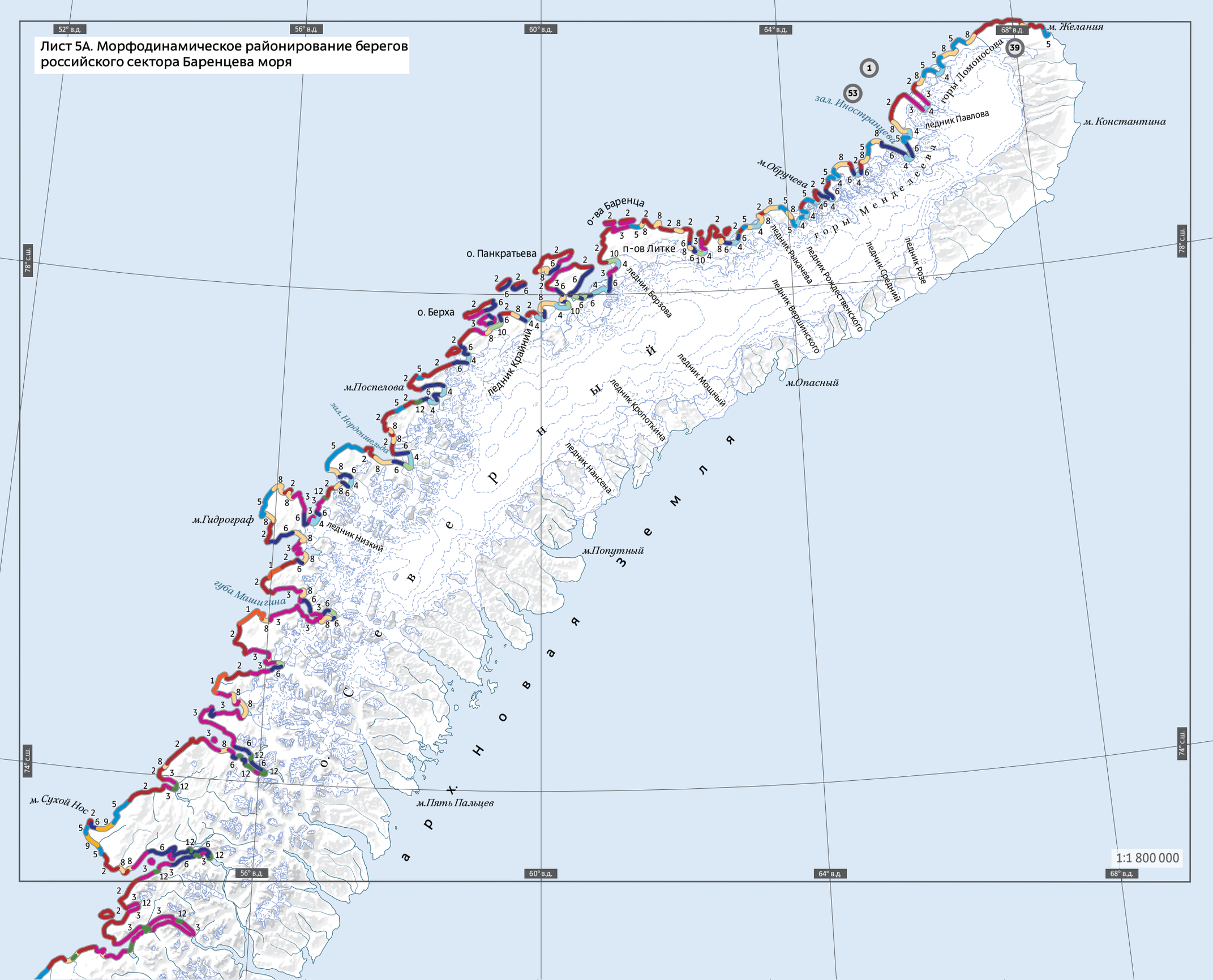
Лист 3Б. Экологическое районирование береговой зоны
(в соответствии с системой индексов ESI)
ПЕЧОРСКОЕ МОРЕ
м. Меншикова
м. Саханин
о. Бол. Логинов
прол. Карские Ворота
м. Болванский Нос
губа Долгая
о. Вайгач
Сармик
м. Лямчин Нос
прол. Югорский Шар
Югорский п-ов
Хрупай хой
о. Матвеев
о. Голец
о. Долгий
о. Бол. Зеленец
о. Мал. Зеленец
м. Медынский Заворот
п-ов Медынский Заворот
о. Варандей
о. Песяков
Перевозная губа
оз. Пильня
м. Синькин Нос
Каратайка
Коротаиха
Хайпудырская губа
Паханческая губа
м. Горелка
Печорская губа
Болванская губа
п-ов Русский Заворот
м. Русский Заворот
о-ва Гуляевские Кошки
Кузнецкая губа
Нельмин-Нос
оз. Голодная Губа
Печора
оз. Ямбото
оз. Сейто
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
70° с.ш.
68° с.ш.
1:1 500 000

Лист 4А. Морфодинамическое районирование берегов российского сектора Баренцева моря

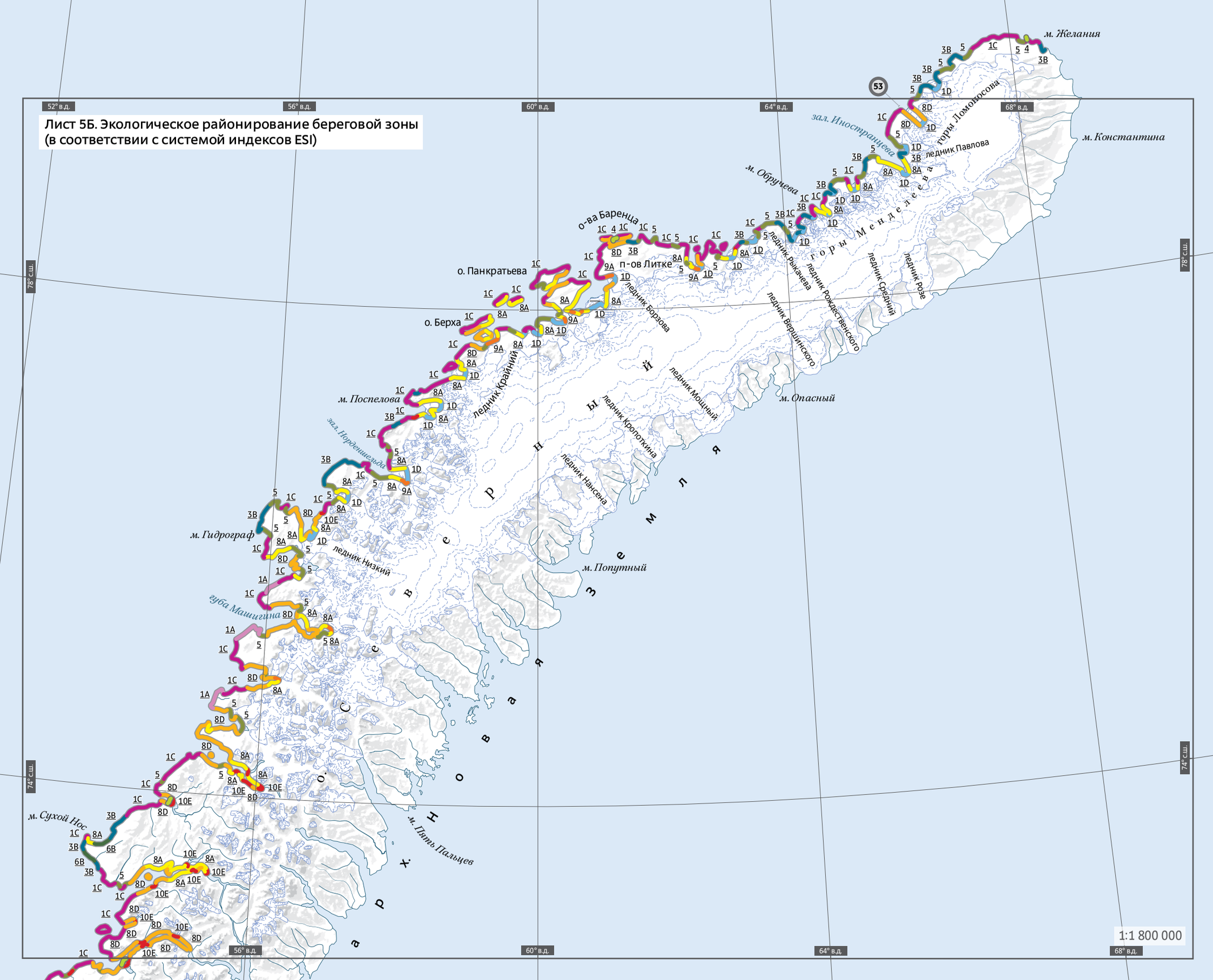




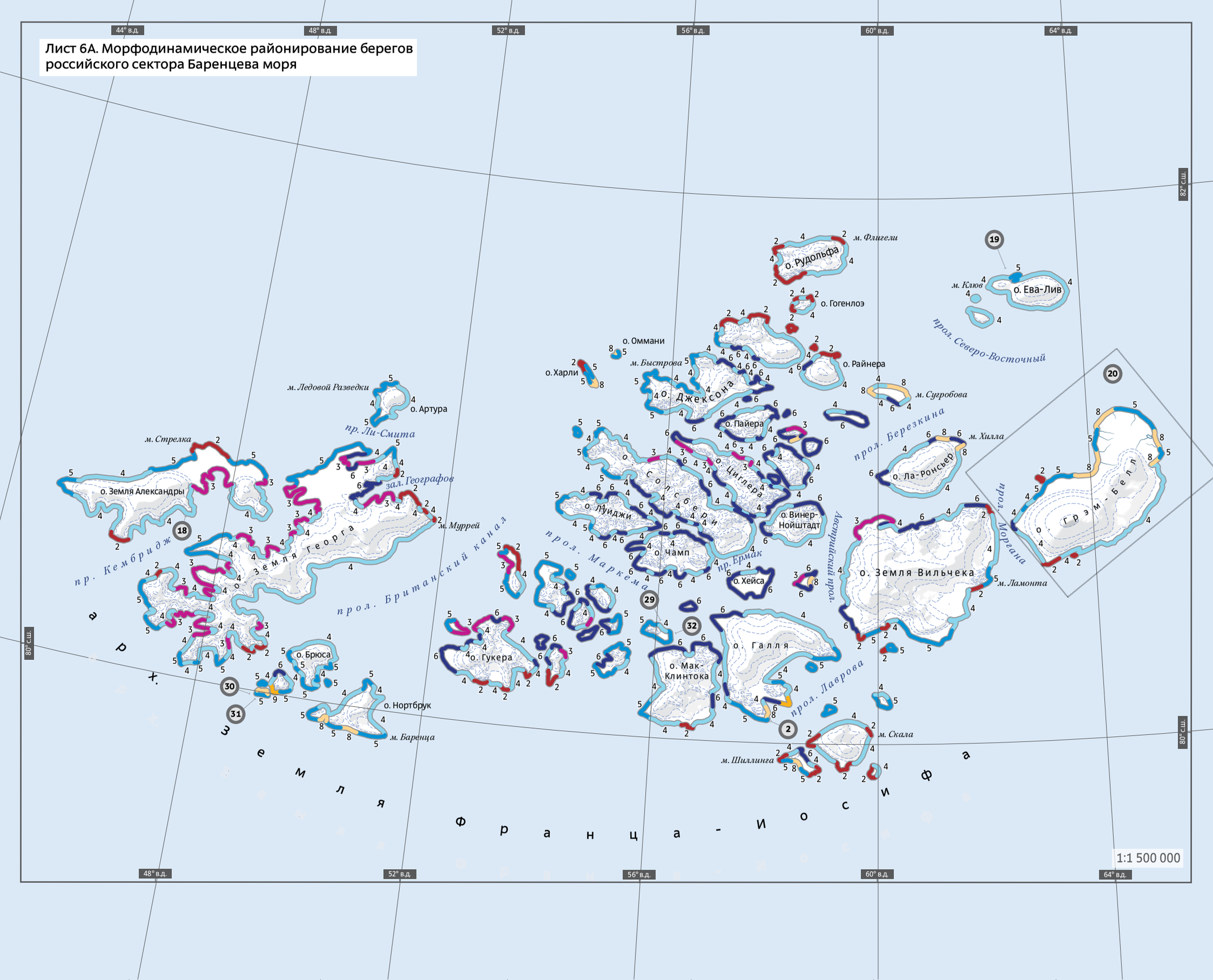
Лист 4Б. Экологическое районирование береговой зоны
(в соответствии с системой индексов ESI)
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
72° с.ш.
губа Безымянная
55
м. Базарный
зал. Моллера
м. Сев. Гусиный Нос
п-ов Гусиная Земля
м. Юж. Гусиный Нос
о. Междушарский
м. Гагаркин Нос
м. Крестовый
м. Саханин
Петуховский арх.
о. Бол. Логинов
м. Меншикова
прол. Карские Ворота
м. Болванский Нос
Южный
о. Новая Земля
1:1 500 000

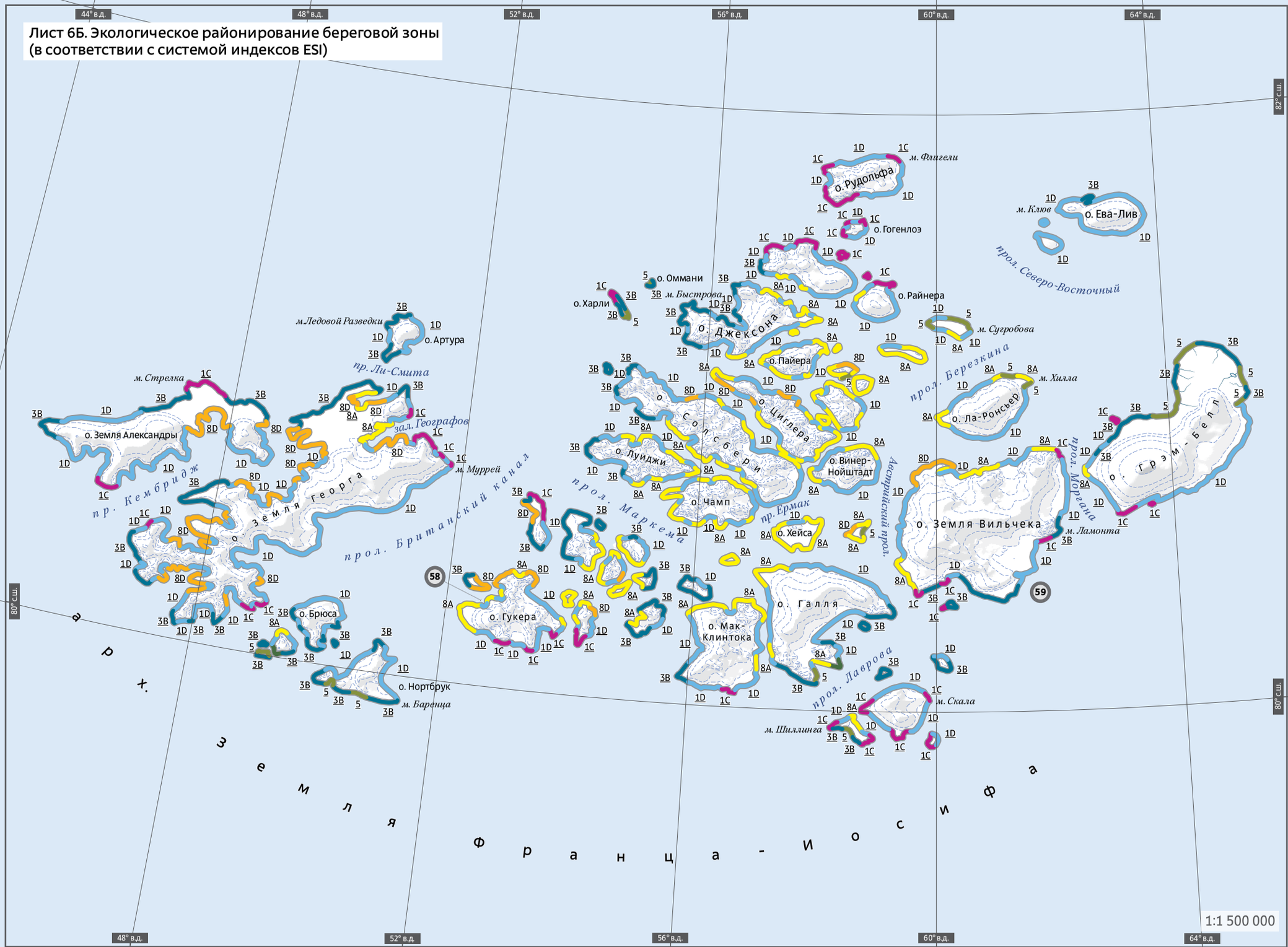


Лист 5А. Морфодинамическое районирование берегов российского сектора Баренцева моря
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
64° в.д.
68° в.д.
78° с.ш.
74° с.ш.
м. Желания
м. Константина
м.Обручева
м.Опасный
м.Попутный
м.Пять Пальцев
м.Гидрограф
м. Сухой Нос
о. Панкратьева
о. Берха
о-ва Баренца
п-ов Литке
зал. Иностранцева
зал. Норденшельда
губа Машигина
горы Ломоносова
горы Менделеева
ледник Павлова
ледник Рыкачева
ледник Рождественского
ледник Вершинского
ледник Средний
ледник Розе
ледник Борзова
ледник Крайний
ледник Мощный
ледник Кропоткина
ледник Нансена
ледник Низкий
о. Северный
арх. Новая Земля
1:1 800 000



Лист 5Б. Экологическое районирование береговой зоны
(в соответствии с системой индексов ESI)
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
64° в.д.
68° в.д.
78° с.ш.
74° с.ш.
м. Желания
м. Константина
м. Обручева
м. Опасный
м. Попутный
м. Гидрограф
м. Сухой Нос
м. Пять Пальцев
о-ва Баренца
п-ов Литке
о. Панкратьева
о. Берха
зал. Иностранцева
зал. Норденшельда
губа Машигина
горы Ломоносова
горы Менделеева
ледник Павлова
ледник Рыкачева
ледник Рождественского
ледник Вершинского
ледник Средний
ледник Розе
ледник Борзова
ледник Крайний
ледник Мощный
ледник Кропоткина
ледник Нансена
ледник Низкий
о. Северный
о. Северная Земля
арх. Новая Земля
1:1 800 000


Лист 6А. Морфодинамическое районирование берегов российского сектора Баренцева моря
44° в.д.
48° в.д.
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
64° в.д.
82° с.ш.
80° с.ш.
м. Флигели
о. Рудольфа
о. Гогенлоэ
о. Ева-Лив
м. Клюв
прол. Северо-Восточный
о. Оммани
о. Харли
м. Быстрова
о. Джексона
о. Райнера
м. Сугробова
о. Пайера
прол. Березкина
м. Хилла
о. Ла-Ронсьер
о. Грэм-Белл
прол. Моргана
о. Земля Вильчека
м. Ламонта
о. Циглера
о. Солсбери
о. Луиджи
о. Чамп
о. Винер-Нойштадт
Австрийский прол.
пр. Ермак
о. Хейса
о. Галля
о. Мак-Клинтока
прол. Лаврова
м. Скала
м. Шиллинга
о. Гукера
прол. Маркема
о. Брюса
о. Нортбрук
м. Баренца
о. Земля Александры
м. Стрелка
пр. Кембридж
о. Земля Георга
м. Ледовой Разведки
о. Артура
пр. Ли-Смита
зал. Географов
м. Муррей
прол. Британский канал
арх. Земля Франца-Иосифа
18
19
20
29
30
31
32
2
1:1 500 000



Лист 6Б. Экологическое районирование береговой зоны
(в соответствии с системой индексов ESI)
44° в.д.
48° в.д.
52° в.д.
56° в.д.
60° в.д.
64° в.д.
82° с.ш.
80° с.ш.
о. Рудольфа
м. Флигели
о. Гогенлоэ
о. Ева-Лив
м. Клюв
прол. Северо-Восточный
о. Оммани
м. Быстрова
о. Харли
о. Джексона
о. Райнера
м. Сугробова
о. Пайера
прол. Березкина
м. Хилла
о. Ла-Ронсьер
о. Грэм-Белл
прол. Моргана
м. Ламонта
о. Земля Вильчека
Австрийский прол.
о. Циглера
о. Солсбери
о. Винер-Нойштадт
о. Луиджи
о. Чамп
пр. Ермак
о. Хейса
прол. Маркема
о. Галля
о. Мак-Клинтока
прол. Лаврова
м. Скала
м. Шиллинга
о. Гукера
о. Брюса
о. Нортбрук
м. Баренца
о. Земля Александры
м. Стрелка
пр. Кембридж
о. Земля Георга
прол. Британский канал
м. Муррей
зал. Географов
пр. Ли-Смита
м. Ледовой Разведки
о. Артура
58
59
арх. Земля Франца-Иосифа
1:1 500 000

Побережье Баренцева моря, пос.Териберка, Мурманская область

Заключение

Прогресс в понимании процессов, происходящих в краевых морях, во многом связан с накоплением длинных рядов данных и переносом внимания с описания статической картины распределения в пространстве количественных и качественных характеристик к выявлению разворачивающихся во времени процессов долгосрочной динамики экосистем. С этой точки зрения Баренцево море представляет собой хороший объект для решения одной из важнейших задач современной биоокеанологии: разграничение естественных и антропогенно-индуцированных колебаний природных систем. Это является весьма сложной задачей. Наблюдаемая динамика отражает природные циклы различной длительности и при этом в последние столетия она существенно трансформирована деятельностью человека. Промысловое изъятие ключевых хищников в пелагической и донной системах — китов, моржей, трески — неизбежно вызвало изменения на всех уровнях пищевой пирамиды. Наблюдаемая сейчас ситуация отражает состояние системы, уже существенно модифицированной как пелагическим, так и донным промыслом, испытывающей при этом влияние ярко выраженных климатических колебаний. Вместе это делает задачу описания динамики экосистемы и прогноза ее дальнейшего развития достаточно трудной, но вместе с тем заманчиво интересной.

Своеобразие Баренцева моря заключается в его пограничном положении между морями бореальной зоны с запада и высокой Арктики с востока. Взаимодействие теплых и холодных вод, распространяющихся над сложным рельефом дна моря, формирует сложную мозаику условий на фоне отчетливого географического градиента. Разнообразие условий обитания, широкий спектр значений солености и температуры, отсутствие физических границ для проникновения видов из сопредельных морей определяют высокое видовое богатство флоры и фауны Баренцева моря. Здесь обитает много южных (бореальных) видов, для которых Баренцево море — самая дальняя точка распространения к северу и востоку. В зависимости от климатических колебаний границы ареалов этих видов могут заметно меняться. Распространение видов и динамика экосистем определяются поступлением теплых и холодных вод, их сезонными и многолетними колебаниями. Выраженная сезонная динамика с отчетливым перемещением границы льдов с северо-востока на юго-запад и обратно модифицируется многолетними колебаниями термического режима: теплые периоды сменяются холодными, на смену которым приходит новое потепление. Эти смены хорошо проявляются даже за время непрерывных инструментальных наблюдений. Ряд данных, полученных на разрезе по Кольскому меридиану, является самым длинным для всех арктических морей. Непрерывные наблюдения за океанографическими параметрами за более чем столетний период дают хорошую основу для выявления роли климатических колебаний в биоокеанологических процессах.

В сравнении с другими арктическими морями Баренцево море хорошо изучено. Первые карты, достоверно отражающие конфигурацию моря и его берегов, были построены более четырехсот лет назад. Однако последний крупный архипелаг Земля Франца-Иосифа был открыт только в конце XIX в., несмотря на многовековую историю мореплавания и промыслов на акватории моря, его островах и побережьях. Подробные сведения о составе и структуре баренцевоморских экосистем, большие массивы накопленной информации дают достаточно полное представление о современном состоянии экосистемы моря, но возможности долгосрочного прогноза ее динамики остаются весьма ограниченными.

Большое промысловое значение биологических ресурсов Баренцева моря, его важная роль в транспортных потоках, интенсивное освоение берегов и акватории в разнообразных целях определяют постоянный интерес и в стране, и в мире к изучению современных процессов в море и к анализу данных, накопленных за все время исследований этого бассейна. Мы надеемся, что подготовленное издание даст заинтересованному читателю возможность получить общее представление о Баренцевом море и поможет в поиске информации по специальным направлениям исследований.

Литература

Введение

1. Бернштам Т.А. *Поморы: формирование групп и система хозяйства.* АН СССР, Ин-т этнографии; Чистова К.Р., ред. Ленинград, Наука, 1978, 176 с.

2. Бернштам Т.А. *Русская народная культура Поморья в XIX-начале XX в.: этногр. очерки.* Ленинград, Наука, Ленингр. отд-ние, 1983, 231 с.

3. Де Вейр Х. *Арктические плавания Виллема Баренца 1594–1597 гг.* Москва, Изд-во Рубежи XXI, 2011, 280 с.

4. Дмитриев Л.А. Повесть о житии Варлаама Керетского. *Труды Отдела древнерусской литературы.* т. 25. Памятники русской литературы X–XVII вв. Москва, Санкт-Петербург, Наука, 2011, с. 178–196.

5. Сухова Н.Г., Таммиксаар Э. *Александр Федорович Миддендорф: к двухсотлетию со дня рождения.* 2-е издание, перераб. и доп. Санкт-Петербург, Нестор-История, 2015, 384 с.

6. Фокин С.И., Смирнов А.В., Лайус Ю.А. *Морские биологические станции на Русском Севере (1881–1938).* Москва, Товарищество научных изданий КМК, 2006, с. 1–131.

7. Герценштейн С.М. Материалы к фауне Мурманского берега и Белого моря: Моллюски. *Труды императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1885, т. XVI, вып. 2, с. 635–814.

8. Дерюгин К.М. *Краткий очерк развития Мурманской Биологической Станции.* Юрьев, Типография К. Маттисена, 1913, 22 с.

9. Дерюгин К.М. *Фауна Кольского залива и условия ее существования.* Петроград, 1915, 929 с.

10. Книпович Н.М. Отчет о плавании в Ледовитом океане на крейсере II класса «Наездник». *Труды императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей*, т. XXIV, 1894, с. 165–210.

11. Книпович Н.М. *Положение морских рыбных и звериных промыслов Архангельской губернии (Из отчетов Министерству Земледелия и Государственных Имуществ по командировкам 1893 и 1894 гг.).* Санкт-Петербург, 1895, 104 с.

12. Книпович Н.М. *О рыбных морских и звериных промыслах Архангельской губернии (Отчет Министерству Земледелия и Государственных Имуществ по командировке 1895 года).* Санкт-Петербург, 1897, 163 с.

13. Книпович Н.М. *Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана.* Ягодовский К.П., Жихарев Н.С., сост. т. 1. Санкт-Петербург, 1902, с. 21.

14. Лайус Ю.А. Ученые, промышленники и рыбаки: научно-промысловые исследования на Мурмане, 1898–1933. *Вопросы истории естествознания и техники.* 1995, № 1, с. 64–81.

15. *Море — наше поле. Количественные данные о рыбных промыслах Белого и Баренцева морей XVII — начала XX вв.* Лайус Ю.А., Лайюс Д.Л., ред. Санкт Петербург, Издательство Европейского университета в Санкт Петербурге, 2010, 219 с.

16. Книпович Н.М. *Основы гидрологии Европейского Ледовитого Океана.* Санкт-Петербург, 1906.

17. Книпович Н.М. Траловый промысел в Баренцевом море. *Вестник рыбопромышленности.* 1914, № 1–2, с. 34–50.

18. Бируля. А. Очерк фауны Crustacea Decapoda морей Мурманского и Белого. *Ежегодник Зоологического Музея Императорской Академии наук.* 1898, т. 2, с. 405–452.

19. Линко А. Schizopoda русских северных морей. *Записки императорской Академии Наук.* Сер. VIII. 1908, т. XVIII, №8, с. 39–76.

20. Редикорцев А. Асцидии Арктических морей. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1910, т. XLI, вып. 2, с. 19–38.

21. Книпович Н.М. Список рыб Белого и Мурманского морей. *Ежегодник Зоологического Музея Императорской Академии наук.* 1897, №2, с. 144–158.

22. Киселев А.А., Краснобаев А.И. *История Мурманского тралового флота (1920–1970 гг.).* Мурманское книжное издательство, 1973, 303 с.

23. *Тралфлот.* Якунин А.Н., ред. Херсон. Изд-во «ПКФ «Стар» ЛТД, 2014, 421 с.

24. Дерюгин К.М. Мурманская Биологическая Станция 1899–1905 гг. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1906, т. XXXVП, вып. 4, 236 с.

25. Дерюгин К.М. Отчет по оборудованию Мурм. Биолог. Станции и летния Зоологическия работы на ней в 1903 г. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1903, т. XXXV, вып. 1, с. 1–26.

26. Дерюгин К.М. Отчет по оборудованию Мурм. Биол. Станции и летния работы на ней в 1904 г. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1905, т. XXXVI, вып. 1, с. 3–32.

27. Дерюгин К.М. *Краткий очерк развития Мурманской станции.* 1912.

28. Клюге Г.А. *Мшанки северных морей СССР.* Москва, Ленинград, Наука, 1962, 584 с.

29. Дерюгин К.М. Отчет по постройке шхуны „Александр Ковалевский". *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1909, т. XL, вып. 1, с. 178–180.

30. Дерюгин К.М. Переход яхты „Александр Ковалевский" из С-Пб. в порт Александровск на Мурмане. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1910, т. XLI, вып. 1, с. 44–62.

31. Дерюгин К.М. К фауне Кольскаго залива. Работы на шхуне „Александр Ковалевский" в 1908 г. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1910, т. XLI, вып. 1. (с приложением: „Журнал Зоологических работ Мурм. Биолог. Станции за 1904 г.).

32. Дерюгин К.М. К фауне Кольскаго залива. Работы на шхуне „Александр Ковалевский" в 1909 г. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1911, т. XLП, вып. 1, с. 100–125.

33. Дерюгин К.М. Список станций и работ в Кольском зал. за 1908 и 1909 гг. *Труды Императорского Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей.* 1911, т. XLII, вып. 1, с. 26–41.

34. Горяшко А. *Литорины на литорали.* Электронное научно-популярное издание. Москва. 2005» URL: https://www.littorina.info/

35. Аверинцев С.В. Краткий отчет о промысловых работах 1918 г. «Экспедиции для исследования рыбных промыслов Северного Ледовитого Океана» с предисловием М. Тихого. Тр. *Северной Научно-промысловой экспедиции.* вып. 6. Петроград, 1921, с. 3–15.

36. Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.). *Труды Северной научно-промысловой экспедиции.* 1924, № 19, с. 1–105.

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

38. Дерюгин К.М. Фауна Белого моря и условия ее существования. *Исследование морей СССР.* Вып. 7–8. Дерюгин К.М., ред. Ленинград, Издание государственного гидрологического института, Ленинград, 1926, с. 198–363.

39. Васнецов В.А. *Под звездным флагом «Персея».* Ленинград, Гидрометеоиздат, 1974, с. 1–280.

40. Чернавин В. *Записки «вредителя».* Санкт-Петербург, Изд-во Канон, 1999, 435 с.

41. Barr S., Lüdecke C. *The History of the International Pola Years (IPYs).* Springer Science & Business Media, 2010, 320 p.

42. Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря. *Труды ВНИРО.* 1939, т. IV, с. 5–125.

43. Яшнов В.А. Планктическая продуктивность юго-западной части Баренцева моря. *Труды ВНИРО.* 1939, т. IV, с. 201–224.

44. Яшнов В.А. Биология Calanus finmarchicus Баренцева моря. *Труды ВНИРО.* 1939, т. IV, с. 225–245.

45. Богоров В.Г. Вес и экологические особенности макропланктона Баренцева моря. *Труды ВНИРО.* 1939, т. IV, с. 245–258.

46. Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. ч. II. *Моря СССР.* Москва. Советская Наука, 1947, 588 с.

47. Пропп М.В. *Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря (по материалам водолазных работ).* Ленинград, Наука, 1971, 128 с.

48. Пропп М.В. *С аквалангом в Антарктике.* Ленинград, Гидрометеоиздат. 1968, 282 с.

49. *Мурманский морской биологический институт Российской Академии Наук.* URL: http://www.mmbi.info/publikatsii/

50. Стрелкова (Анисимова) Н.А. История изучения бентоса на разрезе "Кольский меридиан". *Труды Кольского научного центра РАН.* 2016, т. 36, вып. 2–3, с. 7–29.

51. Несис К.М. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима (на разрезе по "Кольскому меридиану"). *Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского Севера.* Москва, Рыбное хозяйство, 1960, с. 129–137.

52. Денисенко С.Г. Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флуктуации вдоль разреза "Кольский меридиан". *100 лет океанографических наблюдений на разрезе "Кольский меридиан".* Мурманск, Изд. ПИНРО, 2005, с. 65–76.

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

54. Ушаков П.В. Из воспоминаний о прошлом. «Отечественные зоологи». *Труды Зоологического института РАН.* т. 292. Санкт-Петербург, 2002, с. 98–139.

55. Павлова Л.В., Кузьмин С.А., Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море: история, итоги, перспективы. *Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе.* Апатиты, 2005, с. 297–304.

56. Переладов М.В. *Особенности распределения и поведения камчатского краба (Paralithodes camtschaticus Tilesius) в прибрежной зоне Баренцева моря. Автореф. дис. … канд. биол. наук.* ВНИРО, 2005, 25 с.

57. *Камчатский краб.* URL: http://www.sevin.ru/top100worst/priortargets/Arthropods/camtschaticus.html

58. Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. *Экология камчатского краба в прибрежье Баренцева моря.* Мурман. мор. биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. Ростов на Дону, Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. 592 с.

59. Спиридонов В.А., Соловьёв Б.А., Онуфреня И.А *Пространственное планирование сохранения биоразнообразия морей Российской Арктики.* Москва, WWF России, 2020, 376 с.

60. *Определитель фауны и флоры Северных морей СССР.* Гаевская Н.С., ред. Москва, Советская Наука, 1948, 740 с.

61. Цетлин А.Б., Неретина Т.В., Жадан А.Э.. Таксономическое и генетическое разнообразие беспозвоночных арктических морей. Насущные задачи и новые подходы. *Вестник РФФИ.* 2020, т. 2, № 106, с. 16–24.

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды Баренцева моря

1. *Конвенция ООН по морскому праву.* URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/lawsea.shtml

2. *Смешанная Российско-Норвежская комиссия по рыболовству.* URL: https://www.jointfish.com/rus.html

3. *Баренцпортал.* URL: https://www.barentsportal.com/barentsportal/index.php/ru/

4. *Арктический совет.* URL: https://arctic-council.org/ru/

5. *Совет Баренцева/Евроарктического региона.* URL: https://www.barentscooperation.org/en

6. *Договор между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане от 15 сентября 2010 года.* URL: http://www.kremlin.ru/supplement/707

Глава 1

1.1. Общие сведения

1. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР.* Москва, Изд-во МГУ, 1982, 192 с.

2. Ельчанинов А.И. Русские географические названия на карте Груманта-Шпицбергена. *Журнал Института наследия.* 2016, № 2(5), с. 1–12.

3. Державин В.Л. Свальбард в картографии Гренландии XVI–XVIII вв. История Науки. *Российская археология.* 2016, №4, с. 151–161.

4. Сосновский И.К. *О мерах развития колонизации Мурмана.* Архангельсск, 1910, с. 1.

5. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Иванова Т.А., ред. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 279 с.

6. *Федеральный закон от 5 апреля 2011 г. № 57-ФЗ «О ратификации Договора между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане».*

7. Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л., Огородов С.А., Тарасов Г.А. Печорское море: прошлое, настоящее и будущее. *Морская геология.* 2007, т. 47, № 6, с. 927–939.

8. *Лоция Баренцева Моря.* Ч. 2 (№ 1112). ГУНиО, 1995, 495 с.

9. Селиванов А.Ф. Большеземельная тундра. *Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона*: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). Санкт-Петербург, 1890–1907.

10. Милановский Е.Е. *Геология СССР.* Ч.2. Москва, МГУ, 1989, 271 с.

11. Тиманская (Малоземельская) тундра. *Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона*: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). Санкт-Петербург, 1890–1907.

1.2. Климатические условия

1. Алисов Б.П. Географические типы климатов. *Метеорология и гидрология.* 1936, № 6, с. 16–25.

2. Алтынов А.И., Алябина И.О., Аракчеев А.Н., Ашик А.М., Бабурин В.Л., Бадина С.В. *Национальный атлас Арктики.* АО «Роскартография», 2017, 496 с.

3. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1. Баренцево море. вып. 1. Гидрометеорологические условия Терзиев Ф.С., ред. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

4. Frouin R., Murakami H. Estimating photosynthetically available radiation at the ocean surface from ADEOS-II

global imager data. *Journal of oceanography.* 2007, vol. 63(3), pp. 493–503.

5. Frouin R., Ligner D.W.,Gautier C. A Simple analytical formula to compute clear sky total and photosynthetically available solar irradiance at the ocean surface. *J. Geophys. Res.* 1989, vol. 94, pp. 9731–9742.

6. Копелевич О.В., Вазюля С.В., Григорьев А.В., Храпко А.Н., Шеберстов С.В., Салинг И.В. Проникновение солнечной радиации видимого диапазона в воды Баренцева моря в зависимости от облачности и кокколитофоридных цветений. *Океанология.* 2017, т. 57, № 3, с. 445–453.

7. Rasmussen E., Turner J. *Polar lows: mesoscale weather systems in the Polar regions.* Cambridge, Cambridge university press, 2003, 612 p.

8. Мохов И.И., Акперов М.Г., Лагун В.Е., Луценко Э.И. Интенсивные арктические мезоциклоны. *Известия Российской академии наук.* Физика атмосферы и океана. 2007, т. 43(3), с. 291–297.

9. Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В. Исследование отклика верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивного полярного циклона в начале января 1975 года. *Морской гидрофизический журнал.* 2019, т. 35, № 6, с. 530–548.

10. *Copernicus Climate Change Service* (C3S). C3S ERA5 reanalysis. Copernicus Climate Change Service, 2019. URL: https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home

11. Рубинштейн Е.С. Теплоядерные и безъядерные зимы. *Известия АН СССР.* Сер. Геогр. 1962, № 4, с. 16–27.

12. Bednorz E., Fortuniak K. Coreless winters in the European sector of the Arctic and their synoptic conditions. *Polish Polar Research.* 2012, vol. 33, no. 1, pp. 19–34.

13. *Метеорологические данные по станциям.* URL: http://meteo.ru/

14. Симиу Э., Сканлан Р. *Воздействие ветра на здания и сооружения.* Маслова Б.Е., ред. Москва, Стройиздат, 1984, 358 с.

15. Суркова Г.В., Соколова Л.А., Чичев А.Р. Многолетний режим экстремальных значений скорости ветра в Баренцевом и Карском морях. *Вестник Московского университета.* Серия 5. География. 2015, №. 5, с. 54–59.

16. Суркова Г.В., Крылов А.А. Изменения средних и экстремальных скоростей ветра в Арктике в конце XXI века. *Арктика и Антарктика.* 2018, № 3, с. 26–36.

17. Шестакова А.А. Новоземельская бора: подветренные характеристики и структура натекающего потока. *Арктика и Антарктика.* 2016, № 2, с. 86–98.

18. Исаев А.А. *Атмосферные осадки.* ч. 1. Изменчивость характеристик осадков на территории России и сопредельных стран. Москва, Изд-во Моск. Ун-та, 2002, 192 с.

19. *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год.* Москва, 2020, 97 с.

20. Анциферова А.Р., Сиеккинен Е.Д., Чаус О.М. Климатические особенности распределения осадков на архипелаге Шпицберген по данным ГМО «Баренцбург». *Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа.* 2016, с. 26–30.

21. Кислов А.В., Суркова Г.В., Матвеева Т.А. Метеорологические условия температурного диапазона «около нуля °С» в условиях меняющегося климата западной Арктики. *Фундаментальная и прикладная климатология.* 2017, т. 1, с. 69–88.

22. Кислов А.В., Матвеева Т.В., Платонов В.С. Общее описание изменчивости опасных погодных явлений в Арктике. *Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики.* Сократов С.А., ред. Москва, Лига-Вент, 2015, с. 10–45.

23. *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской федерации. Общее резюме.* Москва, 2014, 58 с.

24. Myslenkov S., Medvedeva A., Arkhipkin V., Markina M., Surkova G., Krylov A., Dobrolyubov S., Zilitinkevich S., Koltermann P. Long-term statistics of storms in the Baltic, Barents and White Seas and their future climate projections. *Geography, Environment, Sustainability.* 2018, vol. 11, no 1, pp. 93–112.

1.3. Геолого-геоморфологические условия

1. *Геология и полезные ископаемые России.* т. 5. Арктические и дальневосточные моря. кн. 1. Арктические моря. Грамберг И.С., Иванов В.Л., Погребицкий Ю.Е,. ред. Санкт-Петербург, Изд-во ВСЕГЕИ, 2004, 468 с.

2. Другова Г.М., Глебовицкий В.А., Климов Л.В. *Гранулитовая фация метаморфизма.* Ленинград, Наука, 1972, 225 с.

3. Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С. *Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1500000).* Леонов М.Г., отв. ред. Москва, ГЕОС, 2012, 104 с. (Труды Геологического института. Вып. 597).

4. *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение).* Листы R-37, 38 — м. Святой Нос, м. Канин Нос. Объяснительная записка. Санкт-Петербург, Изд-во ВСЕГЕИ, 2008, 141 с.

5. Хольтедаль Х. Некоторые вопросы геологии и геоморфологии гляциальных шельфов. *Рельеф и геология дна океанов.* Москва, 1964, с. 187–205.

6. Эпштейн О.Г. Верхнеплейстоцен-голоценовый цикл осадконакопления как модель седиментационных процессов на гляциальных шельфах. *Мат. VII Всероссийского литологического совещания «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории».* (Новосибирск, 28–31 октября 2013 г.). т. 3. Новосибирск, НГГ СО РАН, 2013, с. 313–316.

7. Гатауллин В.Н., Поляк Л.В., Эпштейн О.Г. Гляцигенные отложения Центральной впадины – ключ к позднечетвертичной истории развития восточной части Баренцева моря. *Материалы гляциологических исследований.* 1992, № 75, с. 42–49.

8. Тарасов Г.А. Четвертичный осадочный чехол западно-арктического шельфа: литологическое строение, пространственное распределение. *Вестник Кольского научного центра РАН.* 2015, т. 21, № 2, с. 124–134.

9. Старовойтов А.В., Калинин А.В., Спиридонов М.А. Новые данные о позднекайнозойских отложениях южной части Баренцева моря. *Докл. АН СССР.* 1983, т. 270, № 5, с. 1179–1181.

10. Тарасов Г.А. *Верхнечетвертичный седиментогенез на шельфе Западно-Арктических морей. Автореф. дис. … д-ра г.-м. н.* Москва, ИО РАН, 1998, 46 с.

11. Миронюк С.Г., Иванова А.А. Микро- и мезорельеф гляциального шельфа Баренцева и Карского морей в свете новых данных. *Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода.* 2018, № 76, с. 41–58.

12. Матишов Г.Г. *Дно океана в ледниковый период.* Ленинград, Наука, 1984, 176 с.

13. Матишов Г.Г. *Мировой океан и оледенение Земли.* Москва, Наука, 1987, 270 с.

14. Федоров С.М. Сейсмо- и литостратиграфия верхнечетвертичных отложений Центральной возвышенности и Гусиной банки. *Осадочный покров гляциального шельфа северо-западных морей России.* Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 1992, 126 с.

15. Рекант П.В., Гусев Е.А., Артемьева Д.Е. Подводные границы Новоземельского оледенения по сейсмоакустическим данным. Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. *Мат. X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода.* Москва 25–29 сентября 2017 г. Москва, ГЕОС, 2017, с. 332–334.

16. Спиридонов М.А., Рыбалко А.Е., Поляк Л.В. Стратиграфия верхнечетвертичных отложений Новоземельского шельфа и палеогеография восточной части Баренцева моря в позднем плейстоцене — голоцене. *Осадочный покров гляциального шельфа северо-западных морей России.* Санкт-Петербург, 1992, с. 47–68.

17. Рыбалко А.Е. Последнее шельфовое оледенение: литологические и палеогеографические аспекты. *Тез. докладов Международного рабочего совещания «Проблема корреляции*

плейстоценовых событий на Русском Севере». 4–6 декабря 2006 г. Санкт-Петербург, 2006, с 645–647.

18. Эпштейн О.Г., Длугач А.Г., Старовойтов А.В., Романюк Б.Ф. Плейстоценовые отложения восточной части Баренцева моря (районы Центральной впадины и Мурманской банки). Сообщение 1. Условия залегания и основные черты строения. *Литология и полезные ископаемые.* 2011, № 2, с. 132–153.

19. Старовойтов А.В. О максимальном позднеплейстоценовом оледенении восточной части шельфа Баренцева моря. *Докл. Академии наук.* 1999, т. 364, № 2, с. 227–230.

20. Костин Д.А., Тарасов Г.А. Четвертичный осадочный чехол Баренцево-Карского бассейна. *Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии.* Москва, ГЕОС, 2011, вып. 3, с. 107–130.

21. Застрожнов А.С. Шкатова В.К. Новая карта четвертичных отложений масштаба 1:2 500 000 территории Российской Федерации. *Мат. VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода «Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований».* (г. Апатиты, 12–17 сентября, 2011 г.). в 2 т. Корсакова О.П., Колька В.В., отв. ред. Апатиты, Санкт-Петербург, 2011, т. 1. (А–К), с. 209–211.

22. *Государственный научный центр Российской Федерации "Арктический и антарктический научно-исследовательский институт".* URL: http://www.aari.ru

23. Матишов Г.Г. Рельеф, морфотектоника и основные черты развития шельфа Баренцева моря. *Океанология.* 1977, т. XVII, вып. 3, с. 490–496.

24. Eldholm O., Ewing J. Marine geophysical survey in the southwestern Barents Sea. *J. Geophys. Res.* 1971, vol. 76, no. 10, pp. 216–254.

25. *Barents Sea Environmental Status A Norwegian — Russian Collaboration.* URL: www.Barentsportal.com

26. Журавлев В.А., Куприн В.Ф., Лукьянова Л.И., Парамонова М.С. *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение).* Серия Мезенская. Лист Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 311 с.

27. Шкарубо С.И., Бургуто А.Г., Зуйкова О.Н., Костин Д.А. *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение).* Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист S-38 — Баренцево море (вост. часть). Объяснительная записка. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017, 160 с.

28. Рыбалко А.Е., Федорова Н.К. Особенности формирования геохимической структуры донных отложений и придонных вод восточной части Финского залива. *Мат. XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. «Геология морей и океанов».* т. IV. Москва, 2011, с. 292–296

29. Рыбалко А.Е. *Позднечетвертичный седиментогенез внутренних морей гляциальных шельфов Северо-Запада России. Автореф. дис. ... д-ра г.-м. н.* Санкт-Петербург, Всероссийский научно-исслед. геологич. ин-т им. А. П. Карпинского, 1998, 48 с.

30. Рухин Л.Б. *Основы литологии. Учение об осадочных породах.* 3-е издание, перераб. и доп. Ленинград, Изд-во «Недра», 1969, 778 с.

31. Безруков П.Л., Лисицын А.П. Классификация осадков современных морских водоемов. *Геологические исследования в дальневосточных морях.* Москва, Ленинград, 1960, с. 3–14.

32. *Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской федерации масштаба 1:200 000.* Москва, Роскомнедра, 1995, 244 с.

33. Верниковский В.А., Добрецов Н.Л., Метелкин Д.В., Матушкин Н.Ю., Кулаков И.Ю. Проблемы тектоники и тектонической эволюции Арктики. *Геология и геофизика.* 2013, т. 54, № 8, с. 1083–1107.

34. Баранская А.В. *Роль новейших тектонических движений в формировании рельефа побережий Российской Арктики. Автореф. дис.… канд. геогр. наук.* Санкт-Петербург, 2015, 26 с.

35. Балуев А.С., Моралев В.М., Глуховский М.З., Пржиялговский Е.С., Терехов Е.Н. Тектоническая эволюция и магматизм Беломорской рифтовой системы. *Геотектоника.* 2000, №5, с. 30–43.

36. Авенариус И.Г., Белозеров С.Н., Львова Л.А., Репкина Т.Ю. Морфоструктурный план Кольского шельфа Баренцева моря. *Geomorfologiya.* 2000, № 2, с. 34–42.

37. Романенко Ф.А., Баранская А.В., Ермолов А.А., Кокин О.В. Низкие берега западно-арктических морей: происхождение, возраст и современная динамика. *Вопросы географии.* 2015, т. 140, с. 275–306.

38. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. *Берега.* Москва, Мысль, 1991, 479 с.

39. *Тектоническая карта Баренцева моря и северной части Европейской России. М-б 1:2 500 000.* Богданов Н.А., Хаин В.Е., ред. Москва, ИСЛАН, ПКО «Картография», 1996.

40. Попов Б.А., Совершаев В.А., Новиков В.Н., Бирюков В.Ю., Камалов А.М., Федорова Е.В. Береговая зона морей Печорско-Карского региона. *Исследование устойчивости геосистем Севера.* Соломатин В.И., ред. Москва, Изд-во Моск. ун-та, 1988, с. 176–190.

41. Великоцкий М. А. Особенности современной динамики берегов о. Колгуев. *Сб. ст. «Динамика арктических побережий России».* Москва, Изд-во Моск. ун-та им. М.В. Ломоносова, 1998, с. 93–101.

42. Совершаев В.А., Воскресенский К.С., Камалов А.М., Романенко Ф.А. Развитие береговых аккумулятивных форм в условиях криолитозоны. *Динамика арктических побережий России.* Москва, МГУ, 1998, с. 80–92.

43. Огородов С.А. *Берега.* Романкевич Е.А., Лисицин А.П., Виноградов М.Е., ред. гл. 1.4. Печорское море. Системные исследования (гидрофизика, оптика, биология, химия, геология, экология, социо-экономические проблемы). Москва, Изд-во Море, 2003, с. 39–52.

44. Огородов С.А. Морфодинамическое районирование береговой зоны Печорского моря. *Геоморфология.* 2003, № 1, с. 72–79.

45. Огородов С.А. *Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования.* Алексеевский Н.И., ред. гл. 6.6.3. Эволюция берегов Печорского моря в XXI веке. Москва, ГЕОС, 2007, с. 531–536.

46. Ogorodov S. A. Barents Sea coasts. *Geography, Environment, Sustainability.* 2011, vol. 3, no. 04, pp. 34–51.

47. Авенариус И.Г., Ермолов А.А., Мысливец В.И., Репкина Т.Ю. Рельеф и некоторые аспекты палеогеографии позднего валдая - голоцена в районе о. Варандей (Баренцево море). *Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала.* Апатиты, изд-во КНЦ РАН, 2001, с. 135–147.

48. Репкина Т.Ю. *Морфолитодинамика побережья и шельфа юго-восточной части Баренцева моря. Автореф. дис. … канд. геогр. наук.* Москва, 2005, 26 с.

49. *Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения.* Зенкович В.П., Попов Б.А., науч. ред. Москва, Мысль, 1980, 280 с.

50. Огородов С.А. Морфология и динамика берегов Печерского моря. *Трудове на Института по океанология.* 2001, т. 3, с. 77–86.

51. Архипов В.В., Ермолов А.А., Огородов С.А., Шумовская Д.А. Инженерно- и эколого-геологические аспекты динамики береговой зоны Варандейского района Печорского моря. *Современные вопросы геологии.* Москва, Научный мир, 2002, с. 353–356.

52. Вергун А. П. , Баранская А. В., Белова Н. Г. Мониторинг динамики берегов Баренцева и Карского морей. *Материалы*

конференции и выставки SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике. 15–17 октября 2013 года, ВВЦ, Павильон 75, Москва, 2013, с. 1–10.

53. Совершаев В.А., Огородов С.А., Камалов А.М. Техногенный фактор в развитии берегов Варандейского промышленного участка. *Проблемы общей и прикладной геоэкологии Севера.* Издательство МГУ Москва, 2001, с. 126–134.

54. Огородов С. А. Морфолитодинамика береговой зоны Варандейского района Печорского моря в условиях техногенного прессинга. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология.* 2004, № 3, с. 273–278.

55. Новиков В.Н., Федорова Е.В. Разрушение берегов в юго-восточной части Баренцева моря. *Вестник МГУ.* Сер. 5. География. 1989, № 1, с. 64–68.

56. Кизяков А.И., Зимин М.В., Лейбман М.О., Правикова Н.В. Мониторинг скорости термоденудации и термоабразии на западном побережье острова Колгуев с использованием материалов космической съемки высокого разрешения. *Криосфера Земли.* 2013, т. 17, № 4, с. 36–47.

57. *Вайгач. Остров арктических богов.* Боярский П.В., ред. Москва, Издательство Paulsen, 2011, 576 с.

58. Авенариус И.Г., Львова Л.А., Репкина Т.Ю. Морфоструктурный план приновоземельского шельфа Баренцева моря. *Новая Земля. Природа. История.* Археология. Культура. 1998, кн. 1, с. 80–86.

59. Бузин И.В., Глазовский А.Ф., Гудошников Ю.П. Айсберги и ледники Баренцева моря: исследования последних лет. ч. 1. Основные продуцирующие ледники, распространение и морфометрические особенности айсбергов. *Проблемы Арктики и Антарктики.* 2008, т. 78, № 1, с. 66–80.

60. Дибнер В.Д. *Морфоструктура шельфа Баренцева моря.* Ленинград, Недра, 1978, 211 с.

61. *Земля Франца-Иосифа.* Боярский П.В., ред. Москва, Паулсен, 2013, 680 с.

62. Zemp M., Huss M., Thibert E. Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature.* 2019, vol. 568, pp. 382–38.

63. Кириллова А. В., Кокин О. В. Рельефообразование в ходе активной фазы современных ледниковых пульсаций на Западном Шпицбергене (на примере ледника Комфортлесс). *Мат. XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН «Теория и методы современной геоморфологии».* Под ред. Кладовщиков М. Е., ред. Симферополь, 2016, с. 373–377.

Глава 2

2.1. Гидрологическая структура

1. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1. вып. 1. Баренцево море. Гидрометеорологические условия. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

2. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР.* Москва, Изд МГУ, 1982, 192 с.

3. Анциферов М.Ю., Гузенко В.В. *Распределение среднемноголетних гидрометеорологических характеристик в восточной части Баренцева моря в августе и сентябре за период 1972–2001 гг.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2002, 73 с.

4. Дианский Н.А. *Моделирование циркуляции океана и исследование его реакции на короткопериодные и долгопериодные атмосферные воздействия.* Москва, Физматлит, 2013, 272 с.

5. Locarnini R.A., Mishonov A.V., Antonov J.I., Boyer T.P., Garcia H.E., Baranova O.K., Zweng M.M., Paver C.R., Reagan J.R., Johnson D.R., Hamilton M., Seidov D. *World Ocean Atlas 2013.* vol. 1. Temperature. Levitus S., ed.; Mishonov A., Technical ed. NOAA Atlas NESDIS 73, 2013, 40 p.

6. Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В. Исследование отклика верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивного полярного циклона в начале января 1975 года. *Морской гидрофизический журнал.* 2019, т. 35, № 6, с. 530–548.

7. Ожигин В.К., Ившин В.А. *Водные массы Баренцева моря.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 1999, 48 с.

8. Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю. *Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость.* Мурманск, ПИНРО, 2016, 260 с.

9. Oziel L., Sirven J., . Gascard J.-C. The Barents Sea frontal zones and water masses variability (1980–2011). *Ocean Science.* 2016, vol. 12, no. 1, pp. 169–184.

10. Loeng H. Features of the physical oceanographic conditions of the Barents Sea. *Polar. Research.* 1991, vol. 10, pp. 5–18

11. *Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет – 2012».* ч. 2. Боголицын К.Г., ред. Архангельск, Северный (Арктический) Федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2012, 475 с.

12. Иванов В.В. Пресноводный баланс Северного Ледовитого океана. *Тр. ААНИИ*, 1976, т. 323, с. 138—147.

13. Моисеев Д.В., Запорожцев И.Ф., Максимовская Т.М., Духно Г.Н. Идентификация положения фронтальных зон на поверхности Баренцева моря по данным контактного и дистанционного мониторинга. *Арктика: экология и экономика.* 2019, №2(34), с. 48–63.

14. Зимин А.В. Количественные оценки изменчивости характеристик температуры поверхности моря в районе фронтальных зон Баренцева моря / А.В. Зимин, А.А. Коник, О.А. Атаджанова. *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета.* 2018, № 51, с. 99–108.

15. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Денисов В.В., Жичкин А.П., Моисеев Д.В. Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности. *Труды Кольского научного центра РАН.* 2013, №1 (14). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-vekovoy-dinamiki-klimata-barentseva-morya-pri-planirovanii-morskoy-deyatelnosti

16. Карсаков А.Л., Аверкиев А.С., Густоев Д.В. Современное состояние океанографических наблюдений в Баренцевом море и проблемы долгосрочного прогнозирования. *Труды ВНИРО.* 2017, т. 169, с. 64–71.

17. Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009. *ICES J. Mar. Sci.* 2012, vol. 69, pp. 833–840.

18. Smedsrud L.H., Ingvaldsen R.B., Esau I., Eldevi T. The role of the Barents Sea in the Arctic climate system. *Reviews of Geophysics.* 2013, vol. 51 (7), pp. 415–449.

19. Le Treut H., Somerville R., Cubasch U., Ding Y., Mauritzen C., Mokssit A., Peterson T., Prather M., 2007: Historical Overview of Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., eds. United Kingdom, New York, Cambridge University Press, URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4-wg1-chapter1.pdf

20. IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M., eds. United Kingdom, New York, Cambridge University Press, 1535 p. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf

21. Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Ившин В.А. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека. *Труды ВНИРО.* 2018, т. 173, с. 79–91.

2.2. Ледовая обстановка

1. *Электронное справочное пособие по океанографическим характеристикам Баренцева моря.* 2005. URL: http://www.aari.ru/resources/a0013_17/barents/atlas_barents_sea/browse_atlas.htm

2. Бузин И.В., Зубакин Г.К. Сезонная изменчивость региональной климатической системы (РКС) Баренцевого моря. *Тр. ААНИИ.* 2009, т. 450, с. 41–58.

3. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1. вып. 1. Баренцево море. Гидрометеорологические условия. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

4. *Ледяные образования морей Западной Арктики.* ред. Зубакина Г.К., Санкт-Петербург, ААНИИ, 2006. 272 с.

5. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Денисов В.В., Жичкин А.П., Моисеев Д.В. Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности. *Труды Кольского научного центра РАН.* 2013, №1 (14). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-vekovoy-dinamiki-klimata-barentseva-morya-pri-planirovanii-morskoy-deyatelnosti

6. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР.* Москва, Изд-во МГУ, 1982, 192 с.

7. Johannessen O., Alexandrov V., Frolov I., Sandven S., Pettersson L., Bobylev L., Kloster K., Smirnov V., Mironov Ye., Babich N. *Remote Sensing of Sea Ice in the Northern Sea Route. Studies and Applications.* UK, Springer, Praxis Publishing, 2007, 550 p.

8. *Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет — 2012».* ч. 2. Боголицын К.Г., ред. Архангельск, Северный (Арктический) Федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2012, 475 с.

9. Козлов С.А. Опасные для нефтегазопромысловых сооружений геологические и природно-техногенные процессы на Западно-Арктическом шельфе России. *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело».* 2005. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Kozlov/Kozlov_2.pdf.

10. Марченко А.В., Дианский Н.А., Онищенко Д.А., Чумаков М.М., Никитин М.А., Фомин В.В, Марченко Н.А. Исследование дрейфа льда и эволюции консолидированного слоя торосов в Северо-Западном регионе Баренцева моря. *Труды Гидрометцентра России.* 2016, вып. 361, с. 231–260.

11. Марченко Н.А. Изучение особенностей дрейфа льда в Баренцевом море. *Научно-технический сборник Вести газовой науки.* 2018, № 4 (36), с. 166–179.

12. Marchenko A.V. Characteristics of ice drift in the Western Barents Sea reconstructed by the data of the trackers deployed on drifting ice in 2008 and 2010. *Proc. of the 19th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC 2011).* Montreal, Canada, 2011, pp. 16.

13. Marchenko A.V., Diansky N.A., Fomin V.V. Modeling of iceberg drift in the marginal ice zone of the Barents Sea. *Applied Ocean Research.* 2019, vol. 88, pp. 210–222.

14. Smedsrud L.H., Ingvaldsen R.B., Esau I., Eldevi T. The role of the Barents Sea in the Arctic climate system. *Reviews of Geophysics.* 2013, vol. 51 (7), pp. 415–449.

15. Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009. *ICES J. Mar. Sci.* 2012, vol. 69, pp. 833–840.

16. Oziel L., Sirven J., Gascard J.C. The Barents Sea frontal zones and water masses variability (1980–2011). *Ocean Sci.* 2016, vol. 12, pp. 169–184.

17. *Sea ice extent in the Barents Sea and Fram Strait.* URL: http://www.mosj.no/en/climate/ocean/sea-ice-extent-barents-sea-fram-strait.html

18. *Sea ice cover for April 2019.* URL: https://climate.copernicus.eu/sea-ice-cover-april-2019

2.3. Термохалинные характеристики

1. Залогин Б.С., Косарев А.Н. *Моря.* Москва, Мысль, 1999, 402 с.

2. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР.* Москва, 1982, 192 с.

3. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1. вып. 1. Баренцево море. Гидрометеорологические условия. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

4. Loeng H. Features of the physica1 oceanography of the Barents Sea. *Polar. Research.* 1991, vol. 10 (1), pp. 5–18.

5. Pfirman S., Bauch D., Gammelsrød T. The northern Barents Sea: water mass distribution and modification. The Polar Oceans and their role in shaping the global environment. *AGU Geophys. Monograph.* 1994, vol. 85, pp. 74–94.

6. Махотин М.С., Иванов В.В. Распространение атлантических водных масс в Баренцевом море по данным наблюдений и численного моделирования. *Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации.* 2016, вып. 361, с. 169–191.

7. Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю. *Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость.* Мурманск, ПИНРО, 2016, 260 с.

8. Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Ившин В.А. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека. *Труды ВНИРО.* 2018, т. 173, с. 79–91.

9. ICES Report on Ocean Climate 2016. González-Pola C., Larsen K.M.H., Fratantoni P., Beszczynska-Möller A., Hughes S.L., eds. *ICES Cooperative Research Report No. 339.* 2018, 110 p.

10. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1. вып. 2. Баренцево море. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1992, 182 с.

11. *Северный Ледовитый и Южный океаны.* Трешников А.Ф., Сальников С.С., ред. Ленинград, Наука, 1985, 502 с.

12. Потапов В.Р. О математическом моделировании влияния пресного стока на ледово-гидрологические условия Печорского моря. *Исследования ледяного покрова северо-западных морей.* Москва, 1983, с. 28–35.

2.4. Гидрохимические характеристики

1. Rey F. Declining silicate concentrations in the Norwegian and Barents Sea. *ICES Journal of Marine Science.* 2012, vol. 69(2), pp. 208–212.

2. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1. вып. 2. Баренцево море. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1992, 182 с.

3. Орадовский С.Г. Исследование биогенного химического состава льдов Баренцева моря. *Труды ВНИРО.* 1972, т. 75, с. 65–73.

4. Титов О.В. Многолетние изменения гидрохимических характеристик на разрезе «Кольский меридиан» как показатель изменений в экосистеме Баренцева моря. *Океанология.* 2001, т. 41, №4, с. 518–526.

5. Сапожников В.В., Титов О.В., Педченко А.П., Никифоров А.Г., Прозоркевич Д.В., Зубаревич В.Л., Торгунова Н.И., Зозуля Н.М., Семочкина Т.Б. Экосистемная съемка и гидролого-гидрохимические исследования Баренцева моря на научно-исследовательском судне "Фритьоф Нансен" (август—октябрь 2004 г.). *Океанология.* 2005, т.45, №3, с. 471–475.

6. Erga S.R., Ssebiyonga N., Hamre B., Frette Ø., Rey F., Drinkwater K.F. Nutrients and phytoplankton distribution and activity at the Barents Sea Polar Front in summer near Hopen and Storbanken. *J. Mar. Syst.* 2014, vol. 130, pp. 181–192.

7. Бруевич С.В. Очерк гидрохимии Баренцева моря. *Тр. ГОИН.* 1948, вып. 10(22), с. 80–116.

8. *Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря.* Апатиты, 1985, с. 150.

9. *Приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».*

10. *Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 2007 г.* Москва, Росгидромет, Обнинск, ОАО «ФОП», 2009.

2.5. Циркуляция вод

1. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т 1. вып.1. Баренцево море. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

2. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР.* Москва, Изд-во, МГУ, 1982, 192 с.

3. Kålås J.A., Henriksen S., Skjelseth S., Viken Å. *Environmental conditions and impacts for Red List species «Norwegian Biodiversity Information Centre, Norway.* 2010, 136 с.

4. Schauer U., Fahrbach E., Osterhus S., Rohardt G. Arctic warming through the Fram Strait: oceanic heat transport from 3 years of measurements. *Journal of Geophysical Research.* 2004, vol. 109(C06026).

5. Loeng H., Drinkwater K. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability. *Deep-Sea Research II 54.* 2007, pp. 2478–2500.

6. Beszczynska-Möller A., Fahrbach E., Schauer U., Hansen E. Variability in Atlantic water temperature and transport at the entrance to the Arctic Ocean, 1997–2010. *ICES Journal of Marine Science.* 2012, vol. 69, pp. 852–863.

7. Махотин М.С., Иванов В.В. Распространение атлантических водных масс в Баренцевом море по данным наблюдений и численного моделирования. *Тр. гидрометеорологического научно-исследовательского центра РФ.* 2016, вып 361, с. 169–191.

8. Ozhigin V.K., Trofimov A.G., Ivshin V.A. The Eastern Basin Water and currents in the Barents Sea. *ICES Document CM.* 2000, vol. L:14, 19 p.

9. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Денисов В.В., Жичкин А.П., Моисеев Д.В. Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности. *Труды Кольского научного центра РАН.* 2013, №1 (14). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-vekovoy-dinamiki-klimata-barentseva-morya-pri-planirovanii-morskoy-deyatelnosti

10. Loeng H. Features of the physical oceanographic conditions of the Barents sea. *Polar Research.* 1991, vol. 10, pp. 5–18.

11. Ingvaldsen R.B. Width of the North Cape Current and location of the Polar Front in the western Barents Sea. *Geophys. Res. Lett.* 2005, vol. 32, L16603, pp. 1–4.

12. Pedersen O.P., Zhou M., Tande K.S., Edvardsen A. Eddy formation on the coast of North Norway — evidenced by synoptic sampling. *ICES Journal of Marine Science.* 2005, vol. 62, iss. 4, pp. 615–628.

13. *Ecosystem Barents Sea.* Sakshaug E., Johnsen G.H., Kovacs K.M., eds. Tapir Academic Press, 2009.

14. Кушнир В.М., Хансен Е., Петренко Л.А., Павлов В.К., Морозов А.Н., Станичный С.В., Федоров С.В. Течения и турбулентная диффузия в придонном пограничном слое Баренцева моря. *Морской гидрофизический журнал.* 2007, №5, с. 31–49.

15. Танцюра А.И. О течениях Баренцева моря. *Труды ПИНРО.* 1959, вып. II, с. 35—53.

16. Новицкий В.П. Постоянные течения северной части Баренцева моря. *Труды ГОИН.* 1961, вып. 64, с. 3–32.

17. Кулаков М.Ю., Макштас А.П., Шутилин С.В. AARI–IOCM – совместная модель циркуляции вод и льдов Северного Ледовитого океана. *Проблемы Арктики и Антарктики.* 2012, № 2(92), с. 6–18.

18. Sakov P. TOPAZ4: an ocean-sea ice data assimilation system for the North Atlantic and Arctic. *Ocean Science.* 2012, vol. 8, iss. 4, pp. 633–656.

19. Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В. Исследование отклика верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивного полярного циклона в начале января 1975 года. *Морской гидрофизический журнал.* 2019, т. 35, № 6, с. 530–548.

20. Дианский Н.А. *Моделирование циркуляции океана и исследование его реакции на короткопериодные и долгопериодные атмосферные воздействия.* Москва, Физматлит, 2013, 272 с.

21. *Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет-2012».* ч. 2. Боголицын К.Г., ред. Архангельск, Северный (Арктический) Федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2012, 475 с.

2.6. Колебания уровня моря

1. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* т. 1, вып. 1. Баренцево море. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

2. Лебедев С.А. Методика обработки данных спутниковой альтиметрии для акваторий Белого, Баренцева и Карского морей. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2016, т. 13, № 6, с. 203–223.

3. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР*. Москва, Изд-во МГУ, 1982, 192 с.

4. *Атлас океанов.* Северный Ледовитый океан. Ленинград, Изд-во ВМФ СССР, 1980, 204 с.

5. Egbert G.D., Erofeeva S.Y. Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology.* 2002, vol. 19, no. 2, pp. 183–204.

6. Попов С.К. *Моделирование и прогноз изменений уровня и скорости течений в морях России. Дисс. … д-ра фаз-мат наук.* Москва, ФГБУ «Гидрометцентр России», 2019, 300 с.

7. *Электронное справочное пособие по океанографическим характеристикам Баренцева моря.* 2005. URL: http://www.aari.ru/resources/a0013_17/barents/atlas_barents_sea/browse_atlas.htm

8. Май Р.И. Линейные и нелинейные приливные явления в морях Европейсткой Арктики. *Проблемы Арктики и Антарктики.* 2008, № 3 (80), с. 115–125.

9. Попов С.К. Влияние морского льда на приливные колебания уровня моря и скорости течений в Баренцевом и Белом морях. *Труды Гидрометцентра РФ.* 2018, №4 (370), с. 137–155.

10. Kwon M.O., Lee H.J. The Effect of Tides on the Volume of Sea Ice in the Arctic Ocean. *Ocean Sci. J.* 2016, vol. 51, 183 p.

11. *ЕСИМО* (*Единая система информации об обстановке в Мировом океане*). URL: http://esimo.oceanography.ru/esp1/index.php?sea_code=5&section=6&menu_code=2659

12. Lebedev S.A., Zilberstein O.I., Popov S.K., Tikhonova O.V. Analysis of temporal sea level variation in the Barents and the White seas from altimetry, tide gauges and hydrodynamic simulation. *Satellite Altimetry for Geodesy, Geophysics and Oceanography.* Hwang C., Shum C.K., Li J.C., eds. IAG Symposia. 2003, vol. 126, Berlin, Heidelberg, Springer–Verlag, pp. 243–249.

13. Korablina A.D., Kondrin A.T., Arkhipkin V.S. Numerical simulations and statistics of surges in the White and Barents seas. *Russ. J. Earth.* Sci. 2017, vol. 17, pp. ES4004.

14. Кораблина А.Д. *Моделирование нагонов в Белом и Баренцевом морях. Дисс. … канд. геогр. наук.* Москва, Московский государственный университет, 2018, 126 с.

15. Кондрин А.Т. Формирование штормовых нагонов в Белом море. *Вестник Московского университета.* Сер. 5. География. 2016, № 6, с. 33–40.

16. Шабанова Н.Н., Огородов С.А. Варандей-2010 - сильнейший штормовой нагон за историю наблюдений: причины, характеристики, последствия. *Сб. мат. Международной научной конференции «Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»)».* Ростов-на-Дону, ЮНЦ РАН, с. 214–217.

17. Tilinina N., Gulev S.K., Bromwich D. New view of Arctic cyclone activity from the Arctic System reanalysis. *Geophys. Res. Lett.* 2014, vol. 43, pp. 1766–1772.

18. Мысленков С.А., Маркина М.Ю., Архипкин В.С., Тилинина Н.Д. Повторяемость штормового волнения в Баренцевом море в условиях современного климата. *Вестник Московского университета.* Сер. 5. География. 2019, № 2, с. 45–54.

19. Дианский Н.А., Кабатченко И.М., Фомин В.В., Панасенкова И.И., Резников М.В., Система диагноза и прогноза термогидродинамических характеристик и ветрового волнения в западных морях российской Арктики и расчет параметров экстремального шторма 1975 г. в Баренцевом море с учетом ледовых условий. *Вести газовой науки*. 2018. Т4. № 36, с. 156–165.

20. Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В. Исследование отклика верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивного полярного циклона в начале января 1975 года. *Морской гидрофизический журнал.* 2019, т. 35, № 6, с. 530–548.

21. Нестеров Е.С. Экстремальные циклоны над морями европейской части России. *Гидрометеорологические исследования и прогнозы.* 2018, №1 (367), с. 97–115.

22. Orimolade A.P., Furevik B.R., Noer G., Gudmestad O.T., Samelson R.M. Waves in polar lows. *J. Geophys. Res. Oceans.* 2016, vol. 121, pp. 6470–6481.

23. Кудрявцев В.Н., Заболотских Е.В., Шапрон Б. Аномально высокие волны в Арктике: оценка вероятности и пространственное распределение. *Метеорология и Гидрология.* 2019, № 4, с. 79–88.

Глава 3

3.1. Планктон

1. Ветров А.А., Романкевич Е.А. Первичная продукция и потоки органического углерода на дно в арктических морях, ответ на современное потепление. *Океанология.* 2011, т. 51, № 2, с. 266–277.

2. Усачев П.И. Состав и распределение фитопланктона в Баренцевом море летом 1931 г. *Труды Арктического института.* 1935, т. 21, с. 5–94.

3. Matishov G., Makarevich P., Timofeev S., Kuznetsov L., Druzhkov N., Larionov V., Golubev V., Zuyev A., Adrov N., Denisov V., Iliyn G., Kuznetsov A., Denisenko S., Savinov V., Shavikyn A., Smolyar I., Levitus S., O'Brien T., Baranova O. *Biological Atlas of the Arctic Seas 2000: Plankton of the Barents and Kara Seas.* National Oceanographic Data Center/NOAA, Silver Spring, MD, USA, 2000, 356 p.

4. Ларионов В.В. *Пространственное распределение и сукцессионные смены видовых комплексов фитопланктона Баренцева моря. Автореф. дисс…канд. биол. наук.* Москва, 1993, 33 с.

5. Makarevich P.R., Larionov V.V. Taxonomic composition of phytoplankton and history of the phytoplankton studies in the Barents sea. *Phytoplankton of the Barents sea. Apatity.* 1992, pp. 17–52.

6. Druzhkov N.V., Makarevich P.R. Comparison of the phytoplankton Assemblages of the South-Eastern Barents Sea and South-Western Kara Sea: Phytogeographical Status of the regions. *Botanica Marina.* 1999, vol. 42, pp. 103–115.

7. Дружков Н.В., Макаревич П.Р. *Пространственно-временная организация фитоценоза в открытых шельфовых водах Западной Арктики. Экосистемы пелагиали морей Западной Арктики.* Апатиты, КНЦ РАН, 1996, с. 37–72.

8. Савинов В.М., Бобров Ю.А. Пространственные неоднородности распределения первичной продукции Баренцева моря. *Экология и биологическая продуктивность Баренцева моря.* Москва, 1990, с. 9–17.

9. Дружков Н.В., Макаревич П.Р. Сезонная сукцессия микрофитопланктона в прибрежной зоне Восточного Мурмана. *Продукционно-деструкционные процессы пелагиали прибрежья Баренцева моря.* Апатиты, КНЦ РАН СССР, 1991, с. 43–54.

10. Дружков Н.В., Кузнецов Л.Л., Байтаз О.Н., Дружкова Е.И. Сезонные циклические процессы в североевропейских прибрежных пелагических экосистемах (на примере Центрального Мурмана, Баренцево море). *Планктон морей Западной Арктики.* Апатиты, 1997, с. 145–156.

11. Frey K.E., Comiso J.C., Cooper L.W., Grebmeier J.M., Stock L.V. Arctic Ocean primary productivity: The response of marine algae to climate warming and sea ice decline. *Arctic Report Card 2019.* Osborne E., Richter-Menge J., Jeffries M., eds. 2018.

12. Макаревич П.Р. *Структура и функционирование планктонных альгоценозов эстуарных экосистем шельфовых морей. Автореф. дис. … д-ра биол. наук.* Мурманск, 2004, 45 с.

13. Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. *Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей.* Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Ростов на Дону, Изд-во Южн. науч. центра РАН, 2010, 280 с.

14. Боуден К. *Физическая океанография прибрежных вод.* Москва, Мир, 1988, 324 с.

15. Makarevich P., Druzhkova E., Larionov V. *Primary Producers of the Barents Sea. Diversity of Ecosystems.* Mahamane A., ed., 2012, pp. 367–392.

16. Рыжов В.М. *Фитопланктон. Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря.* Апатиты, 1985, с. 100–105.

17. *Многолетний комплексный экологический мониторинг акватории Штокмановского и Мурманского месторождений на шельфе Баренцева моря. Материалы одиннадцати экспедиций НИС «Дальние Зеленцы» за 1985–1992 годы)*. Апатиты, 1993, 52 с.

18. Ларионов В.В. Общие закономерности пространственно-временной изменчивости фитопланктона Баренцева моря. *Планктон морей Западной Арктики. Апатиты.* 1997, с. 65–127.

19. Hansen G.A., Eilertsen H.C. Modelling the onset of phytoplankton blooms: a new approach. Ecology of fjords and coastal waters. Amsterdam, Elsevier, 1995, pp. 73–83.

20. Макаревич П.Р. Весеннее состояние микрофитопланктонного сообщества юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского морей на акваториях, покрытых льдами. *Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути).* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 1998, с. 138–150.

21. Druzhkov N., Grönlund L., Kuznetsov L.L. The phytoplankton of the Pechora Sea, the Pechora Bay and the Cheshskaya Bay. *Pechora Sea Ecological Studies in 1992–1995 (Finnish-Russian Offshore Technology Working Group Report B13).* Helsinki, Finnish Institute of Marine Research, 1997, pp. 41–51.

22. Васютина Н.П. Фитопланктон юго-восточной части Баренцева моря в июле-августе 1977 г. *Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР.* Москва, Гидрометеоиздат, 1991, с. 127–134.

23. Макаревич П.Р. Фитопланктонные сообщества. *Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 1996, с. 50–54.

24. Hesse K.-J., Gerdes D., Schaumann K. A winter study of plankton distribution across a coastal salinity front in the German Bight. *Meersforsch.* 1989, vol. 32, pp. 177–191.

25. Svendsen H. Mixing and exchange processes in estuaries, fjords and shelf waters. *The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems.* Berlin, Hedelberg, Springer-Verlag, 1986, pp. 13–45.

26. Кузнецов Л.Л., Дружков Н.В., Байтаз О.Н. Прибрежные экосистемы пелагиали Баренцева моря. *Экосистемы пелагиали морей Западной Арктики.* Апатиты, 1996, с. 73–85.

27. Семенов В.Н. Систематика и экология краевых бассейнов. *Жизнь и среда полярных морей.* Ленинград, Наука, 1989, с. 106–145.

28. Макаревич П.Р., Олейник А.А. Фитопланктон Баренцева моря в весенний период: состав и структура в районе ледовой кромки. *Труды КНЦ РАН.* Мурманск, 2017, с. 50–58.

29. Ardyna M., Babin M., Devred E., Forest A., Gosselin M., Raimbault P., Tremblay J.-É. Shelf-basin gradients shape ecological phytoplankton niches and community composition in the coastal Arctic Ocean (Beaufort Sea). *Limnol. Oceanogr.* 2017, vol. 62, pp. 2113–2132.

30. Tschudi M.A., Fowler C., Maslanik J.A., Stroeve J.A. Tracking the movement and changing surface characteristics of Arctic sea ice. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Observ. Remote Sens.* 2010, vol. 3(4), pp. 536–540.

31. Tremblay J.-É., Anderson L.G., Matrai P., Bélanger S., Michel C., Coupel P., Reigstad M. Global and regional drivers of nutrient

supply, primary production and CO2 drawdown in the changing Arctic Ocean. *Prog. Oceanogr.* 2015, vol. 139, pp. 171–196.

32. Hill V., Ardyna M., Lee S. H., Varela D. E. Decadal trends in phytoplankton production in the Pacific Arctic Region from 1950 to 2012. *Deep-Sea Res.* Pt. II. 2018, vol. 152, pp. 82–94.

33. Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. *Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики).* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2003, 308 с.

34. Schubert C.J., Calvert S.E. Nitrogen and carbon isotopic composition of marine and terrestrial organic matter in Arctic Ocean sediments: implication for nutrient utilization and organic matter composition. *Deep-Sea Res.* I. 2001, vol. 48, iss. 3, pp. 789–810.

35. Макаревич П.Р. Первичная продукция Баренцева моря. *Вестник МГТУ.* 2012, т. 15, №4, с. 786–793.

36. Sakshaug E., Johnsen G., Kovacs K., eds. *Ecosystem Barents Sea.* Tapir Academic Press, Trondheim, 2009, 587 p.

37. Dalpadado P., Arrigo K.R., Hjøllo S.S., Rey F., Ingvaldsen R.B., Sperfeld E. Productivity in the Barents Sea – Response to Recent Climate Variability. *PLoS ONE.* 2014, vol. 9(5), p. e95273.

38. Strass V., Nöthig E. Seasonal shifts in ice edge phytoplankton blooms in the Barents Sea related to the water column stability. *Polar biology.* 1996, vol. 16, no. 6, pp. 409–422.

39. Arrigo K.R., Perovich D.K., Pickart R.S., Brown Z.W., van Dijken G.L. Massive phytoplankton blooms under Arctic sea ice. Science 336: 1408 Arrigo K.R., van Dijken G.L. Secular trends in Arctic Ocean net primary production. *J. Geophys. Res.* 2011,vol. 116, p. C09011.

40. Rat'kova T.N., Wassmann P. Sea ice algae in the White and Barents seas: Composition and origin. *Polar research.* 2005, vol. 24 (1–2), pp. 95–110.

41. Arrigo K.R., van Dijken G.L. Secular trends in Arctic Ocean net primary production. *J. Geophys. Res.* 2011, vol. 116, p. 9.

42. Drinkwater K.F. The influence of climate variability and change on the ecosystems of the Barents Sea and adjacent waters: Review and synthesis of recent studies from the NESSAS Project. *Progress in Oceanography.* 2011, vol. 90, pp. 47–61.

43. Павштикс Е.А., Фомин О.К. История развития и основные направления планктонных исследований в Баренцевом море. *Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря.* Матишов Г.Г. ред. Апатиты, Изд-во КФАН СССР, 1985, с. 126–128.

44. Тимофеев С.Ф. Зоопланктон фронтальных зон Баренцева моря. *Жизнь и среда полярных морей.* Ленинград, Наука, 1989, с. 84–89.

45. Riser C.W., Wassmann P., Olli K., Pasternak A., Arashkevich E. Seasonal variation in production, retention and export of zooplankton faecal pellets in the marginal ice zone and central Barents Sea. *Journal of Marine Systems.* 2002, vol. 38, pp. 175–188.

46. Wassmann P., Reigstad M., Haug T., Rudels B., Carroll M.L., Hop H., Gabrielsen G.W., Falk-Petersen S., Denisenko S.G., Arashkevich E., Slagstad D., Pavlova O. Food webs and carbon flux in the Barents Sea. *Progress in Oceanography.* 2006, vol. 71, no. 2–4, pp. 232–287.

47. Дворецкий В.Г. Современные исследования зоопланктона в Баренцевом море. *Труды Кольского научного центра РАН.* 2013, № 1 (14), с. 1–23.

48. Фомин О.К. Качественный состав зоопланктона. *Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря.* Матишов Г.Г. ред. Апатиты, Изд-во КФАН СССР, 1985, с. 128–134.

49. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Исследования зоопланктона в юго-восточной части Баренцева моря летом-осенью 2012 г. *Рыбное Хозяйство.* 2017, т. 2, с. 52–55.

50. Беклемишев К.В. *Экология и биогеографияпелагиали.* Москва, Наука, 1969, 291 с.

51. Тимофеев С.Ф., Широколобова О.В. Зоопланктон и его значение в системе экологического мониторинга. *Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря.* Апатиты, Изд-во КРЦ РАН, 1996, с. 54–60.

52. Виноградов М.Е. Экосистемы океанской эпипелагиали и некоторые особенности их функционирования. *Биологические ресурсы Мирового Океана.* Москва, Наука, 1979, с. 83–102.

53. Беклемишев К.В., Парин Н.В., Семина Г.И. Биогеография океана (пелагиаль). *Биология океана (Биологическая структура океана).* Москва, Наука, 1977, с. 219–262.

54. Мусаева Э.И., Сунцов А.В. О распределениии зоопланктона Печорского моря (по материалам августа 1998 г.). *Океанология.* 2001, т. 41, вып. 4, с. 533–541.

55. Orlova E.L., Dalpadado P., Knutsen T., Nesterova N.V., Prokopchuk I.P. Zooplankton. *The Barents Sea ecosystem, resources, management.* Jacobsen T., Ozhigin V.K., eds. Trondheim, Tapir Academic Press, 2011, pp. 91–119.

56. *ICES. 2015.* Second Interim Report of the Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR), 1–4 June 2015, Kirkenes, Norway. ICES CM 2015/SSGIEA:04. 102 p.

57. Зеликман Э.А. К планктической характеристике юго-восточного сектора Баренцева моря (по материалам августа 1958 г.). *Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана.* Мурманск, Мурманское изд-во, 1961, с. 39–58.

58. Hassel A., Skjoldal H.R., Gjøsæter H., Loeng H., Omli L. Impact of grazing from capelin (*Mallets villosus*) on zooplankton: a case study in the northern Barents Sea in August 1985. *Polar Research.* 1991, vol. 10, pp. 371–388.

59. Dalpadado P., Skjoldal H.R. Abundance, maturity and growth of the krill species *Thysanoessa inermis* and *T. longicaudata* in the Barents Sea. *Marine Ecology Progres Series.* 1996, vol. 144, pp. 175–183.

60. Orlova E.L., Rudneva G.B., Renuad P.E., Eiane K., Cavinov V., Yurko A.S. Climat impact on feeding and condition of capelin *Mallotus villosus* in the Barents Sea: evidence and machanisms from a 30 year data set. *Aquatic Biology.* 2010, vol. 10, no. 2, pp. 105–118.

61. Зимин А.В. Количественные оценки изменчивости характеристик температуры поверхности моря в районе фронтальных зон Баренцева моря. *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета.* 2018, № 51, с. 99–108.

62. Гирдюк Г.В., Дженюк С.Л. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Баренцево море.* т. 1, вып. 1. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1990, 280 с.

63. Николаев Ю.В., Макштас А.П., Иванов Б.В. К проблеме изучения Прикромочных зон арктических морей. *Труды ААНИИ.* 1986, т. 406, с. 131–138.

64. Edvardsen A., Tande K.S., Slagstad D. The importance of advection on production of *C. finmarchicus* in the Atlantic part of the Barents Sea. *Sarsia.* 2003, vol. 88, pp. 261–273.

65. Blachowiak-Samolyk K., Kwasniewski S., Hop H., Falk-Petersen S. Magnitude of mesozooplankton variability: a case study from the Marginal Ice Zone of the Barents Sea in spring. *Journal of Plankton Research.* 2008, vol. 30, no. 3, pp. 311–323, 2007

66. Weydmann A., Søreide J.E., Kwaśniewski S., Leu E., Falk-Petersen S., Berge J. Ice-related seasonality in zooplankton community composition in a high Arctic fjord. *Journal of Plankton Research.* 2013, vol. 35, № 4, pp. 831–842.

67. Sakshaug E. Biomass and productivitydistribution and their variability in the Barents Sea. *ICES Journal of Marime Sciences.* 1997, vol. 54, pp. 341–350.

68. Чуксина Н.А. Зоопланктон Печорского залива по материалам 1967 и 1968 гг. *Материалы рыбохозяйственных исследований северного бассейна.* 1971, вып. 18, с. 21–28.

69. Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Distribution of Zooplankton in the Barents Sea in August 2006. *Oceanology.* 2010, vol. 50, pp. 915–923.

70. Gjøsæter H., Dalpadado P., Hassel A. Growth of Barents Sea capelin (*Mallotus villosus*) in relation to zooplankton abundance. *ICES Journal of Marine Science.* 2002, vol. 59, pp. 959–967.

71. Дробышева С.С., Ярагина Н.А. Значение эвфаузиид в питании баренцевоморских рыб. *Кормовые ресурсы и пищевые взаимоотношения рыб Северной Атлантики.* Мурманск, изд-во ПИНРО, 1990, с. 184–206.

72. Чуксина Н.А. Видовой состав и биомасса зоопланктона Коровинской губы и проливов в дельте Печоры. *Материалы*

рыбохозяйственных исследований северного бассейна. 1970, вып. 13, с. 59–68.

73. Kosobokova K.N., Hoperoft R.R., Hirche H-J. Patterns of zooplankton diversity thought the depths of the Arctic's central basin. *Marine Bidiversity.* 2011, vol. 41, pp. 29–50.

74. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Состав и распределение зоопланктона полярного фронта (Баренцево море). *Вестник Кольского научного центра РАН.* 2018, № 2 (10), с. 25–37.

75. Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Структура и продуктивность зоопланктонных сообществ фронтальных зон Баренцева моря в августе 2010 г. *Наука юга России.* 2017, т. 13, № 36, с. 71–84.

76. Bauch H.A., Pavlidis Yu.A., Polyakova Ye.I., Matishov G.G., Koç N. Past, modern, and future state of the Pechora Sea. *Berichte zur Polar und Meeresforichung.* 2005, vol. 501, pp. 1–5.

77. Bluhm B.A., Hop H., Melnikov I.A., Poulin M., Vihtakari M., Collins R.E., Gradinger R., Juul-Pedersen T., von Quillfeldt C. Sea Ice Biota. *State of the Arctic Marine Biodiversity Report.* Chapter 3, Akureyri, Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat, 2017, pp. 33–60.

78. Кособокова К.Н. Зоопланктон *Арктического бассейна: структура сообществ и региональные особенности количественного распределения. Автореф. дис. … д-ра биол. наук.* Москва, 2010, 48 с.

79. Arashkevich E., Wassmann P., Pasternak A., Riser C. Seasonal and spatial changes in biomass, structure, and the development progress of the zooplankton community in the Barents Sea. *Journal of Marine Systems.* 2002, vol. 38, pp. 125–145.

80. Conover R.J., Comparative life histories in the genera *Calanus* and *Neocalanus* in high latitudes of the northern hemisphere. *Hydrobiologia.* 1988, vol. 167/168, pp. 127–142.

81. Hirche H.-J. Distribution of dominant calanoid copepod species in the Greenland Sea during late fall. *Polar Biology.* 1991, vol. 11, pp. 351– 362.

82. Alldredge A.L., Robinson B.H., Fleminger A., Torres J.J., King J.M., Hammer W.M. Direct sampling and in situ observation of a persistent copepod aggregation in the mesopelagic zone of the Santa Barbara Basin. *Marine Biology.* 1984, vol. 80, pp. 75– 81.

83. Sameoto D.D., Herman A.W. Life cycle and distribution of *Calanus finmarchicus* in deep basins on the Nova Scotia shelf and seasonal changes in Calanus spp. *Marine Ecology Progres Series.* 1990. vol. 66. pp. 225–237.

84. Vinogradov M.E., Arashkevich E.G., Ilchenko S.V. The ecology of the Calanus ponticus population in the deeper layer of its concentration in the Black Sea. *Journal of Plankton Research.* 1992, vol. 14, pp. 447–458.

85. Яшнов В.А. *Планктическая продуктивность северных морей СССР.* Москва, Изд-во МОИП, 1940, 85 с.

86. Тимофеев С.Ф. *Экология морского зоопланктона.* Мурманск, Изд-во МГПИ, 2000, 216 с.

87. Kosobokova K.N., Hirche H.-J. Biomass of zooplankton in the eastern Arctic Ocean – A base line study. *Progress in Oceanography.* 2009, vol. 82, pp. 265–280.

88. Unstad K.H., Tande K.S. Depth distribution of *Calanus finmarchicus* and *Calanus glacialis* in relation to environmental conditions in the Barents Sea. *Polar Research.* 1991, vol. 10, pp. 409–420.

89. Daase M., Eiane K., Aksnev D., Vogedes D. Vertical distribution of *Calanus* spp. and *Metridia longa* at four Arctic location. *Marine Biology Research.* 2008, vol. 4, pp. 193–207.

90. Зеликман Э.А. Некоторые черты эволюции сем. Euphausiidae (Crustacea: Euphausiacea) в неретических и океанических областях. *Зоологический Журнал.* 1968, т. 47, № 9, с. 1314–1327.

91. Павштикс Е.А. Сезонные изменения в планктоне и кормовые миграции сельди. *Труды ПИНРО.* 1956, т. 9, с. 93–123.

92. Фомин О.К. Сезонные изменения в зоопланктоне. *Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря.* Матишов Г.Г. ред. Апатиты, Изд-во КФАН СССР, 1985, с. 135–144.

93. Мартынова Д.М., Усов Н.В., Сухотин А.А., Пугачев О.Н. *Многолетняя и сезонная динамика гидрологического режима и планктонных сообществ Белого и Печорского морей в свете изучения стабильности пелагических морских сообществ Арктики.* 2014. URL: www.ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=a6338375-3a4d-40b9-9f62-d9924de13954

94. Falk-Petersen S., Timofeev S., Pavlov V., Sargent J.R. Climat variablity and pssibly effect on arctic food chains: the role of *Calanus. Arctic Alpine Ecosystems and People in a Changing Enviroment.* Berlin, Springer Verlag, 2017, pp. 147–166.

95. Bagøien E., Dolgov A., Prokopchuk I., Knutsen T., Nesterova V., Skjoldal H.R. *Zooplankton.* 2018. URL: https://www.barentsportal.com/barentsportal/index.php/en/biotic-components/181-zooplankton-2017/790-zooplankton

96. Wassmann P., Carroll J., Bellerby R.G.J. Carbon flux and ecosystem feedback in the northern Barents Sea in an era of climate change: an untroduction. *Deep Sea Research Part II.* 2008, vol. 55, pp. 2143–2153.

97. Zhukova N.G., Nesterovs N.V., Prokopchuk I.P., Rudneva G.B. Winter distributions of euphausiids (Euphausiacea) in the Barents Sea (2000—2005). *Deep-Sea Research II.* 2009, vol. 56, pp. 1959–1967.

98. Riser C.W., Wassman P., Reigstad M., Seuthe L. Vertical flux regulation by zooplankton in the northern Barents Sea during Arctic spring. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography.* 2008, vol. 55, no. 20, pp. 2320–2329.

99. Riser C.W., Reigstad M., Wassman P., Arashkevich E., Falk-Petersen S. Export or retention? Copepod abundance, faecal pellet production and vertical flux in the marginal ice zone through snap shots from the northern Barents Sea. *Polar Biology.* 2007, vol. 30, no. 6, pp. 719–730.

3.2. Макрофитобентос

1. Постельс А., Рупрехт Ф. *Изображения и описания морских растений, собранных в северном Тихом Океане у берегов Российских владений в Азии и Америке в путешествие вокруг Света, совершенное по повелению Государя Императора Николая I на военном шлюпе Синявине в 1826, 1827, 1828 и 1829 годах под командою флота капитана Федора Литке.* Санкт-Петербург, 1840, 22 с.

2. Гоби Х.Я. *Флора водорослей Белого моря и прилегающих к нему частей Северного Ледовитого океана.* Санкт-Петербург, 1878, 85 с.

3. Kjellman F.R. The algae of the Arctic Sea. K. *Svenska Vetens. Acad. Hand.* 1883, vol. 1, band 20, no. 5, 350 p.

4. Зинова Е.С. Водоросли Мурмана. Часть I. Введение. Зеленыя и красныя водоросли. *Тр. Императорского Санкт-Петербургского Общества естествоиспытателей.* 1912, т. 43, сер. 3, № 1, с. 171–343.

5. Зинова Е.С. Водоросли Мурмана. Часть II. Бурыя водоросли. *Тр. Императорского Санкт-Петербургского Общества естествоиспытателей.* 1914, т. 44–45, сер. 3, с. 211–326.

6. Зинова Е.С. Новые для Мурмана водоросли. *Тр. Ленинградского Общества естествоиспытателей.* 1927, т. 56, сер. 3, с. 17–44.

7. Зинова А.Д. Современное состояние и дальнейшие перспективы флористических исследований по морским водорослям в СССР. *Тр. всесоюзного совещания работников водорослевой промышленности СССР.* Архангельск, 1962, т. 1, с. 87–93.

8. Виноградова К.Л. Новые для Мурмана виды водорослей. *Ботанические материалы Отдела споровых растений.* 1961, т. 14, с. 91–93.

9. Виноградова К.Л. Новые для Мурмана виды водорослей. II. *Новости систематики низших растений.* 1964, т. 1, с. 114–119.

10. Перестенко Л.П. Водоросли, новые для Мурмана. *Ботанические материалы Отдела споровых растений.* 1963, т. 16, с. 69–72.

11. Перестенко Л.П. Род *Acrosiphonia* J. Ag. на Мурманском побережье (Баренцево море). *Новости систематики низших растений.* 1965, с. 50–64.

12. Ефимова И.Б. Дополнение к флоре морских водорослей Арктических морей России. *Ботанический журнал.* 1995, т. 80, № 7, с. 97–100.

13. Виноградова К.Л., Штрик В.А. Дополнения к флоре водорослей северных морей России. *Ботанический журнал.* 2005, т. 90, № 10, с. 1593–1599.

14. Аверинцева С.Г., Шошина Е.В. *Флора губы Ярнышной Мурманского побережья Баренцева моря.* Препр. Мурманск, 1990, 15 с.

15. Шошина Е.В., Аверинцева С.Г. Распределений ассоциаций водорослей, видовой состав и биомасса в губе Ярнышной Баренцева моря. *Гидробиологические исследования в заливах и бухтах северных морей России.* Апатиты, 1994, с. 38–60.

16. Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. *Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики).* Апатиты, КНЦ РАН, 2003, 308 с.

17. Михайлова Т.А. Ассоциация *Laminaria hyperborea* (Laminariaceae) на Мурманском побережье Баренцева моря. *Ботанический журнал.* 2012, т. 97, № 6, с. 712–729.

18. Малавенда С.В., Метельский А.А. Ассоциации ламинариевых водорослей губ Ивановская и Дроздовка Восточного Мурмана. *Вестник МГТУ.* 2013, т. 16, № 3, с. 493–500.

19. Малавенда С.В., Шошина Е.В., Капков В.И. Видовое разнообразие макроводорослей в различных районах Баренцева моря. *Вестник МГТУ.* 2017, т. 20, № 2, с. 336–351.

20. Флеров Б.К., Корсакова Н.В. Водоросли юго-восточной части Баренцева моря (Печорского моря). *Труды Плавуч. морского науч. ин-та.* 1925, вып. 15, с. 1–17.

21. Коренников С.П., Гемп К.П. О видовом составе сублиторальных водорослей в районе полуострова Канин. *Ботанический журнал.* 1976, т. 61, № 4, с. 561–566.

22. Коренников С.П., Шошина Е.В. Состав и распределение водорослей в юго-восточной части Баренцева моря от мыса Микулкин до мыса Русский Заворот. *Ботанический журнал.* 1980, т. 65, № 56, с. 855–859.

23. Зеленков В.М., Пронина О.А., Антонова В.П., Потелов В.А. Состояние запасов промысловых объектов в районе нефтяного месторождения «Приразломное». *Биологические ресурсы прибрежья Российской Арктики.* Москва, ВНИРО, 2000, с. 44–46.

24. Кучерук Н.В., Котов А.В., Максимова О.В., Пронина О.А., Сапожников Ф.В., Малых Е.А. Бентос. *Печорское море: Системные исследования (Гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социо-экономические проблемы).* Романкевич Е.А., Лисицын А.П., Виноградов М.Е., ред. Москва, Издательство «МОРЕ», 2003, с. 217–230.

25. *Отчет по работам, проведенным в 56 рейсе НИС «Профессор Штокман».* Архив ИО им. П.П. Ширшова РАН, 2003, 31 с.

26. *Красная книга Ненецкого автономного округа.* Нарьян-Мар, 2006, 450 с.

27. Зинова Е.С. Водоросли Новой Земли. *Исследование морей СССР.* 1929, вып. 10, с. 41–128.

28. Флеров Б.К. Водоросли побережий Новой Земли. 1. Распределение водорослей у берегов Новой Земли. *Труды ГОИН.* 1932, т. 2, вып. 1, с. 7–45.

29. Флеров Б.К., Корсакова Н.В. Список водорослей Новой Земли. *Труды ГОИН.* 1932, т. 2, вып. 1, с. 46–73.

30. Евсеева Н.В. Видовой состав морских водорослей прибрежной зоны Мурманского побережья и архипелага Новая Земля. *Труды ВНИРО,* 2018, т. 171, с. 7–25.

31. Возжинская В.Б. Морская растительность Новой Земли (Баренцево море). *Новая Земля: Труды Морской арктической комплексной экспедиции.* Боярский П. В., ред. Москва, Институт Наследия, 1994, т. 3., вып. 4, с. 137–141.

32. Штрик В.А., Возжинская В.Б., Вехов Н.В. Морские водоросли побережья Новой Земли и пролива Югорский Шар. *Морские гидробиологические исследования.* 2000, с. 88–98.

33. Терехова Т.К. Водоросли архипелага Земля Франца-Иосифа. *Новости систематики низших растений.* 1973, т. 10, с. 68–70.

34. Виноградова К.Л. Видовой состав морских водорослей архипелага Земля Франца-Иосифа. *Новости систематики низших растений.* 1986, т. 23, с. 27–37.

35. Аверинцева С.Г. Фитоценозы о. Гукера. *Окружающая среда и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф).* Апатиты, КНЦ РАН, 1994, с. 106–108.

36. Kjellman F.R. Végétation hivernale des Algues à Mosselbay (Spitsberg), d'après les observations faites pendant l'expédition polaire suédoiseen 1872–1873. *Compt. rend. Acad. Sci.* Paris. 1875, vol. 80, pp. 474–476.

37. Kjellman F.R. Om Spitsbergens marina, klorofyllforande. Thallophyter. I. *Bih. K. Svenska Vet. Akad. Handl.* 1875, bd 3, h. 7, pp. 1–34.

38. Kjellman F.R. Om Spitsbergens marina, klorofyllforande. Thallophyter. II. *Bih. K. Svenska Vet. Akad. Handl.* 1877, bd 4, h. 6, pp. 1–61.

39. Vinogradova K.L. The checklist of the marine algae from Spitsbergen. *Ботанический журнал.* 1995, т. 80, № 6, с. 50–61.

40. Hop H., Wiencke C., Vögele B., Kovaltchouk N.A. Species composition, zonation, and biomass of marine benthic macroalgae in Kongsfjorden, Svalbard. *Botanica Marina.* 2012, vol. 55, pp. 399–414.

41. Fredriksen S., Gabrielsen T.M., Kile M.R., Sivertsen K. Benthic algal vegetation in Isfjorden, Svalbard. *Polar Research.* 2015, vol. 34, pp. 25–94.

42. Fredriksen S., Karsten U., Bartsch I., Woelfel J., Koblowsky M., Schumann R., Moy S.R., Steneck R.S., Wiktor J.M., Hop H., Wiencke C. Biodiversity of Benthic Macro- and Microalgae from Svalbard with Special Focus on Kongsfjorden. *The Ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard. Advances in Polar Ecology.* vol. 2. Hop H., Wiencke C., eds. Springer, Cham, 2019, pp. 331–371.

43. Vinogradova K.L. Seaweeds. *Atlas of marine flora of southern Spitsbergen.* Klekowski R.Z., Weslawski J.M., eds. Gdansk, Polish Academy of Sciences, 1995, pp. 297–505.

44. Зинова А.Д., Петров Ю.Е. Пути формирования флоры морских макроскопических водорослей Арктического бассейна. *Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое.* Ленинград, Гидрометеоиздат, 1970, с. 162–165.

45. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. Часть III. Условия существования на литорали Кольского залива. *Тр. Ленинградского Общества естествоиспытателей.* 1930, т. № 60, вып. 2, 176 с.

46. Блинова Е.И. Основные типы растительности зарослей водорослей литорали Мурмана. *Океанология.* 1966, т. 6, вып. 1, с. 151–158.

47. Шошина Е.В., Воскобойников Г.М., Макаров В.Н. *Оценка состояния пояса макрофитов губы Териберская Баренцева моря (Материалы к ОВОС проектных решений разработки Штокмановского газоконденсатного месторождения).* Препр. Апатиты, 1994, 28 с.

48. Блинова Е.И. Типы растительности макрофитов сублиторали Мурманского побережья Баренцева моря. *Труды молодых ученых.* 1964, с. 136–140.

49. Блинова Е.И. Эколого-флористический очерк губы Ивановки – реликтового водоема Баренцева моря. *Запасы морских растений и их использование.* 1964, с. 58–70.

50. Малавенда С.В., Макаров М.В. Структура сублиторальных фитоценозов защищенной губы Зеленецкая Мурманского побережья Баренцева моря. *Вопросы современной альгологии.* 2014, т. 1, № 5.

51. Метельский А.А. К флоре макроводорослей Печорского моря. *Вестник ЮНЦ РАН.* 2014, т. 10, № 1, с. 50–54.

52. Аверинцев В.Г., Виноградова К.Л. Фитоценоз *Halosaccionarcticum – Sphacelariaarctica* на мелководье острова Хейса (Земля Франца-Иосифа). *Биология моря.* 1990, № 3, с. 3–8.

53. Gulliksen B., Palerud R., Brattegard T., Sneli J. Distribution of marine benthic macro-organisms at Svalbard (including Bear Island) and Jan Mayen. *Research Report for DN 1999-4. Directorate for Nature Management.* Trondheim, 1999, 148 p.

54. Пельтихина Т.С. *Ламинариевые водоросли Баренцева моря и их рациональное использование. Автореф. дис.… канд. биол. наук.* Москва, 2000, 24 с.

55. Блинова Е.И., Макаров В.Н. *Инструкция по биотехнологии культивирования ламинарии сахаристой в двухгодичном цикле в Баренцевом море.* Москва, 1987, 34 с.

56. *Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей.* Апатиты, 1998. 682 с.

57. Voskoboynikov G.M., Makarov M.V., Metelkova L.O., Ryzhik I.V., Pugovkin D.V. The algae-macrophytes of the Barents Sea in bioremediation of marine environment of oil products. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science.* 2019, vol. 263(1), p. 012006.

58. Блинова Е.И. Вертикальное распределение и количественный учет макрофитов Айновских островов (Баренцево море). Распределение и состав промысловых водорослей Баренцева моря. *Тр. ММБИ.* 1965, вып. 8, № 12, с. 41–55.

59. Kain J.M. Synopsis of biological data on *Laminaria hyperborea. FAO Fish. Synops.* 1971, vol. 87, 74 p.

60. Петров Ю.Е. Ламинариевые и фукусовые водоросли в морях СССР. *Растительные ресурсы.* 1973, т. 9, с. 123–127.

61. Schoschina E.V. On *Laminaria hyperborea* on the Murman coast of the Barents Sea. *Sarsia.* 1997, vol. 82, pp. 371–373.

62. Михайлова Т.А. *Laminaria hyperborea* (Laminariaceae) на Мурманском побережье Баренцева моря. *Ботанический журнал.* 2010, т. 95, № 3, с. 326–338.

63. Виноградова К.Л. Таксономический обзор порядка Corallinales (Rhodophyta) в северных морях России. *Ботанический журнал.* 2010, т. 95, № 5. с. 667–681.

3.3. Макрозообентос

1. Mare M.F. A study of the marine benthic community with special reference to the mi-croorganisms. *J. Mar. Biol. Soc.* U. K. 1942, vol. 25, pp. 517–554.

2. Бурковский И.В. *Структурно-функциональная организация и устойчивость морских донных сообществ.* Москва, Изд-во МГУ, 1992, 208 с.

3. Гальцова В.В., Кулангиева Л.В., Павлюк О.Н., Рябченко В.А. Роль мейобентоса в трансформации веществ и энергии в морских экосистемах. *Известия ТИНРО.* 2001, т. 128, с. 45–57.

4. Мокиевский В.О. *Экология морского мейобентоса.* Москва, КМК, 2009, 286 с.

5. Зенкевич Л.А. *Фауна и биологическая продуктивность моря.* т. I. Мировой океан. Ленинград, Советская Наука, 1951, 506 с.

6. Зенкевич Л.А. *Биология морей СССР.* Москва, Изд-во Академии Наук СССР, 1963, 739 с.

7. Галкин Ю.И. История исследования донной фауны Баренцева моря. *Экология донного населения шельфовой зоны.* Москва, Изд-во ИО АН СССР, 1979, с. 112–127.

8. Денисенко С.Г. *Биоразнообразие и биоресурсы макрозообентоса Баренцева моря: Структура и многолетние изменения.* Санкт-Петербург, Наука, 2013, 284 с.

9. Озерецковский Н. *Описание Колы и Астрахани.* Санкт-Петербург, Изд-во Императорской Академии Наук, 1804, 131 с.

10. Гурьянова Е.Ф. Фауна «Дворов» Кольского залива. *Труды Ленинградского Общества Естествоиспытателей.* 1925, т. 54, № 1, с. 17–32.

11. Гурьянова Е.Ф. К фауне Кольского залива, Баренцева. Карского и Белого морей и Новой Земли. *Труды Ленинградского Общества Естествоиспытателей.* 1927, т. 57, № 1.

12. Гурьянова Е.Ф. К вопросу о составе и распределении бентоса Чешской губы. *Труды Института по Изучению Севера.* 1929, вып. 43, с. 58–100.

13. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Сравнительный обзор литорали русских северных морей. *Работы Мурманской биологической станции АН СССР.* 1925, т. 1, с. 110–130.

14. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. 1. Описание основных площадок литорали. *Труды Ленинградского общества Естествоиспытателей.* 1928, т. 58, № 2, с. 89–143.

15. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. 2. Сравнительное описание литорали Кольского залива на всем его протяжении. *Труды Ленинградского Общества Естествоиспытателей.* 1929, т. 59, № 2, с. 47–71.

16. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Западного Мурмана. *Исследования морей СССР.* 1930, вып. 2, с. 47–52.

17. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива. *Труды Ленинградского общества Естествоиспытателей*, т. 60, № 2. 1930б, с. 17–107.

18. Гурьянова Е.Ф., Ушаков П.В. Литораль Восточного Мурмана. *Исследования морей СССР*, вып. 10, 1929, с. 5–40.

19. Ушаков П.В. Сезонные изменения на литорали Кольского залива. *Труды Ленинградского Общества Естествоиспытателей.* 1924, т. 51, вып. 1, с. 47–72.

20. Ушаков П. В. Бентонические группировки Маточкина Шара (Новая Земля). *Исследования морей СССР.* 1931, вып. 12, с. 5–128.

21. Зацепин В.И., Зенкевич Л.А., Филатова З.А. Материалы по количественному учету донной фауны литорали Кольского залива. *Труды Государственного Океанографического Института.* 1948, вып. 6, № 18, с. 13–54.

22. Соколова Н.Ю. Фауна литорали островов Кандалакшского Государственного заповедника. *Труды ВГБО.* 1957, № 8, с. 100–118.

23. Пригоровский Б.Г. Фауна мягких грунтов литорали губы Дальнезеленецкой. *Труды Мурманской биологической станции АН СССР.* 1948, т. 1, с. 146–154.

24. Стрельцов В.Е., Агарова И.Я., Гуревич В.И., Павлова Л.Г. Экологическая структура песчаной литорали в одной из бухт Восточного Мурмана. *Донные отложения и биогеоценозы Баренцева и Белого морей.* Апатиты, 1974, с. 142–158.

25. Агарова И.Я., Воронова М.Н. Гальцова В.В., Иоффе Б.И. Летова Н.В., Стрельцов В.Е., Стрельцова С.И. Распределение и экология донной фауны на литоральной отмели Дальнего Пляжа. *Экологические исследования песчаной литорали.* Апатиты, 1976, с. 95–186.

26. Стрельцов В.Е., Агарова И.Я. Потоки биогенных веществ в зоне развития литоральных донных сообществ с преобладанием детритофагов (Баренцево море). *Океанология.* 1978, т. 18, № 5, с. 918–925.

27. Жуков Е.И. Материалы по экологии *Arenicola marina* L. на литорали Дальнего пляжа. *Бентос Баренцева моря. Распределение, экология и структура популяций.* Апатиты, Изд-во КФ АН СССР, 1984, с. 87–92.

28. Жуков Е.И. *Экология массовых видов макрозообеитоса илисто-песчаной литорали Баренцева моря. Автореф. дис. … канд. биол. Наук.* 1988, 21 с.

29. Голиков А.Н., Анисимова Н.А., Голиков А.А. *Донные сообщества и биоценозы губы Ярнышной Баренцева моря и их сезонная динамика.* Апатиты, Изд. КНЦ РАН, 1993, 57 с.

30. Стрелков П.П., Гришанков А.В., Зубаха М.А. Динамика макрозообентоса на литорали Дальнего пляжа (Восточный Мурман). *Тез. докл. Международной конф. «Биологические основы устойчивого развития прибрежных морских экосистем».* Апатиты, 2001, с. 221–222.

31. Генельт-Яновский Е.А., Полоскин А.В., Аристов Д.А., Данилова Ю.А., Коробков А.В., Крапивин В.А., Петрова Е.А., Шунькина К.В. Современное состояние сообществ илисто-песчаной литорали губы Дальне-Зеленецкой (Восточный Мурман, Баренцево море). *Мат. IV(XXVII) Междунар. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского севера».* Вологда, 2005, с. 98–100.

32. Генельт-Яновский Е.А., Назарова С. Сообщества илисто-песчаной литорали губы Дальне-Зеленецкая (Восточный Мурман) в 2002–2007 гг. *Мат. X научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина».* Санкт-Петербург, 2008, с. 16–28.

33. Погребов В.Б., Филиппов А.А. Распределение макробентоса на скалистой литорали в губах Баренцева моря при различной амплитуде приливных колебаний. *Гидробиологические исследования в заливах и бухтах северных морей России.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 1994, с. 116–138.

34. Любина О.С., Ахметчина О.Ю., Фролова Е.А., Фролов А.А., Дикаева Д.Р., Гарбуль Е.А. Зообентос литорали и сублиторали. Количественное распределение, пространственно-временная изменчивость. *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование.* Москва, Наука, 2009, с. 161–182.

35. Павлова Л.В. Макрозообентос. *Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение.* Шавыкин А.А., ред. Санкт-Петербург, Реноме, 2018, с. 98–133.

36. Жирков И.А. *Жизнь на дне. Биоэкология и биогеография бентоса.* Москва, КМК, 2010, 453 с.

37. Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.Н. Водолазный метод гидробиологических исследований. *Океанология.* 1964, т. 4, № 4, с. 707–719.

38. Пропп М.В. *Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря (по материалам водолазных гидробиологических работ).* Ленинград, Наука, 1971, 128 с.

39. Пропп М.В. Верхняя сублитораль Западного Мурмана у Айновых островов (результаты подводных работ с применением аквалангов). *Труды ММБИ.* 1964, вып. 4 (8), с. 57–60.

40. Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Биоценозы верхних отделов шельфа архипелага Земли Франца Иосифа и некоторые закономерности их распределения. *Биоценозы шельфа Земли Франца Иосифа и фауна сопредельных акваторий* (Исследования Фауны морей, XIV (XXII)). Ленинград, Наука, 1977, с. 5–54..

41. Зуев Ю.А. Подводные ландшафты верхней сублиторали. *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование.* Москва, Наука, 2009, с. 130–142.

42. Зуев Ю.А. *Мегабентос верхней сублиторали Кольского залива Баренцева моря. Автореф. дис. … канд. биол. наук.* Мурманск, 2012, 27 с.

43. Зуев Ю.А., Павлова Л.В. Особенности распределения мегабентоса в верхней сублиторали Кольского залива (Баренцево море). *Доклады РАН.* 2011, т. 439, № 5, с. 713–717.

44. Павлова Л.В. Мегазообентос. *Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение.* Шавыкин А.А., ред. Санкт-Петербург, Реноме, 2018, с. 134–158.

45. Пушкин А.Ф. Донные сообщества Чешской губы. *Труды Мурманского морского биологического института АН СССР.* 1968, т. 17 (21), с. 47–57.

46. Стрелкова (Анисимова) Н.А. История изучения бентоса на разрезе «Кольский меридиан». *Труды Кольского научного центра РАН.* Сер. Океанология. 2016, вып. 3, с. 7–29.

47. Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря. *Труды ВНИРО.* 1939, т. 4, с. 3–150.

48. Идельсон М.С. Материалы по количественному учету донной фауны Шпицбергенской банки (Баренцово море). *Труды Морского Научного Института.* 1930, т. 4, вып. 3, с. 27–46.

49. Идельсон М.С. Материалы по количественному учёту донной фауны Баренцева, Белого и Карского морей. № 7. Распределение биомассы бентоса в южной части Баренцева моря. *Труды ГОИН.* 1933, т. 3, вып. 4, с. 49–74.

50. Филатова З.А. Количественный учет донной фауны юго-западной части Баренцева моря. *Труды ПИНРО.* 1938, вып. 2, с. 3–58.

51. Лейбсон Р.Г. Количественный учет донной фауны Мотовского залива. *Труды ВНИРО.* 1939, т. 4, с. 127–192.

52. Антипова Т. В. Распределение биомассы бентоса Баренцева моря. *Труды ПИНРО.* 1975, т. 35, с. 121–124.

53. Антипова Т.В. Предварительные данные о видовом составе и количественном распределении двустворчатых моллюсков Баренцева моря. *Океанология.* 1975, т. 15, с. 330–332.

54. Антипова Т.В. Продукция популяций некоторых видов двустворчатых моллюсков юго-восточной части Баренцева и Карского морей. *Океанология.* 1978, т. 18, вып. 4, с. 737–741.

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

56. Pogrebov V.B. Assessment of the ecological state of the west-arctic shelf by benthos. *Arct. Res. of the Union States.* 1994, vol. 8, pp. 290–294.

57. Pogrebov V.B., Kiyko O.A. Long-term changes in benthic communities of the Barents Sea: status comparisons for the last 60 years. *Longterm changes in Marine Ecosystems: Abstracts.* Arcachon, 1995, p. 68–69.

58. Pogrebov V.B., Galtsova V.V., Ivanov G.I., Kiyko O.A., Fokin S.I. Ecological state of the Barents and Kara Sea benthos: results of investigations of 1991–1994. *Nature Condi-tions of the Kara and Barents Seas: Abstracts.* St. Peterburg, 1995, p. 16.

59. Pogrebov V.B., Kiyko O.A., Fokin S.I., Galtsova V.V. Current ecological state of bottom communities in the Barents and Kara Seas: results of studies in 1991–1994. *Nature Conditions of the Kara and Barents Seas. Proc. of the Russian-Norwegian Workshop-95.* Oslo, 1997. pp. 415–417.

60. Kiyko O.A., Pogrebov V.B. Long-term benthic population changes (1920–1930s - present) in the Barents and Kara Seas. *Mar. Poll. Bull.* 1997, vol. 35, no. 7–12, pp. 322–332.

61. Kiyko O.A., Pogrebov V.B. Mapping of bottom communities for ecological monitoring purposes: multivariate data classification. *Proceeding of the 18th Intern. Cartograph. Conf.* Stockholm, 1997, vol. 1, pp. 326–334.

62. Кийко О.А. *Донные сообщества Баренцева моря и прилежащих акваторий: картирование и описание в целях экологического мониторинга. Автореф. дис.… канд. биол. наук.* Санкт-Петербург, Изд-во ААНИИ, 1997, 26 с.

63. Кийко О.А., Погребов В.Б. Статистический анализ пространственно-временной структуры донного населения Баренцева моря и прилежащих акваторий. *Биология моря.* 1998, т. 24, № 1, с. 3–9.

64. Kulakov M.Yu., Pogrebov V.B., Timofeyev S.F., Chernova N.V., Kiyko O.A. Ecosys-tem of the Barents and Kara Seas coastal segment. *The Global Coastal Ocean. Interdis-ciplinary regional studies and syntheses. The Sea.* Robinson A.R., Brink K.N., eds. vol. 14, part B. Cambridge, Harvard University Press, 2004, pp. 1139–1176.

65. Anisimova N., Lubin P., Manushin I., Berenboim B. Barents Sea benthos survey, 2003–2006. *Abstracts for the 2007 ICES Annual Science Conference.* 17–21 Sept. Helsinki, Finland. 2007, p. 94.

66. Anisimova N., Lubin P., Manushin I. Stiansen J.E., Filin A.A., eds. Joint PINRO/IMR report on the state of the Barents Sea ecosystem 2006, with expected situation and con-siderations for management. *IMR/PINRO Joint Report Series.* 2007, no. 2, 209 p.

67. Anisimova N.A., Lyubin P.A., Manushin I.E. Quantitative large-scale benthic survey of the Barents sea 2003–2008. Anisimova N.A., Jørgensen L.L., Lyubin P.A., Manushin I.E., eds. Mapping and monitoring of benthos in the Barents Sea and Svalbard waters: Results from the joint Russian-Norwegian benthic programme 2006–2008. *IMR/PINRO Joint Report Series.* 2010, no. 1, pp. 55–81.

68. Anisimova N.A., Jørgensen L.L., Lyubin P.A., Manushin I.E. Benthos. *The Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation.* Jakobsen T., Ozhigin. V., eds. Trondheim, Tapir Academic Press, 2011, pp. 121–159.

69. Любин П.А., Анисимова Н.А., Манушин И.Е., Вязникова В.С., Захаров Д.В. Бентосные исследования в ПИНРО. *Рыбное хозяйство.* 2011, № 2, с. 60–63.

70. Манушин И.Е., Анисимова Н.А., Любин П.А. Бентос южной части Баренцева моря как кормовая база камчатского краба. *Материалы X научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина».* Санкт-Петербург, 2008, с. 67–88.

71. Манушин И.Е., Анисимова Н.А., Любин П.А., Дале С., Кохрейн С. Многолетние изменения в макрозообентосе юго-восточной части Баренцева моря. *Материалы XIV научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина»*, СПб., 2012, с. 33–45.

72. Манушин И.Е., Анисимова Н.А., Любин П.А., Вязникова В.С., Захаров Д.В. Изменения в биомассе макрозообентоса в восточной части Баренцева моря за последнее столетие. *Материалы XVI научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина».* Санкт-Петербург, 2014, с. 52–59.

73. Манушин И.Е., Стрелкова Н.А., Любин П.А., Журавлева Н.Е., Захаров Д.В., Вязникова В.С. Многолетняя динамика биомассы макрозообентоса в восточной части Баренцева моря (за период с 1924 по 2014 гг.). *Зоологический журнал.* 2020, т. 99, №7, с. 745–756.

74. Захаров Д.В., Стрелкова Н.А., Любин П.А., Манушин И.Е. Сообщества макрозообентоса в области распределения краба-стригуна опилио в Баренцевом и Карском морях. *Краб-стригун опилио* Chionoecetes opilio *в Баренцевом и Карском морях.* Соколов К.М., ред., Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2016, с. 59–73.

75. Захаров Д.В., Манушин И.Е., Стрелкова Н.А., Павлов В.А., Носова Т.Б. Характеристика кормовой базы и питание краба-стригуна опилио в Баренцевом море. *Труды ВНИРО.* 2018, т. 172, с. 70–90.

76. Зимина О.Л., Стрелкова Н.А., Любина О.С. Видовой состав и особенности распределения донных ракообразных надотряда Peracarida (Crustacea, Malacostraca) в Баренцевом море по результатам исследований 2003–2008 гг. *Зоологический журнал.* 2018, т. 97, № 10, с. 1209–1230.

77. Denisenko S.G., Cochrane S., Carroll M.L., Emblow Ch., Dahle S. Zoobenthos distribu-tion and vertical organic flux of organic carbon in the Barents Sea: preliminary results of 2003 expedition on R/V "Ivan Petrov". *Proceedings of the Zool. Institute RAS.* 2006, vol. 310, 2006, pp. 35–45.

78. Cochrane S.J., Denisenko S.G., Ambrose W.J., Emblow C., Carroll J.L. Benthic fauna at the Barents Sea ice edge in a changing climate (BASICC). *MarBEF Newsletter.* 2006, no. 5, pp. 25–27.

79. Cochrane S.J., Denisenko S.G., Anisimova N., Jorgensen L.L. How does ice cover affect the benthic fauna in the Barents Sea? *IMR/PINRO Joint Report Series.* 2007, no. 5, pp. 199–201.

80. Cochrane S.K.J., Denisenko S.G., Renaud P.E., Emblowa C.S., Ambrose W.G. Jr., Ellingsen I.H., Skarò hamar J. Benthic macrofauna and productivity regimes in the Barents Sea – Ecological implications in a changing Arctic. *Journal of Sea Research.* 2009, v. 61, pp. 222–233.

81. Зенкевич Л. А., Броцкая В. А. Материалы по экологии руководящих форм Баренцева моря. *Ученые записки МГУ.* Зоология. вып. 13, 1937, с. 203–226.

82. Брязгин В.Ф. Комплексная гидробиологическая съемка донной фауны Баренцева моря 1968–1972 гг. (организация, выполнение, результаты). *Труды Кольского научного центра РАН.* Сер. Океанология. 2016, вып. 3, с. 29–43.

83. Денисенко Н.В. *Распределение и экология мшанок Баренцева моря.* Апатиты, Изд-во КНЦ АН СССР, 1990, 157 с.

84. Анисимова Н.А. Иглокожие Баренцева моря. Видовой состав. Биогеографический анализ фауны. Количественное распределение. Вертикальное распределение. *Современный бентос Баренцева и Карского морей.* Апатиты, Из-во КНЦ РАН, 2000, с. 228–275.

85. Брязгин В.Ф. Эколого-географический анализ фауны амфипод сублиторали Баренцева моря. *Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря: тезисы докладов Мурманской областной научной конференции.* Мурманск, 1973, с. 11–12.

86. Брязгин В.Ф. Дополнения к фауне Gammaidea (Amphipoda) Баренцева моря. *Зоологический журнал.* 1974, т. 53, с. 1417–1420.

87. Брязгин В.Ф. Новые для Баренцева моря виды амфипод семейства Lisianassidae (Amphipoda, Gammaidea). *Зоологический журнал.* 1974, т. 53, с. 1570–1573.

88. Несис К.М. Изменения донной фауны Баренцева моря под влиянием колебаний гидрологического режима (на разрезе по Кольскому меридиану). *Советские рыбохозяйственные исследования в морях европейского севера.* Москва, Рыбное хозяйство, 1960, с. 129–137.

89. Галкин Ю.И. О путях расширения ареалов бореальных видов в процессе «потепления Арктики» (на примере моллюска *Iothia fulva*: Gastropoda: Lepetidae). *Бентос Баренцева моря: Распределение, экология и структура популяций.* Апатиты, Изд-во КФ АН СССР, 1984, с. 11–32.

90. Галкин Ю.И. Многолетние изменения донной фауны. *Жизнь и условия существования в бентали Баренцева моря.* Апатиты, Изд-во КФ АН СССР, 1986, с. 43–52.

91. Galkin Yu.I. Long-term changes in the distribution of molluscs in the Barents Sea related to the climate. *Berichte Polarforschung.* 1987, vol. 287, pp. 100–143.

92. Denisenko S.G. Long-term changes of zoobenthos biomass in the Barents Sea. *Proc. Zool. Inst. RAS.* 2001, vol. 289, pp. 59–66.

93. Любин П.А. Сравнительный анализ селективности методов промывки количественных проб бентоса, применявшихся в исследованиях на разрезе «Кольский меридиан». *Труды Кольского научного центра РАН.* Сер. Океанология. 2016, вып. 3, с. 43–64.

94. Любин П.А., Любина О.С., Стрелкова (Анисимова) Н.А., Карсаков А.Л. Манушин И.Е., Зимина О.Л., Фролова Е.А. Стандартизация количественных исторических бентосных данных на разрезе «Кольский меридиан» (Баренцевом море) и их анализ с учетом селективности методов сбора и обработки материала. *Труды Кольского научного центра РАН.* Сер. Океанология. 2016, вып. 3, с. 91–102.

95. Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009. *ICES Journal of Marine Science.* 2012, vol. 69, pp. 833–840.

96. Галкин Ю.И. Колебания климата и многолетние изменения биомассы бентоса в Баренцевом море. *Биологические ресурсы Арктики и Антарктики.* Москва, Наука, 1987, с. 90–122.

97. Зенкевич Л.А. *Моря СССР.* т. 2. Фауна и биологическая продуктивность моря. Ленинград, Советская Наука, 1947, 588 с.

98. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea and adjacent waters, AugustOctober 2017. Prozorkevich D., Johansen G.O., van der Meeren G.I., eds. *IMR/PINRO Joint Report Series.* 2018, no. 2, 97 p.

99. *ICES (International Council for the Exploration of the Sea).* URL: https://www.ices.dk/

100. *WGIBAR (Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea).* URL: https://www.ices.dk/community/groups/Pages/WGIBAR.aspx

101. List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic seas and adjacent deep waters. Sirenko B.I., ed. *Explorations of the fauna of the seas.* 2001, vol. 51(59), 131 p.

102. Brattegard T., Holte T. Distribution of marine, benthic macroorganisms in Norway. A tabulated Catalogue. *Research Report for DN 1997-1.* Directorate for Nature Man-agement, 1997, 409 p.

103. Шорыгин А.А. Иглокожие Баренцева моря. *Труды Плавучего Морского института.* 1928, т. 3, вып. 4, 128 с.

104. Семенов В.Н. Краткий очерк зоогеографии бентоса Баренцева моря и система биогеографических характеристик для северных морей. *Жизнь и условия ее существования в бентали Баренцева моря.* Апатиты, Изд-во КФ АН СССР, 1986, с. 71–79.

105. Jirkov I.A. Biogeography of the Barents Sea benthos. *Invertebrate Zoology.* 2013, vol. 10 (1), pp. 69–88.

106. Кучерук Н.В., Котов А.В. Бентос прибрежных мелководий Печорского моря и Байдарацкой губы: сравнительный анализ. *Океанология.* 2002, т. 42, № 1, с. 116–119.

107. Кучерук Н.В., Котов А.В., Максимова О.В., Пронина О.А., Сапожников Ф.В., Малыз Е.А. Бентос. *Печорское море: системные исследования (Гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социоэкономические проблемы).* Романкевич Е.А., Лисицын А.П., Виноградова М.Е., ред. Москва, Изд-во Море, 2003, с. 217–230.

108. Аверинцев В.Г. Сообщества мелководий. *Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф).* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 1994, с. 134–161.

109. Węsławski J.M. *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda) from Svalbard and Franz Josef Land. Distribution and density. *Sarsia.* 1994, vol. 79, pp. 145–150.

110. Węsławski J.M., Wiktor J., Zajączkowski M., Swerpel S. Intertidal zone of Svalbard: Macroorganism distribution and biomass. *Polar Biology.* 1993, vol. 13, pp. 73–79.

111. Анисимова Н.А., Манушин И.Е., Любин П.А. Бентос. *Побережье Восточного Мурмана: экологические исследования реализации Штокмановского проекта.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2009, с. 85–132.

112. Погребов В.Б. Климатические изменения и донное население арктического шельфа: оценка состояния бентоса при изменениях температуры придонной воды. *Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа.* Москва, ГЕОС, 2014, с. 254–260.

113. Кусакин О.Г. Материалы к количественной характеристике растительности и животного мира литорали баренцеворских островов Кандалакшского Государственного Заповедника. *Труды Кандалакшского Государственного заповедника.* 1963, вып. 4, с. 183–234.

114. Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Экологическая характеристика некоторых донных биоценозов кутовой части Кольского залива и мелководий у мыса Желания (Новая Земля). *Тез. докл. мурманской областной научной конференции «Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря».* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 1973, с. 16–19.

115. Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Особенности некоторых донных экосистем в южной части Баренцева моря и у мыса Желания (Новая Земля). *Биология моря.* 1977, №2, с. 63–73.

116. Kendall M.A., Aschan M. Latitudinal gradients in the structure of macrobenthic communities: a comparison of Arctic, temperate and tropical sites. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1993, vol. 172, pp. 157–169.

117. Węsławski J.M., Kendall M.A., Włodarska-Kowalczuk M., Iken K., Kędra M., Legeżyńska J., Sejr M.K. Climate change effects on Arctic fjord and coastal macrobenthic diversity – observations and predictions. *Marine iodiversity.* 2011, vol. 41, pp. 71–85.

118. Węsławski J.M., Buchholz F., Głuchowska M., Weydmannet A. Ecosystem maturation process follows the warming of the Arctic fjords. *Oceanologia.* 2017, vol. 59, iss. 4, pp. 592–602.

119. Włodarska-Kowalczuk M., Węsławski J.M., Kotwicki L. Spitsbergen glacial bays macrobenthos – a comparative study. *Polar Biology.* 1998, vol. 20, pp. 66–73.

120. Svendsen H., Beszczynska-Møller A., Hagen J.O., Lefauconnier B., Tverberg V., Gerland S., Ørbæk J.B., Bischof K., Papucci C., Zajaczkowski M., Azzolini R., Bruland O., Wiencke C., Winther J.G., Dallmann W. The physical environment of Kongsfjorden – Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard. *Polar Research.* 2002, vol. 21(1), pp. 133–166.

121. Wlodarska-Kowalczuk M., Pearson T.H. Soft-bottom macrobenthic faunal associations and factors affecting species distributions in an Arctic glacial fjord (Kongsfjord, Spitsbergen). *Polar Biology.* 2004, vol. 27(3), pp. 155–167.

122. Palerud R., Gulliksen B., Brattegard T., Sneli J.-A., Vader W. The marine macro-organisms in Svalbard waters. Prestrud P., Strøm H., Goldman H.V., eds. *A Catalogue of Terrestrial and Marine Animals of Svalbard.* Norwegian Polar Inst., Polar Environ. Centre, Tromsø, 2004, pp. 5–56.

123. Włodarska-Kowalczuk M.,Węsławski J.M. Mesoscale spatial structures of soft-bottom macrozoobenthos communities: effects of physical control and impoverishment. *Marine Ecology Progress Series.* 2008, vol. 356, pp. 215–224.

124. Drewnik A., Weslawski J.M., Wlodarska-Kowalczuk M. Benthic Crustacea and Mollusca distribution in Arctic fjord – case study of patterns in Hornsund, Svalbard. *Oceanologia.* 2017, vol. 59 (4), pp. 565–575.

125. Броцкая В.А. Материалы по количественному учету донной фауны Стурфиорда (Восточный Шпицберген). *Труды Морского научного института.* 1930, т. 4, вып. 3, с. 49–59.

126. Гурьянова Е.Ф., Ушаков П.В. К фауне Черной губы на Новой Земле. *Исследования морей СССР.* 1928, вып. 6, с. 3–72.

127. Луппова Е.А. Анисимова Н.А., Денисенко Н.В., Фролова Е.А. Донные биоценозы. *Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф).* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 1994, с. 108–133.

128. Dahle S., Anisimova N.A., Palerud R., Renaud P.E., Pearson T.H., Matishov G.G. Macrobenthic fauna of the Franz Josef Land archipelago. *Polar Bolology.* 2009, vol. 32, pp. 169–180.

129. 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 Земли Франца-Иосифа. *Труды Кольского Научного Центра РАН*, 4/2014(23). Океанология, вып. 2, 2014, с. 179–222.

130. Węsławski J.M., Zajączkowski M. benthic fauna and its environmental in Tikhaia Bay, Hooker Island. Environmental study from Frans Josef Land, with emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island. Gjertz I., Morkved B. eds. *Norsk Polarinstitut, Meddelelser,* № 120, 1992, p. 35–42.

131. Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Чешской губы. *Труды Государственного Океанологического института,* т. 2, вып. 2, 1933, с. 41–51.

132. Denisenko N.V., Denisenko S.G., Sandler H. Benthos study in the Chosha Bay. Ecological studies in the Chosha Bay in 1995. *Report of the Offshore Techno-Group,* Helsinki, 1997, p. 39–56.

133. Чуксина Н.А. Гидробиологическое изучение Северной Двины и Печоры и опресняемых ими районов моря. Труды Всесоюзного гидробиологического общества, т. 24, 1981, с. 89–96.

134. Чуксина Н.А. К оценке устьевой области реки Печоры как рыбохозяйственного водоема. *Водные ресурсы*, № 4, 1987, с. 141–142.

135. Анисимова Н.А. Ракообразные губ и заливов южной части Печорского и Карского морей. *Современный бентос Баренцева и Карского морей.* Апатиты, 2000, с. 115–146.

136. Денисенко Н.В. Фауна мшанок Чешской губы: структура и распределение. *Современный бентос Баренцева и Карского морей.* Апатиты, 2000, с. 219–227.

137. Погребов В.Б., Кийко О.А., Стогов И.А., Чернова Н.В. Состав, структура и многолетняя динамика экосистемы Печорской губы. *Выборочные материалы семинара «Мониторинг Печорского моря: настоящее и будущее». Нарьян-Мар, 16–19 сентября 2002.* Нарьян-Мар, 2003, с. 35–39.

138. Анисимова Н. А., Фролова Е. А. Бентос губы Долгой Восточного Мурмана. Состав. Количественное распределение. *Гидробиологические исследования в заливах и бухтах северных морей России.* Апатиты, изд. КНЦ РАН, 1994. С. 61–92.

139. Фролова Е.А., Анисимова Н.А., Фролов А.А., Любина О.С., Гарбуль Е.А., Гудимов А.В. Донная фауна Мотовского залива. *Фауна беспозвоночных Карского, Баренцева и Белого морей (информатика, экология, биогеография).* Апатиты, Изд. КНЦ РАН, 2003, с. 218–240.

140. Соколов В. И., Штрик В. А. Биоценотический анализ донного населения прибрежной зоны губы Териберка Баренцева моря и возможность его применения для оценки воздействия камчатского краба на экосистемы. *Труды ВНИРО,* т. 142, 2003, с. 6–24.

141. Бритаев Т.А., Ржавский А.В., Павлова Л.В., Кузьмин С.А., Дворецкий А.Г. Современное состояние донных сообществ и поселений макрозообентоса на мелководье Баренцева моря и роль антропогенного фактора в их динамике. *Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России.* Владивосток, Дальнаука, 2007, с. 314–356.

142. Бритаев Т.А., Удалов А.А., Ржавский А.В. Структура и многолетняя динамика сообществ мягких грунтов заливов Баренцева моря. *Успехи современной биологии*, т. 130, № 1, 2010, с. 50–62.

143. Ржавский А. В., Деарт Ю. В., Бритаев Т. А., Павлова Л. В. *Биоразнообразие сообществ твердых грунтов губ Кольского побережья Баренцева моря. Биоразнообразие: результаты*

и перспективы исследований: Материалы Всероссийской заочной научной конференции, 11 ноября 2009 г. Тамбов: Изд. дом ТГУ, 2009. С. 214–231.

144. Семенов В.Н. *Систематика и экология бассейнов севера на разных этапах изоляции.* Апатиты, Изд-во КФ АН СССР, 1988, 46 с.

145. Семенов В.Н. Типология краевых морских бассейнов умеренной, субарктической и арктической зон гумидного климатического пояса. *Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза.* Москва, Наука, 1990, с. 7–20.

146. Любина О.С., Зимина О.Л., Фролова Е.А., Фролов А.А., Нехаев И.О., Дикаева Д.Р. Особенности распределения зообентоса в прибрежной зоне Кольского полуострова. *Вестник МГТУ*, т. 15, № 4, 2012, с. 776–785.

147. Любина О.С., Зимина О.Л., Фролова Е.А., Фролов А.А., Ахметчина О.Ю., Нехаев Д.Р., Дикаева Д.Р., Гарбуль Е.А. Зообентос сублиторали губ Кольского полуострова. *Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений.* СПб., Реноме, 2014, с. 131–148.

148. Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива и условия ее существования. *Записки Императорской Академии наук*, т. 34, сер. 8, 1915, 929 с.

149. Антипова Т. В. Некоторые данные о современном состоянии бентоса Кольского залива. *Бентос Баренцева моря. Распределение, экология и структура популяций.* Апатиты, изд. КФ АН СССР, 1984, с. 41–47.

150. Фролова Е.А. Экологическое состояние бентоса Кольского залива. *Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря.* Апатиты, Изд. КНЦ РАН, 1991, с. 121–125.

151. Павлова Л.В., Зуев Ю.А., Фролов А.А. Особенности биоценозов верхней сублиторали. *Кольский залив: освоение и рациональное природопользование.* Москва, Наука, 2009, с. 142–161.

152. Зацепин В.И. Сообщества фауны донных беспозвоночных Мурманского прибрежья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики. Ч. 1. *Труды ВГБО*, т. 12, 1962, с. 245–334.

153. Зимина О.Л., Фролова Е.А., Дикаева Д.Р., Ахметчина О.Ю., Гарбуль Е.А., Фролов А.А., Нехаев И.О. Фауна и количественное распределение зообентоса в северной части Баренцева моря в апреле-мае 2016 г. *Труды Кольского научного центра, Океанология,* т. 8, № 2–4. 2017, с. 66–80.

154. Захаров Д.В., Стрелкова Н.А., Манушин И.Е., Носова Т.Б., Блинова Д.Ю., Хачетурова К.С. Сообщества зообентоса в районе обитания камчатского краба в Баренцевом море. *Камчатский краб в Баренцевом море.* Мурманск, изд-во ПИНРО, 2020 (в печати).

155. Kedra M., Renaud P.E., Andrade H., Goszczko I., Ambrose W.G. Benthic community structure, diversity, and productivity in the shallow Barents Sea bank (Svalbard Bank). *Marine Biology*, v. 160, 2013, p. 805–819.

156. Carroll M.L., Denisenko S.G., Renaud P.E., Ambrose W.G., Jr. Benthic infauna of the seasonally ice-covered western Barents Sea: patterns and relationships to environ-mental forcing. *Deep-Sea Research II*, vol. 55, 2008, p. 2340–2351

157. Carroll M.L., Ambrose W.G. Jr. Benthic infaunal community variability on the northern Svalbard shelf. *Polar Biology.* 2012, vol. 35, p. 1259–1272.

158. Любина О.С., Стрелкова (Анисимова) Н.А., Любин П.А., Фролова Е.А., Дикаева Д.Р., Зимина О.Л., Ахметчина О.Ю., Манушин И.Е., Нехаев И.О., Фролов А.А., ЗахаровД.В., Гарбуль Е.А., Вязникова В.С. Современное количественное распределение зообентоса на разрезе «Кольский меридиан». *Труды Кольского научного центра.* Сер. Океанология. 2016, вып. 3, с. 64–91.

159. Захаров Д.В., Стрелкова Н.А., Манушин И.Е. *Атлас мегабентосных организмов Баренцева моря и сопредельных акваторий.* Мурманск, 2018, 534 с.

160. Любин П.А., Анисимова Н.А., Иоргенсен Л.Л., Манушин И.Е., Прохорова Т.А., Захаров Д.В., Журавлева Н.Е., Голиков А.В., Моров А.В. Мегабентос Баренцева моря. *Мат. Междунар. науч. конф. «Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики, Комплексные исследования природы Шпицбергена».* Мурманск, 27–30 октября 2010 г. вып. 10, Москва, ГЕОС, 2010, с. 192–199.

161. Воробьев В.П. Бентос Азовского моря. *Труды АзЧерНИРО.* 1949, вып. 13, 193 с.

162. Jørgensen L.L., Ljubin P., Skjoldal H.R., Ingvaldsen R.B., Anisimova N., Manushin I. Distribution of benthic megafauna in the Barents Sea: baseline for an ecosystem ap-proach to management. *ICES Journal of Marine Science.* 2015, vol. 72, p. 595–613.

163. *Краб-стригун опилио Chionoecetes opilio в Баренцевом и Карском морях.* Соколов К.М., ред. Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2016, 242 с.

164. Антипова Т.В., Денисенко Н.В., Семенов В.Н. Распространение видов бентоса и вопросы биогеографического районирования северных морей. *Жизнь и среда Полярных морей.* Скарлато О.А., Матишов Г.Г., ред. Ленинград, Наука, 1989, с. 146–157.

165. ICES, 2018. *Interim Report of the Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea* (WGIBAR). WGIBAR 2018 REPORT 9–12 March 2018. Tromsø. Norway. ICES CM 2018/IEASG:04/ 210 p. URL: http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/IEASG/2018/WGIBAR/WGIBAR%202018.pdf

166. ICES. The Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). *ICES Scientific Reports.* 2019, vol. 1, iss. 42, 157 p.

167. Zakharov D.V., Jørgensen L.L., Manushin I.E., Strelkova N.A. Barents Sea megabenthos: spatial and temporal distribution and production. *Marine Biological Journal.* 2020, vol. 5, no. 2, pp. 19–37.

168. Денисенко С.Г., Титов О.В. Распределение зообентоса и первичная продукция планктона в Баренцевом море. *Океанология.* 2003, т. 43 (1), с. 78–88.

169. Denisenko S.G. Zoobenthos and ice distribution in the Arctic seas. *Proc. Zool. Inst. RAS.* 2002, vol. 296, pp. 39–46.

170. Denisenko S.G. Ice and zoobenthos distribution in the Arctic seas. ACSYS *Final Sci. Conf.: Book of Extended Abstracts.* November 10–12. St. Petersburg, 2004.

171. Зенкевич Л.А. Проблемы, связанные с изучением глубин океана. *Океанология.* 1961, т. 1, вып. 3, с. 382–398.

172. Зенкевич Л.А. Донная фауна океана. *Программа и методика изучения биогеоценозов водной среды: Биогеоценозы морей и океанов.* Москва, Наука, 1970, с. 213–227.

173. Ширшов П.П. Сезонные явления в жизни фитопланктона полярных морей в связи с ледовым режимом. *Труды Арктического Института.* 1937, т. 82, с. 47–113.

174. Богоров В.Г. Особенности сезонных явлений в планктоне полярных морей и их значение для ледовых прогнозов. *Зоологический журнал.* 1939, т. 18, № 5, с. 735–747.

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

176. Titov O.V., Orlova E.M. Hydrochemical conditions, primary production and phytoplankton. *The Barents Sea – Ecosystem, Resources, Management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation.* Jakobsen T., Ozhigin V., eds. Trondheim, Tapir Academic Press, 2011, pp. 77–90.

177. Дерюгин К.М. Баренцево море по Кольскому меридиану (33°30' в. д.). *Труды Северной научно-промысловой экспедиции.* 1924, вып. 19, с. 3–103.

178. Танасийчук Н.П. Зоологические результаты рейса до 75° с. ш. по Кольскому меридиану в августе 1925 г. *Доклады АН СССР.* 1927, № 21, с. 359–363.

179. Танасийчук Н.П. Материалы к познанию фауны Баренцева моря. Ч. I. К вопросу о влиянии Нордкапского течения на фауну Кольского залива. *Работы МБС.* 1929, т. 3, с. 1–23.

180. Черемисина В.Т. К зоогеографии Баренцева моря. *Труды МБС.* 1948, т. 1, с. 293–298.

181. Blacker R.W. Benthic animals as indicators of hydrographic conditions and climatic changes in Svalbard waters. *Fish. Invest.* Ser. 2. 1957, vol. 20, no. 10, pp. 1–49.

182. Blacker R.W. Recent changes in the benthos of the West Spitsbergen fishing grounds. *Spec. Publ. Intern. Commis. Northwest Atlant.* Fish. 1965, vol. 6, pp. 791–794.

183. Галкин Ю.И. Многолетние изменения донной фауны в переходных биогеографических районах на примере моллюсков Баренцева моря. *Жизнь и среда Полярных морей.* Скарлато О.А., Матишов Г.Г., ред. Ленинград, Наука, 1989, с. 157–164.

184. Антипова Т.В. Распределение и численность бентоса юго-восточной части Баренцева моря в 1970 г. *Труды ПИНРО.* 1973, вып. 33, с. 24–33.

185. Galkin Yu.I. Long-term changes in the distribution of molluscs in the Barents Sea re-lated to the climate. *Berichte Polarforschung.* 1998, vol. 287, p. 100–143.

186. Денисенко С.Г. Многолетние изменения зообентоса в Печорском море. *Известия Российского географического Общества.* 2006, т. 138, с. 37–48.

187. Lyubina O.S., Frolova E.A., Dikaeva D.R. *Current zoobenthos monitoring at the Kola Transect in the Barents Sea.* A workshop celebrating two decades of cooperation between Murmansk Marine Biological Institute and Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. Berichte zur Polar und Meeresforschung. 2012. N 640, p. 177–189.

188. Вязникова В.С., Манушин И.Е., Фролова Е.А. Две стратегии существования полихет в Баренцевом море на примере *Spiochaetopterus typicus* и видов семейства Maldanidae. *Мат. XVII научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина».* Санкт-Петербург, 2015, с. 52–68.

189. Granovitch A.I., Sokolova I.M. Littorina arcana Hannaford Ellis, 1978 – a new record from the eastern Barents Sea. *Sarsia.* 2001, vol. 86, pp. 241–243.

190. Martynov A.V. Archaic Tergipedidae of the Arctic and Antarctic: *Murmania antique* gen. et sp. nov. from the Barents Sea and a revision of the genus *Guyvalvoria* Vayssiere with the descriptions of two new species. *Ruthenica, Russian Malacological Journal.* 2006, vol. 16(1–2), pp. 73–88.

191. Kantor Yu.I., Rusyaev S.M., Antokhina T.I. Going eastward – climate changes evident from gastropod distribution in Barents Sea. *Ruthenica, Russian Malacological Journal.* 2008, vol. 18(2), pp. 51–54.

192. Сабиров Р.М., Любин П.А., Голиков А.В. Обнаружение коренастого кальмара *Todaropsis eblanae* (Oegopsida, Ommastrephidae) в Баренцевом море. *Зоологический журнал.* 2009, т. 88, вып. 8, с. 1010–1012.

193. Макаревич П.Р., Ишкулов Д.Г. Структура и видовое разнообразие пелагиче-ских и донных биоценозов Баренцева моря в условиях меняющегося климата. *Вестник МГТУ.* 2010, т. 13, № 4/1, с. 633–640.

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

195. Rzhavsky A.V., Deart Y.V., Britayev T.A. New records of arctic molluscs and polychaetes: range expansion or poorly studied fauna? *Proceedings of the International Scientific Conference "Global climatic processes and their effects on ecosystems of Arctic and Subarcticregions".* Murmansk, 9–11 November 2011. Apatity, 2011, pp. 164–166.

196. Деарт Ю.В., Фролов А.А., Манушин И.Е. Двустворчатые моллюски *Abra prismatica* (Montagu, 1808) и *Gari fervensis* (Gmelin, 1791) – новые виды для фауны Российского сектора Баренцева моря. *Российский журнал биологических инвазий.* 2013, № 1, с. 139–148.

197. Golikov A.V., Sabirov R.M., Lubin P.A., Jorgensen L.L. Changes in distribution and range structure of Arctic cephalopods due to climatic changes of the last decades. *Biodiversity.* 2013, vol. 14, no. 1, pp. 28–35.

198. Golikov A.V., Sabirov R.M., Lubin P.A., Jorgensen L.L., Beck I.-M. The northern-most record of *Sepietta oweniana* (Cephalopoda: Sepiolidae) and comments on boreo-subtropical cephalopod species occurrence in the Arctic. *Marine Biodiversity Records.* 2014, vol. 7, 4 p.

199. Ekimova I., Korshunova T., Schepetov D., Neretina T., Sanamyan N., Martynov A. Integrative systematics of northern and Arctic nudibranchs of the genus *Dendronotus* (Mollusca, Gastropoda), with descriptions of three new species. *Zoological Journal of the Linnean Society.* 2015, vol. 173, pp. 841–886.

200. Захаров Д.В., Анисимова Н.А., Степаненко А.М. Первая находка морской звезды *Porania pulvillus* (O.F. Müller, 1776) в российской части Арктики. *Российский журнал биологических инвазий.* 2016, вып. 3, с. 23–27.

201. Захаров Д.В., Йоргенсен Л.Л. Новые виды брюхоногих моллюсков (Gastropoda) в Баренцевом море и сопредельных водах. *Российский журнал биологических инвазий.* 2017, № 2, с. 38–45.

202. Węsławski J.M., Wiktor J., Kotwicki L. Increase in biodiversity in the arctic rocky littoral, Sorkappland, Svalbard, after 20 years of climate warming. *Marine Biodiversity.* 2010, vol. 40, pp. 123–130.

203. Węsławski J.M., Dragańska-Deja K., Legeżyńska J., Walczowski W. Range extension of a boreal amphipod *Gammarus oceanicus* in the warming Arctic. *Ecol Evol.* 2018, vol. 8(15), pp. 7624–7632.

204. Berge J., Johnsen G., Nilsen F., Gulliksen B., Slagstad D. Ocean temperature oscillations enable reappearance of blue mussels *Mytilus edulis* in Svalbard after a 1000 year absence. *Marine Ecology Progress Series.* 2005, vol. 303, pp. 167–175.

205. Денисенко Н.В., Денисенко С.Г. О влиянии донных тралений на бентос Баренцева моря. *Экологическая ситуация и охрана флоры и фауны Баренцева моря.* Апатиты, Изд-во КНЦ АН СССР, 1991, с. 158–164.

206. Гуревич В.И. *Прикладная седиментология и геоэкология.* Ленинград, 1990, 64 с.

207. Айбулатов Н.А. *Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии.* Москва, Наука, 2005, 364 с.

208. Olsgard F., Schaanning M.T., Widdicombe S., Kendall M.A., Austen M. Effect of bottom trawling on ecosystem functioning. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 2008, vol. 366, pp. 123–133.

209. Любин П.А., Анисимова Н.А., Манушин И.Е., Журавлева Н.Е. Приловы макрозообентоса в ихтиологических донных тралениях как показатель интенсивности тралового промысла. *Вестник МГТУ.* 2010, т. 13, № 4/1, с. 641–646.

210. Lyubin P.A., Anisimova N.A., Manushin I.E. Long-term effects on benthos of the use of bottom fishing gears. *The Barents Sea: ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation.* Trondheim, Tapir Academic Press, 2011, p. 768–775.

211. Денисенко С.Г. Многолетние изменения донной фауны Баренцева моря и гидрологические флюктуации вдоль разреза «Кольский меридиан» в Баренцевом море. *100 лет океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан».* Мурманск: изд-во ПИНРО, 2005, с. 65–78.

212. Захаров Д.В., Стрелкова Н.А., Манушин И.Е., Носова Т.Б. Некоторые аспекты влияния донных тралений на бентосные сообщества (на примере мегабентоса Баренцева моря). *Тр. VII Междунар. науч.-практич. конф. «Морские исследования и образование (MARESEDU-2018)».* 2019, т. IV (IV). Тверь, «ПолиПРЕСС», с. 318–322.

213. Носова Т.Б., Манушин И.Е., Захаров Д.В. Структура и многолетняя динамика сообществ зообентоса в районах поселений исландского гребешка у Кольского полуострова. *Известия ТИНРО,* 2018, т. 194, с. 27–41.

214. Золотарев П.Н. *Биология и промысел исландского гребешка Chlamys islandica в Баренцевом и Белом морях.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2016, 289 с.

215. Золотарев П.Н., Карасева Т.А., Карасев Е.А. О заболевании исландского гребешка *(Clamys islandica*) в Баренцевом море. *Тез. докл. III Всероссийской школы по морской биологии «Паразитология и паразитарные системы морских организмов».* Мурманск, Изд-во ММБИ, 2004, с. 14–16.

216. Золотарев П.Н., Карасева Т.А. Патологии у исландского гребешка (*Chlamys islandica*) Баренцева моря: основные характеристики и распространение. *Тез. докл. VII Всеросс. конф. по*

промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова). Мурманск, 9–13 октября 2006 г. Москва, Изд-во ВНИРО, 2006, с. 235–237.

217. Золотарев П.Н. Динамика промыслового запаса исландского гребешка (*Chlamys islandica*) в Баренцевом и Белом морях и влияние на нее различных экологических факторов. *Тез. докл. VII Всеросс. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова)*. Мурманск, 9–13 октября 2006 г. Москва, Изд-во ВНИРО, 2006, с. 232–234.

218. Блохина А.С. Результаты изучения заболевания исландского гребешка (*Chlamys islandicus*) в прибрежных водах Баренцева моря в 2009–2010 гг. *Мат. Всеросс. конф. молодых ученых и специалистов, посвященной 125-летию со дня рождения И.И. Месяцева.* Мурманск, 20–22 октября 2010 г. Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2010, с. 38–40.

219. Блохина А.С. К оценке эпизоотического состояния скоплений исландского гребешка (*Chlamys islandica*) в губах Баренцева моря. *Мат. XXIX конф. молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященные 140-летию со дня рождения Г.А. Клюге «Морские исследования экосистем европейской Арктики».* Мурманск, 2011, с. 19–22.

220. Стрелкова Н.А. Об акклиматизации краба-стригуна опилио в водах Баренцева и Карского морей. *Краб-стригун опилио Chionoecetes opilio в Баренцевом и Карском морях.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2016, с. 17–34.

221. *Камчатский краб в Баренцевом море.* 2-е изд., перераб. и доп. Беренбойм Б.И, ред. Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2003, 383 с.

222. *Камчатский краб в Баренцевом море.* 3-е изд., перераб. и доп. Мурманск, Изд-во ВНИРО, 2020 (в печати).

223. Lorentzen G., Voldnes G., Whitaker R.D., Kvalvik I., Vang B., Solstad R.G., Marte R.T., Siikavuopio S.I. Current Status of the Red King Crab (*Paralithodes camtchaticus*) and Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture.* 2018, vol. 26, pp. 42–54.

224. Баканев С.В. Методы оценки запаса краба-стригуна опилио и его динамика. *Краб-стригун опилио Chionoecetes opilio в Баренцевом и Карском морях.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2016, с. 158–166.

225. Jørgensen L.L., Spiridonov V.A. Effect from the king- and snow crab on Barents Sea benthos. Results and conclusions from the Norwegian-Russian Workshop in Tromsø 2010. *Fiskenog Havet.* 2013, nr. 8, 41 p.

226. Стрелкова Н.А., Манушин И.Е., Захаров Д.В., Вязникова В.С. Многолетние изменения сообществ зообентоса в районах обитания камчатского краба в Баренцевом море. *Камчатский краб в Баренцевом море. Изд-во 3-е, переработанное и дополненное.* Мурманск, изд-во ВНИРО, 2020 (в печати).

3.4. Рыбы

1. Книпович Н.М. Список рыб Белого и Мурманского морей. *Ежегодник Зоол. музея.* Санкт-Петербург, 1897, № 2, с. 144–158.

2. Книпович Н.М. Определительные таблицы морских и проходных рыб Европейского Ледовитого океана и морей Белого и Карского. Тр. *Северной научно-промысловой экспедиции.* вып. 2. Петроград, 1920, 20 с.

3. Книпович Н.М. Определительные таблицы морских и проходных рыб Европейского Ледовитого океана и морей Белого и Карского. 2-е изд. *Тр. НИИ по изучению Севера.* 1926, вып. 31, 38 с.

4. Книпович Н.М. Определитель рыб морей Баренцева, Белого и Карского. *Тр. НИИ по изучению Севера.* 1926, вып. 27, 223 с.

5. Андрияшев А.П. *Рыбы северных морей СССР.* Москва, Ленинград, Изд-во АН СССР, 1954, 566 с.

6. 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.

7. Долгов А.В. Видовой состав ихтиофауны и структура ихтиоценов Баренцева моря. *Известия ТИНРО.* 2004, т. 137, с. 177–195.

8. Карамушко О.В. Видовой состав и структура ихтиофауны Баренцева моря. *Вопросы ихтиологии.* 2008, т. 48, № 3, с. 293–308.

9. Долгов А.В. *Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2016, 393 с.

10. Wienerroither R., Johannesen E., Dolgov A., Byrkjedal I., Bjelland O., Drevetnyak K., Eriksen K.B., Høines Å., Langhelle G., Langøy H., Prokhorova T., Prozorkevich D., Wenneck T. Atlas of the Barents Sea Fishes. *IMR/PINRO Joint Report Series*, 2011, № 1, 272 p.

11. Wienerroither R., Johannesen E., Dolgov A., Byrkjedal I., Aglen A., Bjelland O., Drevetnyak K., Eriksen KB., Høines Å., Langhelle G., Langøy H., Murashko P., Prokhorova T., Prozorkevich D., Smirnov O., Wenneck T. 2013. Atlas of the Barents Sea Fishes based on the winter survey. *IMR-PINRO Joint Report Series.* 2013, № 2, 220 p.

12. Решетников Ю.С. Ихтиофауна Арктики. *Современные исследования ихтиофауны арктических и южных морей европейской части России.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2007, с. 7–33.

13. Ozhigin V.K., Ingvaldsen R.B., Loeng H., Boitsov V.D., Karsakov A.L. The Barents Sea. Jakobsen T., Ozhigin V.D., eds. *The Barents Sea* — ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation. Tapir Academic Press, Trondheim, Norway, 2011, pp. 39–76.

14. Долгов А.В., Игашов Т.М. Новые данные о распространении парусного ската *Raja lintea* Fries в Норвежском и Баренцевом морях. *Вопросы ихтиологии.* 2001, т. 41, № 2, с. 270–273.

15. Русяев С.М., Долгов А.В., Карамушко О.В. Случаи поимок змеевидной иглы-рыбы *Entelurus aequoreus* (Syngnathiformes, Syngnathidae) в Баренцевом и Гренландском морях. *Вопросы ихтиологии.* 2007, т. 47, № 4, с. 574–576.

16. Русяев С.М., Шацкий А.В. Новые данные о распространении серой триглы *Eutrigla gurnardus* L. в Баренцевом море. *Вопросы ихтиологии.* 2001, т. 41, № 2, с. 235–236.

17. Byrkjedal I., Lemvig S. Greenland argentine, Nansenia groenlandica (Reinhardt, 1840), recorded from the Barents Sea. *Fauna.* 2002, vol. 55, no. 2, pp. 57–59.

18. Byrkjedal I., Rees D.J., Christiansen J.S., Fevolden S.-E. The taxonomic status of *Theragra finnmarchica* Koefoed, 1956 (Teleostei: Gadidae): perspectives from morphological and molecular data. *Journal of Fish Biology.* 2008, vol. 73, pp. 1183–1200.

19. Nieto A., Ralph G.M., Comeros-Raynal M.T., Kemp J., García Criado M., Allen D.J., Dulvy N.K., Walls R.H.L., Russell B., Pollard D., García S., Craig M., Collette B.B., Pollom R., Biscoito M., Labbish Chao N., Abella A., Afonso P., Álvarez H., Carpenter K.E., Clò S., Cook R., Costa M.J., Delgado J., Dureuil M., Ellis J.R., Farrell E.D., Fernandes P., Florin A.-B., Fordham S., Fowler S., Gil de Sola L., Gil Herrera J., Goodpaster A., Harvey M., Heessen H., Herler J., Jung A., Karmovskaya E., Keskin C., Knudsen S.W., Kobyliansky S., Kovačić M., Lawson J.M., Lorance P., McCully P.S., Munroe T., Nedreaas K., Nielsen J., Papaconstantinou C., Polidoro B., Pollock C.M., Rijnsdorp A.D., Sayer C., Scott J., Serena F., Smith-Vaniz W.F., Soldo A., Stump E., Williams J.T. *European Red List of marine fishes.* Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2015, 90 p.

20. Johannesen E., Høines Å.S., Dolgov A.V., Fossheim M. Demersal fish assemblages and spatial diversity patterns in the Arctic-Atlantic transition zone in the Barents Sea. *PLoS ONE.* 2012, vol. 7(4), e34924.

21. Греков А.А., Древетняк К.В., Русских А.А., Шамрай Е.А., Ярагина Н.А. Международный промысел и состояние запасов донных рыб Баренцева моря и сопредельных вод. *Тр. ВНИРО.* 2018, т. 174, с. 39–47.

22. *ICES,* 2019, rctic Fisheries Working Group (AFWG). *Scientific Reports.* vol. 1, iss. 30, 934 p.

23. Bogstad B., Dolgov A.V., Gjøsæter H., Hallfredsson E.H., Johannesen E., Kovalev Y.A., Mehl S., Prozorkevitch D.V., Russkikh A.A., Smirnov O.V. Fish. Pp. 199–212. McBride M.M., Hansen J.R., Korneev, O., Titov O., eds. Stiansen J.E., Tchernova J., Filin A., Ovsyannikov A., co-eds. Joint Norwegian - Russian environmental status 2013. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II -Complete report. *IMR/PINRO Joint Report Series.* 2016, vol. 2, 359 p.

24. Fossheim M., Primicerio R., Johannesen E., Ingvaldsen R.B., Aschan M.M., Dolgov A.V. Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. *Nature Climate Change.* 2015, vol. 5, pp. 673–677.

25. *Развитие отечественного рыболовства на северном бассейне после введения 200-миллных зон.* Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2010, 513 с.

26. *Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2015 г.* [А.Л. Карсаков и др.], Шамрай Е. А., отв. ред., Пестрикова Л. И., отв. за вып. ПИНРО Мурманск, Изд-во ПИНРО, 2015, 96 с.

27. *Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2016 г.* [А.Л. Карсаков и др.], Шамрай Е. А., отв. ред., Пестрикова Л.И., отв. за вып. ПИНРО. Мурманск, ПИНРО, 2016, 107 с.

28. *Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2017 г.* [А.Л. Карсаков и др.], Шамрай Е.А., отв. ред., Пестрикова Л.И., отв. за вып. ПИНРО, Мурманск, ПИНРО, 2017, 117 с.

29. *Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2018 г.* [А.Л. Карсаков и др.], Шамрай Е.А., отв. ред., Пестрикова Л.И., Соколов К.М., отв. за вып. Мурманск, ПИНРО, 2018, 128 с.

30. *Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2019 г.* [А.Л. Карсаков и др.], Шамрай Е.А., отв. ред., Пестрикова Л.И., отв. за вып. Полярн. фил. ФГБНУ "ВНИРО". Мурманск, ПИНРО, 2019.

31. Греков А.А. *Донный ярусный промысел в Баренцевом море и сопредельных водах.* Мурманск. Изд-во ПИНРО, 2012, 215 с.

32. Соколов К.М. Перспективы промысла малоиспользуемых видов. Сб. науч. тр. *«Биологические ресурсы промысла у берегов Мурмана».* Мурманск, 2013, с. 5–13.

33. Стесько А.В. Краткий исторический анализ промысла лиманды *Limanda limanda* в Баренцевом море и его современное состояние. *Вопросы рыболовства.* 2015, т. 16, № 3, с. 387–392.

3.5. Птицы

1. The status of marine birds breeding in the Barents Sea region. Anker-Nilssen T., Bakken V., Strøm H., Golovkin A.N., Bianki V.V., Tatarinkova I.P., eds. *Norsk Polarinstitutt, Rapport. nr. 113.* 2000, 213 p.

2. Красовский С.К. О работе орнитологического отряда Новоземельской научно-промысловой экспедиции в 1933 году. *Бюлл. Аркт. ин-та.* 1933, № 11, с. 338–339.

3. Демме Н.П. Птичий базар на скале Рубини (остров Гукера, Земля Франца-Иосифа). *Тр. Аркт. ин-та.* 1934, т.11, с. 53–86.

4. Кафтановский Ю.М. Колониальное гнездование кайр и факторы, вызывающие гибель яиц и птенцов. *Зоол. журн.* 1938, т. 17, вып. 4, с. 695–705.

5. Успенский В.С. Птицы заповедника "Семь островов" (Видовой состав и данные учета авифауны летом 1938 г.). *Тр. заповедника "Семь островов".* вып. 1. Москва, 1941, с. 5–46.

6. Белопольский Л.О. *Экология морских колониальных птиц Баренцева моря.* Москва, Ленинград, Изд-во АН СССР, 1957, 460 с.

7. Карпович В.Н. *Кандалакшский заповедник.* Мурманск, Кн. изд-во, 1984, 160 с.

8. Краснов Ю.В., Николаева Н.Г. Современное распределение морских колониальных птиц на акватории Баренцева моря. *Экосистема пелагиали морей западной Арктики.* Апатиты, 1996, с. 101–113.

9. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Шавыкин А.А., Николаева Н.Г., Гаврило М.В., Черноок В.И. *Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2002, 164 с.

10. Краснов Ю.В., Черноок В.И, Гаврило М.В., Шавыкин А.А., Терещенко В.А. Использование самолетов-лабораторий для мониторинга морских птиц и млекопитающих на акваториях арктических морей. *Зоол. журнал.* 2004, т. 83, № 3, с. 330–341.

11. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Ежов А.В. Орнитологические исследования: ключевые районы и места концентрации морских птиц на акваториях Баренцева и Карского морей (по трассе Севморпути). *Биология и океанография Северного морского пути: Баренцево и Карское моря.* Москва, Наука, 2007, с.124–129.

12. Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Аарвак. Т. Зимовки морских уток в Белом море и на Мурмане: характер размещения и адекватные методы учета. Гусеобразные Северной Евразии: география, динамика и управление популяциями. *Тез докл. Международн. конф. по гусеобразным Северной Евразии.* Элиста, 2011, с. 46.

13. Белопольский Л.О. К вопросу о количественном распределении *Fulmarus glacialis* и *Rissa rissa (Seu tridactyla)* в Баренцевом море. *Тр. Аркт. ин-та.* 1933, т. 8, с. 101–105.

14. Боркин И.В., Черноок В.И., Пономарев Я.И., Богомолов В.Ю., Гаврило М.В. Результаты авиасъемки морских птиц Баренцева моря. Исследование взаимоотношений популяций рыб в Баренцевом море. *Мат. VI советско-норвежского симп.* Мурманск, 12–16 августа, 1991 г. Мурманск, 1992, с. 205–216.

15. Краснов Ю.В., Шавыкин А.А. Практика мониторинга морских птиц в Баренцевом море. Проблемы и перспективы. *Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей.* Мурм. мор. биолог. ин-т КНЦ РАН. Москва, Наука, 2005, с. 141–156.

16. *Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики.* Москва, WWF России, 2011, 64 с.

17. Бианки В.В., Коханов В.Д., Корякин А.С., Краснов Ю.В., Панева Т.Д., Татаринкова И.П., Чемякин Р.Г., Шкляревич Ф.Н., Шутова Е.В. Птицы Кольско-Беломорского региона. *Рус. орнитол. журн.* 1993, т. 2 (4), с. 491–586.

18. Баккен В., Гаврило М.В. Глупыш *Fulmarus glacialis. Состояние популяций морских птиц, гнездящихся в регионе Баренцева моря.* Норвежский полярный ин-т, 2003, с. 16–19.

19. Успенский С.М., Томкович П.С. Птицы Земли Франца-Иосифа и их охрана. *Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны.* Ленинград, Гидрометеоиздат. 1986, с. 63–76.

20. Seabird colony databases of the Barents Sea region and the Kara Sea. Bakken V., ed. *Norsk Polarinstitut Rapportserie.* 2000, 115, p. 1–78.

21. *Состояние популяций морских птиц, гнездящихся в регионе Баренцева моря.* Норвежский полярный ин-т. 2003, 216 с.

22. Успенский С.М. *Птичьи базары Новой Земли.* Москва, Изд-во АН СССР, 1956, 178 с.

23. Головкин А.Н. Птичьи базары севера Новой Земли. *Особен. биол. продуктивн. вод близ птичьих базаров севера Новой Земли.* Ленинград, Наука, 1972, с. 84–91.

24. Пономарева Т.С. Гнездовая орнитофауна окрестностей острова Колгуева. *Орнитология.* 1995, т. 26, с. 92–96.

25. Морозов В.В. Кулик-сорока *Haematopus ostralegus* L., 1758. *Красная книга Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар.* Ненецкий Информационно-аналитический центр, 2006, с. 328–330.

26. Краснов Ю.В. Орнитофауна западного прибрежья о. Вайгач и прилегающих островов. *Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений.* Матишов Г.Г., ред. Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Санкт-Петербург, Реноме, 2014, с. 295–312.

27. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Ежов А.В. Характеристика орнитофауны на современном этапе. *Птицы северных и южных морей России: фауна, экология.* Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2013, с.16–38.

28. Mehlum F. Summer distribution of seabirds in northern Greenland and Barents Sea. *Norsk Polarinstitutt Skrifter.* 1989, no.191, 56 p.

29. Mehlum F., Nordlund N., Isaksen K. The importance of the «Polar Front» as a foraging habitat for guillemots *Uria* spp. breeding at Bjornøya, Barents Sea. *Journal of Marine Systems.* 1998, vol. 14, pp. 27–43.

30. Isaksen K. Distribution of seabirds at sea in the northern Barents Sea. Isaksen K., Bakken V., eds. Seabird population in the

northern Barents Sea. *Norsk Polarinst. Meddel.* 1995, no. 135, p. 67–104.

31. Scott D.A., Rose P.M. Atlas of Anatidae populations in Africa and Western Eurasia. *Wetlands International Publication no. 41.* Wageningen, Netherlands, 1996, 336 pp.

32. Frederiksen M., Moe B., Daunt F., Phillips R.A., Barrett R.T., Bogdanova M. I., Boulinier T., Chardine J.W., Chastel O., Chivers L.S., Christensen-Dalsgaard S., Clément-Chastel C., Colhoun K., Freeman R., Gaston A.J., González-Solís J., Goutte A., Grémillet D., Guilford T., Jensen G.H., Krasnov Y., Lorentsen S.-H., Mallory M.L., Newell M., Olsen B., Shaw D., Steen H., Strøm H., Systad G.H., Thórarinsson T.L., Anker-Nilssen T. Multicolony tracking reveals the winter distribution of a pelagic seabird on an ocean basin scale. *Diversity & Distributions.* 2012, vol. 18, pp. 530–542.

33. Краснов Ю.В., Черноок В.И. Морские птицы как индикатор биологически продуктивных зон при проведении осенней авиасъемки в открытых районах Баренцева моря. *Сб. научн. тр. «Инструментальные методы рыбохозяйственных исследований».* Мурманск, Изд-во ПИНРО. 1996, с. 95–106.

34. Краснов Ю.В. Характеристика орнитофауны и исследование ее роли в экосистеме Баренцева моря на современном этапе. *Комплексные исследования больших морских экосистем России.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2011, с. 258–277.

35. Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Горяев Ю.И., Ежов А.В., Ишкулов Д.Г., Краснов Ю.В., Ларионов В.В., Моисеев Д.В. *Труднодоступная Арктика. 10 лет биоокеанологических исследований на атомных ледоколах.* Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, 2005, 150 с.

36. Nikolaeva N.G., Krasnov Yu.V., Barrett R.T. Movements of Common *Uria aalge* and Brünnich's Guillemots *U. lomvia* breeding in the southern Barents Sea. *Fauna norv. Ser. C, Cinclus.* 1996, vol. 19, pp. 9–20.

37. Краснов Ю.В., Матишов Г.Г., Галактионов К.В., Савинова Т.Н. *Морские колониальные птицы Мурмана.* Санкт-Петербург, Наука, 1995, 226 с.

38. Жичкин А.П. Динамика климатических колебаний и миграции промысловых скоплений рыб в Баренцевом море. *Тез. докл. Междунар. науч. конф. «Глобальные климатические процессы и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов».* Мурманск, 9–11 ноября 2011 г. Мурман. мор. биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2011, с. 63–65.

39. 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, 1998, с. 80–260.

40. Uspenski S.M. *Die Eiderenten.* Die Neue Brehm-Bucherei, 1969, 104 p.

41. Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Шавыкин А.А. Состояние, численность и организация мониторинга популяций обыкновенной гаги (*Somateria mollissima*) в Баренцевом и Белом морях. *Зоологический журнал.* 2015, т. 94, № 1, с. 62–67.

42. Краснов Ю.В., Ежов А.В., Галактионов К.В., Шавыкин А.А. Численность и сезонное распределение западной популяции гаги-гребенушки (*Somateria spectabilis*), организация мониторинга в северных морях России. *Зоологический журнал.* 2020, т. 99, № 1, с. 45–56.

43. Бустнес Я.У., Бианки В.В. Гага-гребенушка *Somateria spectabilis. Состояние популяций морских птиц, гнездящихся в регионе Баренцева моря.* Норвежский полярный институт. Отчет № 113. 2003, с. 51–53.

44. Nygard T., Jordhoy P., Kondakov A., Krasnov Yu.V. A survey of waterfowl and seal on the coast of southern Barents Sea in March 1994. *NINA Oppdragsmelding. № 361.* Trondheim, NINA. 1995, 24 p.

45. Краснов Ю.В., Ежов А.В. Современное состояние популяций моевок (*Rissa tridactyla*) и кайр (*Uria aalge* и *U. lomvia*) на Мурмане. *Птицы северных и южных морей России: фауна, экология.* Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2013, с. 102–117.

46. Краснов Ю.В., Гаврило М.В. Современное состояние популяции толстоклювых кайр (*Uria lomvia*) на Земле Франца-Иосифа. Биологические проблемы Севера. *Мат. Междунар. научн. конф., посвященной памяти В.Л. Контримавичуса.* Магадан, 18–22 сентября 2018 г. Хаменкова Е.В., ред., Магадан, 2018, с. 332–333.

47. Кондратьев А.Я. Белоклювая гагара *Gavia adamsii* (Gray, 1859). *Красная книга Российской Федерации.* Москва, Издательство Астрель, 2001, с. 366–367.

48. Гаврило М.В. *Белая чайка Pagophila eburnea (Phipps, 1774) в российской Арктике: особенности гнездования вида в современном оптимуме ареала. Автореф. дис.… канд. биол. наук.* Санкт-Петербург, 2011, 19 с.

49. Volkov A.E., de Korte J. Distribution and numbers of breeding ivory gulls (*Pagophila eburnea*) on Severnaja Zemlja, Russian Arctic. *Polar Research.* 1996, p. 11–21.

50. Мелюм Ф., Покровская И.В. Черная казарка *Brantabernicla. Состояние популяций морских птиц, гнездящихся в регионе Баренцева моря.* Норвежский полярный институт. Отчет № 113. 2003, с. 43–45.

51. Степанян Л.С. *Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области).* Москва, ИКЦ «Академкнига», 2003, 808 с.

52. Gould P.J., Forsell D.J. *Techniques for shipboard surveys of marine birds.* US Fish and Wildlife Service. 1989, no. 25.

53. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Шавыкин А.А., Николаева Н.Г., Гаврило М.В., Черноок В.И. *Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны.* Апатиты, Изд. КНЦ РАН, 2002, 164 с.

54. Харламова М.Н., Новиков М.А. Динамика фауны птиц в окрестностях г. Мурманска в последнем десятилетии. *Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий.* 2019, с. 513–519.

3.6. Морские млекопитающие

1. Лукин Р.Л., Огнетов Г.Н. *Морские млекопитающие Российской Арктики: эколого-фаунистический анализ.* Екатеринбург, УрО РАН, 2009, 203 с.

2. Огнетов Г.Н., Матишов Г.Г., Воронцов А.В. *Кольчатая нерпа арктических морей России: распределение и оценка запасов.* Мурманск, ООО «МИП-999», 2003.

3. Матишов Г.Г., Огнетов Г.Н. *Белуха Delphinapterus leucas арктических морей России: биология, экология, охрана и использование ресурсов.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2006, 295 с.

4. Матишов Г.Г., Денисенко С.Г. Биоокеанологические исследования ММБИ в Печорском море 1992–1994 гг. *Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 1996, с. 9–12.

5. Kovacs K.M., Haug T., Lydersen Ch. Marine mammals of the Barents Sea. *Ecosystem Barents Sea.* Sakshaug E., Johnsen G., Kovacs K., eds. Tapir Academic Press, Tronheim, Norway, 2009, pp. 453–496.

6. Laidre K.L., Stern H., Kovacs K.M., Lowry L., Moore S.E., Regehr E.V., Ferguson S.H., Wiig O, Boveng P, Angliss R.P., Born E.W., Litovka D., Quakenbush L., Lydersen Ch., Vongraven D., Ugarte F. Arctic marine mammal population status, sea ice habitat loss, and conservation recommendations for the 21st century. *Conservation Biology.* 2015, vol. 29(3), pp. 724–737.

7. Boertmann D., Kyhn L.A., Witting L., Heide-Jørgensen M.P. A hidden getaway for bowhead whales in the Greenland Sea. *Polar. Biol.* 2015, vol. 38, pp. 1315–1319.

8. International Council for the Exploration of the Sea. *Report of the Joint ICES/NAFO Working Group on Harp and Hooded Seals.* 17–21 November Quebec City, Quebec, Canada. ICES CM 2014/ ACOM:20, 2014, 62 p.

9. Bowen D. *Halichoerus grypus ssp. macrorhynchus. The IUCN Red List of Threatened Species 2016.* URL: http://dx.doi.org/10.2305/ IUCN.UK.2016- 1.RLTS.T61382025A61382327.en

10. Joint Norwegian-Russian environmental status 2008. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II. Stiansen J.E., Korneev O., Titov O., Arneberg P., eds. *Complete report. IMR/PINRO Joint Report Series.* Bergen, IMR, 2009, 375 p.

11. Joint Norwegian-Russian environmental status 2013. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II. McBride M.M., Hansen J.R., Korneev O., Titov O., eds., Stiansen J.E., Tchernova J., Filin A., Ovsyannikov A., co-eds. *Complete report. IMR/PINRO Joint Report Series*, 2016, no. 2, 359 p.

12. Roman J., McCarthy J.J. The Whale Pump: Marine Mammals Enhance Primary Productivity in a Coastal Basin. *PLoS ONE.* 2010, vol. 5(10), e13255. URL: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013255

13. Горбунов Ю.А., Беликов С.Е. Наблюдения за морскими млекопитающими и белым медведем в Арктическом бассейне. *Сб. научн. трудов по мат. Пятой Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Одесса, Украина, 14–18 октября 2008 г. 2008, с. 220–222.

14. Соловьев Б.А., Глазов Д.М., Черноок В.И., Назаренко Е.А., Челинцев Н.Г., Рожнов В.В. 2012 Распределение и численность белухи (*Delphinapterus leucas*) в Белом море и южной части Баренцева моря по итогам авиаучѐта в августе 2011 г. *Сб. научн. тр. по мат. Седьмой Междунар. конф.* «Морские млекопитающие Голарктики», Суздаль, 24–28 сентября 2012 г.

15. Belikov S.E., Boltunov A.N. Distribution of cetaceans in the Russian Arctic according to observations from aerial reconnaissance of sea ice. Belugas in the North Atlantic and the Russian Arctic. *NAMMCO Scientific Publications.* 2002, vol. 4, pp. 69–86.

16. Joint Norwegian-Russian environmental status 2013. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II. McBride M.M., Hansen J.R., Korneev O., Titov O., eds., Stiansen J.E., Tchernova J., Filin A., Ovsyannikov A., co-eds. *Complete report. IMR/PINRO Joint Report Series*, 2016, no. 1, 359 p.

17. Skovrind M., Castruita J.A.S., Haile J., Treadaway E.C., Gopalakrishnan S., Westbury M.V., Heide-Jørgensen M.P., Szpak P., Lorenzen E.D. Hybridization between two high Arctic cetaceans confirmed by genomic analysis. *Scientific reports*, 2019, vol. 9, p. 7729.

18. Alter S.E., Rosenbaum H.C., Postma L.D., Whitridge P., Gaines C., Weber D., Egan M. G., Lindsay M., Amato G., Dueck L., Brownell R.L., Heide-Jørgensen M.P., Laidre K.L., Caccone G., Hancock B.L. Gene flow on ice: the role of sea ice and whaling in shaping Holarctic genetic diversity and population differentiation in bowhead whales (*Balaena mysticetus*). *Ecology and Evolution.* 2012, vol. 2 (11), pp. 2895–2911.

19. Reilly S.B., Bannister J.L., Best P.B., Brown M., Brownell Jr.R.L., Butterworth D.S., Clapham P.J., Cooke J., Donovan G., Urbaˊn J., Zerbini A.N. *Balaena mysticetus* (Svalbard-Barents Sea (Spitsbergen) subpopulation). *The IUCN Red List of Threatened Species.* 2012.

20. *Красная книга Российской Федерации (животные).* Москва, АСТ, Астрель, 2001, 862 с.

21. Moore S.E., Reeves R.R. Distribution and movement. The Bowhead Whale. Special Publication Number 2. *The Society for Marine Mammalogy.* 1993, pp. 313 – 386.

22. Шпак О.В., Беликов С.Е. Гренландский кит. *Морские млекопитающие Российской Арктики и Дальнего Востока.* ООО «Арктический Научный Центр». Москва, 2017, с. 81–83.

23. Cooke J.G., Reeves R. Balaena mysticetus. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018.* URL: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T2467A50347659.en.

24. Беликов С.Е., Горбунов Ю.А., Шильников В.И. Распространение ластоногих и китообразных в морях Советской Арктики и Беринговом море в зимний период. *Биология моря.* 1989 № 4, с. 33–41.

25. Gavrilo M.V. *Status of the bowhead whale Balaena mysticetus in the waters of Franz Josef Land Archipelago.* Paper SC/66a/BRG20 presented to the IWC Scientific Committee meeting, 19 May — 3 June 2015, San Diego, CA, USA, 2015, 11 p.

26. В.Н. Светочев, А.М.Трухин. *Морские млекопитающие Российской Арктики и Дальнего Востока.* ООО «Арктический Научный Центр». Москва, 2017, с. 245–250.

27. Birds and mammals of Svalbard. Kovacs K.M., Lydersen C., eds. *Polarhåndbok No. 13*, 2006, 203 p.

28. *Атлас морских млекопитающих СССР.* Земской В.А., ред. Москва, Пищевая промышленность, 1980, 183 с.

29. Гептнер В.Г., Чапский К.К., Арсеньев В.А., Соколов В.Е. *Млекопитающие Советского Союза.* Т.2, ч. 3. Ластоногие и зубатые киты. Москва, Высшая школа, 1976, 718 с.

30. Светочев В.Н., Светочева О.Н. Морские млекопитающие: биология, питание, запасы. *Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследования фауны морей.* Т. 69.(77). Санкт-Петербург, 2012, с. 261–286.

31. Жилинский А.А. Промысел морского зверя в Белом море и Ледовитом океане. *Современная техника и технология.* Ленинград, Москва, Гос.торг.издательство, 1930, 62 с.

32. Хузин Р.Ш. *Эколого-морфологический анализ различий и перспективы промысла гренландского тюленя беломорской, ян-майенской и ньюфаундлендской популяций.* Мурманск, 1972, 176 с.

33. Назаренко Ю.И. Биология и промысел беломорской популяции гренландского тюленя. *Морские млекопитающие.* Москва, Наука, 1984, с. 109–117.

34. Полежаев Н.М., Потелов В.А., Петров А.Н., Пыстин А.Н., Нейфельд Н.Д., Сокольский С.М., Тюрнин Б.Н. Фауна европейского Северо-Востока России. *Млекопитающие.* т.2, ч. 2. Санкт-Петербург, 1998, 285 с.

35. International Council for the Exploration of the Sea. *Report of the Joint ICES/NAFO Working Group on Harp and Hooded Seals.* 26–30 September, 2016 Copenhagen, Denmark ICES CM 2016/ ACOM:20, 2017, 78 p.

36. Kovacs K.M. Hooded Seal, Cystophoracristata. Perrin W.F., Thewissen J.G.M., Wursig B., eds. *Encyclopedia of Marine Mammals.* MacMillan, New York, NY, 2009, pp. 945–948.

37. Laidre K.L., Stirling I., Lowry L.F., Wiig Ø., Heide-Jørgensen M.P., Ferguson S.H. Quantifying the sensitivity of Arctic marine mammals to climate-induced habitat change. *Ecological Applications.* 2008, № 18, pp. 97–125.

38. Hammill M.O., Stenson G. *Abundance of Northwest Atlantic hooded seals (1960–2005).* DFO Canada. Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2006/068. 19 p.

39. Kovacs K.M., Lydersen C. Svalbardsfuglerogpattedyr. *Polarhåndbok nr.13.* Tromsø, Norsk Polarinstitutt & Polarmiljøsenteret, 2006, 203 p.

40. Светочева О.Н. Проникновение редких видов морских млекопитающих в Белое море в период с 1985 по 2010 гг. *Междунар. научн. конф. «Глобальные климатические процессы и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов».* Мурманск, 8–11 ноября 2011 г., с. 177–178.

41. Черноок В.И., Лидерсен К., Глазов Д.М., Труханова И.С., Ковакс К.М. Авиаучет атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) в Печорском море в августе 2011 г. *Сб. научн. тр. по матер. VII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Суздаль, 24–28 сентября 2012. Т. 2. Москва, 2012, с. 366–369.

42. Вишневская Т.Ю., Бычков В.А. Серый тюлень. *Отчет ВИНИТИ.* Москва, 1989, 72 с.

43. Nilssen K.T., Haug T. Status of grey seals (*Halichoerus grypus*) in Norway. Haug T., Hammill M.O., Olafsdottir D., eds. *Grey seals on the North Atlantic and in the Baltic.* NAMMCO Scientific Publications, Tromso, 2007, pp. 23–31.

44. Øigård T.A., Frie A.K., Nilssen K.T., Hammill M.O. Modelling the abundance of grey seals (*Halichoerus grypus*) along the Norwegian coast. *ICES Journal of Marine Science.* 2012, vol. 69, pp.1436–1447.

45. Ziryanov S.V. Mishin V.L. Grey seals on the Murman coast, Russia: status and present knowledge. Haug T., Hammill M.O., Olafsdottir D., eds. Grey seals in the North Atalntic and the Baltic. *NAMMCO Scientific Publications*, Tromso, 2007. pp. 13–22.

46. Lydersen C., Kovacs K.M. Status and biology of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Svalbard. *NAMMCO Scientific Publications.* 2010, vol. 8, pp. 47–60.

47. Ковакс К.М. Бланшет М.А., Хамильтон Ч., Меркель Б., Лоутер А., Имс Р.А., Юккоз Н., Лидерсен К. Самая северная в мире популяция обыкновенных тюленей (Phocavitulina) в меняющейся Арктике. *Сб. научн. тр. по мат. VIII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Санкт-Петербург, 22–27 сентября 2014 г. Т. 1. Совет по Морским млекопитающим, 2015, с. 236–241.

48. Зырянов С.В, Москвин А.В. О сезонном распределении и суточной активности в период размножения обыкновенного тюленя в губе Ивановская (Восточный Мурман). *Сб. научн. тр. «Экология птиц и тюленей в морях северо-запада России».* Апатиты, 1997, с.179–196.

49. Зырянов С.В. Обыкновенный тюлень (*Phoca vitulina*) Восточного побережья Баренцева моря: современный статус и состояние популяции. *Мат. Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Арангельск, 2000, с.135–139.

50. Успенский С.М. *Белый медведь.* Москва, ВЩ Агропромиздат, 1989, 189 с

51. Stirling I. *Polar bears: the Natural History of a Threatened Species.* Fitzhentry and Whiteside, 2011, 352 p.

52. Obbard M.E., Thiemann G.W., Peacock E., DeBruyn T.D. Polar bears. *Proceedings of the 15th working meeting of the IUCN/SSC Polar Bear Specialist Group.* 29 June–3 July 2009, Copenhagen, Denmark. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission, No. 43. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2010, 235 p.

53. Wiig Ø., Amstrup S., Atwood T., Laidre K., Lunn N., Obbard M., Regehr E., Thiemann G. *Ursus maritimus. The IUCN Red List of Threatened Species 2015.* URL: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T22823A14871490.en.

54. Беликов С.Е. Белый медведь Российской Арктики. *Наземные и морские экосистемы.* Москва, Санкт-Петербург, ООО «Паулсен», 2011, с. 263–291

55. Горбунов Ю.А., Беликов С.Е., Шильников В.И. Влияние ледовых условий на распределение и численность белого медведя в морях Советской Арктики. *Бюлл. МОИП, отд. биол.* 1987, т. 92, № 5, с. 19–28.

56. Горбунов Ю.А., Беликов С.Е. Наблюдения за морскими млекопитающими и белым медведем в Арктическом бассейне. *Сб. науч. тр. по мат. V Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Одесса, Украина, 14–18 октября. Одесса, 2008, с. 220–222.

57. Mauritzen M., Belikov S.E., Boltunov A.N., Derocher A.E., Hansen A.E., Ims R.A., Wiig O., Yoccoz N. Functional responses in polar bear habitat selection. *OIKOS 100.* 2003, pp. 112–124.

58. Lønø O. *The polar bear (Ursus maritimus Phipps) in the Svalbard area. NorskPolarinstitutt.* Oslo, 1970, 103 p.

59. Andersen M., Derocher A.E., Wiig O., Aars J. Polar bear (*Ursus maritimus*) maternity den distribution in Svalbard, Norway. *Polar Biology.* 2012, vol. 35, pp. 499–508.

60. Паровщиков В.Я. Современное состояние популяции белого медведя архипелага Франца-Иосифа. *Морские млекопитающие.* Москва, Наука, 1965, с. 237–242.

61. Беликов С.Е., Матвеев Л.Г. Распределение и численность белого медведя и его берлог на Земле Франца-Иосифа. *Мат. III Всес. совещ. «Редкие виды млекопитающих СССР и их охрана».* Москва, Наука, 1983, с. 84–85.

62. Larsen T. *Population biology of the bear (Ursus maritimus) in the Svalbart area.* Oslo, NorskPolarinst, 1986, 55 p.

63. Беликов С.Е. Численность, распределение и миграции белого медведя в Советской Арктике. *Крупные хищники.* Москва, 1992, с. 74–84.

64. Беликов С.Е. *Белый медведь. Медведи: бурый медведь, белый медведь, гималайский медведь.* Москва, Наука, 1993, с. 420–478.

65. Найденко С.В., Иванов Е.А., Мордвинцев И.Н. Платонов Н.Г., Ершов Р.В., Рожнов В.В. Серопозитивность белых медведей (*Ursus maritimus*) островов Баренцева моря к различным патогенам. *Зоологический журнал.* 2013, т. 92, № 2, с. 248–252.

66. Платонов Н.Г., Рожнов В.В., Алпацкий И.В., Мордвинцев И.Н., Иванов Е.А., Найденко С.В. Оценка перемещений белого медведя с учетом дрейфа льда. *Доклады Академии наук.* 2014, т. 456, № 3, с. 366–369.

67. Рожнов В.В., Платонов Н.Г., Мордвинцев И.Н., Иванов Е.И., Ершов Р.В. Перемещения радиомеченых самок белого медведя (*Ursus maritimus*) на о. Земля Александры (архипелаг Земля Франца-Иосифа) в безледный период осенью 2011 г. *Зоологический журнал.* 2014, т. 93(11), с. 1354–1368.

68. Mauritzen M., Derocher A.E., Wiig Ø., Belikov S.E., Boltunov A.N., Hansen E., Garner G.W. Using satellite telemetry to define spatial population structure in polar bears in the Norwegian and western Russian Arctic. *Journal of Applied Ecology.* 2002, vol. 39, pp. 79–90.

69. Paetkau D., Amstrup S.C., Born E.W., Calvert W., Derocher A.E., Garner G.W., Messier F., Stirling I., Tailor M.K., Wiig Ø., Strobeck C. Genetic structure of the world's polar bear populations. *Molecular Ecology.* 1999, vol. 8, pp. 1571–1584.

70. Belikov S., Boltunov A., Belikova T., Belevich T., Gorbunov Yu. The Distribution of Marine Mammals in the Northern Sea Route Area. *INSROP Working Paper No. 118–1998.* II.4.3. The International Northern Sea Route Programme, 1998, 49 p.

71. Луцюк О.Б. К биологии белого медведя (*Ursus maritimus*) на острове Врангеля в летне-осенний период. *Зоологический журнал.* 1978, т. 57, вып. 4, с. 597–603.

72. Беликов С.Е., Пестина П.В. Возможное воздействие потепления климата в Арктике на успех размножения белого медведя. *Сб. научн. тр. по мат. IX Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Москва, 2018, Т. 1, с. 58–64.

73. Беликов С.Е., Болтунов А.Н. Белый медведь в районе архипелага Земля Франца-Иосифа: история и результаты исследований, проблемы охраны и пути их решения. *Труды Кольского научного центра РАН.* Океанология. Апатиты, 2014, № 2, с. 263–288.

74. Овсяников Н.Г. Численность, распределение и демографический состав группировки белых медведей района острова Врангеля в осенний период. *Медведи России и прилегающих стран – состояние популяций.* Ч. 2. Москва, ЦЛГЗ Минприроды РФ, 1993, с. 12–41.

75. Овсяников Н.Г., Кочнев А.А. Наблюдения за береговыми лежбищами моржей и связанными с ними явлениями на острове Врангеля в 1990 г. (предварительное сообщение). *Популяции и сообщества животных острова Врангеля.* Москва, 1991, с. 74–91.

76. Клейненберг С.Е., Яблоков А.В., Белькович В.М., Тарасевич М.Н. *Белуха: опыт монографического исследования вида.* Клейненберг С.Е., ред. Москва, Наука, 1964, 454 с.

77. Lowry L.F., Burns J.J., Nelson R.R. Polar bear, *Ursus maritimus*, predation on belugas, Delphinapterus leucas, in the Bering and Chukchi seas. *Can. Field Nat.* 1987, vol. 101, pp. 141–146.

78. Smith T.G., Sjare B. Predation of belugas and narwhals by polar bears in nearshore areas of the Canadian High Arctic. *Arctic.* 1990, vol. 43, pp. 99–102.

79. Derocher A.E., Wiig Ø., Bangjord G. Predation of Svalbard reindeer by polar bears. *Polar Biol.* 2000, vol. 23, pp. 675–678.

80. *Polar Bear Range States. Circumpolar Action Plan: Conservation Strategy for Polar Bears. A product of the representatives of the parties to the 1973 Agreement on the Conservation of Polar Bears.* 2015, 80 p.

81. Andersen M., Lie E., Derocher A.E., Belikov S.E., Bernhoft A., Boltunov A.N., Garner G.W., Skaare J.U., Wiig O. Geographical variation of PCB congeners in polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard east to the Chukchi Sea. *Polar Biol.* 2001, vol. 24, pp. 231–238.

82. Skaare J.U., Larsen H.J., Lie E., Ropstad E., Bernhoft A., Derocher A.E., Lunn N.J., Norstrom R.J., Wiig Ø. Relationships between high loads of organic contaminants and health effects in Arctic mammals – immune response and chlorinated environmental pollutants in polar bears. *Pharmacological Toxicology.* 2001, vol. 88, pp. 1–14.

83. Skaare J.U., Bernhoft A., Wiig Ø., Norum K.R., Haug E., Eide D.M., Derocher A.E. Relationships between plasma levels of organochlorines, retinol, and thyroid hormones from polar bears

(*Ursus maritimus*) at Svalbard. *Journal of Toxicology and Environmental Health.* Part A. 2001, vol. 62, pp. 227–241.

84. Lie E., Bernhoft A., Riget F., Belikov S.E., Boltunov A.N., Derocher A.E., Garner G.W., Wiig Ø., Skaare J.U. Geographical distribution of organochlorine pesticides (OCPs) in polar bears (*Ursus maritimus*) in the Norwegian and Russian Arctic. *The Science of the Total Environment.* 2003, vol. 306, pp. 159–170.

85. Born E.W., Gjertz I., Reeves R.R. Population Assessment of Atlantic Walrus. Oslo, *Meddelelser.* 1995, no. 138, 100 p.

86. Wiig Ø., Gjertz I. Body size of male Atlantic walruses (*Odobenus rosmarus rosmarus*) from Svalbard. *Journal of Zoology.* 1996, vol. 240, no. 3, pp. 495–499.

87. Knutsen L.Ø., Born E.W. Body growth in Atlantic walruses (*Odobenus rosmarus rosmarus*) from Greenland. *Journal of Zoology.* 1994, vol. 234, no. 3, pp. 371–385.

88. Garlich-Miller J.L., Stewart R.E.A. Growth and sexual dimorphism of Atlantic walruses (*Odobenus rosmarus rosmarus*) in Foxe Basin, Northwest Territories, Canada. *Marine Mammal Science.* 1998, vol. 14, no. 4, pp. 803–818.

89. Соколов В.Е., Солнцева Г.Н., Масс А.М., Вишневская М.А., Назаренко Е.А., Лямин О.И., Шпак О.В., Кондаков А.А., Зырянов С.В., Воронцов А.В., Хахин Г.В., Вишневская Т.Ю., Крылов В.И., Бычков В.А., Кочнев А.А. *Морж: образ вида.* Российская академия наук, ИПЭЭ РАН, Москва, 2001, с. 233. (Сер. Виды фауны России и сопредельных стран).

90. Kastelein R.A. Walrus: *Odobenus rosmarus. Encyclopedia of marine mammals.* Academic Press, 2009, pp. 1212–1217.

91. Born E.W. *Historical and Present Distribution, Abundance and Exploitation of Atlantic Walruses (Odobenus rosmarus roasmarus L.) in Eastern Greenland.* vol. 46. Museum Tusculanum Press, 1997, 73 p.

92. Freitas C. Deep into the ice: over-wintering and habitat selection in male Atlantic walruses. *Marine Ecology Progress Series.* 2009, vol. 375, pp. 247–261.

93. Lydersen C., Aars J., Kovacs K.M. Estimating the number of walruses in Svalbard from aerial surveys and behavioural data from satellite telemetry. *Arctic.* 2008, pp. 119–128.

94. Успенский С.М. Рыбы, птицы и млекопитающие. Новая Земля. Природа. История. Археология. Культура. *Тр. Морской арктической комплексной экспедиции (МАКЭ).* Т. 1, 1998, с. 210–211.

95. Болтунов А.Н., Горбунов Ю.А., Кондаков А.А., Лукин Л.Р., Менис Д.Т., Огнетов Г.Н., Светочев В.Н., Семенова В.С. Оценка уязвимости морских млекопитающих при проведении экологических экспертиз хозяйственного освоения морского шельфа на примере юго-восточной части Баренцева моря. *Сб. научных трудов по материалам 7-ой Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Суздаль, 24–28 сентября. Т.1. Москва, 2012, с. 105–108.

96. Гаврило М.В. О современном распределении атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) на севере Карско-Баренцевоморского региона. *Мат. XI Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Калининград, 2010, с. 125–129.

97. Семенова В.С., Бабушкин М.В., Болтунов А.Н., Никифоров В.В., Светочев В.Н. Результаты спутникового мечения атлантических моржей (*Odobenus rosmarus rosmarus*) в юго-восточной части Баренцева моря в 2012–2014 гг. *Сб. тез. VIII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики».* Санкт-Петербург, 22–27 сентября 2014 г. Санкт-Петербург, 2015.

98. Глазов Д.М., Шпак О.В., Кузнецова Д.М., Соловьев Б.А., Удовик Д.А., Платонов Н.Г., Мордвинцев И.Н., Иванов Д.И., Рожнов В.В. Наблюдения моржей (*Odobenus rosmarus*) в морях Баренцевом, Карском и море Лаптевых в 2010–2012 гг. *Зоологический журнал.* 2013, т. 92, № 7, с. 841–848.

99. Шабалин Н.В., Мельникова В.А., Гебрук А.А., Мардашова М.В., Мокиевский В.О. Предварительные итоги оценки кормовой базы атлантического моржа в акватории Печорского моря различными методами в 2015–2017 гг. *Тр. VI Междунар. научн.-практич. конф. «Морские исследования и образование (MARESEDU-2017)».* Издательство: ООО"ПолиПРЕСС", 2017, с. 585–589.

100. Семенова В.С., Болтунов А.Н., Никифоров В.В. *Изучение и сохранение атлантического моржа в Юго-Восточной части Баренцева моря и сопредельных районах Карского моря: результаты исследований 2011–2014 гг.* Совет по мор. млекопитающим. Мурманск, Всемирный фонд дикой природы, 2015, 82 с.

101. Fall J., Skern-Mauritzen M. White-beaked dolphin distribution and association with prey in the Barents Sea. *Marine Biology Research.* 2014, vol. 10, no. 10, pp. 957–971.

102. Зырянов С.В. *Распределение морских птиц и млекопитающих на акватории Баренцева моря в зависимости от состояния популяции мойвы и сайки (по материалам авианаблюдений в осенний период 2002–2003 гг.).* 2006.

103. Боркин И.В. О взаимоотношениях морских млекопитающих и сайки в экосистеме Баренцева моря. *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета.* 2011, т. 4, №. 20, с. 41–46.

104. Уличев В.И. Факторы среды и их влияние на динамику численности млекопитающих (на примере гренландского тюленя). *Общество. Среда. Развитие (Terra Humana).* 2010, №. 1.

105. Семенова В.С., Болтунов А.Н., Никифоров В.В. *Изучение и сохранение атлантического моржа в юго-восточной части Баренцева моря и сопредельных районах Карского моря. Результаты исследований 2011–2014 гг.* Всемирный фонд дикой природы (WWF). Мурманск, 2015. 82 с.

106. Semenova V., Boltunov A., Nikiforov V. Key habitats and movement patterns of Pechora Sea walruses studied using satellite telemetry. *Polar Biology.* 2019, т. 42, № 9, с. 1763–1774.

107. Shaw CN, PJ Wilson, BN White. 2003. A reliable molecular method of gender determination for mammals. *J. Mammal.* 84, pp. 123–128.

108. Fischbach M. A., Walsh C. T., Clardy J. The evolution of gene collectives: How natural selection drives chemical innovation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008, т. 105, № 12, с. 4601–4608.Шитова М. В. и др. Генетическое разнообразие тихоокеанского моржа (*Odobenus rosmarus divergens*) в западной части чукотского моря. *Генетика*, 2017, т. 53, № 2, с. 223–232.

109. Шитова М. В. Генетическое разнообразие тихоокеанского моржа (*Odobenus rosmarus divergens*) в западной части чукотского моря. *Генетика.* 2017, т. 53, № 2, с. 223–232.

3.7. Прибрежные растительные сообщества

1. Высоцкий Г.Н. *Лесные культуры степных опытных лесничеств с 1893 по 1907. Труды по лесному опытному делу.* вып. XII. Избранные труды. Москва, Сельхозгиз, 1960, с. 108–111.

2. Королева Н.Е. Безлесные растительные сообщества побережья Восточного Мурмана (Кольский полуостров, Россия). *Растительность России.* 2006, № 9, с. 20–42.

3. Уиттекер Р. *Сообщества и экосистемы.* Москва, Прогресс, 1980, 327 с.

4. Пачоский И.К. *Описание растительности Херсонской губернии.* т. 3. Плавни, пески, солончаки, сорные растения. Херсон, Паровая типо-литография С. Н. Ольховикова и С. А. Ходушина, 1927, 228 с.

5. Грибова С.А. *Тундры. Растительность европейской части СССР.* Ленинград, Наука, 1980, с. 29–70.

6. Матвеева Н.В. Зональность в растительном покрове Арктики. *Тр. БИН РАН.* Вып. 21. Санкт-Петербург, 1998, 220 с.

7. Петров К.М., Терехина Н.В. *Растительность России и сопредельных стран.* Санкт-Петербург, ХИМИЗДАТ, 2013, 328 с.

8. Юрцев Б.А. *Арктическая флористическая область.* Ленинград, 1978, 165 с.

9. Александрова В.Д. Принципы зонального деления Арктики и Антарктики. *Бот. журн.* 1971, т. 56, № 1, с 31–21.

10. Александрова В.Д. *Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики.* Ленинград, 1977, 188 с. (Комаровские чтения, 29).

11. Александрова В.Д. Структура растительных группировок полярной пустыни о. Земля Александры (Земля Франца-Иосифа). *Проблемы экологии, геоботаники, ботанической географии и флористики.* Ленинград, 1977, с. 26–36.

12. Александрова В.Д. Открытые растительные группировки полярной пустыни острова Земля Александры (Земля Франца-Иосифа) и их классификация. *Бот. журн.* 1981, т. 66, № 5, с. 26–36.

13. Александрова В.Д. *Растительность полярных пустынь СССР.* Ленинград, 1983, 142 с.

14. Ronning O.I. *The flora of Svalbard.* Oslo, 1996, 128 p.

15. Мосеев Д.С. Динамика растительности маршей приливных устьев рек Белого моря и Чешской губы Баренцева моря. *Океанологические исследования.* 2019, т. 47, № 4, с. 32–52.

16. Цинзерлинг Ю.Д. География растительного покрова Северо-Запада Европейской части СССР. *Тр. геоморфологического ин-та.* Вып. 4. Ленинград, 1932, 377 с.

17. Цинзерлинг Ю.Д. *Материалы по растительности северо-востока Кольского полуострова.* Москва, Ленинград, 1935, 162 с.

18. Elvebakk A., Hertel H. Part 6. Lichens. Elvebakk A., Prestrud P., eds. *A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria.* Oslo, Norsk Polar inst. Skrift,1996, no. 198, pp. 271–359.

19. Королёва Н.Е. , Константинова Н.А. , Белкина О.А., Давыдов Д.А., Лихачёв А. Ю., Савченко А.Н., Урбанавичене И.Н. *Флора и растительность восточного побережья Грен-фьорда.* Апатиты, 2008, 112 с.

20. Мосеев Д.С., Кряучюнас В.В., Игловский С.А., Флора некоторых районов западной части Шпицбергена в начале вегетационного периода. *Биология.* 2014, с. 94–100.

21. Шмакова Н.Ю., Марковская Е.Ф. Эколого-физиологическая характеристика растительных сообществ под птичьим базаром на Западном Шпицбергене. *Арктика и Север.* 2016, № 22, с. 165–174.

22. Парфентьева Н.С., Бреслина И.П. Флора Айновых островов. *Труды Кандалакшского гос. заповедника.* Вып. 7. Бот. исслед. Мурманск, Мурм. кн. изд-во, 1969, с. 390–412.

23. Говоруха Л.С. Земля Франца-Иосифа. *Советская Арктика. (Моря и острова Северного Ледовитого океана).* Москва, 1970, с. 328–359.

24. Safronova I.N., Glazovsky A. Flora and vegetation. Barr S., ed. Franz Josef Land. *Polarhandbook.* 8. Oslo, 1995, pp. 32–37.

25. Fischer H. Some remarks on the flora of Franz Josef Archipelago. *Geogr. J.* 1896, V, VIII, pp. 560–563.

26. Палибин И.В. Ботанические результаты плавания ледокола «Ермак» в Северном Ледовитом океане летом 1901 г. *Известия Санкт-Петербургского ботанического сада.* 1906, № 3 (5), 128 с.

27. Толмачев А.И. Материалы для флоры европейских арктических островов. *Журнал Русского ботанического общества.* 1931, № 16(5–6), с. 459–472.

28. Hanssen O., Lid J. Flowering plants of Franz Josef Land. *Skrifter om Svalbard og Ishavet.* 1932, vol. 39, 42 p.

29. Толмачев А.И., Шухтина Г.Г. Новые данные о флоре Земли Франца-Иосифа. *Бот. журн.* 1974, т. 59(2), с. 275–279.

30. Сафронова И.Н. Материалы к флоре о. Мейбел и о. Гукера (архипелаг Земля Франца-Иосифа). *Бот. журн.* 1983, т. 68(4), с. 513–519.

31. Кулиев А.Н. Растительность. *Земля Франца-Иосифа.* Москва, 2013, с. 513–531.

32. Чуракова Е.Ю. *Биологические научные исследования. В сб.: Комплексная научно-образовательная экспедиция "Арктический плавучий университет–2013".*Ч. II. Архангельск, 2013, с. 277–280.

33. Чуракова Е.Ю., Сидорова О.В., Менников Д.С., Ершов Р.В. Конспект флоры сосудистых растений архипелага Земля Франца-Иосифа. *Вестник С(А)ФУ.* Сер.: Естественные науки. 2014, т. 2, с. 94–101.

34. Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А. К флоре островов архипелага Земля Франца-Иосифа и Северного части архипелага Новая Земля (аннотированный список видов). *Ученые записки Петр*ГУ. 2017, т. 4 (165), с. 48–64.

35. Сафронова И.Н. О растительности островов Мейбел и Гукера (архипелаг Земля Франца-Иосифа). *Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны.* Ленинград, 1986, с. 51–62.

36. Сафронова И.Н., Юрковская Т.К. Зональные закономерности растительного покрова равнин Европейской России и их отображение на карте. *Бот. журн.* 2015, т. 100(11), с. 1121–1141.

37. Вехов Н.В., Кулиев А.Н. Обзор флоры архипелага Новая Земля. *Тр. Морской Арктич. компл. экспедиции /Российский НИИ культурного и природного наследия Минкультуры РФ и РАН, Фонд полярных исследований.* Москва, 1996, 25 с.

38. Вехов Н.В., Кулиев А.Н. Лишайники, мохообразные и сосудистые растения полярных пустынь архипелага Новая Земля. *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 1998, т. 103, вып. 3, с. 44–49.

39. Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А., Кузьмина Е.Ю. Новые виды мхов (Bryophyta) для Земли Франца Иосифа (Российская Арктика). *Новости сист. низш. раст.* 2018, т. 52(1), с. 195–203.

40. Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А. Состав и структура растительных сообществ островов южной части архипелага Земля Франца-Иосифа. *Вестник Кольского научного центра РАН.* 2018, т. 3(10), с. 14–24.

41. Парк Виллема Баренца на Новой Земле. *Научно-технический отчет по проекту WWFRU0073.01 «Arctic Reserves».* Москва, 1999, 206 с.

42. Кулиев А.Н. Растительность побережья губы Крестовой (Северный остров) Новая Земля. Природа. История. Археология. Культура. *Труды Морской арктической комплексной экспедиции.* Вып. X. Кн. 1. Москва, 1998, с. 268–276.

43. Матвеева Н.В., Заноха Л.Л., Афонина О.М., Потемкин А.Д., Патова Е.Н., Давыдов Д.А., Андреева В.М., Журбенко М.П., Конорева Л.А., Змитрович И.В., Ежов О.Н., Ширяев А.Г., Кирцидели И.Ю. *Растения и грибы полярных пустынь северного полушария.* Санкт-Петербург, 2015, 320 с.

44. Берлина Н.Г., Костина В.А. Флора сосудистых растений Лапландского заповедника. Тр. *Лапландского гос. природного биосферного заповедника.* Вып. 6. Москва, 2012, с. 112–198.

45. Раменская М.Л. *Анализ флоры Мурманской области и Карелии.* Ленинград, 1983, 216 с.

46. Боброва Л.И., Качурин М.Х. Очерк растительности Мончетундры. Мат. по растительности центральной и западной частей Кольского полуострова. *Тр. СОПС АН СССР.* вып. 2. Москва, Ленинград, 1936, с. 95–121.

47. Бреслина И.П. Флора и растительность Семи островов и прилегающего побережья Восточного Мурмана. *VII вып. Трудов Кандалакшского заповедника.* Мурманск, 1969, с. 259–382.

48. Георгиевский А.Б. Флора и растительность Гавриловских островов. *Флористические исследования в заповедниках РСФСР.* Москва, 1981, с. 20–46.

49. Панева Т.Д. Новые виды растений Айновых островов. *Флора и растительность островов Белого и Баренцева морей.* Мурманск, 1996, с. 112–113.

50. Виталь А.Д. Растительность и ландшафты Восточного Мурмана (Баренцево море). *Мат. V научн. конф. Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцева (2000).* Москва, 2001, с. 100–106.

51. Костина В. А. Сосудистые растения заповедника "Пасвик" (Аннотированный список видов). *Флора и фауна заповедников.* Вып. 103. Москва, 2003. 43 с.

52. Волкова П.А., Абрамова Л.А., Сухов С.В. *Школьные ботанические практики на побережье Баренцева моря.* 2007, 131 с.

53. Плец М.Ю. Материалы к флоре полуостровов Рыбачий и Средний. *Сб. научных трудов Государственного Биологического музея им. К. А. Тимирязева.* Вып. III. Москва, 2007, с. 160–185.

54. Чиненко С.В. Сравнение локальных флор восточной части северного побережья Кольского полуострова с локальными флорами соседних регионов. *Бот. журн.* 2008, т. 93, № 1, с. 60–81.

55. Regel K. Die Pflanzendecke der Halbinsel Kola. II. *Lapponia ponojensis und Lapponia Imandrae.* Kaunas, 1927, 357 p. III. *Lapponia tulomenmsis und Lapponia murmanica.* Kaunas, 1928, 210 p.

56. Kalela A. *Uber Wiesen und Wiesenarctige Pflanzengesellschaflen auf der Fischerhalbinsel in Petsamo Lappland.* Helsinki, 1939, 523 p.

57. Чернов Е.Г. *Карта растительности Кольского полуострова в масштабе 1:1000 000 с пояснительным текстом. Автореф. дис. … канд. биол. наук.* Кировск, 1953.

58. Парфентьева Н.С. Растительность Айновых островов. *Тр. Канадалакшского гос. заповедника.* Вып. 7. Мурманск, 1969, с. 413–424.

59. Бреслина И.П. *Флора и растительность Семи островов и прилегающего побережья Восточного Мурмана. Автореф. дис. … канд. биол. наук.* Кандалакша, 1970.

60. Кожевников Ю.П. Растительный покров северокольских низкогорий. *Ботан. журн.* 1999, т. 84, № 2, с. 42–53.

61. Королева Н.Е. Зональная тундра на Кольском полуострове реальность или ошибка? *Вестник МГТУ.* 2006, т. 9, № 5, с. 747–756.

62. Королева Н.Е. Основные биотопы северо-таежных лесов и березовых криволесий Мурманской области: ландшафтное и ботаническое разнообразие, основания для охраны. *Вестник МГТУ.* 2011, т.14, №4, с. 819–832.

63. Королева Н.Е., Чиненко С.В., Сортланд Э.Б. Сообщества маршей, пляжей и приморского пойменного эфемеретума Мурманского, Терского и востока Кандалакшского берега (Мурманская область). *Фиторазнообразие Восточной Европы.* 2011, № 9, с. 26–62.

64. Сорокин А.Н. Флора сосудистых растений приморских местоположений Баренцева моря. *Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева.* Сер. «Экология». 2003, вып. 3. с. 165–168.

65. Сорокин А.Н .Некоторые итоги исследования экологии и синтаксономии растительных сообществ классов Honckenyo-Elymetea и Caciletea maritimae на побережьях морей Европейской части России. *Экологический сборник. Труды молодых ученых Поволжья.* Тольятти, ИЭВБ РАН, 2007, с. 177–183.

66. Сорокин А.Н., Голуб В.Б. Растительные сообщества союза Malricarion maritimi all. nov. на берегах северных морей Европейской России. *Фиторазнообразие Восточной Европы.* 2007, №2, с. 3–16.

67. Арманд А.Д. Геоморфологический очерк Семиостровского отдела Кандалакшского заповедника. *Тр. Кандалакшского государственного заповедника.* Вып. 7. Мурманск, 1969, с. 228–259.

68. Белов Н.П., Барановская А.В. *Почвы Мурманской области.* Ленинград, 1969, 147 с. Берг Л.С. Климатические пояса Земли. *Изв. геогр. ин-та.* 1925, вып. 5. Ленинград, с. 21–47.

69. Переверзев В.Н. Почвы и почвенный покров Кольского полуострова. *Мат. Междунар. конф. «Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на севере».* Кировск, 26–30 августа 2006 г. т. 1. Кировск, 2006, с. 182–187.

70. Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. Классификация растительности соленых и солоноватых маршей Большеземельской тундры (побережье Баренцева моря). *Фиторазнообразие Восточной Европы.* 2018, т. 12 (3), с. 82–143.

71. Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. Зональная растительность равнинных восточноевропейских тундр. *Растительность России.* 2018, № 32, с. 35–108.

72. Сергиенко Л.А. *Флора и растительность побережий Российской Арктики и сопредельных территорий.* Петрозаводск, 2008, 225 с.

73 Сергиенко Л.А. *Состав и динамика растительного покрова побережий Российской Арктики.* Петрозаводск, 2013, 127 с.

74. Мосеев Д.С. Растительные сообщества побережья Печорской губы Баренцева моря между устьями рек Хыльчую и Дресвянка. *Тр. Архангельского центра РГО: сб. научн. статей.* Вып. 3. Архангельск, 2015, с. 259–266.

75. Мосеев Д.С. Пространственная структура растительных сообществ побережья юго-востока Онежского залива на примере эстуария реки Кянда. *Тр. Архангельского центра РГО: сб. научн. статей.* Вып. 4. Архангельск, 2016, с. 302–309.

76. Мосеев Д.С. Сукцессии приморских растительных сообществ аккумулятивных берегов Чёшской губы Баренцева моря (на примере эстуария реки Чёша). *Мат. докл. Всеросс. конф. с междунар. участием. «Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа».* Ростов-на-Дону, 2016, с. 284–290.

77. Каплин П.Л., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. *Берега.* Москва, 1991, 479 с.

78. Каплин П.А., Селиванов А.О. *Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее.* Москва, ГЕОС, 1999, 299 с.

79 Леонтьев О.К, Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А. *Геоморфология морских берегов.* Москва, 1975, 336 с.

80. Лавриненко И.А., Лавриненко О.В., Глазов П.М., Ануфриев В.В., Кочанов С..К, Денева С.В. *Мат. комплексного экологического обследования территории Хайпудырской губы с прилегающими тундровыми участками, обосновывающие необходимость придания ей статуса государственного природного заказника регионального значения «Хайпудырский».* 2015, 224 с.

81. Попова К.Б., Чередниченко О.В., Разумовская О.В. Классификация приморской растительности полуостровов Рыбачий и Средний (побережье Баренцева моря). *Растительность России.* 2017, № 31, с. 77–92.

82. Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В. Геология рудных районов *Мурманской области.* Митрофанов Ф.П., Бичук Н.И., ред. Апатиты, КНЦ РАН, 2002, 359 с.

83. Nordhagen R. Studies on the vegetation of salt and brackish marshes in Finmark (Norway). *Vegetatio.* 1954, vol. 5, pp. 381–394.

84. Лесков А.И. Геоботанический очерк приморских лугов Малоземельского побережья Баренцева моря. *Бот. журн.* 1936, т. 21, № 1, с. 96–116.

85. Матвеева Н.В., Лавриненко О.В. Растительность маршей северо-востока малоземельской тундры. *Растительность России.* 2011, № 17–18, с. 45–69.

86. Лавриненко И.А., Лавриненко О.В., Добрынин Д.В. Многолетняя динамика и гибель растительности маршей Колоколковой губы Баренцева моря. *Растительность России.* 2012, № 21, с. 66–77.

87. *Печорское море.* Экологический атлас. Санкт-Петербург, «Галерея Печати», 2018, 143 с.

Глава 4

4.1. Экономическая освоенность территории

1. *Указ Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» (в редакции указов Президента Российской Федерации от 27.06.2017 № 287, от 13.05.2019 № 220).*

2. *Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года.* Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от от 13 февраля 2019 г. № 207-р.

3. *Федеральный закон от 20.07.2000 № 104-ФЗ (ред. от 02.02.2006) «Об общих принципах организации общин коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации».*

4. Старков В.Ф. *Очерки истории освоения Арктики.* Т. I. Шпицберген. Москва, Издательство Научный мир, 1998, 94 с.

5. *Кольская энциклопедия.* В 5 т., т. 1. А–Д. Киселев А.А., гл. ред. Санкт-Петербург, Апатиты, КНЦ РАН, 2008, 600 с.

6. Конторович А.Э. Нефть и газ российской Арктики: история освоения в XX веке, ресурсы, стратегия на XXI век. *Наука из первых рук.* 2015, №61 (1), с. 46–65.

7. *Официальный сайт Центрального статистического бюро Норвегии.* URL: https://www.ssb.no/

8. *Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации.* URL: https://www.gks.ru/

9. *MineralstrategiforFinnmark* 2015–2019. Официальный сайт фюльке Финнмарк. URL: https://www.ffk.no/_f/p10/i1a3c99c1-9a6f-424b-ac59-bcf75cb2ed52/mineralstrategier_for_finnmark_2015-2019.pdf

10. *This is Svalbard 2016. What the figures say?* Statistics Norway, December, 2016. p. 28.

11. *Распоряжение Правительства РФ от 29 июля 2014 года № 1398-р «Об утверждении перечня моногородов».*

12. *Инвестиционный портал Мурманской области.* URL: http://invest.gov-murman.ru/about/prezentaciya/rybolovstvo/

13. Васильев А.М. *Рыбная отрасль Мурманской области в цифрах.* URL: https://goarctic.ru/work/rybnaya-otrasl-murmanskoy-oblasti-v-tsifrakh/

14. *Стратегия социально-экономического развития Ненецкого автономного округа до 2030 года (проект).* URL: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/strategterplanning/komplstplanning/stsubject/projects/2019210101

15. Минин В.А. Состояние и перспективы развития электроэнергетики Мурманской области. *Тр. Кольского научного центра РАН.* 2017, №15 (8), с. 7–15.

16. *Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2017–2023 годы.* Утверждена приказом Минэнерго России от 1 марта 2017 г. № 143.

17. *Regional vindkraft plan for Finnmark 2013–2025.* URL: https://www.ffk.no/_f/p10/i0561fe77-5dfb-4775-9597-554ad74af46b/regional_vindkraftplan_for_finnmark_trykket_versjon_m-omslag.pdf

18. *Схема и программа развития электроэнергетики Ненецкого автономного округа на 2016–2020 годы.* Приложение к постановлению губернатора Ненецкого автономного округа от 09.03.2016 № 17-пг «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Ненецкого автономного округа на 2016–2020 годы».

19. *Проект энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года.* URL: https://minenergo.gov.ru/node/1920

20. *Материалы к заседанию президиума Государственной комиссии по вопросам развития Арктики и Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации по вопросу: «О перечне приоритетных проектов, реализуемых на территории Арктической зоны Российской Федерации, и мерах по обеспечению их реализации».* Минэкономразвития России, 2016.

21. Саркисов А.А. Проблемы радиационной реабилитации арктических морей, способы и пути их решения. *Арктика: экология и экономика.* 2011, №. 1, с. 70–82.

22. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. *ArcticMonitoringandAssessmentProgramme (AMAP).* Oslo, Norway, 2017, 269 p.

23. *Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири.* Касимов Н.С., Кислов А.В., ред. Москва, МАКС Пресс, 2011, 496 с.

24. Социально-экономическое развитие российской Арктики в контексте глобальных изменений климата. Порфирьев Б.Н., ред. Москва, Издательство «Научный консалтинг», 2017, 282 с.

25. *Договор между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане.* URL: http://www.kremlin.ru/supplement/707

26. Радьков А.В. Развитие туризма на северных территориях. *Арктический вестник.* 2013, № 3 (7), с. 38–43.

4.2. Транспортная инфраструктура

1. *Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года.* Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации № 2101-р от 30 сентября 2018 года.

2. *Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года.* Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 877-р от 17 июня 2008 г.

3. *Проект Стратегии социально-экономического развития Ненецкого автономного округа до 2030 года.* URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/4f0f675a-a563-40fa-9598-c6f307ee9a49/28122018nao.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=4f0f675a-a563-40fa-9598-c6f307ee9a49

4. *Ассоциация морских торговых портов.* URL: http://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-yanvar-dekabr-2018-g

5. *Министерство транспорта и дорожного хозяйства Мурманской области.* URL: https://mintrans.gov-murman.ru/files/Open%20budget/open-budget-2018-_may_.pdf

6. *По данным реестра морских портов РФ.* URL: http://www.morflot.ru/portyi_rf/reestr_mp.html

7. *Перечень аэропортов федерального значения.* Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации № 726-р от 20 апреля 2016 г.

8. *По данным Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиации).* URL: https://www.favt.ru/dejatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-osnovnie-proizvodstvennie-pokazateli-aeroportov-obyom-perevoz/

9. *Совместный транспортный план Баренцева региона.* Предложения по развитию транспортных коридоров для дальнейшего изучения / Руководящий комитет Баренцево/Евроарктической паневропейской транспортной зоны (БЕАТА). Москва, 2013, 155 с.

10. *По данным официального сайта компании «Avinor» (Министерство транспорта и коммуникаций Норвегии).* URL: https://avinor.no/en/

Глава 5

5.1. Особо охраняемые природные территории

1. *Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Особо охраняемые природные территории и объекты России* (ООПТ). URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/oopt/

2. *Кандалакшский государственный заповедник.* URL: https://kandalaksha-reserve.ru

3. *ООПТ России.* URL: https://oopt.aari.ru

4. *Заповедник Ненецкий.* URL: www.nenetz.ru

5. *Национальный парк «Русская Арктика».* URL:www.rus-arc.ru

6. *Центр природопользования и охраны окружающей среды. Природный парк «Северный Тиман».* URL: http://cpoos-nao.ru/index/oopt_severnyj_timan/0-44cpoos-nao.ru

7. *Постановление Правительства Мурманской области от 18.02.2009 N 73-ПП "О создании памятников природы в Ловозерском районе Мурманской области"* (*вместе с "Паспортом памятника природы "Место произрастания бриории двуцветной у горы Виддпахк", "Паспортом памятника природы "Птичьи базары губы Дворовой", "Паспортом памятника природы "Губа Ивановская"*). URL: https://zakon-region2.ru/3/68466/

8. *Varangerhalvøya nasjonalpark.* URL: https://www.visitvaranger.no/nb/varangerhalvoya-nasjonalpark

9. *Ministry of the environment.* URL: http://www.regjeringen.no/en/dep/md.html?id=668

10. *Norwegian Polar Institute. Cruise Handbook for Svalbard.* URL: http://cruise-handbook.npolar.no/en/svalbard/protected-areas.html

11. *Miljødirektoratet Vernet natur. Norges nasjonalparker.* URL: https://www.miljodirektoratet.no/nasjonalparker/

12. *Norwegian Directorate for Nature Management.* URL: http://english.dirnat.no/

5.2. Водно-болотные угодья и ключевые орнитологические территории

1. *Водно-болотные угодья России.* Т. 1. Водно-болотные угодья международного значения. Кривенко В.Г., ред. М.: Wetlands International Publication. 1998, no. 47, 256 с.

2. *Водно-болотные угодья России.* Т. 3. Водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции.

Кривенко В.Г., ред. М.: Wetlands International Global Series. 2000, no. 3, 490 с.

3. Морозов В.В., Сыроечковский Е.Е.-мл. Материалы к познанию орнитофауны острова Колгуева. *Орнитология.* 2004, вып. 31, с. 9–50.

4. Пономарева Т.С., Гнездовая орнитофауна окрестностей острова Колгуева. *Орнитология.* 1995, вып. 26,с. 92–96.

5. Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Стрём Х., Шавыкин А.А. О позднелетнем распределении птиц на острове Колгуев и в его прибрежных акваториях. *Орнитология.* Москва. Изд-во Московского университета, 2008, т. 35, с. 83–96.

6. Покровская И.В., Тертицкий Г.М. Современное состояние промысловой авифауны Новой Земли. *Тр. Морск. Аркт. комплекс. эксп. Вып. 3. Новая Земля.* Т. 2. М. 1993, с. 91–95.

7. Калякин В.Н. Фауна птиц и млекопитающих Новоземельского региона и оценка ее состояния. *Новая земля. Т. 2. Тр. Морск. аркт. компл. экспед.* М., 1993, с. 23 90.

8. Морозов В.В. Материалы к познанию фауны птиц острова Вайгач. *Орнитология.* М.: изд-во МГУ "Логос". 2001, вып. 29, с. 29–44.

9. Калякин В.Н. О пискульке (*Ansererythropus*) на Новой Земле. *Казарка.* Москва, 1996, №2, с. 135–136.

10. Успенский С.М. *Птичьи базары Новой Земли.* Москва: Изд-во АН СССР, 1956, 178 с.

11. Успенский С.М., Хахин Г.В. Новая Земля сегодня. *Охота и охотничье хозяйство.* 1993, № 1, с. 1–3.

12. Краснов Ю.В. Морские птицы (ретроспективный анализ развития популяций). *Среда обитания и экосистемы Новой Земли. Архипелаг и шельф.* Апатиты, Изд-во КНЦ, 1995, с. 138–147.

13. Калякин В.Н., Пономарева Т.С.Новые данные о птицах западного побережья о. Южный Новой Земли. *Бюлл. МОИП.* 1999, т. 104, вып. 3, с. 10–17.

14. Бианки В.В., Коханов В.Д., Корякин А.С., Краснов Ю.В., Панева Т.Д., Татаринкова И.П., Чемякин Р.Г., Шкляревич Ф.Н., Шутова Е.В. Птицы Кольско-Беломорского региона. *Рус. орнитол. журн.* 1993, 2(4), с. 491–586.

15. Иваненко Н.Ю. Орнитофауна Западного Мурмана на примере губы Печенга и Айновых островов. *Птицы северных и южных морей России: фауна, экология.* Макаревич П.Р., ред. Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН. 2013, с. 64–102.

16. Карпович В.Н. *Кандалакшский заповедник.* Мурманск, Кн. изд-во, 1984, 160 с.

17. Карпович В.Н.О возможной цикличности в динамике численности обыкновенной гаги. *Проблемы изучения и охраны природы Прибеломорья.* Мурманск, Кн. изд-во, 1987, с. 55–64.

18. Краснов Ю.В. Гнездование большого поморника в СССР. *Изучение морских колониальных птиц в СССР.* Магадан, 1990, с. 47–48.

19. Krasnov Y.V., Lorentsen S.-H. Great skua Catharacta skua/ The status of marine birds breeding in the Barents sea region. *Norsk Polar institutt. Rapportserie. № 113.* Tromso, 2000, p. 79–81.

20. Krasnov Y.V., Barrett R.T. The first record of North Atlantic Gannets *Morusbassanus* breeding in Russia. *Seabird.* 1997, vol. 19, pp. 54–57.

21. Краснов Ю.В., Матишов Г.Г., Галактионов К.В., Савинова Т.Н. *Морские колониальные птицы Мурмана.* Санкт-Петербург, Наука, 1995. 226 с.

22. Минеев Ю.Н. *Водоплавающие птицы Большеземельской тундры. Фауна и экология.* Ленинград, 1987, 110 с.

23. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Шавыкин А.А., Николаева Н.Г., Гаврило М.В., Черноок В.И. *Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны.* Апатиты, Изд-во КНЦ РАН, 2002. 164 с.

24. Бианки В.В., Краснов Ю.В. Материалы к познанию птиц района дельты Печоры (неворобьиные). *Орнитология.* 1987, № 22, с. 148–155.

25. Минеев Ю.Н. Сезонное размещение и численность водоплавающих птиц Малоземельской тундры. *Изв. АН СССР.* Сер. географ. 1981, вып. 4, с. 119–122.

26. Минеев Ю.Н., Минеев О.Ю. *Птицы острова Ловецкий. Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири.* Екатеринбург. 1997, с. 104–108.

27. Минеев Ю.Н. Птицы заказника «Ненецкий» (Северо-восток Малоземельской тундры). *Русский орнитологический журнал.* 1994, 3(4), с. 319–336.

28. *Ключевые орнитологические территории России. Том 1. Ключевые территории международного значения в Европейской России.* Свиридова Т.В., Зубакина В.А., ред. Москва, Союз охраны птиц России, 2000, 702 с.

29. Современное состояние территориальной охраны КОТР Российской Арктики. *Рабочий отчет по субпроекту «Оценка полноты существующих региональных систем ООПТ Российской Арктики в отношении Ключевых орнитологических территорий России», выполненному в рамках Арктической программы Всемирного фонда природы.* Свиридова Т.В., составитель и отв. исполнитель. Москва, 2011.

30. Аарвак Т., Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Шавыкин А.А. Зимовки морских уток в Баренцевом и Белом морях: размещение и численность // *Тез. докл. Междунар. науч. конф.* «Глобальные климатические процессы и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов». (г. Мурманск, 9–11 ноября 2011 г.), Мурман. мор. биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. Апатиты, Изд-во Кольского научного центра РАН, 2011, с. 7–8.

31. Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Шавыкин А.А. Состояние, численность и организация мониторинга популяций обыкновенной гаги (*Somateria mollissima*) в Баренцевом и Белом морях. *Зоологический журнал.* 2015, т. 94, №1, с. 62–67.

32. Краснов Ю.В., Ежов А.В., Галактионов К.В., Шавыкин А.А. 2020. Численность и сезонное распределение западной популяции гаги-гребенушки (*Somateria spectabilis*), организация мониторинга в северных морях России. *Зоологический журнал,* т. 99, №1, с. 45–56.

33. Краснов Ю.В. Орнитофауна западного прибрежья о. Вайгач и прилегающих островов. *Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений.* Матишов Г.Г., ред. Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Санкт-Петербург, Реноме, 2014, с. 295–312.

34. Краснов Ю.В., Гаврило М.В., Черноок В.И. Распределение птиц на акватории Печорского моря по данным авианаблюдений. *Зоологический журнал.* 2004, т. 83, № 4, с. 449–458.

35. Белопольский Л.О. *Экология морских колониальных птиц Баренцева моря.* Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1957, 460 с.

36. Strøm H., Øien I.J., Opheim J., Khakhin G.V, Chel'tsov S.N., Kuklin V. Seabird censuses on Novaja Zemlja 1996. *Norwegian Ornithological Society, Report No. 1-1997.* 1997, 23 pp.

37. Головкин А.Н. Птичьи базары севера Новой Земли. *Особен. биол. продуктивн. вод близ птичьих базаров севера Новой Земли.* Ленинград. Наука, 1972, с. 84–91.

38. Соловьева Д.В., Краснов Ю.В., Контиокорпи Я., Антипин М.А. Сибирская гага Polysticta stelleri. *Миграции птиц Северо-Запада России. Неворобьиные.* Носков Г.А., Рымкевич Т.А., Гагинская А.Р., ред. Санкт-Петербург, Изд-во АНО ЛА «Профессионал», 2016, с. 218–221.

39. Краснов Ю.В., Гаврило М.В. Современное состояние популяции толстоклювых кайр (*Uria lomvia*) на Земле Франца-Иосифа. Биологические проблемы Севера: *Материалы международной научной конференции, посвященной памяти В.Л. Контримавичуса (Магадан, 18–22 сентября 2018 г.).* Хаменкова Е.В., ред., Магадан, 2018, с. 332–333.

40. Краснов Ю.В., Гаврило М.В. *Личное сообщение*, 2019.

Глава 6

1. Зенкович В.П. *Основы учения о развитии морских берегов.* Москва, Изд-во АН СССР, 1962.

2. Gundlach E.R., Hayes M.O. Vulnerability of coastal environments to oil spillimpacts (Уязвимость окружающей среды берегов к воздействиям нефтяного разлива). *Mar. Tech. Soc. Jour.* 1978, vol. 12, pp. 18–27.

3. *Risks of oil and chemical pollution in the Baltic Sea. Results and recommendations from the HELCOM's BRISK and BRISK-RU projects.* Information office of the Nordic Council of Ministers in Kaliningrad, 2013. 29 p.

4. *IMO/IPIECA/OGP.* Sensitivity mapping for oil spill response. London, 2012, 39 p.

5. Petersen J., Michel J., Zengel S., White M., Lord C., Plank C. *NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11. Environmental Sensitivity Index Guidelines.* Version 3.0. Hazardous Materials Response Division, Office of Response and Restoration, NOAA Ocean Service. March, 2002, 192 p.

6. Petersen J. *NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 52. Environmental Sensitivity Index Guidelines.* Version 4.0, 2019.

7. *Карское море. Экологический Атлас.* ООО "Арктический научный центр". Москва, 2016, 271 с.

8. *Экологический Атлас. Море Лаптевых.* ООО "Арктический Научный Центр". Москва, 2017, 303 с.

9. *Экологический Атлас. Черное и Азовское моря.* Фонд НИР. Москва, 2019. 464 с.

10. Ермолов А.А., Илюшин Д.Г., Исаченко А.И., Кизяков А.И., Павлов В.А. Методические подходы к оценке экологической чувствительности берегов арктических морей к разливам нефти (на примере Карского моря). *Инженерные изыскания.* 2016, № 5–6, с. 28–39.

11. Ермолов А. А., Илюшин Д. Г., Кизяков А. И. Эколого-геоморфологическая оценка чувствительности берегов моря Лаптевых к разливам нефти. *Инженерные изыскания.* 2017, № 9, с. 26–40.

12. Леонтьев О.К. *Основы геоморфологии морских берегов.* Москва, Изд-во МГУ, 1961.

13. Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г. Сафьянов Г.А. *Геоморфология морских берегов.* Москва, 1975, 336 с.

14. Сафьянов Г.А. *Геоморфология морских берегов.* Москва, Изд-во МГУ, 1996, 400 с.

15. Попов Б.А., Совершаев В.А., Новиков В.Н., Бирюков В.Ю., Камалов А.М., Федорова Е.В. Береговая зона морей Печорско-Карского региона. *Исследование устойчивости геосистем Севера.* Соломатин В.И., ред. Москва, Изд-во Моск. ун-та, 1988, с. 176–190.

16. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. *Берега.* Москва, Мысль, 1991, 479 с.

17. Суздальский О.В. Типизация береговой зоны Баренцева и Белого морей для картирования и прогноза развития. *Вопросы картирования прибрежного мелководья Баренцева и Белого морей.* Санкт-Петербург, ВНИИОкеангеология, 1997, с. 5–21.

18. Огородов С. А. Морфодинамическое районирование береговой зоны Печорского моря. *Геоморфология.* 2003, № 1, с. 72–79.

19. *Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии.* Спиридонов А.И., ред., Щукин И.С., сост. Москва, Изд-во «Советская энциклопедия», 1980.

20. *Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения.* Зенковича В.П., Попова Б.А., научн. ред. Москва, Мысль, 1980, 280 с.

21. Кинг К.А.М. *Пляжи и берега.* Леонтьева О.К., ред. Москва, Издательство иностранной литературы, 1963, 436.

22. *Земля Франца-Иосифа.* Боярский П.В., ред. Москва, Издательство «Paulsen», 2013, 680 с.

23. Шуйский Ю.А. *Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей.* Ленинград, Гидрометеоиздат, 1986, 240 с.

24. *Ледяные образования морей Западной Арктики.* Зубакин Г.К., ред. Санкт-Петербург, ААНИИ, 2006, 272 с.

25. Бушуев А.В., Волков Н.А., Лощилов В.С. *Атлас ледовых образований.* Ленинград, Гидрометеоиздат, 1974, 140 с.

26. Айсберги и ледники Баренцева моря: исследования последних лет. Часть 1. Основные продуцирующие ледники, распространение и морфометрические особенности айсбергов. *Проблемы Арктики и Антарктики.* 2008, т. 78, № 1, с. 66–80.

27. Арэ Ф.Э. *Термоабразия морских берегов.* Москва, Наука, 1980, 159 с.

28. Арэ Ф.Э. *Разрушение берегов арктических приморских низменностей.* Новосибирск, Акад. изд-во "Гео", 2012, 291 с.

29. Совершаев В.А. Береговая зона арктических морей. *Геоэкология Севера (введение в геокриологию).* Соломатин В.И., ред. Москва, Изд-во МГУ, 1992, с. 55–60.

30. Соломатин В.И., Жигарев Л.А., Совершаев В.А. Криогенные процессы и явления на побережье и шельфе арктических морей. *Динамика арктических побережий России.* Москва, Изд-во Моск. ун-та, 1998, с. 12–18.

31. Воскресенский К.С. *Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России.* Москва, Изд-во Моск. ун-та, 2001, 262 с.

32. Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Черкашев Г.А., Ванштейн Б.Г. Динамика берегов Карского моря. *Криосфера Земли.* 2006, т. X, № 2, с. 56–67.

33. Григорьев М.Н., Разумов С.О., Куницкий В.В., Спектор В.Б. Динамика берегов восточных арктических морей России: основные факторы, закономерности и тенденции. *Криосфера Земли.* 2006, т. X, № 4, с. 74–94.

34. Попов Б.А., Совершаев В.А. Некоторые черты динамики арктических берегов Азии. Вопросы географии. Сб. 119. *Морские берега.* Москва, 1982, с. 105–116.

35. Воскресенский К.С., Совершаев В.А. Роль экзогенных процессов в динамике арктических побережий. *Динамика арктических побережий России.* Москва, МГУ, 1998, с.35–48.

36. *Мониторинг динамики берегов Баренцева и Карского морей.* Мат. конференции и выставки SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике, 15–17 октября 2013 года, ВВЦ, Павильон 75, Москва, SPE 166927. Москва, 2013, с. 1–10.

37. Васильев А.А., Широков Р.С., Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д. Динамика морских берегов западного Ямала. *Криосфера Земли.* 2011, т. XV, № 4, с. 72–75.

38. Совершаев В.А., Камалов А.М. Устойчивость морских берегов в криолитозоне. *Геоэкология Севера* (введение в геокриологию). Соломатин В.И., ред. Москва, Изд-во МГУ, 1992, с. 95–102.

39. *Печорское море. Системные исследования (гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социоэкономические проблемы).* Москва, Издательство «МОРЕ», 2003, 502 с.

40. Проблемы прогноза развития морских берегов Европейской части России (ст. 2. Морфодинамика берегов и принципы прогноза их развития. *Геоморфология.* 2018, № 1, с. 54–65.

41. Шабанова Н.Н., Огородов С.А. Варандей-2010 - сильнейший штормовой нагон за историю наблюдений: причины, характеристики, последствия. *Мат. Междунар. научн. конф. "Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов (Опасные явления)".* ЮНЦ РАН Ростов-на-Дону, 2019, с. 214–217.

42. Романенко Ф.А., Баранская А.В., Ермолов А.А., Кокин О.В. Низкие берега западно-арктических морей: происхождение, возраст и современная динамика. *Вопросы географии.* 2015, т. 140, с. 275–306.

43. Разумов С.О. *Моделирование и прогноз динамики льдистых берегов восточных арктических морей России. Автореф. дис. … д-ра геогр. наук.* Якутск. ИМЗ СО РАН, 2007, 53 с.

44. Жигарев Л.А., Совершаев В.А. Термоабразионное разрушение арктических островов. *Береговые процессы в криолитозоне.* Новосибирск, Наука, 1984, с. 31–38.

45. Великоцкий М.А. Особенности современной динамики берегов о. Колгуев. *Динамика Арктических побережий России.* Москва, Изд-во Моск. ун-та, 1998, с. 93–101.

46. Кизяков А.И., Зимин М.В., Лейбман М.О., Правикова Н.В. Мониторинг скорости термоденудации и термоабразии на западном побережье острова Колгуев с использованием материалов космической съемки высокого разрешения. *Криосфера Земли.* 2013, т. 17, № 4, с. 36–47.

47. Новиков В.Н., Федорова Е.В. Разрушение берегов в юго-восточной части Баренцева моря. *Вестн. Моск. Ун-та.* Сер. 5. *География.* 1989, №1, с. 64–68.

48. Кокин О.В., Кириллова А.В. Изменчивость температуры грунтов берегового аккумулятивного барьера Печорского моря в 2012–2014 гг. (о. Песяков). *Тр. VI Междунар. науч.-практич. конф. «Морские исследования и образование (MARESEDU – 2017)».* ПолиПРЕСС Тверь, 2017, с. 258–261.

49. Исследования процессов береговой эрозии на Варандее, Баренцево море. *Мат. конф. и выставки SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике.* 15–17 октября 2013 года, ВВЦ, Павильон 75, Москва, SPE 166932. Москва, 2013, с. 1–9.

50. Суздальский О.В., Куликов И.В. Ландшафтно-литодинамическая схема Печорской губы. *Вопросы картирования прибрежного мелководья Баренцева и Белого морей.* Санкт-Петербург, 1997, с. 72–83.

51. Огородов С.А. Опасные рельефообразующие процессы в береговой зоне морей Российской Арктики. *Мат. Междунар. конф. «Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов (Опасные явления)».* Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г. Ростов-на-Дону, 2019, с. 190–193.

52. Огородов С.А. Функционирование береговых систем Печорского моря в условиях техногенного прессинга. *Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перегляциала.* т. 2. Издательство КНЦ РАН Апатиты, 2001, с. 82–90.

53. Огородов С.А , Камалов А.М., Баурчулу Т.С., Ермолов А.А. Антропогенный фактор в развитии берегов Варандейского промышленного участка. *Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI в. ГЕОС*, 2001, с. 416–422.

54. Архипов В.В., Ермолов А.А. , Огородов С.А., Шумовская Д.А. Инженерно- и эколого-геологические аспекты динамики береговой зоны Варандейского района Печорского моря. *Современные вопросы геологии.* Москва, Научный мир Москва, 2002, с. 353–356.

55. Исследования процессов береговой эрозии на Варандее, Баренцево море. *Мат. конф. и выставки SPE по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике.* 15–17 октября 2013 года, ВВЦ, Павильон 75, Москва, SPE 166932. Москва, 2013, с. 1–9.

56. Техногенный фактор динамики берегов Печорского и Карского морей в условиях изменения климата и ледовитости. *Мат. XXV Междунар. береговой конференции «Береговая зона – взгляд в будущее».* т. 1. ГЕОС Москва, 2014, с. 114–117.

57. Fifty four years of coastal erosion and hydrometeorological parameters in the varandey region, barents sea. *Coastal Engineering.* 2019, no. 103610.

58. Романенко Ф.А., Шиловцева О.А. , Шабанова Н.Н., Кононова Н. К. Изменения климата в Арктике, катастрофические природные процессы и динамика рельефа на земле Франца-Иосифа. *Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики.* Сократов С.А., ред. Т. 1. Москва, Лига-Вент, 2015, с. 58–73.

59. Авенариус И.Г., Ермолов А.А., Мысливец В.И., Репкина Т.Ю. Рельеф и некоторые аспекты палеогеографии позднего валдая – голоцена в районе о. Варандей (Баренцево море) эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. *Сборник статей «Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перегляциала».* Шипилов Э. В., ред. Апатиты, Издательство КНЦ РАН Апатиты, 2001, с. 135–147.

60. Совершаев В.А., Воскресенский К.С., Камалов А.М., Романенко Ф.А. Развитие береговых аккумулятивных форм в условиях криолитозоны. *Динамика арктических побережий России.* Москва, МГУ, 1998, с. 80–92.

61. Суздальский О.В. Литодинамика мелководья Белого, Баренцева и Карского морей. *Геология моря.* Ленинград, Недра, 1974, вып. 3, с. 27–33.

62. Огородов С.А., Полякова Е.И., Каплин П.А. Эволюция береговых баров Печорского моря. *Доклады Академии наук.* 2003, т. 388, № 3, с. 392–394.

63. Огородов С.А. Морфология и динамика берегов Печерского моря. *Трудове на Института по океанология.* 2001, т. 3, с. 77–86.

64. *Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР.* Т. 6. Баренцево море. Москва, Гидрометеоиздат, 1985.

65. *Динамика и морфология береговой зоны Варандейского промышленного участка.* Отчет ПНИЛС ГЭС, 1993.

66. Каплин П.А. Эволюция береговой линии фиордовых районов. *Тр. океанограф. комис.* 1959, № 4.

67. *Дальний Восток и берега морей, омывающих территорию СССР.* Москва, Наука, 1982, 276 с.

68. *Геоэкология Севера* (*введение в геокриологию*). Соломатин В.И., ред. Москва, Изд-во МГУ, 1992, 270 с.

69. *Исследование устойчивости геосистем Севера.* Соломатин В.И., ред. Москва, Изд-во Моск.ун-та, 1988, 213 с.

70. Репкина Т.Ю. *Морфолитодинамика побережья и шельфа юго-восточной части Баренцева моря. Автореф. дис.… канд. геогр. наук.* Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005, 26 с.

71. Михайлов В.В. *Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее.* Москва, ГЕОС, 1997, 413 с.

72. Полонский В.Ф. Влияние приливов на перераспределение стока воды в дельте реки Печоры. *Арктика: экология и экономика.* 2012, №2 (6), с. 20–27.

73. *Лоция Баренцева моря.* Ч.3 (юго-восточная часть). Ленинград, Изд. ВМФ, 1939, 173 с.

74. *Лоция Баренцева моря.* Ч.3 (юго-восточная часть). Ленинград, Изд. ВМФ, 1949, 248 с.

75. *Лоция Баренцева моря.* Ч.3 (юго-восточная часть). Ленинград, Изд. ВМФ, 1954, 170 с.

76. Шавыкин А.А., Ильин Г.В. *Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения.* Мурманск, Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2010, 110 с.

77. Измайлов В.В. *Трансформация нефтяных пленок в системе океан–лед–атмосфера.* Ленинград, Гидрометеоиздат, 1988, 145 с.

78. Сочнев О.Я., Сочнева И.О. *Экологическая безопасность систем вывоза нефти с месторождений арктического шельфа.* Москва, ЦЕИИТЭнефтехим, 2003, 272 с.

79. Патин С.А. *Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы.* Москва, Изд-во ВНИРО, 2008, 507 с.

80. Григорьева И.Ю. Можно ли добиться эффективной очистки нефтезагрязненных песков с помощью растений и почему? *Геоинфо.* Электронный журнал. 2019, № 22 января.

81. *Руководство по ликвидации разливов нефти на морях, озерах и реках.* Санкт-Петербург, ЗАО ЦНИИМФ, 2002, 344 с.

82. Немировская И.А. *Нефть в океане* (*загрязнение и природные потоки*). Москва, Научный мир, 2013, 432 с.

83. *Кольский залив и нефть: биота, карты уязвимости, загрязнение.* Шавыкин А.А., ред. Санкт-Петербург, ММБИ КНЦ РАН, Реноме, 2018, 520 с.

Источники картографических данных

Географические основы являются результатом картографической генерализации элементов содержания карт, отбор и обобщение которых был произведен в соответствии с масштабным рядом карт (1:700 000, 1:900 000, 1:2 500 000, 1:7 000 000, 1:20 000 000, 1:27 000 000).

Карта топонимов (с. 8–9)

Карта составлена на основе данных цифровой географической основы масштаба 1:2 500 000 (КФ ВСЕГЕИ, 2001), данных портала Open Street Map (© Участники Open Street Map), данных открытых источников и открытых спутниковых снимков. Наименования топонимов приведены в соответствии с материалами Национального атласа России, лоций и навигационных карт.

1. *Цифровая географическая основа масштаба 1:2 500 000.* КФ ВСЕГЕИ, 2018 г. URL: http://www.vsegei.ru

2. *Цифровая географическая основа масштаба 1:10 000 000.* Natural Earth Data. URL: https://www.naturalearthdata.com

3. *Данные Open Street Map.* URL: https://www.openstreetmap.org

4. *Национальный атлас России.* Роскартография (2004–2009). URL: https://национальныйатлас.рф

5. *Глобальная цифровая модель ArcticDEM.* URL: https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem

6. *Лоция Баренцева моря. Часть 1. Острова Шпицберген и остров Медвежий.* СПб: ГУНиО, 2011 г., 264 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

7. *Лоция Баренцева моря. Часть 2. От реки Ворьема и пролива Карские ворота и западные берега острова Новая Земля.* СПб: ГУНиО, 1995., 464 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

8. *Лоция Баренцева моря. Часть 3. Острова Земля Франца-Иосифа и остров Виктория.* СПб: ГУНиО, 1995., 256 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

Для удобства поиска географических названий в издании присутствует Указатель географических названий; карта топонимов снабжена индексной сеткой, состоящей из 6 секторов и трех карт-врезок, при этом для каждого топонима в Указателе приведен сектор, в котором расположен соответствующий ему объект.

Станции экологического мониторинга на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть»

Карта составлена по данным исследований ПАО «НК «Роснефть».

Общегеографическая карта

Карта составлена на основе данных цифровой географической основы масштаба 1:2 500 000 (КФ ВСЕГЕИ, 2001), данных портала Open Street Map (© Участники Open Street Map), данных открытых источников и открытых спутниковых снимков. Наименования топонимов приведены в соответствии с материалами Национального атласа России, лоций и навигационных карт.

1. Цифровая географическая снова масштаба 1:2 500 000. КФ ВСЕГЕИ, 2018 г. URL: http://www.vsegei.ru

2. Цифровая географическая снова масштаба 1:10 000 000. Natural Earth Data. URL: https://www.naturalearthdata.com

3. Данные Open Street Map. URL: https://www.openstreetmap.org

4. Национальный атлас РФ. Роскартография (2004–2009). URL: https://национальныйатлас.рф

5. Глобальная цифровая модель ArcticDEM. URL: https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/

6. *Лоция Баренцева моря. Часть 1. Острова Шпицберген и остров Медвежий.* СПб: ГУНиО, 2011 г., 264 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

7. *Лоция Баренцева моря. Часть 2. От реки Ворьема и пролива Карские ворота и западные берега острова Новая Земля.* СПб: ГУНиО, 1995., — 464 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

8. *Лоция Баренцева моря. Часть 3.* Острова Земля Франца-Иосифа и остров Виктория. СПб: ГУНиО, 1995., 256 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

Солнечная радиация

Блок карт составлен на основе актуальных спутниковых данных портала Copernicus Climate Change Service (C3S) за 2019 г. и портала Ocean Color.

1. Copernicus Climate Change Service, URL: https://cds.climate.copernicus.eu

2. Ocean Color Data, URL: https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov

Ветровой режим

Карта составлена по данным лоций Баренцева моря.

1. *Лоция Баренцева моря. Часть 1.* СПб: ГУНиО, 2011 г., 264 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

2. *Лоция Баренцева моря. Часть 2. От реки Ворьема и пролива Карские ворота и западные берега острова Новая Земля.* СПб: ГУНиО, 1995., 464 стр. Сводная корректура по вып. 37/19 г.

Среднегодовое количество осадков и температурный режим

Карта составлена по материалам обобщенного архива климатических данных с 1970 по 2000 гг. портала WorldClim.

1. Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology. URL: https://www.worldclim.org

Современные донные осадки

Карта составлена по открытым литературным источникам.

1. Журавлев В.А., Куприн В.Ф., Лукьянова Л.И., Парамонова М.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 311 с.

2. Шкарубо С.И., Бургуто А.Г., Зуйкова О.Н., Костин Д.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист S-38 — Баренцево море (вост. часть). Объяснительная записка. Санкт-Петербург, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017, 160 с.

3. Lepland Aivo, Rybalko Aleksandr & Lepland Aave 2014: Seabed Sediments of the Barents Sea. URL: https://www.barentsportal.com

Типы берегов

Карта составлена по открытым космическим снимкам, литературным источникам и фотоматериалам полевых экспедиций, проводившихся в прибрежной зоне Баренцева моря.

Ледовая обстановка

Карта составлена на основе данных актуальных научных публикаций, литературных источников и архивных данных ААНИИ.

1. Smedsrud, L. H., et al. (2013), The role of the Barents Sea in the Arctic climate system, Rev. Geophys., 51, pp. 415–449.

2. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. М., Изд-во МГУ, 1982 г., 192 с.

3. Портал ААНИИ, URL: http://www.aari.ru

Термохалинные характеристики морской воды

Блок карт составлен по материалам открытой базы данных Атласа Мирового океана (NOAA «World Ocean Atlas 2018»).

1. Портал World Ocean Atlas 2018, URL: https://www.nodc.noaa.gov

Содержание растворенного кислорода и pH, распределение биогенных элементов

Блок карт составлен по материалам открытой базы данных Атласа Мирового океана (NOAA «World Ocean Atlas 2018») и данным открытых литературных источников.

1. Портал World Ocean Atlas 2018, URL: https://www.nodc.noaa.gov

2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. т. 1. вып. 2. Баренцево море. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1992, 182 с.

Результаты исследований гидрохимических характеристик в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом и Печорском морях

Блок карт составлен по данным исследований ПАО «НК «Роснефть».

Квазипостоянные течения в поверхностном слое воды

Карта составлена по данным открытых литературных источников и актуальных научных публикаций, а также данным, рассчитанным по модели морской циркуляции INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model).

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 1. Баренцево море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Том 1, Вып. 1. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1990 г., 280 стр.

2. Ozhigin V.K., Trofimov A.G., Ivshin V.A. The Eastern Basin Water and currents in the Barents Sea. ICES Annual Science Conference 2000.

3. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Денисов В.В., Жичкин А.П., Моисеев Д.В. Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности. Труды Кольского научного центра РАН. 2013, №1 (14).

4. Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Фомин В.В. Исследование отклика верхнего слоя Баренцева моря на прохождение интенсивного полярного циклона в начале января 1975 года. Морской гидрофизический журнал. 2019, т. 35, № 6, с. 530–548.

Уровенный режим

Блок карт составлен по данным портала ТРХО и материалам издания «Атлас океанов».

1. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. Ленинград, Изд-во ВМФ СССР, 1980, 204 с.

2. Портал TPXO8-atlas, URL: https://www.tpxo.net/global/tpxo8-atlas

Сгонно-нагонные и волновые явления

Блок карт составлен по открытым литературным данным – материалам актуальных научных публикаций.

1. Кораблина А.Д. Моделирование нагонов в Белом и Баренцевом морях. Автореф. дисс. … канд. геогр. наук. Москва, Московский государственный университет, 2018, 25 с.

2. Мысленков С.А., Маркина М.Ю., Архипкин В.С., Тилинина Н.Д. Повторяемость штормового волнения в Баренцевом море в условиях современного климата. Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2019, № 2, с. 45–54.

Распределение средних значений концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое морской воды

Карта составлена на основе анализа и обобщения спутниковых данных о содержании хлорофилла а в поверхностных водах, полученных при помощи съемочной аппаратуры MODIS (2018–2019 гг.).

1. Данные службы мониторинга морской среды Copernicus (CMEMS). URL: http://marine.copernicus.eu

Пространственное распределение биомассы фитопланктона

Карта составлена на основе данных актуальных научных публикаций, литературных источников и архивных данных ММБИ РАН.

1. Matishov G., Makarevich P., Timofeev S., Kuznetsov L., Druzhkov N., Larionov V., Golubev V., Zuyev A., Adrov N., Denisov V., Iliyn G., Kuznetsov A., Denisenko S., Savinov V., Shavikyn A., Smolyar I., Levitus S., O'Brien T., Baranova O. Biological Atlas of the Arctic Seas 2000: Plankton of the Barents and Kara Seas. National Oceanographic Data Center/NOAA, Silver Spring, MD, USA, 2000, 356 p.

Биомасса зоопланктона

Карта составлена по материалам актуальных научных публикаций.

1. Orlova E.L., Dalpadado P., Knutsen T., Nesterova N.V., Prokopchuk I.P. Zooplankton. The Barents Sea ecosystem, resources, management. Jacobsen T., Ozhigin V.K. (eds.) Trondheim, Tapir Academic Press, 2011.

2. ICES. 2015. Second Interim Report of the Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR), 1–4 June 2015, Kirkenes, Norway. ICES CM 2015/SSGIEA:04. 102 pp.

Результаты исследований численности фитопланктона и зоопланктона в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом и Печорском морях

Блок карт составлен по данным собственных исследований ПАО «НК «Роснефть».

Сообщества макрофитов

Карта составлена по открытым литературным данным и материалам актуальных научных публикаций. См. список литературы раздела 3.2.

Сообщества макрозообентоса

Карта составлена по открытым литературным данным и материалам актуальных научных публикаций. См. список литературы раздела 3.3.

Мегазообентос Баренцева моря

Карта составлена по открытым литературным данным и материалам актуальных научных публикаций.

1. Денисенко С.Г. Биоразнообразие и биоресурсы макрозообентоса Баренцева моря: Структура и многолетние изменения. Санкт-Петербург, Наука, 2013, 284 с.

2. Захаров Д.В. и др. Сообщества зообентоса в районе обитания камчатского краба в Баренцевом море. Камчатский краб в Баренцевом море. Мурманск, изд-во ПИНРО, 2020.

3. Захаров Д.В. и др. Характеристика кормовой базы и питание краба-стригуна опилио в Баренцевом море. Труды ВНИРО. 2018, т. 172, с. 70–90.

4. Зимина О.Л. и др. Фауна и количественное распределение зообентоса в северной части Баренцева моря в апреле-мае 2016 г. Труды Кольского научного центра, т. 8, № 2. Океанология, вып. 4, 2017, с. 66–80.

5. Любин П.А. и др. Мегабентос Баренцева моря. Мат. Междунар. науч. конф. «Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики, Комплексные исследования природы Шпицбергена». Мурманск, 27–30 октября 2010 г. вып. 10, Москва, ГЕОС, 2010, с. 192–199.

6. Carroll M.L. et al. Benthic infauna of the seasonally ice covered western Barents Sea: patterns and relationships to environmental forcing. Deep-Sea Research II, vol. 55, 2008, p. 2340–2351.

7. Carroll M.L., Ambrose W.G. Jr. Benthic infaunal community variability on the northern Svalbard shelf. Polar Biology, vol. 35, 2012, p. 1259–1272.

8. Dahle S. et al. Macrobenthic fauna of the Franz Josef Land archipelago. Polar Biology. 2009, vol. 32, pp. 169–180.

9. Kedra M. et al. Benthic community structure, diversity, and productivity in the shallow Barents Sea bank (SvalbardBank). Marine Biology, v. 160, 2013, p. 805–819.

10. Jørgensen L.L. et al. Distribution of benthic megafauna in the Barents Sea: baseline for an ecosystem approach to management. ICES Journal of Marine Science. 2015, vol. 72, p. 595–613.

Результаты исследований численности и биомассы макрозообентоса в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом и Печорском морях

Блок карт составлен по данным исследований ПАО «НК «Роснефть».

Рыбы

Карта построена на основе данных совместной российско-норвежской экосистемной съемки Баренцева моря за период 2004–2018 гг. и материалов актуальных научных публикаций.

1. IMR/PINRO Joint Report Series, Institute of Marine Research, URL: https://www.hi.no/en

Рыбный промысел в Баренцевом море

Карта построена на основе схемы локальных рыбопромысловых районов России, экономических зон и статистических районов Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (ФАО) и Международного совета по исследования морей (ИКЕС). Данные по видовому составу и величине уловов взяты из материалов Рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству (ICES Arctic Fisheries Working Group) и брошюр ПИНРО «Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики».

1. ПИНРО: Сборники отчетов «Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики». URL: http://www.vniro.ru/ru/periodicheskie-izdaniya/trudy-vniro

2. ICES. 2019. Arctic Fisheries Working Group (AFWG). ICES Scientific Reports. 1:30. 934 pp.

Результаты исследований численности и биомассы ихтиофауны в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть» в Баренцевом и Печорском морях

Блок карт составлен по данным исследований ПАО «НК «Роснефть».

Редкие и охраняемые виды птиц, регулярно встречающиеся на акватории Баренцева моря

Карта составлена по открытым литературным данным и материалам актуальных научных публикаций.

1. Бианки В.В. и др. Птицы Кольско-Беломорского региона // Рус. орнитол. журн. 1993, 2(4): 491–586.

2. Гаврило М.В. Белая чайка *Pagophila eburnea* (Phipps, 1774) в российской Арктике: особенности гнездования вида в современном оптимуме ареала. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Санкт-Петербург, 2011. 19 с.

3. Гаврило М.В., Стрём Х., Волков А.Е. Состояние популяций белой чайки на Шпицбергене и островах Западной Арктики: первые результаты совместных российско-норвежских исследований // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты, 2007. Вып. 7. С. 220–234. Состояние популяций морских птиц, гнездящихся в регионе Баренцева моря. Норвежский полярный ин-т., 2003. 216 с.

4. Краснов Ю.В. и др. Атлас птиц Печорского моря: распределение, численность, динамика, проблемы охраны. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002, 164 с.

5. Краснов Ю.В., Горяев Ю.И., Ежов А.В. Орнитологические исследования: ключевые районы и места концентрации морских птиц на акваториях Баренцева и Карского морей (по трассе Севморпути). Биология и океанография Северного морского пути: Баренцево и Карское моря. М.: Наука. 2007, 124–129 с.

6. Краснов Ю.В. 2014. Орнитофауна западного прибрежья о. Вайгач и прилегающих островов// Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений/ (отв. ред. Г.Г. Матишов); Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. СПб.: Реноме. с. 295–312.

7. Соловьева Д.В и др. Сибирская гага *Polysticta stelleri*// Миграции птиц Северо-Запада России. Неворобьиные/ под ред. Г.А. Носкова, Т.А. Рымкевич, А.Р. Гагинской. СПб.: Изд-во АНО ЛА «Профессионал», 2016. с. 218–221.

8. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: ИКЦ «Академкнига», 2003, 808 с.

9. Petersen M.R., Bustnes J.O. and Systad G.H. Breeding and moulting locations and migration patterns of the Atlantic population of Steller's eiders *Polysticta stelleri* as determined from satellite telemetry. 2006, J Avian Biol. 37: pp. 58–68.

Результаты полевых наблюдений за орнитофауной в ходе зимних и летних экспедиций ПАО «НК «Роснефть»

Карты составлена по данным исследований ПАО «НК «Роснефть».

Морские млекопитающие

Карта составлена по литературным данным и открытым источникам.

1. Морские млекопитающие Российской Арктики и Дальнего Востока: атлас / ООО «Арктический Научный Центр», — Москва, 2017, 311 с.

2. NAMMCO (2018) Report of the NAMMCO Global Review of Monodontids. 13–16 March 2017, Hillerød, Denmark, URL: https://nammco.no/topics/sc-working-group-reports/

Распределение белого медведя и моржа в Баренцевом море

1. Морские млекопитающие Российской Арктики и Дальнего Востока: атлас / ООО «Арктический Научный Центр», Москва, 2017, 311 с.

2. Jon Aars, Tiago A. Marques, Karen Lone, Magnus Andersen, Øystein Wiig, Ida Marie Bardalen Fløystad, Snorre B. Hagen & Stephen T. Buckland (2017) The number and distribution of polar bears in the western Barents Sea, Polar Research, 36:1.

3. Higdon, J.W., and D.B. Stewart. 2018. State of circumpolar walrus (*Odobenus rosmarus*) populations. Prepared by Higdon Wildlife Consulting and Arctic Biological Consultants, Winnipeg, MB for WWF Arctic Programme, Ottawa, ON. 100 pp.

Полевые наблюдения за териофауной в ходе зимних и летних экспедиций ПАО «НК «Роснефть»

Карты составлена по данным исследований ПАО «НК «Роснефть».

Результаты работы спутниковых передатчиков, установленных на моржей атлантического подвида, помеченных на м. Бол. Лямчин Нос в 2019 г.

Блок карт составлен по данным, полученным в ходе экспедиционных исследований и установки спутниковых передатчиков на моржей в 2019 г. Работы выполнены ООО «ЦМИ МГУ» по заказу ООО «РН-Шельф-Арктика».

Ботанико-географическое районирование

Карта составлена по открытым литературным данным и материалам портала CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna).

1. Матвеева Н.В. Зональность в растительном покрове Арктики. Тр. БИН РАН. Вып. 21. Санкт-Петербург, 1998, 220 с.

2. Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Ленинград, 1977, 188 с. (Комаровские чтения, 29).

3. Юрцев Б.А. Арктическая флористическая область. Л.: Наука, 1978, 166 с.

4. Портал CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna), URL: https://www.caff.is

Экономическая освоенность прибрежных территорий

Карта составлена на основе данных Национального атласа России, данных портала Open Street Map (© Участники Open Street Map), ГИС-атласа «Недра России», данных Росстата, Центрального статистического бюро Норвегии, данных открытых источников и спутниковых снимков.

1. Национальный атлас России. Роскартография (2004–2009). URL: https://национальныйатлас.рф

2. Данные Open Street Map. URL: https://www.openstreetmap.org

3. Данные ГИС-атласа «Недра России». URL: http://atlaspacket.vsegei.ru

4. Портал Росстата, URL: https://rosstat.gov.ru/

5. Mineral resources in Norway, 2013. Production data and annual report. URL: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2014/Mineral%20Resources2013_screen.pdf

6. Портал Центрального статистического бюро Норвегии, URL: https://www.ssb.no/en

7. Strategy for the Mineral Industry. Nirwegian Ministry of Trade and Industry, URL: https://www.regjeringen.no/contentassets/3fe548d142cd496ebb7230a54e71ae1a/strategyfortheminerallindustry_2013.pdf

Транспортная инфраструктура

Карта составлена на основе данных Национального атласа России, портала Open Street Map (© Участники Open Street Map), реестра морских портов Российской Федерации, данных портала АОПА-Россия, данных Центрального статистического бюро Норвегии и данных открытых источников.

1. Национальный атлас РФ. Роскартография (2004–2009). URL: https://национальныйатлас.рф

2. Данные Open Street Map. URL: https://www.openstreetmap.org

3. Реестр морских портов Российской Федерации. URL: http://www.morflot.ru

4. Портал Центрального статистического бюро Норвегии, URL: https://www.ssb.no/en

5. Портал АОПА-Россия, URL: https://www.aopa.ru

6. Портал Министерства транспорта Российской Федерации. URL: https://www.mintrans.gov.ru

Особо охраняемые природные территории

Карта составлена по открытым данным портала информационно-аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ») и базы данных системы Protected Planet (UNEP-WCMC и WCPA).

1. Данные портала информационно-аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ»). URL: http://oopt.aari.ru

2. База данных системы Protected Planet (UNEP-WCMC и WCPA). URL: https://www.protectedplanet.net

Ключевые орнитологические территории и водно-болотные угодья

Карта составлена на основании открытой базы данных BirdLife International, материалов портала Секретариата Рамсарской конвенции, официального сайта международной программы Wetlands International.

1. База данных BirdLife International. URL: http://datazone.birdlife.org

2. Портал Секретариата Рамсарской конвенции, URL: https://www.ramsar.org

3. Международная программа Wetlands International. URL: https://www.wetlands.org

Карты морфодинамического и экологического (в соответствии с системой индексов ESI) районирования берегов российского сектора Баренцева моря

В качестве источников информации о берегах использовались литературные, картографические и дистанционные данные, материалы полевых исследований, фото- и видеоматериалы. Комплексный анализ космических снимков, геологических и геоморфологических карт и схем, информации из открытых электронных ресурсов позволил выполнить оценку берегов по эколого-геоморфологическому принципу в масштабе от 1:1 000 000 до 1:2 000 000. Выбранный масштаб исследования и большое разнообразие генетических и морфодинамических типов берегов не позволил полностью исключить некоторые обобщения, но все они были выполнены с учетом особенностей геоморфологического строения берега и в соответствии с рекомендованными принципами предосторожности в пользу природного объекта.

Спутниковые снимки

На с. 359. Data available from the U.S. Geological Survey. See USGS Visual Identity System Guidance (link is external) for further details. Questions con-cerning the use or redistribution of USGS data should be directed to: ask@usgs.gov (link sends e-mail) or 1-888-ASK-USGS (1-888-275-8747)

На с. 376. Data available from the U.S. Geological Survey. See USGS Visual Identity System Guidance (link is external) for further details. Questions con-cerning the use or redistribution of USGS data should be directed to: ask@usgs.gov (link sends e-mail) or 1-888-ASK-USGS (1-888-275-8747)

В подготовке издания принимали участие

Научный редактор: В.О. Мокиевский, д.б.н.
Составление и научное редактирование: А.И. Исаченко, к.б.н., Е.А. Смирнова
Научные консультанты: П.Ю. Дгебуадзе, к.б.н., Т.В. Котова, к.г.н., М.Б. Данилов
Руководство проектом: З.Р. Мадумарова, к.х.н., Д.Г. Илюшин, к.б.н., В.О. Мокиевский, д.б.н., Д.Р. Загретдинова

Редактор К.А. Осипова; *технические редакторы:* Е.Д. Нефедова, Е.О. Егорова; *корректоры*: С.А. Виноградова, М.А. Василевская; *верстка* Э.Ш. Мурадовой; *фотокоррекция*: А.А. Вайнштейн

Введение
История изучения биоты Баренцева моря: А.Б. Цетлин, д.б.н.
Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды Баренцева моря: Д.Р. Загретдинова
Исследования ПАО «НК «Роснефть» в акватории Баренцева моря: А.И. Исаченко, к.б.н., Р.Е. Лазарева
Картография: М.И. Семенова, Р.В. Гончаров
Фотографии: А. Ермолов (с. 16), А. Горяшко/Сайт «Литторины на литорали», (с. 20–24, 26–31), Г. Ермаков (с. 21, 36), С. Артемьева (с. 21, 39)

Глава 1. Физико-географическая характеристика
1.1. Общие сведения: А.С. Валиева
1.2. Климатические условия: Е.Ю. Жданова, к.г.н.
1.3. Геолого-геоморфологические условия (кроме *Типы берегов*): А.Е. Рыбалко, д.г.-м.н.
1.3. Типы берегов: А.А. Ермолов, к.г.н., А.И. Кизяков, к.г.н.
Картография: М.А. Глебова, А.А. Эренджанова, П.Г. Михайлюкова, к.г.н., М.И. Семенова, Р.В. Гончаров, к.г.н.
Фотографии: А. Барымова (с. 45), GeoPhoto/Н. Гернет (с. 58), А. Ермолов (с. 40, 60, рис. 1.3.10, 1.3.11), П. Глазов (рис. 1.3.13, 1.3.14, 1.3.15–1.3.17), С. Артемьева (рис. 1.3.18), Ф. Романенко (рис. 1.3.19)

Глава 2. Океанографическая характеристика
2.1. Гидрологическая структура; 2.2. Ледовая обстановка: Н.А. Дианский, д.ф.-м.н., И.И. Панасенкова, В.В. Фомин
2.3. Термохалинные характеристики; 2.4. Гидрохимические характеристики: К.В. Артамонова, к.г.н., И.А. Гангнус
2.4. Результаты исследований гидрохимических характеристик в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть»: М.В. Мардашова
2.5. Циркуляция вод; 2.6. Колебания уровня моря: Н.А. Дианский, д.ф.-м.н., И.И. Панасенкова, В.В. Фомин
Картография: М.И. Семенова, М.А. Глебова, Т.М. Гизатулин
Фотографии: GeoPhoto/Ю. Краснов (с. 84), GeoPhoto/В. Штрик (рис. 2.1.2), GeoPhoto/Я. Никитин (с. 91), GeoPhoto/В. Балакин (рис. 2.2.1), фотоархив ПАО «НК «Роснефть» (рис. 2.4.2)

Глава 3. Характеристика биологического разнообразия
3.1. Фитопланктон: О.П. Коновалова, к.б.н.
3.1. Зоопланктон: Е.С. Чертопруд, к.б.н.
3.2. Макрофитобентос: Т.А. Михайлова, к.б.н.
3.3. Макрозообентос: Н.А. Стрелкова, к.б.н.
3.4. Рыбы: А.В. Долгов, д.б.н., Н.А. Ярагина, д.б.н., Н.А. Долгова, к.б.н., Т.А. Прохорова
3.5. Птицы: Ю.В. Краснов, д.б.н.
3.6. Морские млекопитающие: С.Е. Беликов, к.б.н., Д.М. Глазов, Д.А. Удовик
3.7. Прибрежные растительные сообщества: Л.А. Сергиенко, д.б.н.
Результаты исследований биологического разнообразия в ходе экспедиций ПАО «НК «Роснефть»: *3.1, 3.3, 3.4.* — М.В. Мардашова, *3.5, 3.6*: — Д.А. Удовик
Картография: Ю.В. Ермилова, М.И. Семенова, П.Г. Михайлюкова, к.г.н.
Фотографии: G. Guenther (рис. 3.1.2), De Agostini Picture Library (рис. 3.1.3), NaturimBild/A Wellma (рис. 3.1.4), McPHOTO (рис. 3.1.5), А. Семёнов (рис. 3.1.7, 3.1.8, 3.1.10, с. 157, рис. 3.3.4, 3.3.6–3.3.8, 3.3.10, 3.3.12, 3.3.13, 3.3.20, 3.4.4), Т. Михайлова (рис. 3.2.1, а, 3.2.2 а, в), О. Лавриненко (рис. 3.2.1. б), GeoPhoto/В. Штрик (рис. 3.2.2 б, 3.2.3–3.2.6), Н. Стрелкова (рис. 3.3.9), Ю.Жак (рис. 3.3.17, 3.3.18), GeoPhoto/И. Уколов (рис. 3.5.8-3.5.10, 3.5.12, 3.6.2), GeoPhoto/Н. Гернет (рис. 3.5.11), фотоархив ПАО «НК «Роснефть» (рис. 3.5.2, 3.5.4–3.5.6, 3.5.13, 3.5.15, 3.6.5, 3.6.7, 3.6.8), С. Артемьева (с. 246, рис. 3.6.18), GeoPhoto/Н. Конюхов (рис. 3.6.1), GeoPhoto/О. Сидоров (рис. 3.6.3, 3.6.4), А. Барымова (рис. 3.6.6), Bjørn Frantzen/NIBIO (с. 273), Л. Сергиенко (рис. 3.7.1, 3.7.2), Д. Мосеев (рис. 3.7.3–3.7.5), С. Денева (рис. 3.7.6, 3.7.7, 3.7.16–3.7.18), Т. Минаева (3.7.8–3.7.15)
Автор художественных иллюстраций: М.В. Владимирова (студия Fox&Owl)

Глава 4. Характеристика антропогенной нагрузки на акваторию Баренцева моря и прилегающую территорию: С.В. Бадина, к.г.н.
Картография: А.А. Эренджанова, М.И. Семенова, Р.В. Гончаров, к.г.н.
Фотографии: А. Климовский (с. 292, рис. 4.2.2), фотоархив ПАО «НК «Роснефть» (рис. 4.1.3), GeoPhoto/Н. Гернет (рис. 4.1.4), GeoPhoto/В. Штрик (рис. 4.2.1), Администрация ПАО «Аэропорт Мурманск» (рис. 4.2.3)

Глава 5. Территории с особым охранным статусом
5.1. Особо охраняемые природные территории: Н.В. Мокиевская, В.Н. Петров, А.С. Валиева
5.2. Водно-болотные угодья и ключевые орнитологические территории: Ю.В. Краснов, д.б.н.
Картография: М.И. Семенова
Фотографии: Pierre Blévin/Akvaplan-niva AS (с. 312), GeoPhoto/И. Георгиевский (рис. 5.1.1), GeoPhoto/К. Михайлов (рис. 5.1.2), GeoPhoto/Н. Гернет (рис. 5.1.3), GeoPhoto/Н. Карачев (рис. 5.1.4), GeoPhoto/Д. Дешевых (рис. 5.1.5), Е. Мягков (рис. 5.1.6), П. Глазов (рис. 5.1.7), Ю. Краснов (рис. 5.2.1–5.2.15, с. 327)

Глава 6. Оценка экологической чувствительности берегов российского сектора Баренцева моря: А.А. Ермолов, к.г.н., А.И. Кизяков, к.г.н., Д.Г. Илюшин, к.б.н.
Картография: П.Г. Михайлюкова, к.г.н.
Фотографии: Pierre Blévin/Akvaplan-niva AS (с. 341), А. Ермолов (рис. 6.2.2, 6.2.3, 6.2.5, 6.2.7, 6.2.22, 6.3.1 (левая), 6.3.2, 6.3.5 (левая), 6.3.6 (левая), 6.3.9 (левая), с. 350, 360, 398), П. Глазов (рис. 6.2.4, 6.2.6, 6.2.11, 6.2.15–6.2.17, 6.2.25, 6.2.26, 6.3.1 (правая), 6.3.4 (левая), 6.3.5 (правая), 6.3.6 (правая), 6.3.8, 6.3.9 (правая), 6.3.10 (правая), 6.3.11), Ф. Романенко (рис. 6.2.8, 6.2.14, 6.3.3 (левая)), А. Барымова (рис. 6.2.9), О. Кокин и А. Кириллова (6.2.13, 6.2.19), О. Кокин (6.2.21, 6.2.27, 6.3.4 (правая), 6.3.10 (левая)), С. Артемьева (с. 382)

Картография
Научный консультант: Т.В. Котова, к.г.н.

Подготовка карт в издание: М.И. Семенова, Ю.В. Ермилова, П.Г. Михайлюкова, к.г.н., Р.В. Гончаров, к.г.н., М.А. Глебова, А.А. Эренджанова, Т.М. Гизатулин
Подбор и подготовка спутниковых снимков: П.Г. Михайлюкова, к.г.н.
Разработка типовой топографической основы ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова»
Содействие в подборе фотографий: A. Bambulyak/Akvaplan-niva AS, Ю.В. Краснов, А.А. Ермолов, П.М. Глазов, О.В. Кокин, Ф.А. Романенко, А.В. Кириллова, А.А. Семёнов, А.А. Барымова, С.М. Артемьева, А. Горяшко (сайт «Литторины на литорали», www.littorina.info), сайт www.portulan.ru

Научное издание

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС

Баренцево море

В.О. Мокиевский, д.б.н., Н.А. Дианский, д.ф.-м.н., А.В. Долгов, д.б.н., Ю.В. Краснов, д.б.н., А.Е. Рыбалко, д.г.-м.н., Л.А. Сергиенко, д.б.н., А.Б. Цетлин, д.б.н., Н.А. Ярагина, д.б.н., К.В. Артамонова, к.г.н., С.В. Бадина, к.г.н., С.Е. Беликов, к.б.н., Р.В. Гончаров, к.г.н., Н.А. Долгова, к.б.н., А.А. Ермолов, к.г.н., Е.Ю. Жданова, к.г.н., Д.Г. Илюшин, к.б.н., А.И. Исаченко, к.б.н., А.И. Кизяков, к.г.н., О.П. Коновалова, к.б.н., Т.А. Михайлова, к.б.н., П.Г. Михайлюкова, к.г.н., Н.А. Стрелкова, к.б.н., Е.С. Чертопруд, к.б.н., А.С. Валиева, И.А. Гангнус, Т.М. Гизатулин, Д.М. Глазов, М.А. Глебова, Ю.В. Ермилова, Д.Р. Загретдинова, Р.Е. Лазарева, М.В. Мардашова, Н.В. Мокиевская, И.И. Панасенкова, В.Н. Петров, Т.А. Прохорова, М.И. Семенова, Д.А. Удовик, В.В. Фомин, А.А. Эрендженова

В оформлении использованы шрифты студии Артемия Лебедева

Подписано в печать 10.12.2020. Формат 240×297
Усл. печ. л. 58. Тираж 700 экз.

ПАО «НК «Роснефть», ООО «Арктический Научный Центр», Фонд «НИР»

Отпечатано в Типографии «Август Борг»
107497, г. Москва, ул. Амурская, д. 5, стр. 2