

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Экология и природопользование

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической
безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(магистерская работа)

На тему «Мониторинг экосистемы Баренцева моря с учетом

загрязнения пластиковым мусором »

Исполнитель Сисангулова Элия Данировна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Ершова Александра Александровна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

« » июня 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АКВАТОРИИ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА.....	5
1.1 Гидрологический режим Баренцева моря	5
1.2 Изменения климата в мире и в Российской Федерации.....	8
1.3 Экологические проблемы Баренцева моря	20
ГЛАВА 2 БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....	29
2.1 Особенности экосистемы Баренцева моря – ключевые виды флоры и фауны	29
2.2 Биоресурсы Баренцева моря	33
2.3 Рыбохозяйственная деятельность в регионе Баренцева моря	41
ГЛАВА 3 ПРОБЛЕМА ПЛАСТИКОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	47
3.1 Проблема морского мусора	47
3.2 Мониторинг и исследование экосистемы Баренцева моря российскими и международными организациями	59
ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕГИОНА ПЛАСТИКОВЫМ МУСОРОМ И МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМЫ.....	68
4.1. Наблюдения в рамках Российско-Норвежского сотрудничества по мониторингу морского мусора в Баренцевом море	68
4.2 Оценка загрязненности региона по данным современных исследований	73
4.3 Уязвимые зоны Баренцева моря пластиковым загрязнением	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	102
ПРИЛОЖЕНИЯ	108

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире проблема загрязнения морских экосистем является одной из глобальных проблем, требующих немедленного вмешательства и эффективных решений. В рамках данной дипломной работы будет рассмотрена проблема пластикового загрязнения Баренцева моря, которое является актуальной и значимой проблемой экологического характера. Баренцево море, расположенное в Северном Ледовитом океане, является уникальным биологическим регионом и важным природным ресурсом для Российской Федерации и других прилегающих стран.

Баренцево море, расположенное на северо-западе России и Норвегии, является одним из ключевых морских биологических регионов на планете. Оно отличается богатством разнообразных экосистем и является домом для множества видов животных и растений. Однако, в последние десятилетия, Баренцево море стало свидетелем угрожающего явления - пластикового загрязнения.

Пластиковое загрязнение представляет серьезную угрозу для биологических ресурсов Баренцева моря. Каждый год огромные объемы пластиковых отходов попадают в море из различных источников, включая промышленность, бытовые отходы и сбросы судов. Этот пластик наносит непоправимый вред морской жизни и экосистемам.

Влияние пластикового загрязнения на биологические ресурсы Баренцева моря проявляется на различных уровнях. Во-первых, морские животные часто путают пластиковые предметы с пищей и поглощают их. Это может привести к асфиксии, закупорке пищеварительных путей и гибели животных. Кроме того, разложение пластика может высвобождать токсичные вещества, которые накапливаются в тканях животных и могут привести к нарушению их здоровья и размножения.

Влияние пластикового загрязнения на биоресурсы Баренцева моря также простирается на экосистемный уровень. Пластиковые отходы могут изменять физическое и химическое состояние воды, влиять на фитопланктон и зоопланктон, что в свою очередь может сказываться на пищевых цепочках и биологическом разнообразии. Кроме того, пластиковые отходы могут загрязнять морское дно, что приводит к разрушению местообитаний и потере жизненного пространства для многих видов.

В свете этих проблем, важно понять масштаб и последствия пластикового загрязнения Баренцева моря для его биологических ресурсов. Только через систематическое исследование, эффективное управление отходами и развитие устойчивых стратегий можно снизить негативное воздействие пластика на живые организмы и экосистемы Баренцева моря.

Цель данной работы:

оценить изменения экосистемы Баренцева моря с учетом новой экологической проблемы - пластикового загрязнения и предложить новые подходы к мониторингу экосистемы.

В процессе выполнения данной работы необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать состояние экосистемы Баренцева моря, в том числе с учётом изменения климата;
- изучить биоресурсы Баренцева моря;
- изучить исследования, посвященные новой проблеме Баренцева моря-пластиковое загрязнение;
- оценить потенциальные зоны риска для биоресурсов, зоны скопления морского мусора, выделить зоны повышенного внимания с точки зрения перспективной добычи биоресурсов;
- сформулировать предложения для комплексного экологического мониторинга экосистемы Баренцева моря с учетом новых экологических угроз;

ГЛАВА 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АКВАТОРИИ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА

1.1 Гидрологический режим Баренцева моря

Баренцево море расположено на шельфе Северного Ледовитого океана между северным побережьем Европы и тремя группами больших островов-арх. Новая Земля, арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) - и арх. Шпицберген. Морские границы его акватории проходят по линиям о. Серкапейя (арх. Шпицберген)—о. Медвежий —м. Нордкап, м. Святой Нос (Кольский п-ов)—м. Канин Нос, м. Желания (арх . Новая Земля)—м. Кользат (о. Грэм-Белл и Мэри Хармсуорт (о. Земля Александры) — о. Виктория — о. Белый —м. Ли-Смит (о. Северо -Восточная Земля). В районе архипелага Земли-Франца Иосифа граница проходит по северным побережьям или оконечностям о-вов Земля Александры, Артура, Рудольфа, Ева-Лив, Грэм-Белл. Площадь Баренцева моря составляет 1 миллион 424 тысячи км² , объем 316 тысяч км³. [23]



Рисунок 1.1. Географическое положение Баренцева моря [15]

Баренцево море - это обширный шельфовый район (около 1,6 млн км²), расположенный в высоких широтах между 70 и 80° Северной широты к северу от Норвегии и России. Средняя глубина составляет около 230 м, а максимальная глубина в западной части Баренцева моря - около 500 м. Два архипелага (Шпицберген и Земля Франца-Иосифа) расположены в северной части Баренцева моря. Рельеф дна сложный, с несколькими более крупными (Центральная отмель) и меньшими (отмель Северного мыса, отмель Шпицбергена, отмель Тора Иверсена и отмель Тидли) отмелями и более глубокими впадинами (канал Медвежьего острова, впадина Святой Анны, котловина Центральной отмели и возвышенность Мурман между ними). В западной части впадина Медвежьего острова обеспечивает более глубокую связь с Норвежским морем, а на северо-востоке впадина Святой Анны обеспечивает более глубокую связь с Северным Ледовитым океаном через северную часть Карского моря. Рельеф дна с берегами и впадинами направляет течения и определяет распределение водных масс в Баренцевом море. Теплые и соленые атлантические воды впадают в юго-западную часть Баренцева моря из Норвежского моря. Североатлантическое течение разделяется на две основные ветви, одна из которых впадает в Баренцево море и проходит через него с юго-запада на северо-восток, другая обтекает западный и северный фланги Баренцева моря как Западно-Шпицбергенское течение. Холодные арктические воды прибывают из Северного Ледовитого океана, впадая в Баренцево море между Нордаустландией и Землей Франца-Иосифа, а также между Землей Франца-Иосифа и Новой землей. Норвежское прибрежное течение течет на восток вдоль береговой линии и приносит холодную воду с северного побережья Норвегии и России в Баренцево море. [10]

Нагревание происходит в северной части Баренцева моря, регионе, где быстрое повышение температуры, как предполагается, вызывает усиление экстремальных погодных условий в Северной Америке, Европе и Азии. Исследователи заявили, что потепление в этом регионе было «ранним предупреждением» о том, что может произойти в остальной части Арктики.

Климат субарктический, со средней температурой воздуха зимой -13°F (-25°C) на севере и 23°F (-5°C) на юго-западе; летние средние значения в тех же регионах составляют, соответственно, 32°F (0°C) и 50°F (10°C). Годовое количество осадков составляет 500мм на юге, но вдвое меньше на севере. [10]

Нордкапское и Шпицбергенское ответвления Норвежского течения приносят в море теплые течения, но тепло теряется при смешивании с более холодными водами. Несмотря на высокую соленость (34 части на 1000), зимой образуется лед, но поля тонкие и айсберги долго не задерживаются. Летом кромка льда отступает далеко на север. Амплитуда прилива и направление течения сильно различаются. Незамерзающие порты Мурманск и Териберка (Россия) и Вардё (Норвегия).



Рисунок 1.2. Поверхностные течения Баренцева моря [2]

Приток североатлантических вод (САВ) проходит из Северной Атлантики через Фарерско-Шетландский канал в Норвежское море. Течение продолжается на север с небольшим притоком в Баренцево море. Одна часть возвращается в Гренландское море, а другая часть имеет впадение в Северный Ледовитый океан через пролив Фрама. Из пролива Фрама течение циркулирует в Северном Ледовитом океане и возвращается обратно в Гренландское море. На протяжении десятилетий было хорошо известно, что это течение оказывает большое влияние на климат в северной Европе. Для изучения региональной изменчивости климата более 100 лет ведется мониторинг температуры в Фареро-Шетландском канале и на Кольском участке Баренцева моря; это представляет собой два самых длинных океанографических временных ряда в мире. Температура воды в Северной Атлантике и температура воды на Кольском участке являются долгосрочными региональными климатическими индикаторами. Лучшее понимание причин колебаний этих показателей может привести к лучшему пониманию изменчивости климата и прогнозированию изменения климата.

Североатлантические воды контролируют климат северной части Европы. Водное течение проходит через Фарерско-Шетландский канал в Норвежское море и продолжается на север с небольшим притоком в Баренцево море. На участке Кольского месторождения Баренцева моря температура воды отслеживается с 1900 года и в настоящее время является индикатором арктического климата, ожидаемого роста биомассы Баренцева моря и ожидаемого экономического роста вдоль береговой линии Норвегии.

1.2 Изменения климата в мире и в Российской Федерации

В этой части работы будет проанализированы изменения климата в мировом масштабе и их влияние на регион Баренцева моря. Будут рассмотрены климатические факторы, такие как изменение температуры воздуха, атмосферного давления, осадков и их связь с экологическими

изменениями в регионе.

Учитывая огромные размеры и теплоемкость мировых океанов, требуется огромное количество тепловой энергии, чтобы поднять среднегодовую температуру поверхности Земли даже на небольшую величину. Повышение глобальной средней приземной температуры примерно на 2 градуса по Фаренгейту (1 градус Цельсия), которое произошло с доиндустриальной эпохи (1880-1900 гг.), может показаться небольшим, но оно означает значительное увеличение накопленного тепла.

Это дополнительное тепло приводит к региональным и сезонным экстремальным температурам, сокращению снежного покрова и морского льда, усилению проливных дождей и изменению ареалов обитания растений и животных —увеличению одних и сокращению других. Как показано на карте ниже, большинство участков суши нагреваются быстрее, чем большинство районов океана, а Арктика нагревается быстрее, чем большинство других регионов.

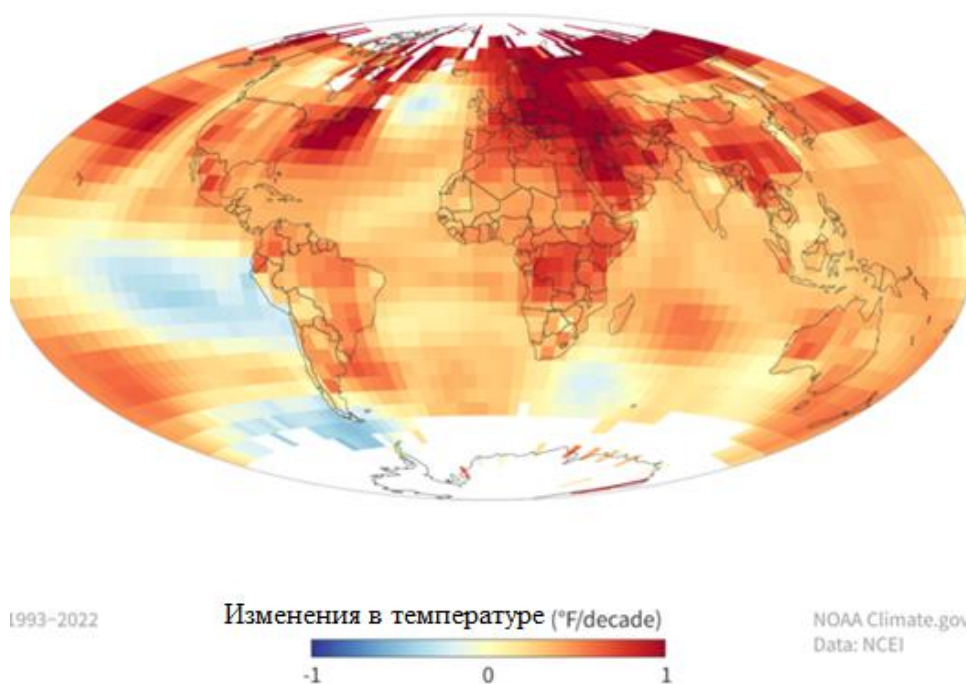


Рисунок 1.3. Тенденции глобальной средней приземной температуры в

период с 1993 по 2022 год в градусах по Фаренгейту за десятилетие. Большая часть планеты нагревается (желтый, оранжевый, красный). Только несколько мест, большинство из них в океанах Южного полушария, охладилось за этот период времени. Карта NOAA Climate.gov, основанная на данных Центров экологической информации NOAA [19]

Чтобы рассчитать глобальную среднюю температуру, ученые начинают с измерений температуры, сделанных в разных местах по всему миру. Поскольку их целью является отслеживание изменений температуры, измерения преобразуются из абсолютных показаний температуры в температурные аномалии — разницу между наблюдаемой температурой и долгосрочной средней температурой для каждого места и даты. Несколько независимых исследовательских групп по всему миру проводят собственный анализ данных о температуре поверхности, и все они показывают одинаковую тенденцию к повышению (рисунок 1.4.).

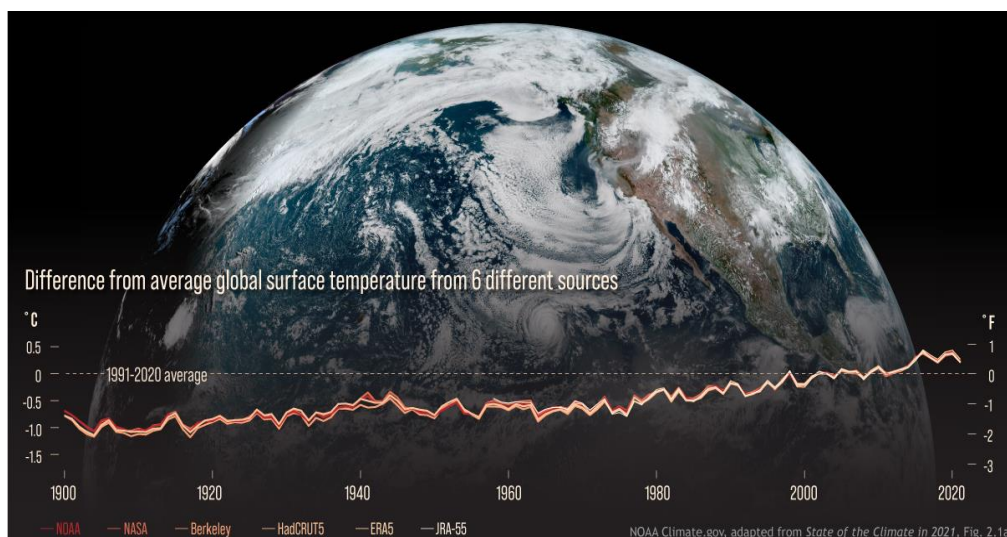


Рисунок 1.4. Изображение Земли 18 августа 2021 года, полученное спутником NOAA GOES-West. (**график**) Годовая температура поверхности с 1880 по 2021 год по сравнению со средним значением за 1991-2020 годы из 6 различных источников данных. Глобальная температура повысилась почти на 2 градуса по Фаренгейту (1 градус Цельсия) с доиндустриальной эпохи

2021 год начался с эпизода холодной фазы Эль-Ниньо Южного колебания (ЭНЮК), также известного как Ла-Нинья, в центральной и восточной тропической части Тихого океана, который развился в августе 2020 года. Как видно на рисунке 1.5., ЭНЮК может влиять на глобальные температуры. Эпизоды Ла-Нинья, как правило, немного снижают глобальные температуры, в то время как теплая фаза ЭНЮК (также известная как Эль-Ниньо) имеет тенденцию повышать глобальные температуры. Хотя месячные глобальные температуры были выше среднего в течение года, февраль 2021 года стал самым холодным месяцем 2021 года на земном шаре. Отклонение глобальной температуры в феврале 2021 года составило $+0,64^{\circ}\text{C}$ ($+1,15^{\circ}\text{F}$) — самый холодный февраль с 2014 года. Однако после февраля температура в остальные месяцы была на уровне $0,80^{\circ}\text{C}$ ($1,44^{\circ}\text{F}$) или выше 2021 года. [19]

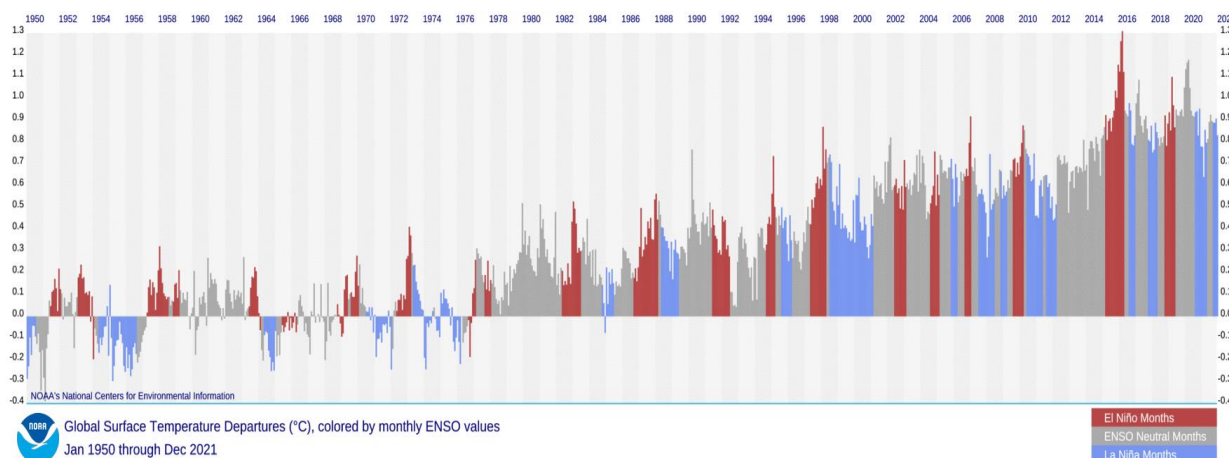


Рисунок 1.5. Глобальные месячные температурные аномалии со статусом ENSO [9]

Кульминацией года стал шестой самый теплый год за всю историю наблюдений на земном шаре с температурой, которая была на $0,84^{\circ}\text{C}$ ($1,51^{\circ}\text{F}$) выше среднего показателя 20-го века. 2013–2021 годы входят в десятку самых теплых лет за всю историю наблюдений. 2021 год также стал 45-м годом подряд (с 1977 года), когда глобальные температуры, по крайней мере

номинально, превышали средние значения 20-го века. Следует отметить, что 2005 год, который стал первым годом, в котором был установлен новый глобальный температурный рекорд в 21 веке, в настоящее время находится на одном уровне с 2013 годом как 10-й самый теплый год за всю историю наблюдений, а 2010 год занимает девятое место среди самых теплых за всю историю наблюдений. В целом глобальная годовая температура увеличивалась в среднем на $0,08^{\circ}\text{C}$ ($0,14^{\circ}\text{F}$) за десятилетие с 1880 года и более чем в два раза ($0,18^{\circ}\text{C}$ / $0,32^{\circ}\text{F}$) с 1981 года. [9]

Количество будущего потепления, которое испытает Земля, зависит от того, сколько углекислого газа и других парниковых газов мы выбрасываем в ближайшие десятилетия. Сегодня деятельность Земли — сжигание ископаемого топлива и вырубка лесов — ежегодно добавляет в атмосферу около 11 миллиардов метрических тонн углерода (что эквивалентно немногим более 40 миллиардам метрических тонн углекислого газа). Поскольку это больше углерода, чем могут удалить естественные процессы, количество углекислого газа в атмосфере увеличивается с каждым годом.

Согласно специальному отчету США по климатологии за 2017 год, если ежегодные выбросы продолжают быстро расти, как это происходит с 2000 года, модели предсказывают, что к концу этого века глобальная температура будет как минимум на 5 градусов по Фаренгейту выше, чем в среднем за 1901-1960 годы, и, возможно, на целых 10,2 градуса теплее. Если ежегодные выбросы будут увеличиваться медленнее и начнут значительно снижаться к 2050 году, согласно прогнозам моделей, температура все равно будет как минимум на 2,4 градуса выше, чем в первой половине 20-го века, а возможно, и на 5,9 градуса выше. [9]

Как самая большая страна в мире, расположенная в северных землях Северного полушария, Россия является родиной густых бореальных лесов, а также огромных массивов малорастительных земель. В последние годы Россия сражается с интенсивным потеплением климата, достигшее рекордных высот в одних из самых холодных регионов на Земле, увеличивает частоту и

интенсивность лесных пожаров, одновременно способствуя таянию вечной мерзлоты, которая, в свою очередь, высвобождает мощные парниковые газы, которые усиливают эффект потепления. Эта положительная обратная связь в изменении климата вызывает серьезную озабоченность не только для России, но и для всего мира в плане способности сбалансировать выбросы и поглощение биомассы.

Изменение климата - одна из главных международных проблем 21 века, которая выходит за рамки научной проблемы и представляет собой сложную междисциплинарную проблему, которая охватывает экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития Российской Федерации. Беспрецедентные темпы глобального потепления, наблюдаемые в последние несколько десятилетий вызывает особую озабоченность.

Современная наука предоставляет все более убедительные аргументы в пользу того, что хозяйственная деятельность человека, связанная, прежде всего, с выбросами парниковых газов в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива, оказывает значительное влияние на климат.

Изменение климата - это многообразный процесс, который проявляется, в частности, в различной частоте и интенсивности климатических аномалий и экстремальных погодных явлений. Существует высокая вероятность ускорения наблюдаемого процесса изменения климата в 21 веке. Ожидаемое изменение климата окажет влияние на жизнь людей, флору и фауну во всех регионах мира и фауну во всех регионах планеты, а в некоторых из них оно станет явной угрозой благосостоянию населения и устойчивому развитию.

Вышеперечисленные факторы предопределяют необходимость рассматривать изменение климата в качестве одного из основных долгосрочных элементов безопасности Российской Федерации и поставить проблему изменения климата на первое место.

Климат в России изменяется быстрее, чем в среднем по миру: скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976—2019

годах составила в среднем 0,47 °С за десять лет. Это более, чем в 2,5 раза превышает скорость роста глобальной температуры за тот же период.

По данным наблюдений и модельных расчетов видно, что климат России наиболее чувствителен к глобальному потеплению, чем климат других территорий Земли. За последние 100 лет в период с 1907-2006 года по данным Росгидромета в общем потепление составило 1,29 градус по Цельсию при среднем глобальном потеплении. В период с 1976-2006 года потепление на территории России составило 1,3 градус по Цельсию (рисунок 1.6.).[22]

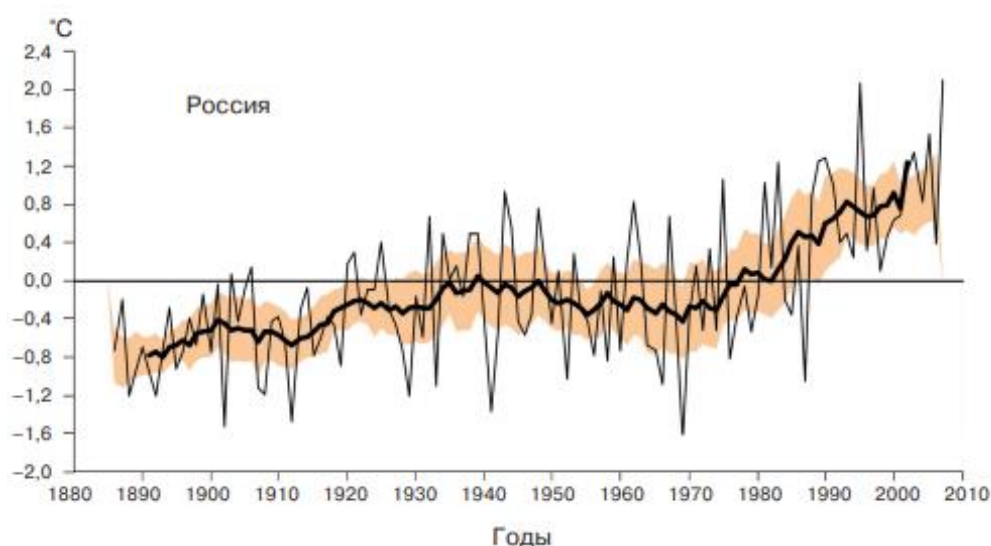


Рисунок 1.6. Изменения среднегодовой приземной температуры воздуха (°C), осредненной по территории России, в отклонениях от средних за 1961–1990 гг. Тонкая линия показывает результаты наблюдений по станциям, жирная — сглаженный ход температуры. На фоне устойчивого повышения температуры за последние примерно 35 лет наблюдаются значительные межгодовые колебания средней температуры [19]

На рисунке 1.6. изменение среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненной по территории РФ, показано в сопоставлении с изменением среднегодовой глобальной температуры.

Нужно отметить, что потепление климата на территории РФ оказалось

больше глобального. Разность между минимумом и максимумом среднегодовой температуры России достигает 2-4 градуса по Цельсию, в то время, как для земного шара составляет 1 градус по Цельсия.

На рисунке 1.7. можно увидеть временные ряды температуры России и Земли, ранжированные по величине аномалий.

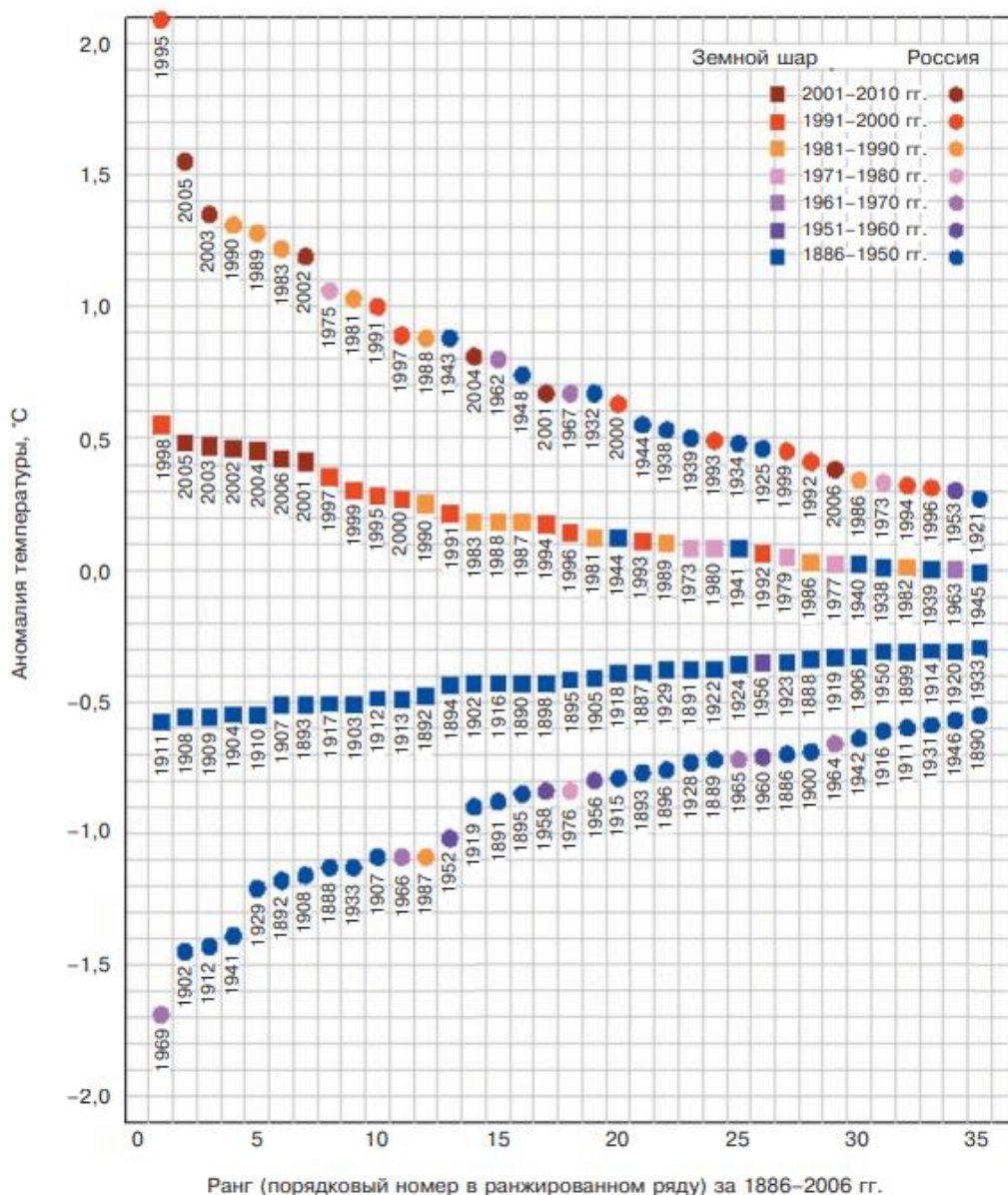


Рисунок 1.7. Ранжированные ряды среднегодовой аномалии приповерхностной температуры земного шара (квадраты) и России (кружки). Показаны 35 самых теплых лет в порядке убывания температуры (сверху) и 35 самых холодных лет в порядке ее возрастания (снизу) за период 1886–2006 гг.

Ордината точки соответствует величине аномалии, а абсцисса — ее рангу.

Цветом выделены 10-летние периоды, начиная с 1951 г [19]

Различие среднегодовой температуры соседних лет убывает для земного шара медленнее, чем для России.

Морские льды являются одним из показательным индикатором изменения в морской части Арктики. Реконструкции площади распространения морских льдов в приатлантической Арктике показывают их постепенное сокращение с конца 19 века. Данные спутниковых наблюдений указывают на наличие устойчивой тенденции сокращения площади морского льда за последние 2 десятилетия. За последние 28 лет с начала спутниковых наблюдений (1979 г.) минимальная площадь сезонного льда, которая достигается в сентябре каждого года, сокращалась на 9% за десятилетие. В сентябре 2007 года она достигла абсолютного минимума- 4.3 млн.км² . [19]

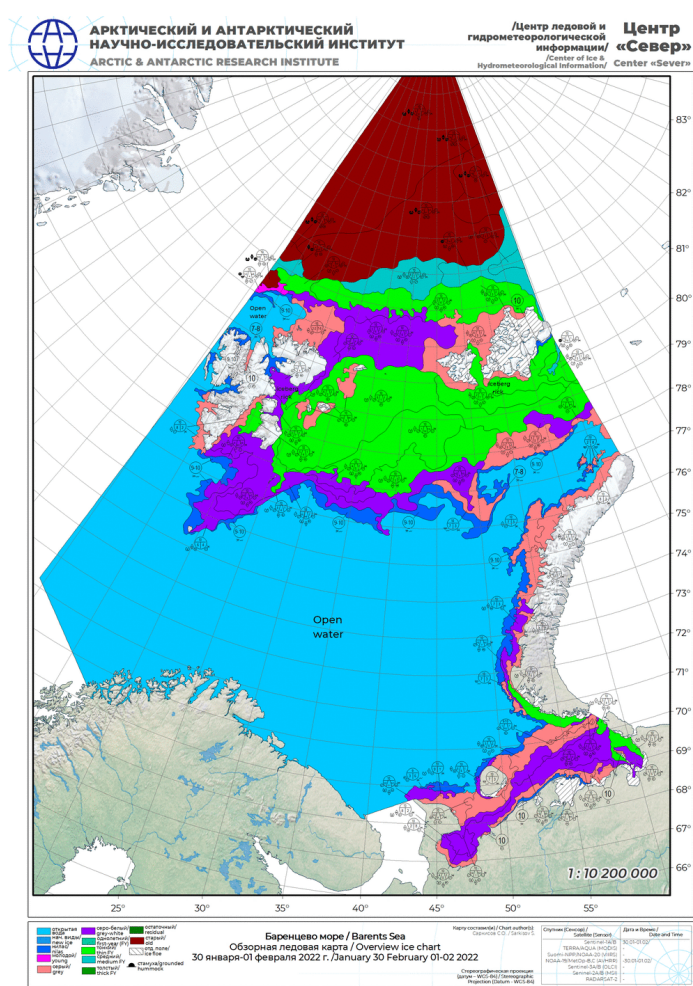


Рисунок 1.8. Обзорная ледовая карта Баренцева моря в период с 30.01.2022-01.02.2022 [21]

Морской лед хорошо отражает солнечный свет, но тает. Это позволяет более темному океану внизу поглощать больше энергии. Потеря морского льда также означает, что он больше не ограничивает способность более теплых морских вод нагревать арктический воздух. Чем больше льда теряется, тем больше накапливается тепла, образуя петлю обратной связи.

Наблюдаемая и будущая зимняя потеря морского льда в Арктике является самой сильной в Баренцевом море. Однако на антропогенный сигнал сокращения морского льда накладывается ярко выраженная внутренняя изменчивость, которая представляет собой большой источник неопределенности в будущих климатических прогнозах.

Исследования показали сильное влияние переноса тепла океаном через вход в Баренцево море на изменчивость морского льда, при этом более сильный (более слабый) перенос тепла приводит к уменьшению (увеличению) морского льда. В соответствии с этими выводами считается, что перенос тепла океана является наиболее доминирующей причиной быстрых изменений льда.

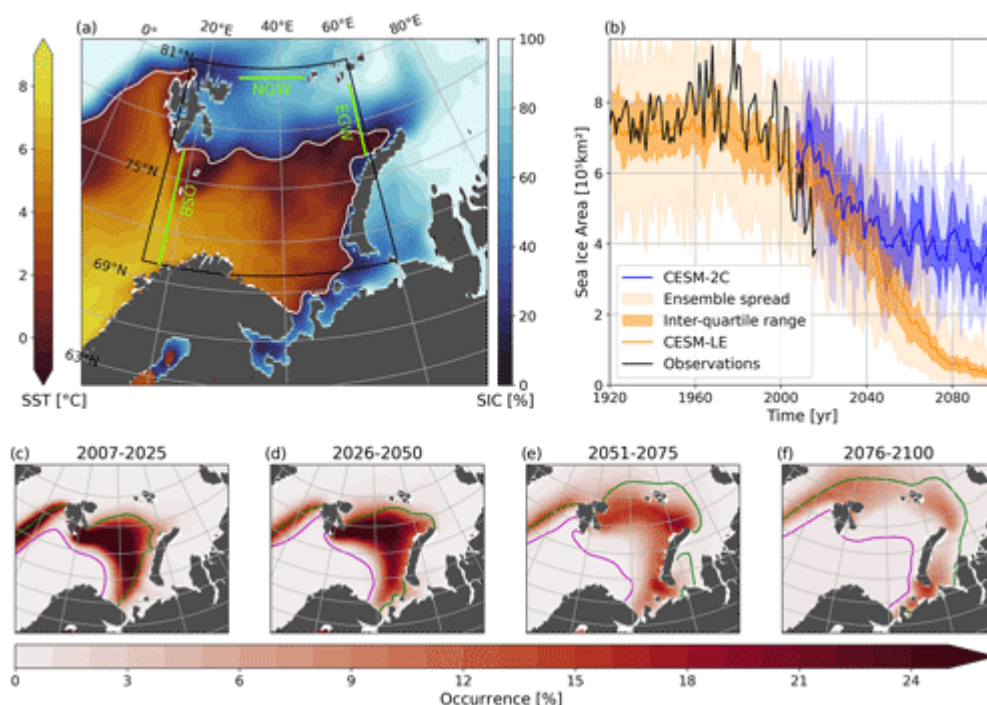


Рисунок 1.9. Наблюдаемая зимой (ноябрь-апрель) средняя концентрация морского льда и температура поверхности моря в Баренцевом море в период с 2013 г. и 2017 г [18]

Баренцево море является регионом наиболее интенсивного зимнего таяния морского льда, и прогнозы на будущее показывают, что к концу этого столетия ледовый покров продолжит снижаться (рисунок 1.9.). Внутренняя изменчивость климатической системы приводит к большим межгодовым и десятилетним колебаниям, которые накладываются на этот долгосрочный тренд. Видимым проявлением этих внутренних колебаний являются резкие изменения морского ледяного покрова. Эти явления быстрой смены льда в несколько раз сильнее, чем вызванная внешними факторами потеря льда, и, следовательно, могут привести к ускорению, остановке или реверсу движения льда, лед спадает.

Данные показывают, что среднегодовые температуры в районе Баренцева моря повышаются в течение года на 2,7 градуса по Цельсию за десятилетие, причем особенно резкое повышение в осенние месяцы достигает 4 градусов по Цельсию за десятилетие. Это делает Север Баренцева моря и его острова самым быстро нагревающимся местом на Земле.

В последние годы исследователи наблюдали температуры, намного превышающие средние значения, зарегистрированные в Арктике. Уже было известно, что климатический кризис приводит к нагреву Арктики в три раза быстрее, чем в среднем по миру.

Изменения приземной температуры воздуха и морского льда являются основными движущими силами продолжающейся трансформации окружающей среды Арктики и ведущим сигналом глобального потепления. На протяжении более четырех десятилетий площадь арктического морского льда практически непрерывно сокращалась. Однако тренд морского льда ускоряется в течение всех календарных месяцев, что означает большие потери по отношению к настоящему времени.

Изменчивость площади и объема зимнего ледяного покрова Баренцева моря тесно связаны с объемами и температурой поступающих АВ и характеристиками северных ветров.

На примере Кольского меридиана можно рассмотреть изменчивость температуры. Временной ряд наблюдений за температурой на разрезе является наиболее продолжительным для данного района. Он репрезентативно отражает изменчивость температуры в той части Баренцева моря, где преобладает влияние атлантических водных масс, и поэтому является естественной основой прогнозирования температуры в Баренцевом море при помощи статистических методов.

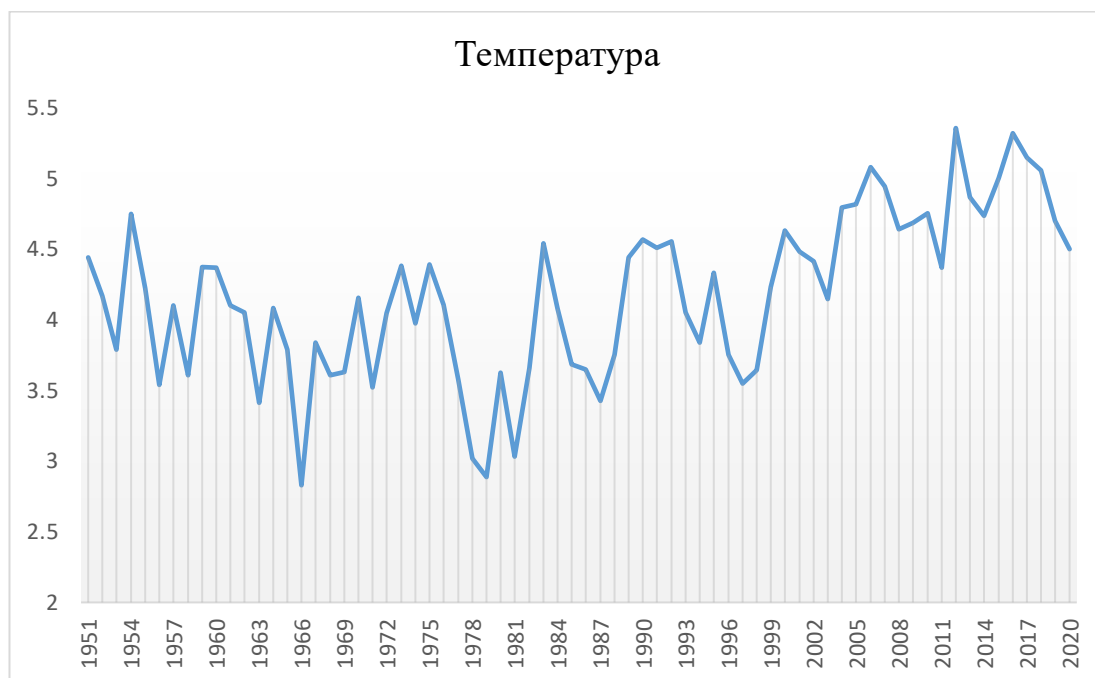


Рисунок 1.10. Межгодовая динамика годовой температуры воды слоя 0–200 м на 3–7 станциях разреза «Кольский меридиан» в период с 1950-2020 года

Повышение температуры и сокращение морского ледяного покрова также привели к изменениям в продуктивности и биомассе экосистемы. Общая первичная продукция (фитопланктон) увеличилась, а биомасса в пелагической части экосистемы почти удвоилась, главным образом в результате увеличения биомассы видов арктического криля (зоопланктона). Также наблюдалось увеличение численности южных видов криля и снижение количества богатых липидами видов арктического зоопланктона. Ожидается, что это повлияет на арктических хищников, таких как сайка.

Сокращение морского льда также оказало прямое негативное воздействие на виды, связанные со льдом, например, кольчатую нерпу, белого медведя и ряд других групп видов, обитающих во льду и на льду, включая ледяные водоросли, ракообразных и полярную треску. Поскольку площадь подходящей среды обитания, доступной для многих из этих видов, сокращается, они могут исчезнуть со все больших и больших территорий Арктики. Баренцево море является одним из районов, где это произойдет наиболее быстро из-за быстрой потери морского льда как летом, так и зимой.

Возможно также неблагоприятное воздействие на донных животных. Когда присутствует морской лед, ледяные водоросли, прикрепленные к нижней стороне льда, вносят свой вклад в первичную продукцию. Когда весной тает лед, большая часть этой биомассы опускается на морское дно, где она служит пищей для донной фауны. В районе, который больше не имеет сезонного ледяного покрова, основными первичными производителями являются фитопланктон, который в большей степени является пищей для организмов в толще воды, таких как зоопланктон, и, таким образом, составляет основу пелагической пищевой цепи. Таким образом, ожидается уменьшение количества питательных веществ, опускающихся на морское дно, по мере сокращения морского ледяного покрова. По мере того, как лед становится тоньше, цветение водорослей происходит даже под ледяным покровом, что может в какой-то мере компенсировать сокращение биомассы ледяных водорослей.

1.3 Экологические проблемы Баренцева моря

Этот раздел посвящен обзору экологических проблем, с которыми сталкивается Баренцево море. Будут рассмотрены такие аспекты, как загрязнение нефтью, интенсивная добыча природных ресурсов, индустриальная деятельность и другие факторы, оказывающие негативное воздействие на морскую экосистему и биологические ресурсы.

За последние 30 лет Баренцев регион претерпел значительные изменения, связанные с ослаблением экологической системы и управлением общественным благом. Совместное сотрудничество между Норвегией и Россией было образцовым в нескольких аспектах. Несмотря на геополитическую напряженность, обе страны продолжают активное сотрудничество в вопросах экологической безопасности в Баренцевом море. Ядерная безопасность, управление рыболовством, снижение рисков различных загрязняющих веществ (например, выбросы двуокиси серы) — все эти аспекты привлекли большое внимание в этих двусторонних отношениях. Действительно, эти важные проблемы как для местной экосистемы, так и для безопасности человека можно изобразить в динамике антропоцена. Что касается Баренцева региона, связь между людьми и неживой природой тесно связана с местной социоэкономической структурой. Взаимосвязь этих элементов оказывает влияние на динамику экосистемы. В какой-то момент это иллюстрирует способность этой части Арктики быть ошеломляющим примером долгосрочного управления.

Баренцево море сталкивается с двумя серьезными факторами, связанными с деятельностью человека. С одной стороны, ядерные активности являются серьезной угрозой для местной экосистемы. В течение нескольких десятилетий ядерные активности, начиная с Советского Союза, а затем России, приобрели различные масштабы от военного использования до гражданского. С другой стороны, рыболовство является основополагающим элементом местной социоэкономической жизни в этом районе. И Норвегия, и Россия открыто сотрудничают по этим вопросам.

Интенсивная добыча природных ресурсов, таких как нефть, газ и рудные ископаемые, имеет значительное влияние на окружающую среду и морскую экосистему Баренцева моря. Она сопровождается строительством и эксплуатацией нефтегазовых платформ, морских трубопроводов, разведкой и добычей полезных ископаемых на морском дне. Все эти деятельности вносят определенные изменения в природную среду и оказывают воздействие на

биоразнообразие региона.

Одним из основных негативных последствий интенсивной добычи природных ресурсов является загрязнение морской среды. Это может происходить в результате аварийных ситуаций, таких как нефтяные разливы или утечки химических веществ, а также в результате ежедневной эксплуатационной деятельности, связанной с добычей и транспортировкой ресурсов. Поллинг, выбросы и сбросы промышленных отходов, химических веществ и нефтепродуктов в море могут негативно влиять на живые организмы, а также на их местообитания.

Экологические последствия включают уничтожение и повреждение морских экосистем, смерть и мутации животных и растений, нарушение их жизненных циклов и пищевых цепей. Это может привести к снижению биоразнообразия и уменьшению популяций рыб, морских млекопитающих, морских птиц и других видов, которые являются ключевыми компонентами экосистемы Баренцева моря. Угрозы могут ощущаться как в непосредственной близости от мест добычи, так и на значительные расстояния от них, включая защищенные морские территории и прибрежные зоны.

Для минимизации негативного влияния интенсивной добычи природных ресурсов на морское биоразнообразие в Баренцевом море необходимо принимать меры по соблюдению строгих экологических стандартов и норм, а также разработке и применению эффективных технологий и методов добычи, которые минимизируют риски загрязнения и негативного воздействия на экосистему. Также важно проводить регулярный мониторинг состояния природной среды и экосистемы, анализировать данные и результаты исследований, чтобы оценить воздействие добычи на биоразнообразие и принимать соответствующие меры по охране и восстановлению природных ресурсов и экосистемы Баренцева моря.

Так же, район Баренцева региона подвергся значительному радиоактивному загрязнению в результате ядерных испытаний в атмосфере в 1950-х и 1960-х годах, а также в результате затопления радиоактивных

реакторов вблизи архипелага Новая Земля.

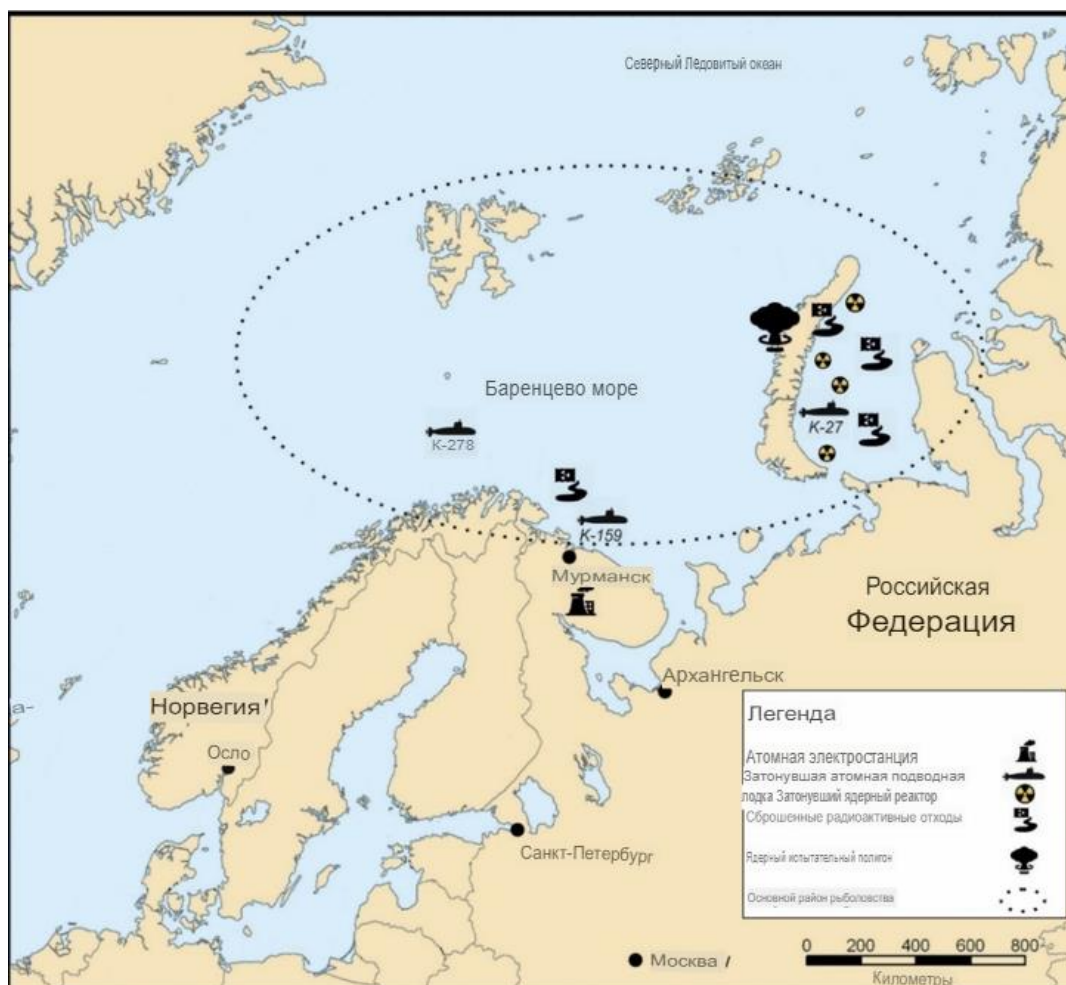


Рисунок 1.11. Расположение ядерных объектов в Баренцевом море [17]

Другой вид загрязнения связан с техногенными факторами, которые возникают в результате промышленной деятельности человека непосредственно в морских акваториях. Это включает использование морского транспорта, разработку подводных месторождений, захоронение вредных веществ (дампинг), сброс бытовых и промышленных отходов, а также траление при рыболовстве. Загрязняющие вещества попадают в морское дно из окружающей среды, а отложения на дне становятся важным источником хранения загрязнений. В результате, отложения могут приводить к загрязнению фьордов и поглощению загрязняющих веществ биотой.

Таковыми загрязнителями могут быть тяжелые металлы, органические соединения, такие как ПАУ или ПХБ, или радиоактивные соединения. Однако многие из этих соединений также встречаются в природе в океане, иногда в относительно высоких концентрациях. По этой причине необходимо знать фоновые уровни для региона, прежде чем можно будет выявить загрязнение, и важной частью химических исследований окружающей среды является изучение естественных уровней загрязняющих веществ в незагрязненных районах.

В районе Лофотенских островов и в Баренцевом море обычно отмечаются низкие концентрации тяжелых металлов. Некоторые повышенные уровни свинца и ртути были зарегистрированы в верхних сантиметрах кернов отложений из обоих этих районов. Этот ввод тяжелых продуктов произошел в последние 50-100 лет.

Норвежский план управления Баренцевым морем перечисляет следующие тяжелые металлы в качестве приоритетных для изучения в отложениях: свинец (Pb), кадмий (Cd) и ртуть (Hg). Кроме того, на Плане представлена карта распределения тяжелых металлов кобальта (Cu), хрома (Cr), никеля (Ni), цинка (Zn) и элементов мышьяка (As) и бария (Ba).

Ртуть и свинец, обнаруженные на морском дне, вероятно, являются результатом длительного переноса океанскими или воздушными течениями. Концентрации тяжелых металлов в целом незначительны (соответствуют I классу Клифа). Умеренное загрязнение (соответствующее классу 2) свинцом в поверхностных пробах было обнаружено на одной станции отбора проб в районе Тромсёфлакет в Баренцевом море.

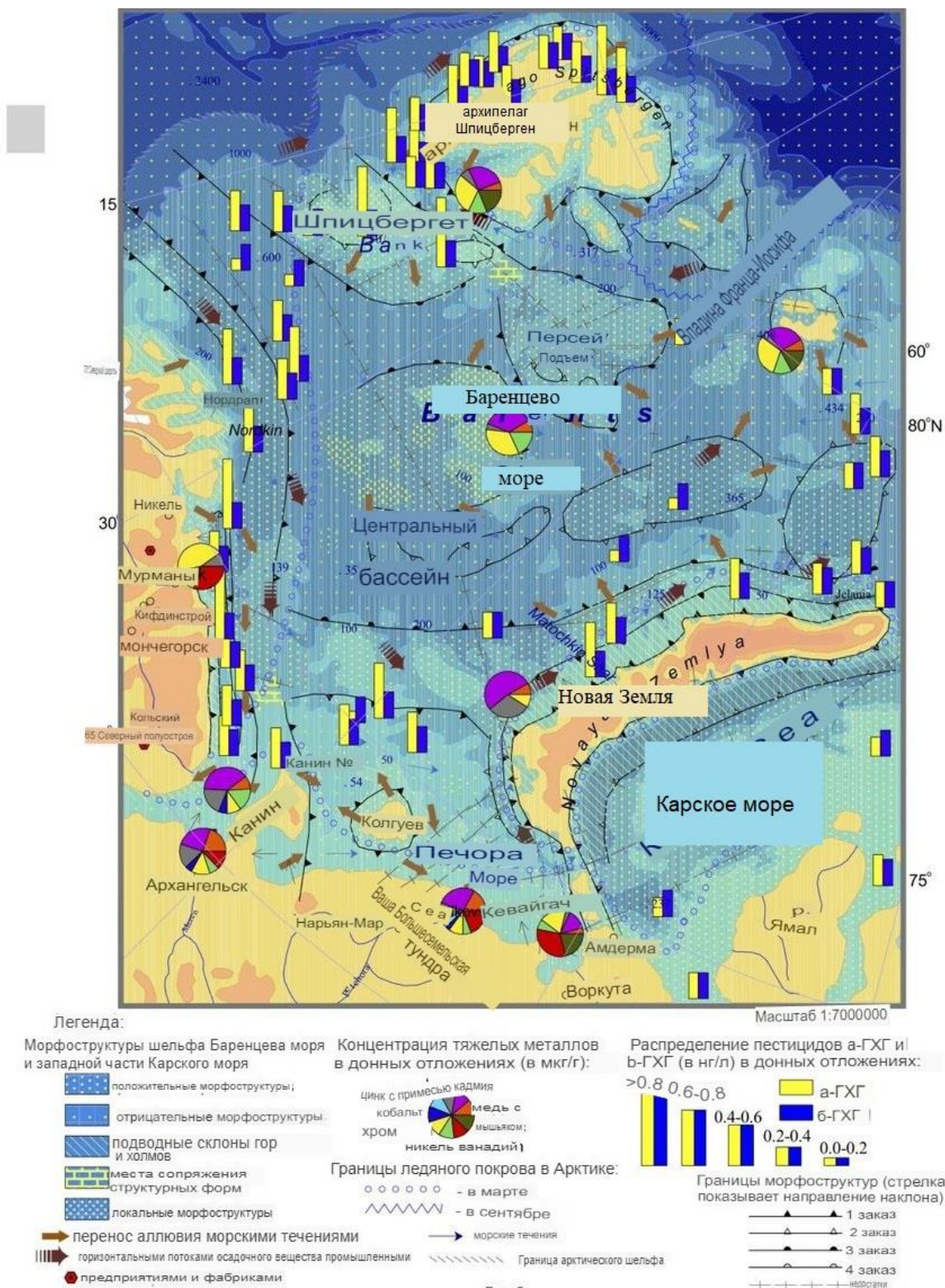


Рисунок 1.12. Распределение тяжелых металлов в пределах Баренцева моря [14]

Индустриальная деятельность в Баренцевом море включает различные отрасли, такие как добыча и переработка нефти и газа, судостроение,

рыболовство, судоходство и другие промышленные операции. Эти виды деятельности имеют прямое и косвенное влияние на морскую экосистему и биоразнообразие региона.

Одной из основных проблем, связанных с индустриальной деятельностью, является загрязнение окружающей среды различными видами выбросов и сбросов. Промышленные операции, такие как сжигание топлива, выбросы парниковых газов, сбросы химических веществ и отходов, могут негативно влиять на качество воды, воздуха и почвы, а также на здоровье морской фауны и флоры.

Выбросы нефти и нефтепродуктов в результате аварийных ситуаций, таких как разливы или утечки, представляют особую угрозу для окружающей среды. Они могут приводить к загрязнению воды и морского дна, уничтожению морской жизни и нарушению экосистемы. Воздействие таких выбросов может быть длительным и оказывать негативные последствия на долгое время.

Кроме того, индустриальная деятельность может приводить к физическому разрушению морских экосистем и их местообитаний. Строительство и эксплуатация нефтегазовых платформ, морских трубопроводов, портовых инфраструктур и других промышленных сооружений могут нарушать природные процессы, миграцию животных и гибель их местообитаний.

Помимо этого, индустриальная деятельность в Баренцевом море может вызывать шумовое загрязнение, которое оказывает негативное воздействие на подводные животные, такие как киты, дельфины и другие морские млекопитающие, которые ориентируются на звук в своей жизнедеятельности.

В целом, индустриальная деятельность в Баренцевом море может приводить к значительным экологическим проблемам, таким как загрязнение воды и почвы, разрушение местообитаний, угроза для морской фауны и флоры, а также изменение экосистемы. Эти проблемы требуют принятия соответствующих мер по контролю за загрязнением, применению

экологически чистых технологий, соблюдению строгих норм и стандартов, а также разработке и реализации программ охраны природы и восстановления морской среды.

Нефть в арктической морской экосистеме образуется в основном из двух источников: бурения и разливов нефти при транспортировке. Буровые работы вызывают долгосрочное воздействие и, следовательно, хронические последствия для арктических морских экосистем, такие как изменения в видовом составе, доминировании и биомассе, в то время как последствия разливов нефти носят острый характер и могут причинить серьезный ущерб на местном уровне. Однако нефтепродукты, независимо от того, происходят ли они в результате судоходства или бурения, разрушают все аспекты экологической целостности морских экосистем, включая рыболовство, морских млекопитающих, кораллы, морских и прибрежных птиц, а также прибрежную дикую природу, и, таким образом, приводят к изменениям в поведении (кормление, активность и подвижность, реакции избегания и т. д.), рост и размножение.

Уникальным ценностям Баренцева моря угрожает потенциально чрезвычайно разрушительная деятельность: разработка месторождений нефти и газа. Суровые климатические условия и короткие простые пищевые сети делают эту морскую экосистему особенно чувствительной к воздействиям, такие как: загрязнение химическими веществами и нефтью. Крупный разлив нефти привел бы к драматическим последствиям для дикой природы в этом районе, такой как морские птицы, млекопитающие и рыбные запасы.

Более того, район Баренцева моря испытывает сильное давление на рыболовство, поскольку изменение климата, похоже, готово изменить экосистему океана. Действительно, комбинированное воздействие изменения климата на динамику океана и процессы пищевой цепи угрожает морским ресурсам, а значит, и рыболовству в этих высоких широтах.

Что еще более важно в свете серьезных неопределенностей, главный вопрос заключается в том, каким образом предполагаемые физические

изменения, обусловленные климатом, могут изменить экосистему. Несомненно, это создает последствия и проблемы в будущем, которые могут представлять собой управление ресурсами в этом районе. Предстоящее нарушение рыбных запасов может нарушить существующее сотрудничество между Норвегией и Россией в ближайшем будущем. Действительно, с потеплением Северного Ледовитого океана рыбные запасы, вероятно, переместятся в более высокие широты. В результате центральная часть Северного Ледовитого океана может стать свидетелем потенциальной золотой лихорадки рыбных запасов. Действительно, рыбные запасы в других районах океана резко истощаются.

ГЛАВА 2 БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

2.1 Особенности экосистемы Баренцева моря – ключевые виды флоры и фауны

Баренцево море, расположенное в северной части Европейского Севера, является одним из самых северных морей в мире. Его уникальные географические и климатические условия создают особую среду для развития разнообразных экосистем. Вода в Баренцевом море характеризуется низкой соленостью, высоким содержанием питательных веществ и холодными температурами, что обеспечивает благоприятные условия для морской жизни.

Ключевые виды флоры в Баренцевом море включают водоросли, такие как камеди, морская капуста, макрофиты и планктонные организмы. Они играют важную роль в поддержании пищевой цепи и обеспечении кислородом морских экосистем.

Важное значение имеет также фауна Баренцева моря, которая включает разнообразные виды рыб, морских млекопитающих, птиц и беспозвоночных. Рыбные ресурсы в Баренцевом море представлены такими видами, как треска, минтай, камбала, килька и другие. Эти виды играют важную роль в коммерческой рыболовной промышленности региона и являются основным источником пищи для других морских животных.

Баренцево море также является местом миграции и гнездования морских птиц, таких как тупик, гагара, гагарка, кайра и другие. Они используют острова и скалистые участки берегов как места гнездования и отдыха.

Особенностью экосистемы Баренцева моря является также наличие уникальных видов морских млекопитающих, включая белого медведя, тюленя пятнистого и морскую котиковую. Эти виды адаптированы к жизни в условиях Арктики и играют важную роль в экосистеме региона.

Все эти виды флоры и фауны взаимосвязаны и образуют сложную сеть взаимодействий, которая поддерживает биоразнообразие и стабильность

экосистемы Баренцева моря. Понимание и сохранение этих видов являются ключевыми задачами для обеспечения устойчивого развития региона и сохранения его экологического баланса.

В Баренцевом море находится одна из последних крупных, чистых и относительно ненарушенных морских экосистем в Европе. Чрезвычайно высокая первичная продукция в Баренцевом море поддерживает богатое биологическое разнообразие, включая одни из самых многочисленных в мире колоний морских птиц, таких как тупики и кайры, богатые сообщества морского дна с зарослями водорослей, многочисленные глубоководные коралловые рифы и уникальное разнообразие морских млекопитающих, таких как моржи, гренландские киты и белые медведи.

За заметным исключением интенсивного коммерческого рыболовства, Баренцево море является все еще относительно не поврежденный деятельностью человека. Этот район все еще обладает потенциалом для защиты своих природных ценностей в будущем, а также для сохранения и развития устойчивых отраслей промышленности, основанных на его природных ресурсах. Чистая и хорошо управляемая экосистема является основным требованием для всех будущих источников средств к существованию вдоль побережья Баренцева моря.

Из всех арктических морей Баренцево море обладает самым высоким биоразнообразием морского дна, включая крупнейший в мире глубоководный коралловый риф, огромные отмели мидий и обширные прибрежные леса водорослей. В Баренцевом море находится несколько сотен холодноводных коралловых рифов. Эти рифы представляют собой очень важные места нереста и кормления многих видов рыб, включая важные промысловые виды рыб, такие как окунь, линь и клыкач. В этих коралловых районах было зарегистрировано более 750 других видов.

Площади лесов водорослей в районе Кольского полуострова покрывают тысяча квадратных метров. Этот «морской лес» формирует основу богатой и разнообразной дикой природы, а также обеспечивает пищей и убежищем

многие виды рыб, включая треску.

Многие организмы, живущие на морском дне, фильтруют питательные вещества из морской воды и улавливают загрязняющие вещества даже при низком уровне морской воды концентрации. Токсичные вещества будут накапливаться в организмах и переноситься в следующую часть пищевой цепочки.

Управление морскими живыми ресурсами зависит от надежной идентификации всех морских видов в районе, как для понимания структуры и распределения их популяций, так и для оценки относительной важности различных видов как хищников или жертв. Количество видов, зарегистрированных во время BESS в 2011 г., близко к общему количеству видов, описанных в литературе как регулярно встречающиеся в донных отложениях (рисунок 2.13.). [16]

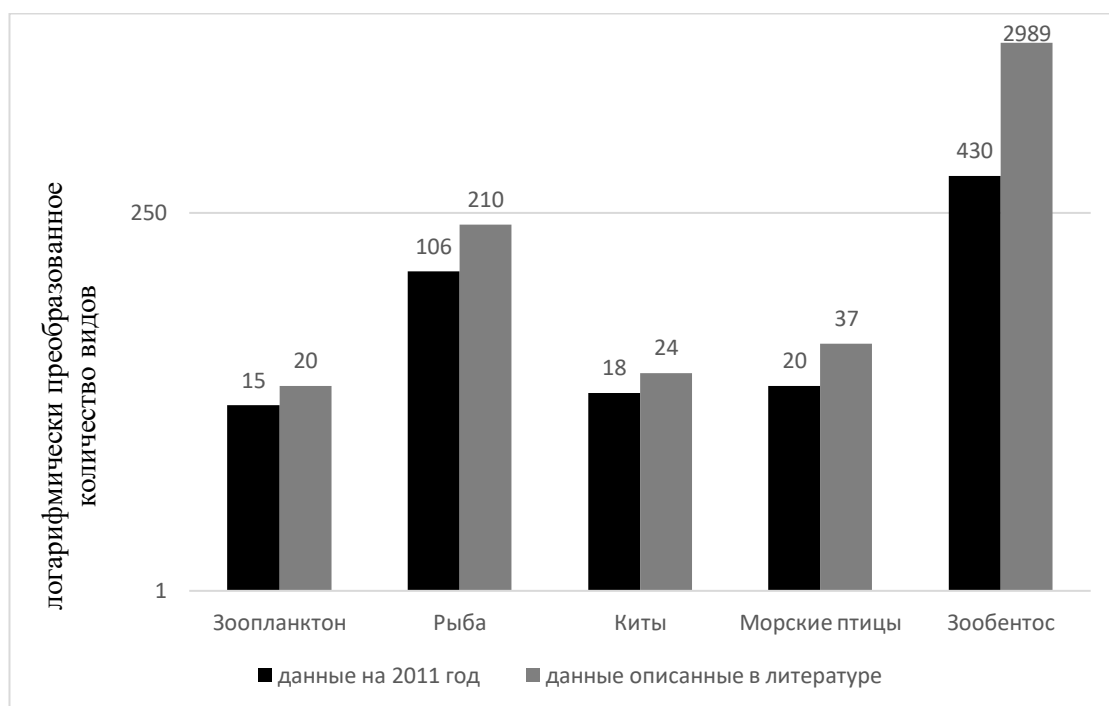


Рисунок 2.13. Обзор количества видов в Баренцевом море зарегистрированных в литературе на 2011 год (воспроизведено из [16])

Рыболовство и охота на морских млекопитающих оказали сильное влияние на экосистему Баренцева моря. Совсем недавно человеческая

деятельность включала транспортировку товаров, добычу нефти и газа, туризм и аквакультуру. В последние годы интерес сосредоточился на вероятной реакции экосистемы Баренцева моря на будущие изменения климата и подкисление океана. Отступающие кромки льда открывают новые возможности для траления и транспортных маршрутов. Деятельность на некоторых из этих недавно открытых участков может повлиять на бентический состав сообщества, которые ранее были защищены ледяным покровом.

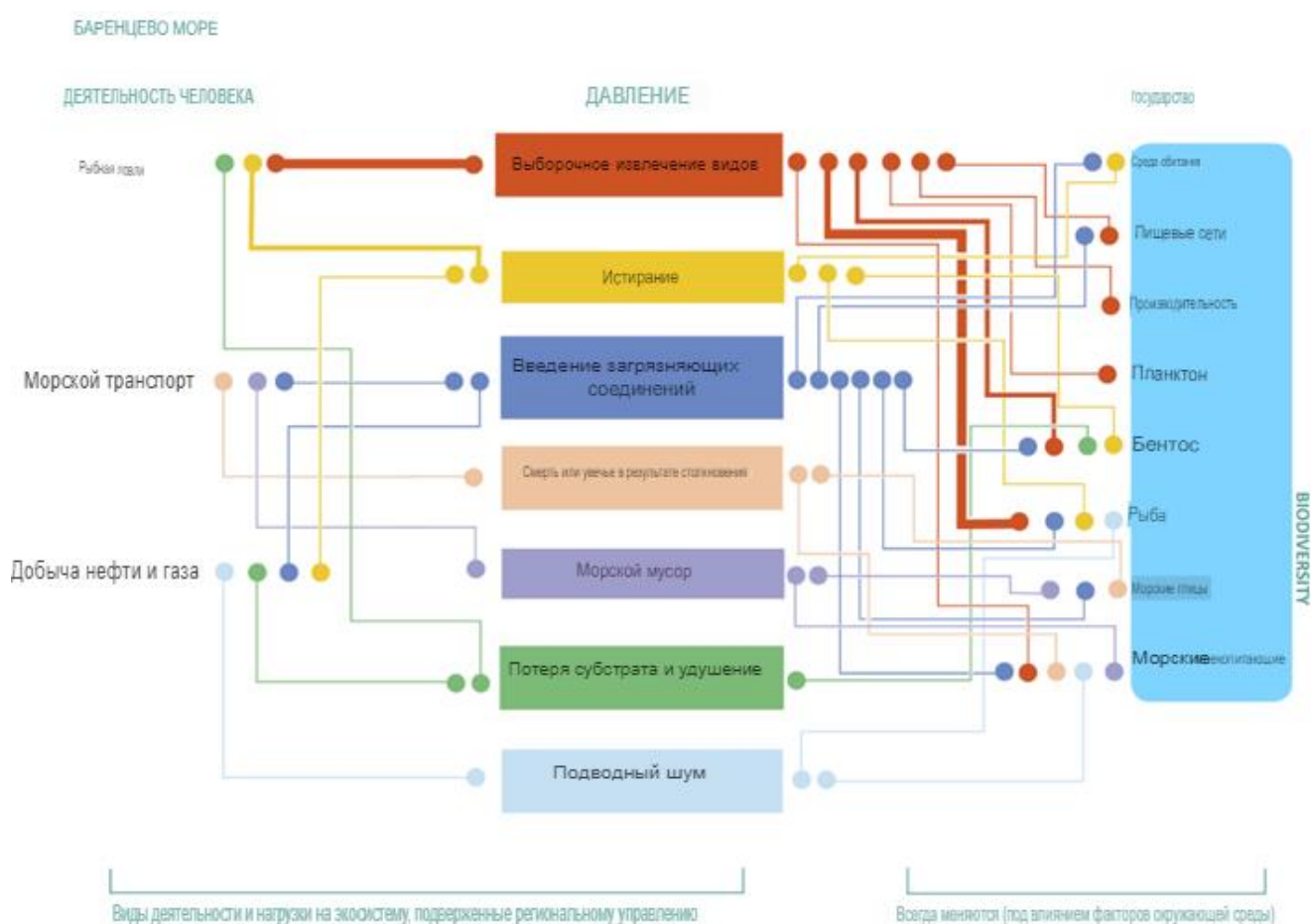


Рисунок 2.14. Обзор экорегиона Баренцева моря с основными региональными нагрузками, деятельностью человека и компонентами состояния экосистемы. Ширина линий указывает на относительную важность основных отдельных связей (масштабируемую силу нагрузок следует понимать как соответствующую силу между перечисленными видами

человеческой деятельности, а не как оценку фактического давления на экосистему)[19]

2.2 Биоресурсы Баренцева моря

Баренцево море обладает богатыми биоресурсами, которые являются источником пищи, материалов и других продуктов для местного населения, а также представляют коммерческую ценность. Важнейшими биоресурсами Баренцева моря являются рыбные ресурсы. Регион известен своим разнообразием видов рыб, таких как треска, минтай, камбала, килька, пикша и другие. Эти рыбные ресурсы играют ключевую роль в рыболовстве и являются важным источником промышленного и народного хозяйства региона.

В Баренцевом море обитают одни из крупнейших в мире колоний морских птиц. Ежегодно на скалах вдоль побережья Баренцева моря гнездится от 13 до 15 миллионов особей. Многие из этих колоний морских птиц считаются имеющими международное значение. К видам морских птиц относятся тупиковая, обыкновенная кайра, малая гагарка, остроклювка и Черная гильемот. Во время сезона гнездования птицы-родители используют морские районы в радиусе 100 километров в качестве своих основных кормовых угодий.

В Баренцевом море обитает несколько видов морских млекопитающих, а именно двенадцать видов китов, пять дельфинов, шесть тюленей плюс морж. Кроме того, как выдры, так и белые медведи полностью зависят от морской среды. Доминирующим видом в Баренцевом море является гренландский тюлень, обитающий в открытых водах и проводящий зиму на льду. Морж, кольчатая нерпа и бородатый тюлень обитают в водах вокруг Шпицбергена, Новой Земли и Земли Франца-Иосифа, в то время как обыкновенный тюлень и серый тюлень обитают вдоль побережья Финнмарка. Кит найденные виды включают белуху, нарвала и чрезвычайно редкого гренландского кита.

Базовое исследование эпибентоса (2011) с использованием донных

траловых съемок показало, что в Баренцевом море насчитывается по меньшей мере 354 бентических групп организмов. Глубина, температура, соленость и количество ледяных дней определяют четыре основных региона мегафауны. В юго-западном регионе преобладают фильтраторы (губки) в зоне притока теплой атлантической воды, в то время как в более глубоких впадинах обитает детритоядная фауна (иглокожие). На берегах/склонах в юго-восточном и западном регионах обитают хищники (морские звезды, актинии и снежные крабы), преобладающие вместе с фильтрующими видами (морской огурец и двустворчатые моллюски) в мозаике берегов и склонов. Питающиеся планктоном хрупкие звезды распространены в северо-западном и северо-восточном регионах, при этом популяция снежного краба растет на северо-востоке.

Увеличение популяции снежного и камчатского крабов и потенциальное расширение тралового лова (например, морских гребешков и донных рыб) являются основными последствиями для донного сообщества. Виды, включая губки *Geodia* на юго-западе, корзиночные звезды *Горгоноцефалу* в северных районах - морская ручка *Umbellula encrinus* на шельфе, обращенном к Северному Ледовитому океану, и морской огурец *Cucumaria frondosa* в мелководных южных районах особенно уязвима к воздействию тралового лова. [24]

Фитопланктон

С 1997 года наблюдается умеренный рост чистой первичной продукции, что, скорее всего, вызвано реакцией на изменения климата, которые включают ежегодное увеличение площади и продолжительности открытой воды.

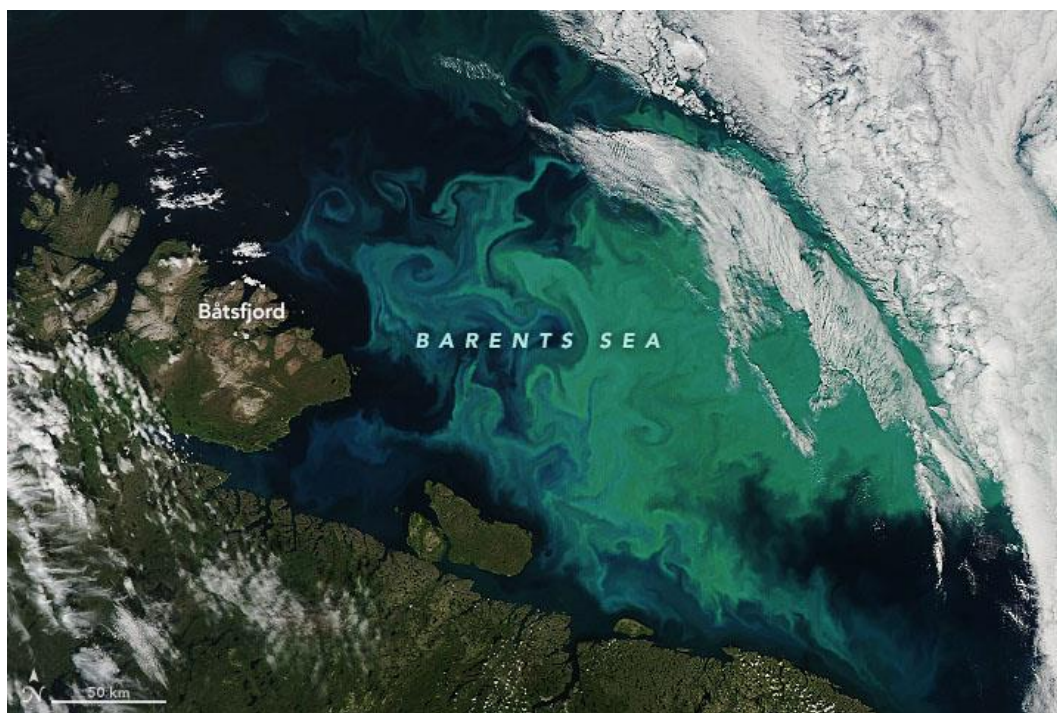


Рисунок 2.15. Спутниковый снимок развитие фитопланктона на 15 июля 2021г [13]

Голубые, зеленые и бирюзовые водовороты были созданы цветением фитопланктона —обилием микроскопических растительноподобных организмов, которые процветают в морской воде.

Для цветения всему фитопланктону требуется достаточное количество углекислого газа, солнечного света и растворенных питательных веществ. Любое данное цветение может включать в себя широкий спектр видов, но разные виды доминируют в морях в разных условиях. Исследования Серджио Р. Синьорини, Чарльз Р. Макклейн в 2019 году показало, что в Баренцевом море диатомовые водоросли обычно цветут каждый май после того, как зимние и весенние штормы смешали слои океана и вынесли питательные вещества из глубины.

Весной и летом в Баренцевом море, к северу от Норвегии и России в изобилии появляется фитопланктон. Если позволяют облака, эффектные проявления этих синих и зеленых «оттенков» видны на спутниковых снимках

почти каждый год. Тем не менее, нет двух одинаковых цветения фитопланктона.

С весны до начала лета поверхностные воды Баренцева моря хорошо перемешаны и богаты питательными веществами. В это время преобладает цветение диатомовых водорослей. Этот микроскопический фитопланктон с кремнеземными панцирями и большим количеством хлорофилла окрашивает поверхностные воды в зеленый цвет.

К концу июля и к осени воды становятся более стратифицированными и содержат меньше питательных веществ. Летние изменения приносят пользу кокколитофориям, обычно *Emiliana huxleyi* (вид кокколитофорид, встречающийся почти во всех океанических экосистемах от экватора до субполярных регионов, от богатых питательными веществами зон апвеллинга до бедных питательными веществами олиготрофных вод.). Благодаря цветению этого типа фитопланктона, покрытого пластинами карбоната кальция с высокой отражающей способностью, поверхностные воды кажутся молочно-бирюзово-голубыми .

Однако цветение на рисунке 2.15 кажется зеленым и бирюзово-голубым. Изображение с центром в Баренцевом море к северу от Кольского полуострова было получено 15 июля 2021 года с помощью спектрорадиометра среднего разрешения (MODIS) на спутнике NASA Aqua .[13]

Есть несколько возможных причин сочетания цветов. Хотя невозможно проверить вид без прямого образца воды, это изображение может показывать регион в переходный период, когда кокколитофориды заменяют диатомовые водоросли.

Согласно недавним исследованиям Л. Озиэль ,А. Баудена ,М. Ардына ,П. Массикотт , А. Рандельхофф ,Ж.-Б. Салли ,РБ Ингвальдсен ,Э. Девред и М. Бабин , цветение кокколитофорид в настоящее время занимает больше места в Баренцевом море, чем несколько десятилетий назад . В период с 1998 по 2016 год летнее цветение распространилось к полюсу, а площадь его поверхности в Баренцевом море удвоилась.

Такие изменения могут иметь последствия для арктических морских пищевых сетей и геохимических циклов. Кокколитофориды и другие виды фитопланктона являются основным источником пищи для мелкого зоопланктона и рыб. Они также имеют решающее значение для глобального углеродного цикла и ключевых производителей кислорода на планете.

Зоопланктон

Наиболее распространенные виды зоопланктона — каланоидные веслоногие моллюски, криль и гипериидные амфиподы — составляют основной рацион сельди, мойвы, полярной трески и молоди других видов рыб.

Существуют большие межгодовые колебания биомассы мезозоопланктона (в основном веслоногих моллюсков). Западная часть Баренцева моря показала тенденция к снижению наблюдается с середины 2000-х годов. Средняя биомасса в западной части Баренцева моря в 2013 году в настоящее время является самой низкой, зарегистрированной с начала 1990-х годов. Однако средняя биомасса мезозоопланктона в северо-восточной части Баренцева моря относительно высока. В целом наблюдается снижение биомассы арктической гиперииды *Themisto libellula*. Изменения в общей численности криля (эвфаузиид) внутри регионов свидетельствуют о наиболее сильном снижении на востоке.

В 2014 году в Баренцевом море были обнаружены медузы, в основном медуза с львиной гривой *Cyanea capillata*. Рассчитанная биомасса медуз в 2014 году была близка к рекордно высокой биомассе медуз (около 5 миллионов тонн, наблюдавшейся в 2001 году).

В качественном смысле совокупность зоопланктона в прибрежной зоне характеризуется присутствием более 100 видов, возрастов (стадий между линьками) и жизненных форм. Хотя только 20 из этих видов вносят значительный вклад в общую биомассу сообщества, их плотность составляет более 100 особей на м³.

В экосистеме Баренцева моря зоопланктон образует связующее звено

между фитопланктоном (первичными продуцентами) и рыбами, млекопитающими и другими организмами на более высоких трофических уровнях. Наиболее распространенными видами зоопланктона являются каланоидные веслоногие моллюски, криль и гиперидные амфиподы, которые составляют основной рацион сельди, мойвы, полярной трески и молоди других видов рыб.

Данные долгосрочного мониторинга указывают на существенные годовые колебания показателей биомассы и численности зоопланктона в Баренцевом море (рисунок 2.16.).

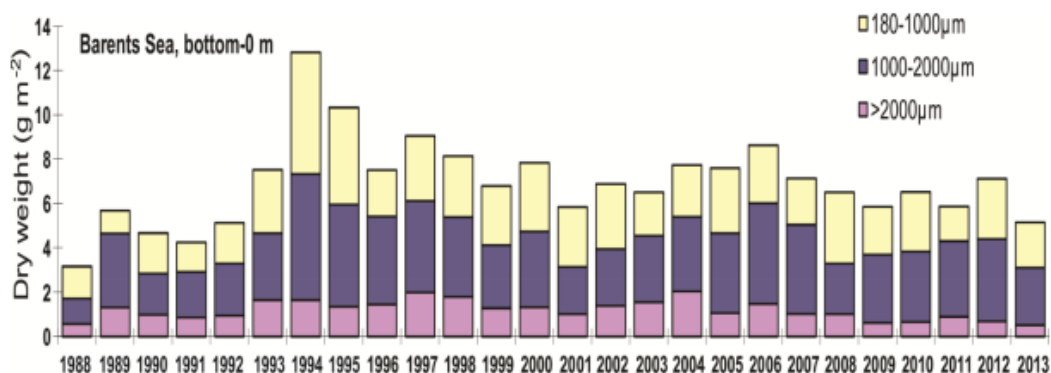


Рисунок 2.16. Многолетний размерный состав биомассы зоопланктона в толще воды (от дна до 0 метровые глубины) из центрально-западной части Баренцева моря (только норвежские данные)[15]

На рисунке 2.16 отображены данные о средней биомассе зоопланктона в разные годы. В 1994 и 1995 годах были зафиксированы самые высокие значения биомассы, с небольшим пиком в 2006 году. В период с 1988 по 1992 годы средняя биомасса зоопланктона была ниже, чем расчетное среднее за предыдущие 11 лет. Аналогичная тенденция была наблюдаема в данных о верхнем слое воды на глубине 0-100 м в период с 1988 по 2008 годы (эти данные не представлены). Из данных о глубине 0 м и 0-100 м видно, что к моменту исследования экосистемы (август-сентябрь) зоопланктон начинал свою сезонную вертикальную миграцию в глубокие воды для зимовки. Также

становится очевидно, что более мелкий зоопланктон (размером 180-1000 мкм) наиболее распространен в интервале глубин 0-100 м и играет важную роль в верхних слоях воды в это время года. Особенно в 2008 году можно наблюдать существенное снижение биомассы зоопланктона в размерной фракции 1000-2000 мкм (на глубине от дна до 0 м), которая обычно содержит более старые стадии *Calanus*, в то время как размерная фракция 180-1000 мкм значительно превышает предыдущие годы и наблюдавшиеся в течение двух предыдущих лет. Это может свидетельствовать о существенном сокращении запасов зимующих *Calanus* в центральной и западной частях Баренцева моря в 2008 году. В течение последних шести лет общая биомасса, разделенная по размеру, была незначительно ниже среднего значений за несколько лет (за исключением 2012 года), но в 2013 году она заметно снизилась ниже долгосрочного среднего значения. [15]

Кроме того, биомасса с размером фракции 1000-2000 мкм неуклонно увеличивалась с 2008 года, в то время как в 2013 году произошло снижение. Примечательно, что биомасса в наибольшей размерной фракции (>2000 мкм) уменьшилась с 2006 года по настоящее время.[15]

Бентос и моллюски

Распространение глубоководных (северных) креветок, по-видимому, расширилось в направлении северо-востока с 2004 года. Красные королевские крабы хорошо прижились вдоль материкового побережья России и Норвегии. Численность и темпы размножения в последние годы снизились из-за снижения уровня пополнения и высокой смертности при промысле.

Запасы снежного краба в центральной и восточной частях Баренцева моря увеличиваются, и, по расчетам, его биомасса в десять раз превышает биомассу красных королевских крабов и почти вдвое меньше биомассы глубоководных креветок. Для этого вида был начат коммерческий промысел. Ожидается дальнейшее расширение ареала на запад, в сторону Шпицбергена.

Рыба

Доминирующим промысловым донным видом в этом экорегионе является треска. Численность запасов трески высока, и с 2004 года она расширяется в северном направлении. Биомасса нерестового запаса пикши с 1990 года превышает безопасную биологическую норму и продолжает увеличиваться. Запасы сайды стабильны. Общий запас полярной трески находится на самом низком уровне численности с 1990 года. Численность палтуса несколько увеличилась вдоль западного побережья в регионе Баренцева моря.

В настоящее время размер запасов сельди *Clupea harengus* составляет половину от среднего размера запасов, существовавших с 1999 по 2013 год. То количество молоди сельди, попадающей в Баренцево море, в последние годы было низким. Объем запасов мойвы остается стабильным.

Запасы клювастого окуня восстанавливаются с того низкого уровня, на котором они находились несколько лет назад. Размер запасов золотистого окуня очень невелик.

Однако интенсивное промышленное освоение и использование биоресурсов Баренцева моря может привести к негативным последствиям. Неустойчивые практики рыболовства, загрязнение морской среды, изменение климата и потеря местообитаний могут негативно сказаться на биоразнообразии и численности рыбных и других видов.

Поэтому важно разрабатывать и применять устойчивые методы управления рыбными ресурсами и бережно относиться к экосистеме Баренцева моря. Необходимо проводить научные исследования, контролировать рыболовство, осуществлять мониторинг состояния рыбных запасов и принимать меры для сохранения и восстановления биологических ресурсов региона.

Таким образом, биоресурсы Баренцева моря имеют большое значение как для экологической системы, так и для социальноэкономического развития региона. Сохранение и управление этими ресурсами требует усилий со стороны научных исследований, рыболовных организаций, государственных

и международных органов управления, а также сотрудничества между странами, чтобы обеспечить устойчивое использование биоресурсов и сохранить экологическую целостность Баренцева моря.

2.3 Рыбохозяйственная деятельность в регионе Баренцева моря

В Баренцевом море обитает около 150 различных видов рыб. Среди них одни из крупнейших в мире рыбных запасов, включая норвежско-арктическую треску, мойву, пикшу, сайду и норвежскую сельдь, идущую на весенний нерест. Яйца и личинки трески и сельди дрейфуют с течением вдоль норвежского побережья вплоть до районов кормления в Баренцевом море. Мойва нерестится вдоль самого северного побережья Норвегии и является ключевым видом в этой арктической пищевой сети, являясь добычей рыб, морских птиц и млекопитающих.

Икра и личинки рыб особенно уязвимы к воздействию токсичных химических веществ, содержащихся в масле. Доказано, что небольшое количество масла в морской воде смертельно для личинок трески. Кроме того, было показано, что химические вещества, содержащиеся в так называемой «пластовой воде» (воде, добываемой вместе с нефтью и газом из резервуаров), влияют на репродуктивную способность трески. Общей чертой нескольких рыбных запасов Баренцева моря, включая мойву, треску и сельдь, является то, что огромные концентрации яиц и личинок часто обнаруживаются на относительно небольших участках.

До 1970-х годов в Баренцевом море в изобилии водился глубоководный окунь. Однако из-за чрезмерного вылова этого долгоживущего медленно растущего вида запасы резко сократились в течение в 1980-х годах и оставался на низком уровне до недавних признаков восстановления. Существует значительная межгодовая изменчивость в характере пополнения запасов видов рыб Баренцева моря. Способствующие факторы включают: биомассу нерестящегося стада; климатические условия; доступность пищи; численность

хищников; и распределение.

На примере таких видов рыб, как треска и пикша хотелось бы показать запасы и выловы в регионе Баренцево море и проанализировать, что могло повлиять на полученные результаты.

В качестве исходных данных были взяты среднегодовые значения промысловых запасов (тыс.т) и выловов арктической трески в период с 1950 по 2020 год, и запасы (тыс.т) и выловы арктической пикши в период с 1950 по 2019 год, данные были взяты в [9].

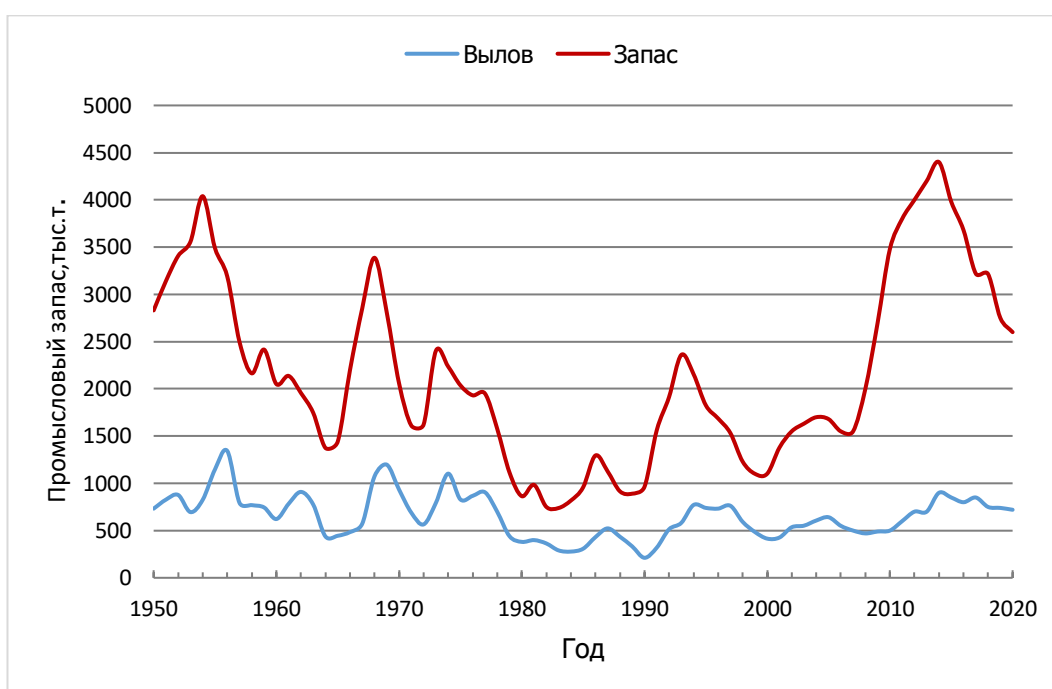


Рисунок 2.17. Запасы и выловы северо-восточной арктической трески в период с 1950 по 2020 года

В периоды максимальных подъемов возрастали и выловы, запасы испытывали значительную изменчивость, особенно ярко выделяются максимумы в 1950-е годы и в период с 2010 по 2020 года, особенно на фоне того, что 1980-1990-е годы были явным спадом запасов. Последние максимумы вызывают интерес у специалистов о том, насколько этот период продлится и сохранится.

После 90-х годов пошел рост запаса, скорее всего это связано с притоком теплой воды в Баренцево море из северной части Атлантического океана. Увеличение пополнения произошло в середине 1970-х и с 1990-х годов, когда

к северу от Скандинавии (Кольский полуостров) температура океана была высокой.

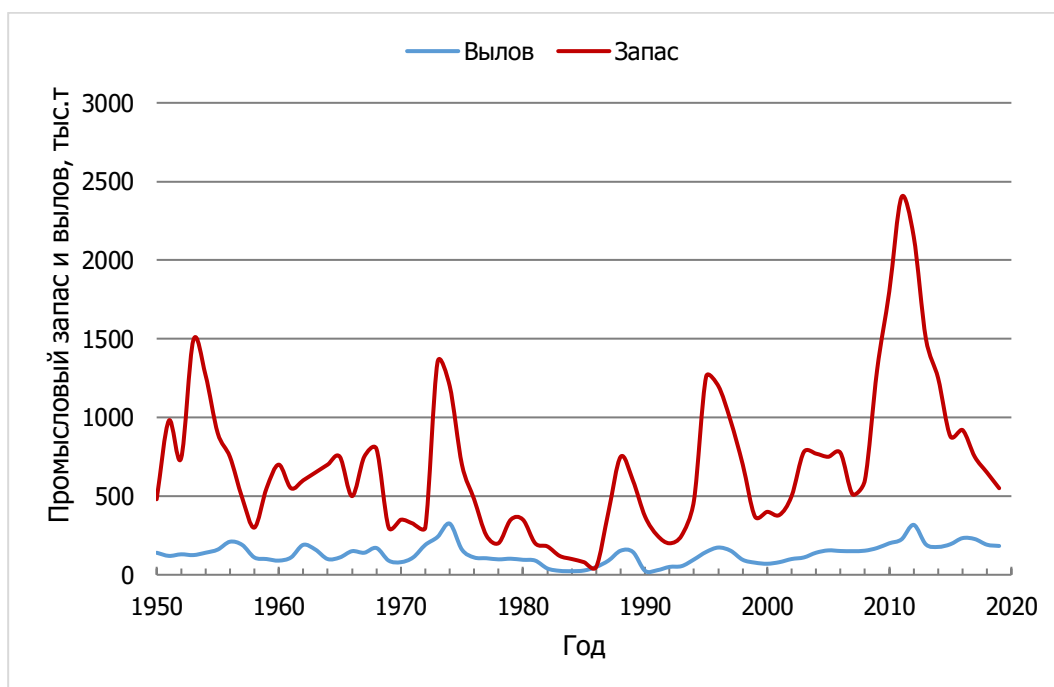


Рисунок 2.18. Запасы и выловы северо-восточной арктической пикши в период с 1950 по 2019 года

У пикши промысловое значение меньше по абсолютной величине, чем у трески. Но характерно то, что в 1980 годы так же наблюдались минимумы, а в 2010 года наблюдались максимумы, на которые мы тоже обращаем внимание. Как раз пытаюсь в моей работе проанализировать изменчивость и дать прогноз на ближайшие 2 года с учётом максимумов 2010 годов.

С конца 1990-х гг. отмечено усиление связи между численностью поколения на стадии 0-группы и в возрасте 3 года. Смертность донной молоди во время первых двух зимовок утратила доминирующее значение для появления высокоурожайных поколений. При этом возросла роль хищничества трески *Gadus morhua* в качестве регулятора численности донной молоди пикши. Обусловлено это тем, что повышение температуры воды в Баренцевом море создаёт благоприятные условия для роста численности не только пикши, но и её основного хищника – трески.

Был произведен прогноз двух основных видов промысловых видов рыб трески пикши в Баренцевом море для того, чтобы понять какая будет тенденция прогноза-увеличение или сокращения запаса рыб.

На рисунке 2.19 можно видеть приведенный исходный ряд и воспроизведенный восстановленный ряд в период с 1990 по 2020 годы, и прогноз трески на 2021-2023 годы методом модели Шефера.

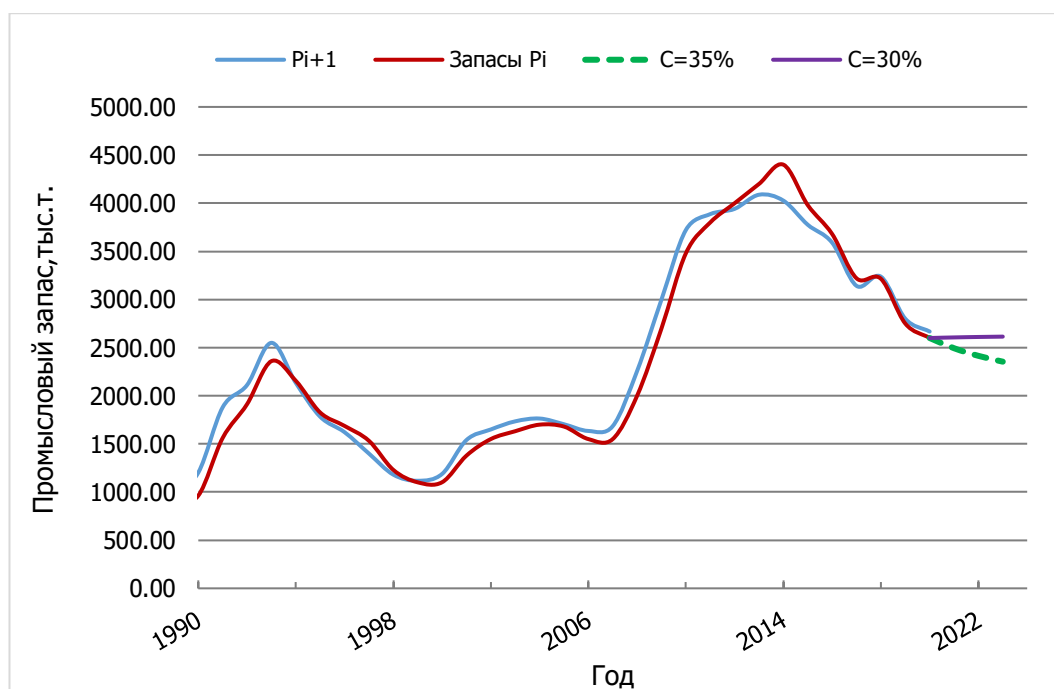


Рисунок 2.19. Исходные и восстановленный временной ход запасов(тыс.т) трески и прогноз методом Шефера на 2021-2023 годы

Был выбран процент изъятия в 35%, так как при таком проценте изъятия идет очевидный спад запасов на прогнозируемые года, что соответствует и другим методам прогнозирования.

Окончательно по модели Шефера выбираем изъятие в 35%, потому что оно совпадает с оценкой ИКЕС[9], так как обеспечивает снижение запасов.

Как видно из рисунка 2.19 прогноз показывает увеличение, а затем спад запасов на прогнозируемые года.

Спад скорее всего связан с тем, что треска является хищной рыбой и её

существование напрямую связано с другими промысловыми видами в данном регионе. По данным исследований как раз сократились основные источники питания для трески-это мойва и сайка. Потребление этих важных кормовых объектов в 2019 года было гораздо ниже и происходило в довольно ограниченных зонах в северной части Баренцева моря по сравнению с предыдущими годами. Для таких видов рыб, как мойва и сайка нужны благоприятные умеренные климатические условия, а именно более холодные условия, к тому же при повышении температуры мойву теснит сельдь в общих местах питания.

На рисунке 2.20 можно видеть приведенный исходный ряд и воспроизведенный восстановленный ряд в период с 1990 по 2019 годы, и прогноз пикши на 2020-2022 годы методом модели Шефера при проценте промыслового изъятия 15%.

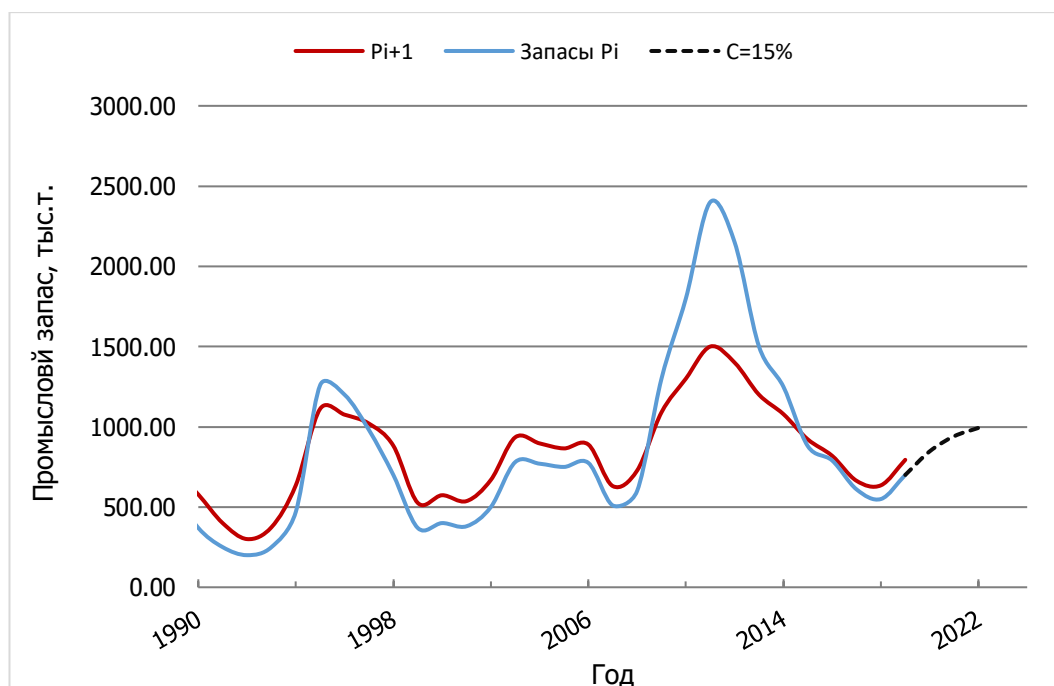


Рисунок 2.20. Исходные и восстановленный временной ход запасов(тыс.т) пикши и прогноз методом Шефера на 2020-2022 годы

В модели Шефера был выбран процент изъятия 15%, который также приводит к росту запаса до 1 млн. тонн.

Прогноз по модели Шефера показывает, что запасы с каждым прогнозируемым годом постепенно увеличиваются, что скорее всего и будет происходить, так как по оценке ИКЕС на 2020 год значения запаса пикши будет составлять 845 тыс.т. Модель Шефера совпадает с оценкой ИКЕС [9] на 2020 год, в таблице 14 можно видеть, что прогноз на 2020 год составил 846 тыс.т. В данном случае, можно точно сказать, что прогноз по модели Шефера с изъятием в 15% наиболее точен, так как идёт постепенное увеличение промысловых запасов северо-восточной арктической пикши, и прогноз совпал с оценкой Международного Совета по исследованию моря (ИКЕС).

Величина промыслового запаса пикши в 2010 году в 2 раза превысила исторический максимум, это можно связать с повышением температуры в эти года, то есть можно сделать вывод, что повышение температуры океана благоприятно сказалось на данном виде рыб. Поэтому прогнозируемое увеличение запасов вполне объяснимо и логично.

Запасы донных рыб находятся в удовлетворительном состоянии. Биомассы трески и пикши, несмотря на снижение в последние годы, превышают установленные для этих видов безопасные биологические границы. Уменьшение запаса трески снижает пресс хищничества на остальные промысловые виды рыб, что может способствовать росту их численности.

ГЛАВА 3 ПРОБЛЕМА ПЛАСТИКОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

3.1 Проблема морского мусора

Морской мусор представляет собой различные виды отходов, которые попадают в море и океаны, включая пластиковые предметы, стекло, металл, резину, текстиль, дерево и другие материалы. Этот мусор может быть как намеренно выброшенным, так и случайно попавшим в море из суши или судов. Масштабы проблемы морского мусора в мировых океанах и морях стали значительными, и Баренцево море не является исключением.

Морской мусор оказывает негативное воздействие на экосистему Баренцева моря и его биоразнообразие. Пластиковые отходы, например, могут привести к задохливанию и гибели морских животных, поскольку они могут путаться в их плавниках, желудках или удушающих их. Помимо того, что мусор является прямой угрозой для животных, он также может загрязнять их местообитания, создавая неблагоприятные условия для их выживания.

Кроме того, морской мусор может наносить экономический ущерб рыболовству и туризму. Загрязнение пляжей и морской воды мусором может снижать привлекательность туристических мест и приводить к потере доходов в туристической отрасли. Рыболовные сети и прочие рыболовные снасти, оставленные в море, могут не только повреждать экосистему, но и приводить к потерям в рыболовных отраслях.

Для решения проблемы морского мусора в Баренцевом море проводятся различные инициативы и программы. Они включают в себя сбор мусора на побережье, образовательные кампании о проблеме морского мусора, повышение осведомленности о вреде пластиковых отходов и стимулирование перехода к более устойчивым и экологически чистым методам использования материалов и утилизации отходов.

Также проводится научное исследование морского мусора, чтобы более

полно понять его источники, транспортные пути и влияние на экосистему Баренцева моря. Это позволяет разрабатывать эффективные стратегии предотвращения и управления морским мусором.

Однако проблема морского мусора требует комплексного и междисциплинарного подхода. Она требует сотрудничества между государствами, научными организациями, промышленными предприятиями, сообществами и общественностью, чтобы принять меры по сокращению использования одноразовых пластиковых изделий, улучшению системы утилизации отходов и образованию о сознательном потреблении и утилизации отходов.

Таким образом, борьба с проблемой морского мусора в Баренцевом море является важным аспектом сохранения его экосистемы и биоразнообразия, а также обеспечения устойчивого использования его ресурсов в будущем.

Морской мусор в Баренцевом море может образовываться в результате различных видов морской деятельности, таких как выбросы в результате рыбного промысла, судоходства, разведки нефти и газа и туризма, а также выбросы на суше. Баренцево море — богатый и продуктивный район, где в течение всего года ведется активный промысел. Другие морские виды деятельности включают транспортировку товаров, нефти и газа и туризм. Кроме того, вдоль побережья Норвегии есть места для выращивания лосося. Уменьшение ледяного покрова и активизация добычи нефти и газа в последние годы привели к увеличению судоходства в этом районе. Рыболовство и другая морская деятельность являются наиболее вероятными источниками морского мусора в Баренцевом море, о чем также свидетельствуют данные регистрации морского мусора на пляжах.

Пластик — это материал, состоящий из широкого спектра синтетических или полусинтетических органических соединений, которые податливы и, следовательно, могут быть преобразованы в твердые предметы. Пластичность — это общее свойство всех материалов, которое предполагает постоянную деформацию без разрушения. Название полимеров происходит от их

эластичных и пластичных свойств.

Полимеры – это высокомолекулярные соединения, состоящие из повторяющихся структурных звеньев, связанных друг с другом химической связью.

Пластик (пластмассы) - органическое вещество, состоящее из полимеров и мономеров со вспомогательными наполнителями и добавками.

Термин «пластмассы» означает, что эти материалы под действием нагревания и давления способны формироваться и сохранять заданную форму после охлаждения или отвердения. В зависимости от природы полимера и характера его перехода из вязкотекучего в стеклообразное состояние при формировании изделий (то есть по устойчивости к воздействию высоких температур) пластмассы делят на:

- Термопласты;
- Реактопласты; [3].

К классификации полимеров можно соотнести следующие виды пластика:

							
РЕТЕ	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	Other	
 Бутылки из-под воды, газировок, соков, молока, косметики	 Упаковка для шампуней, гелей, моющих ср-в, крышки бутылок, некоторые пакеты, пищевые контейнеры	 Мягкий ПВХ: пищевая пленка, обшивки, натяжные потолки, шланги	 Гладкие пакеты, игрушки, упаковка для пищи, мусорные пакеты	 Пищевые контейнеры, шприцы, ингаляторы, многоразовая посуда, баночки и тары	 Одноразовая посуда, стаканчики для йогуртов, лотки для яиц, пенопласт	 Пластик без номера, смешанные, многослойные виды пластмасс: упаковка, игрушки, посуда, бутылки	ПРИМЕРЫ
1 РАЗ	1 РАЗ	1 РАЗ	МНОГОКРАТНО		1 РАЗ		СКОЛЬКО РАЗ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ
 ТОКСИЧЕН	 КОРОТКИЕ НЕСИЛЬНЫЕ НАГРЕВАНИЯ	 НЕ НАГРЕВАТЬ	 ТОКСИЧЕН	 КОРОТКИЕ НЕСИЛЬНЫЕ НАГРЕВАНИЯ	 НЕ НАГРЕВАТЬ		МОЖНО ЛИ НАГРЕВАТЬ
							УТИЛИЗАЦИЯ

Рисунок 3.21. Виды пластика [12]

Мусор встречается во всех водных объектах, даже в отдаленных районах, далеких от контактов человека и очевидных источников проблемы. Количество морского мусора увеличивается, так как скорость разложения очень низкая, морской мусор обнаруживается на берегу, дне и открытых водных территориях.



Рисунок 3.22. Поступление пластика в океан [2]

Морской мусор также может привести к утрате биоразнообразия и утрате экосистемных функций и услуг. Например, брошенные, утерянные или брошенные рыболовные снасти продолжают ловить рыбу и ловить животных, запутывая и потенциально убивая морскую жизнь, удушая среду обитания и создавая опасность для судоходства.

Микропластик также вызывает опасения. Токсины, в том числе ДДТ, ВРА и пестициды, прилипают к этим крошечным частицам пластика, которые могут быть случайно проглочены мелкими водными организмами. Попадая в организм, токсины биоусиливаются по мере продвижения вверх по пищевой цепочке, накапливаясь в птицах, морских обитателях и, возможно, в людях.

По данным экосистемной съемки, количество антропогенного мусора в Баренцевом море в 2020 г. было на уровне предыдущих лет. Выявлено, что в последнее десятилетие в промысловых рыбах снизилось содержание ряда

тяжелых металлов.

К тому же, пластиковое загрязнение имеет непосредственное влияние на популяции рыб:

- Попадание в пищевую цепочку: Рыбы могут поглощать микро- и макропластик через пищу. Мелкие частицы пластика могут быть ошибочно приняты рыбами за пищу, и они могут накапливаться в их организмах. Это может приводить к ухудшению общего здоровья рыб и снижению их репродуктивной способности.
- Физический вред: Крупные куски пластика, такие как пластиковые сети и упаковочные материалы, могут привязываться к рыбам или запутываться в их жабрах, плавниках или хвосте. Это может приводить к повреждениям, нарушению подвижности и повышению уровня стресса у рыб, что в конечном итоге может снижать их выживаемость.
- Изменение поведения: Некоторые исследования показывают, что пластиковое загрязнение может изменять поведение рыб. Например, рыбы могут проявлять сниженный аппетит, избегать определенных областей или изменять миграционные маршруты из-за присутствия пластика.
- Химическое загрязнение: Пластик может содержать токсичные химические вещества, такие как полихлорированные бифенилы (ПХБ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и другие пестициды. Когда рыбы поглощают эти частицы пластика, токсичные вещества могут переходить в их тела. Это может оказывать негативное влияние на их здоровье и функционирование, а также приводить к передаче токсинов по пищевой цепи.

В целом, пластиковое загрязнение Баренцева моря имеет серьезные последствия для промысловых видов рыб. Это требует принятия мер для снижения пластикового загрязнения и защиты морских экосистем, чтобы обеспечить устойчивость и сохранение рыбных ресурсов в этом регионе, об этом более подробно будет рассмотрено в 4 главе.

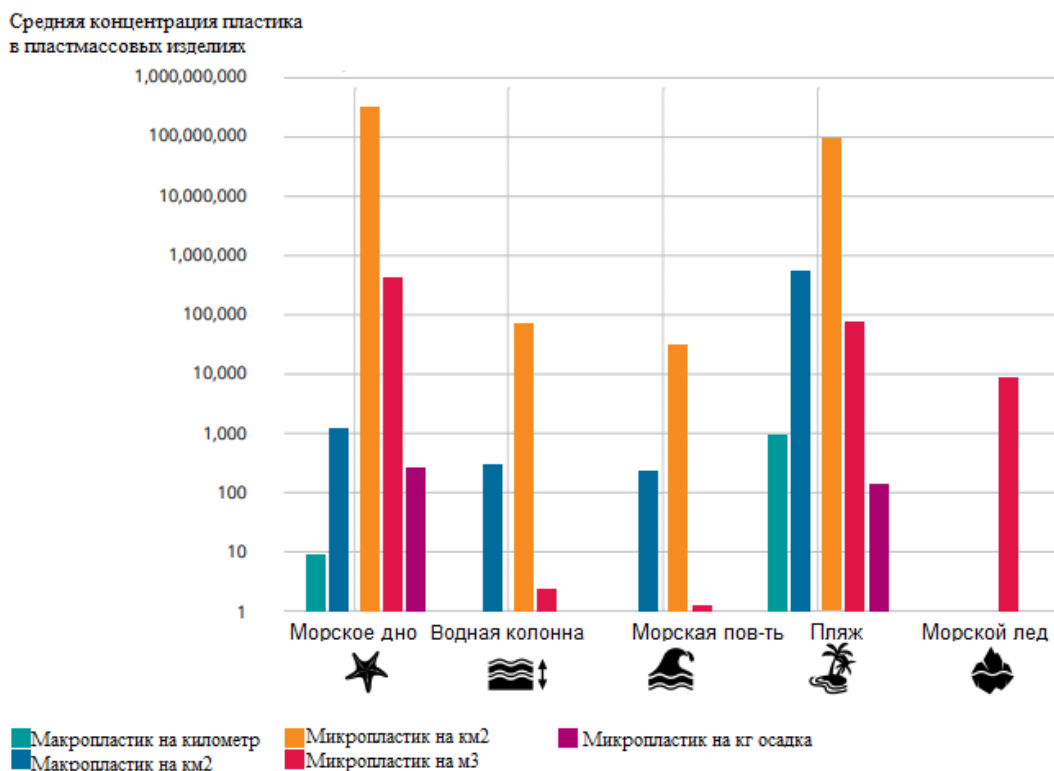


Рисунок 3.23. Среднее количество пластикового мусора в различных компонентах окружающей среды. Поскольку количества, указанные в разных единицах измерения, несопоставимы, для обозначения количеств на километр, км², м³ и кг осадков использовался цветовой код[11]

Попав в океаны, пластмассы очень неравномерно распространяются среди морских регионов, видов и экосистем.

На береговых линиях сосредоточено наибольшее количество макропластика, в то время как на глубоководном морском дне сосредоточено наибольшее количество микропластика – их концентрация даже выше, чем в зонах скопления крупных океанских круговоротов. Размер пластиковых изделий действительно имеет значение, поскольку пространственное распределение пластикового загрязнения демонстрирует явные различия для макро- и микропластиков. В настоящее время практически ничего не известно о распределении и концентрациях нанопластиков.

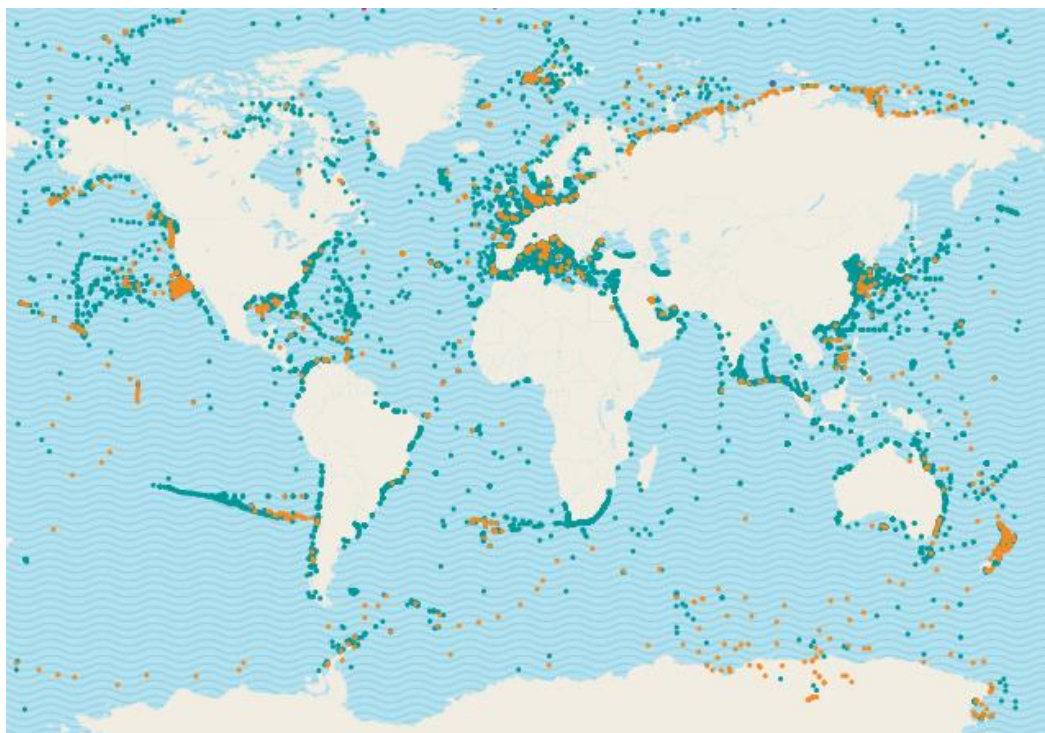


Рисунок 3.24. Глобальное распределение морского пластикового мусора, зафиксированное в научных исследованиях. Зелеными точками показаны места, где наблюдался пластиковый мусор (наличие), а оранжевыми точками - места, где были обнаружены другие виды мусора (например, металл, стекло), но не пластик (отсутствие)[11]

Хотя морские глубины покрывают 60% поверхности нашей планеты, глубоководное дно океана остается наименее изученной экосистемой на Земле. Еще меньше известно о глубоководных экосистемах отдаленных полярных регионов, таких как Арктика. Несмотря на скудные знания, эксплуатация его ресурсов уже ведется с точки зрения разведки углеводородов, рыболовства, судоходства и туризма по мере таяния морского льда. Хотя удаление твердых отходов в море было запрещено в 1988 году (Приложение V, Конвенция МАРПОЛ), подробные и все больше сообщений указывают на то, что даже самые уединенные места, такие как полярные регионы и глубоководное дно океана, больше не защищены от загрязнения мусором. Ежегодное мировое производство пластмассовых изделий оценивается в 230 миллионов тонн. Благодаря своему химическому составу

пластмассы долговечны и разлагаются очень медленно. С 1950-х годов был выброшен миллиард тонн пластика, который может сохраняться в течение сотен лет.

Фактически, недавние исследования показывают, что цифру 1982 года в 8 миллионов предметов мусора, ежедневно попадающих в океаны, возможно, потребуется увеличить в несколько раз. Морской мусор определяется как «любой стойкий, произведенный или переработанный твердый материал, выброшенный, утилизируемый или заброшенный в морскую и прибрежную среду». Пластик составляет значительную часть морского мусора, что неудивительно, учитывая ежегодное мировое производство в 230 миллионов тонн в 2009 году, из которых >10% попадают в океаны. Пластмассы не поддаются биологическому разложению, но могут быть механически расщеплены на вторичные микропластики. [10]

Недавно воздействие постоянно растущих количеств микропластика было определено как проблема, вызывающая серьезную озабоченность окружающей среды. Микропластики считаются переносчиками адсорбированных загрязнителей, таких как химические вещества, разрушающие эндокринную систему, фталаты, полиароматические углеводороды, хлорорганические пестициды и полихлорированные дифенилы. При проглатывании они попадают в ткани кормушек для суспензии и отложений и другой биоты, накапливаются в пищевой сети и могут попасть в пищевую цепь человека.

Макрпластик - это не просто эстетическая проблема. В океанах это по-разному влияет на морскую флору и фауну. Наиболее очевидно, что это вызывает запутывание, удушье и нарушает процесс проглатывания/усвоения пищи птицами, рыбами, млекопитающими, черепахами и рыбешками. Такие пагубные последствия были задокументированы у более чем 267 морских видов в конце 1980-е годы, и с тех пор эта цифра, вероятно, возросла. В дополнение к удушью, мусор, связанный с рыболовством, может увеличить смертность при ловле призраков. Пластиковые пакеты могут задушить и

повредить организмы из мягких и твердых субстратов. Мусор на морском дне может вызвать кислородное голодание подстилающих отложений, что изменяет биогеохимию и структуру донных сообществ. Кроме того, подстилка может служить субстратом для прикрепления сидячей биоты в осадочных средах и увеличивать местное разнообразие хотя это заменяет существующие виды и приводит к неестественным изменениям состава фаунистического сообщества.

В некоторых районах эти проблемы можно решить с помощью круглогодично пришвартованных устройств для отбора проб, беспилотных летательных аппаратов или совместных исследований с гражданскими учеными или местными сообществами.

Мониторинг Баренцева моря задокументировал широкое распространение морского мусора, плавающего на поверхности, в верхних 60 м и на морском дне, и представляет собой всеобъемлющий набор данных в отношении охвата и количества наблюдений. Несмотря на ограничения уловистости и наблюдений, большое количество наблюдений и повторных наблюдений повышает надежность данных. Это указывает на проблему интерпретации временных трендов данных регистрации морского мусора в большой географической области и подтверждает необходимость улучшения возможностей станций для регистрации изменений глубоководной среды во времени в определенной области. Это требует дальнейших исследований переноса морского мусора и микропластика с поверхности и толщи воды на морское дно. Нужно больше знать о судьбе непрерывных сбросов морского мусора и микропластика в океаны и о том, как это может повлиять на здоровье экосистемы.

В последние годы все больше внимания уделяется морскому мусору как серьезной угрозе жизни животных и здоровью экосистем.

В рамках Морской стратегии Европейского союза, направленной на достижение хорошего состояния окружающей среды во всех морских водах к 2020 году, один из дескрипторов - морской мусор - выделен как десятый из

одиннадцати ключевых факторов для достижения этой цели. Цель в отношении морского мусора заключается в том, чтобы обеспечить, чтобы свойства и количество морского мусора не причиняли вреда прибрежной и морской среде. [28]

Отчеты о наличии морского мусора и микропластика были получены из различных исследований, проведенных в морской среде, включая поверхность воды, ее глубины, биоту, морское дно и отложения. Эта проблема имеет трансграничный характер и во многих случаях остается невидимой, но оказывает значительное влияние на окружающую среду, особенно на морское дно. Были отмечены значительные различия в распространенности и плотности морского мусора на морском дне в разных регионах, в зависимости от расстояния до береговой линии, населенности, расстояния до судоходных маршрутов, рек, топографии, водных течений и циркуляции. Плотность материала, процессы загрязнения, размер и форма имеют важное значение для расстояния транспортировки и скорости осаждения. Самая высокая плотность морского мусора обнаружена в подводных каньонах, тогда как на континентальных шельфах и океанских хребтах наблюдается наименьшая плотность.

В Средиземном море плотность морского мусора, собранного тралом в глубоководных районах (средняя глубина 1 400–3 000 м), колеблется от 400 кг·км⁻² на континентальном склоне к югу от Пальма-де-Майорка до плотности от 70 до 180 кг·км⁻² на других участках. В четырех заливах Греции плотность колебалась от 7 до 47 кг·км⁻². Плотность мусора в желобе Рюкюй и в бассейне Окинавы через северо-западную часть Тихого океана колебалась от 8 до 121 кг·км⁻², в то время как более мелкие континентальные склоны или абиссальные равнины варьировались от 0,03 до 9 кг·км⁻². В европейской части Атлантического океана в Бискайском заливе было зарегистрировано 43–74 кг·км⁻², а в среднем на шельфе в Норвежский шельф и склон в Норвежском море, а также 154 кг·км⁻² на шельфе Баренцева моря. Для прибрежных районов были зарегистрированы более высокие уровни; В

среднем вдоль норвежского побережья от Олесунна до Лофотенских островов было зарегистрировано $2\,510\text{ кг}\cdot\text{км}^{-2}$, а $227\text{ кг}\cdot\text{км}^{-2}$ от Лофотенских островов до границы с Россией [10].

Основными источниками морского мусора в скандинавских морях являются моря в результате морской деятельности, такой как рыболовство, судоходство, разведка нефти и газа и туризм. Сбросы потребляемых человеком веществ могут происходить как в результате морской, так и наземной деятельности (ЮНЕП, 2009 г.). Плотность населения и интенсивность морской деятельности важны для того, насколько большим может быть приток морского мусора. Брошенные рыболовные снасти приводят к ловле призраков и запутыванию. Документально подтверждено, что огромное количество видов запутываются в морском мусоре или проглатывают его и ежегодно умирают от повреждений, связанных с морским мусором. Такому воздействию подвержены такие виды, как морские птицы, морские млекопитающие, черепахи и рыбы.

Баренцево море представляет собой переходную зону между атлантическими и арктическими условиями, которая подвержена сильному влиянию притока атлантических вод и менее интенсивного притока прибрежных и арктических вод. За последние десятилетия произошли изменения в состоянии Баренцева моря: с высокой промысловой нагрузкой, холодными условиями и низкими запасами донной рыбы оно перешло к более высоким уровням донной рыбы, сниженной промысловой нагрузке и более теплым климатом. Баренцево море характеризуется как чистый и экологически богатый район с низким уровнем загрязнения окружающей среды. Стабильные или снижающиеся уровни стойких органических загрязнителей были зарегистрированы за последние два десятилетия. Важное внимание уделяется проблеме морского мусора в этом районе, так как океанографическое моделирование показывает возможное скопление мусора в Баренцевом море. Пластик и другие плавающие морские отходы могут перемещаться вдоль побережья и в открытое море под воздействием течений.

Недавние исследования, включая измерения микропластика на поверхности Северного Ледовитого океана и Баренцева моря, подтверждают эту возможность. Хотя исследования до сих пор были сосредоточены на отдельных видах, в будущих исследованиях следует использовать экосистемный подход с отбором проб биоты на трофических уровнях и в отношении компонентов окружающей среды, где они питаются. Эти знания помогут разделить вопросы, связанные с биоаккумуляцией, биоусилением, выделением и, таким образом, круговоротом как пластикового загрязнения, так и загрязняющих веществ, которые как сорбируются, так и образуются в результате пластикового загрязнения.

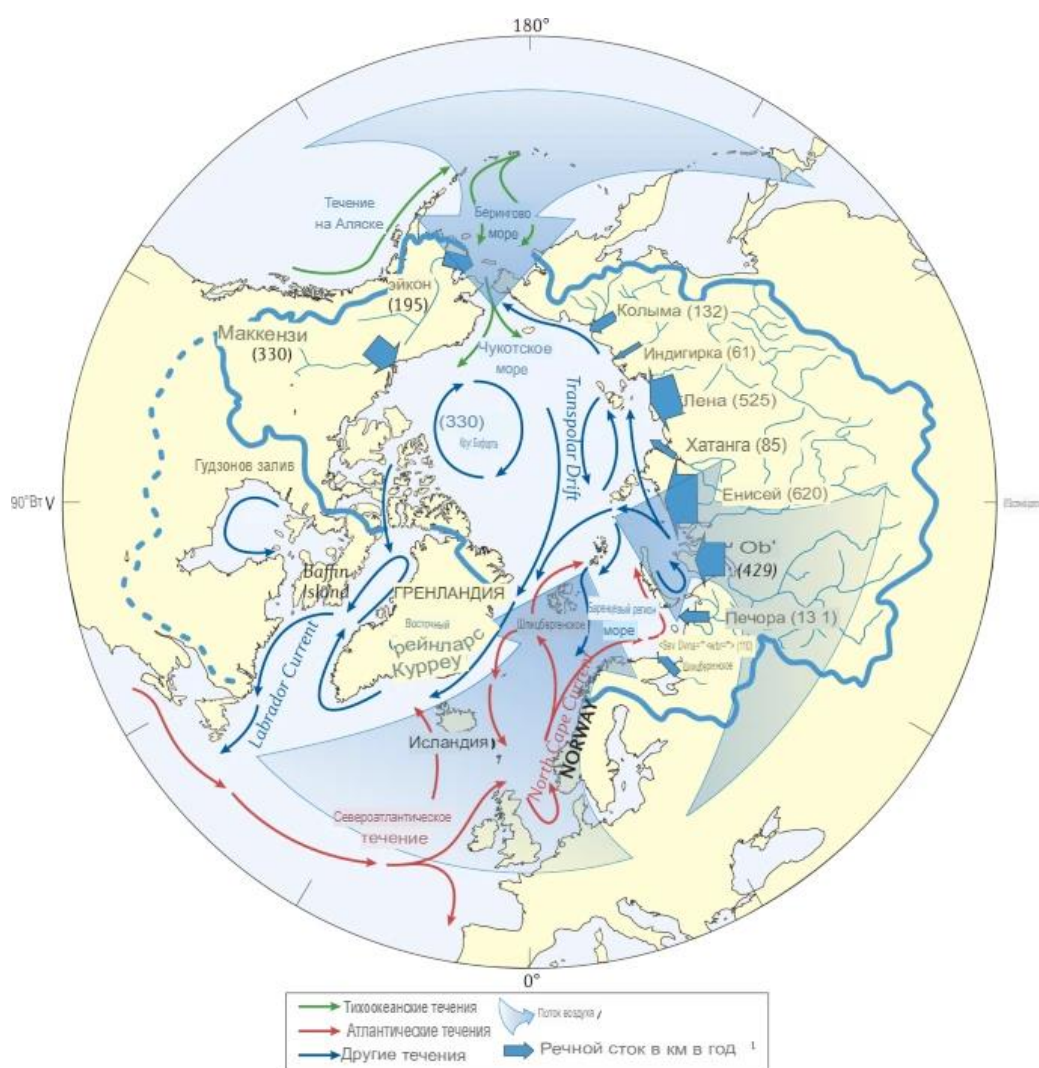


Рисунок 3.25. Основные пути переноса загрязнений в Арктику [10]

3.2 Мониторинг и исследование экосистемы Баренцева моря российскими и международными организациями

В данном разделе будет рассмотрен мониторинг и исследование экосистемы Баренцева моря, осуществляемые российскими и международными организациями. Эти деятельности имеют целью получение систематической и объективной информации о состоянии морской среды, биологических ресурсах и экологических процессах в данном регионе.

Мониторинг и исследование экосистемы Баренцева моря проводятся с использованием различных методов и инструментов. Это включает сбор и анализ данных о физико-химических параметрах воды, биологических индикаторах, биоразнообразии, распространении морского мусора и других экологических параметрах.

Одним из ключевых инструментов мониторинга являются научные исследования с применением современного оборудования и методов. Они позволяют получить подробные данные о состоянии экосистемы, изменениях в биологических и геохимических процессах, а также их взаимосвязи. Результаты исследований помогают оценить воздействие различных факторов, таких как изменение климата, загрязнение и индустриальная деятельность, на морскую среду и биоразнообразие.

Важной составляющей мониторинга и исследования является сбор и анализ данных о распространении морского мусора. Это позволяет оценить масштаб проблемы, идентифицировать источники загрязнения и разрабатывать меры по предотвращению и управлению мусором.

Российские и международные организации активно сотрудничают в области мониторинга и исследования экосистемы Баренцева моря. Они проводят совместные научные экспедиции, обмениваются данными и опытом, разрабатывают совместные программы и проекты. Это содействует более полному и всестороннему пониманию состояния и динамики экосистемы Баренцева моря и способствует разработке эффективных мер по ее

сохранению.

Мониторинг и исследование экосистемы Баренцева моря играют важную роль в планировании и принятии решений по управлению морскими ресурсами, разработке стратегий охраны окружающей среды, а также в формировании политики по борьбе с проблемой морского мусора.

Для сохранения международных вод важны усилия не только одной страны, но и как минимум стран, граничащих с теми же территориями.

Одной из самых значимых программ в Арктическом регионе является «АМАП- программа мониторинга и оценки Арктики». АМАП была создана в 1991 году для реализации компонентов мониторинга и оценки Стратегии охраны окружающей среды Арктики. С созданием Арктического совета в 1996 году АМАП стала рабочей группой Арктического совета.

АМАП осуществляет наблюдение и оценку состояния арктического региона в отношении загрязнения и изменения климата, фиксирует уровни и тенденции, исследует пути и процессы воздействия на экосистемы и людей, а также предлагает меры по сокращению связанных угроз для рассмотрения правительствами. Она также разрабатывает надежные научно обоснованные оценки и информационно-просветительские материалы для поддержки процессов формулирования политики и принятия решений. Программа предоставляет следующие возможности:

- Мониторинг и оценка состояния арктического региона в отношении загрязнения и изменения климата.
- Документирование уровней и тенденций, путей и процессов воздействия на экосистемы и людей, а также предложение мер по снижению связанных угроз для рассмотрения правительствами.
- Подготовка научно обоснованные оценки, имеющие отношение к политике, и информационные материалы для информационного обеспечения процессов разработки политики и принятия решений.

Россия и Норвегия — сильные морские державы, имеющие общие огромные природные ресурсы Баренцева моря. На протяжении тысячелетий эти богатства способствовали формированию общества стран, а торговля и экономика России и Норвегии тесно связаны с Баренцевым морем, от рыболовства, аквакультуры, морского транспорта и судостроения до нефтяной деятельности. Однако по мере того, как спрос на богатые морские и геологические ресурсы постоянно растет, становится все более и более важным управлять и балансировать эксплуатацию ресурсов, чтобы сохранить функцию и продуктивность экосистемы Баренцева моря.

Успешное комплексное экосистемное управление Баренцевым морем будет включать районное управление, при котором действия и меры будут определяться свойствами конкретных районов. Планы направлены на защиту экосистемы Баренцева моря и особенно наиболее ценных и уязвимых районов от негативного воздействия; уменьшить приток токсинов из окружающей среды; усилить управление рыболовством; обеспечить контроль за развитием территории посредством более скоординированной и систематической экологической оценки и мониторинга; и укрепить базу знаний за счет лучшего картографирования и расширенной исследовательской программы. Успешное норвежско-российское сотрудничество в области управления окружающей средой является инструментом для эффективного использования ресурсов, а также для поддержания и защиты экологических активов по всему Баренцеву морю.

Баренцево море принадлежит двум странам, его ресурсы и экологические проблемы не знают границ. Это означает, что экосистемное управление должно охватывать весь морской район, если оно должно быть эффективным, целенаправленным и успешным в долгосрочной перспективе. Под эгидой Совместной комиссии российским и норвежским правительственным и научным экспертам было предложено сотрудничать для создания общей базы знаний и понимания всей окружающей среды Баренцева моря.

Норвегия и Россия имеют общую границу в Баренцевом море, которая разделяет всю экосистему, а это означает, что два государства несут взаимную ответственность за защиту окружающей среды и сохранение общих популяций птиц, рыб и млекопитающих, населяющих этот морской район. Сотрудничество осуществляется в рамках Совместной норвежско-российской комиссии по охране окружающей среды и Совместной норвежско-российской комиссии по рыболовству.

В Экологической комиссии стороны встречаются для обсуждения текущих экологических проблем и принятия трехлетней программы работы, подготовленной учеными и администраторами обеих стран. Программа работы включает проекты в области морской среды, природного разнообразия, загрязнения, приграничного сотрудничества, культурного наследия и радиоактивности, которые охватывают ключевые экологические проблемы и помогают укрепить базу знаний для управления Баренцевым морем и приграничными территориями на суше.

Совместная норвежско-российская комиссия по охране окружающей среды основана на *межправительственном соглашении 1992 года*. Комиссию возглавляют Министерство природных ресурсов и окружающей среды (Минприроды) с российской стороны и Министерство климата и окружающей среды с норвежской стороны.

Норвежский полярный институт занимается деятельностью в основном в рамках сотрудничества в области морской среды и природного разнообразия и играет ключевую роль в сотрудничестве по картированию загрязнения моря пластиком.

Сотрудничество в области морской среды сосредоточено на вопросах целостного, экосистемного управления Баренцевым морем, где важные аспекты деятельности сосредоточены на укреплении базы знаний об окружающей среде и ресурсах, а также деятельности человека и его влиянии на морской район.

С норвежской стороны разработан комплексный план управления Баренцевым морем и Лофотенскими островами. Норвежский план направлен на то, чтобы сбалансировать запланированную защиту окружающей среды и ресурсов с предсказуемыми рамками для различных видов коммерческой деятельности, в основном рыболовства, судоходства и добычи нефти.

Одним из ключевых направлений сотрудничества в области морской среды является участие в разработке комплексного плана управления российской частью Баренцева моря на основе опыта, полученного в ходе работы над норвежским планом управления. Россия подготовила дорожную карту по реализации плана управления российской частью Баренцева моря. Это включает в себя подготовку законодательства для усиления реализации плана. Эта работа требует времени, и пока нет определенной даты реализации комплексного плана управления в российской части моря.

С 2014 года Норвегия и Россия сотрудничают в развитии экосистемного мониторинга окружающей среды для всего Баренцева моря. Цель – развитие скоординированного экологического мониторинга в российской и норвежской частях Баренцева моря.

Это требует разработки общей системы мониторинга окружающей среды. Ожидается, что результаты мониторинга смогут стать базой знаний для управления морской средой как с норвежской, так и с российской стороны.

В результате сотрудничества российских и норвежских экспертов был разработан совместный список из 22 индикаторов, которые считаются ключевыми для обнаружения изменений в морской экосистеме. Ведется работа по разработке стратегии экосистемного мониторинга, которая включает экспертное обсуждение целей качества окружающей среды, пороговых значений, гармонизацию методологии и систем отчетности.

Совместная публикация норвежско-российских экологических данных через веб-портал «barentsportal» усиливает поддержку принятия решений по управлению и устойчивому развитию в Баренцевом море, а также является

источником информации об экологической обстановке в море для широкой общественности.

Норвежский полярный институт отвечает за координацию регулярного обновления совместного экологического статуса Баренцева моря в тесном сотрудничестве с соответствующими норвежскими и российскими сторонами. Ежегодные обновления отдельных компонентов экосистемы публикуются рабочей группой WGIBAR организации ICES. Каждые три года составляется полный отчет о состоянии.

Проект «Barentsportal». Баренцпортал - это проект, реализуемый в рамках Совместной Норвежско-Российской Комиссии по Охране Окружающей Среды. Портал является Норвежско-Российским инструментом, предназначенным для взаимного обмена и представления экологической информации, относящейся к комплексному управлению окружающей среды Баренцева моря. Баренцпортал предоставляет возможность для публикации информации о состоянии окружающей среды и подробности управления на основе экосистем. Баренцпортал - это комбинированный веб-сайт. Он состоит из элементов, отражающих текущую работу по проекту в рамках Норвежско-Российской комиссии. Одной из основных задач портала является представление совместного Норвежско-Российского отчета о состоянии окружающей среды Баренцева моря с частичным ежегодным обновлением и полным обновлением каждые три года, включая компоненты экосистем и антропогенное воздействие.

Отчеты о состоянии окружающей среды размещены на веб-сайте Баренцпортала в разделе Статус 2016 - 2019. Каждый отчет состоит из четырех разделов: Абиотические компоненты, Биотические компоненты, Человеческая деятельность и Связанные темы. Все эти вышеперечисленные названия разделов представляют ключевые компоненты в экосистеме Баренцева моря, и некоторые обновляются на ежегодной основе. Компонент Человеческая деятельность предоставляет информацию об уровне человеческой активности и потенциальном воздействии на экосистему основных видов коммерческой

деятельности, например, рыболовство, судоходство и туризм.

Связанные Темы включают: Экосистемный подход к управлению Баренцевым морем или ожидаемые изменения в экосистеме в ближайшие годы.

С 2017 года информация по отдельным темам обновляется Рабочей группой ICES (международный совет по изучению моря)- по комплексным оценкам Баренцева моря (WGIBAR). WGIBAR проводит и разрабатывает комплексные экосистемные оценки для Баренцева моря в рамках экосистемного подхода к управлению рыбным хозяйством. Целью WGIBAR является обобщение и анализ современных знаний о состоянии Баренцева моря. Кроме того, группа будет содействовать адаптивному управлению (коммерческими рыбными запасами), участвуя в стратегии мониторинга и предоставляя рекомендации в рамках целостного управления Баренцевым морем. В состав WGIBAR входят исследователи из Института морских исследований и ПИНРО (Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича), учреждений, которые осуществляют большую часть мониторинга экосистемы Баренцева моря, а также из UiT и NINA.

Помимо ежегодного обновления, каждые три года публикуется расширенный отчет о состоянии окружающей среды Баренцева моря, в котором больше внимания уделяется человеческой деятельности, совместному мониторингу, конкретным темам и тематической ГИС-визуализации отдельных тем.

В Баренцевом море проводится экосистемная съемка совместно с Норвежским Институтом морских исследований и ПИНРО. Целью совместного норвежско-российского экосистемного обследования в Баренцевом море и прилегающих водах, (BESS), является мониторинг состояния абиотических и биотических факторов и их изменений в экосистеме Баренцева моря. Исследование проводится ежегодно осенью с 2004 года в рамках сотрудничества между Институтом морских исследований (ИМИ) в

Норвегии и Полярным филиалом ВНИРО (РПИНРО) в России. Общий план обследования и задачи согласовываются на ежегодном собрании ИМИ и ПИНРО в марте. Маршруты судов и другие технические детали согласовываются по переписке между координаторами опроса. Цель BESS - охватить всю свободную от льда акваторию Баренцева моря. [29]

Так же, совместно два этих института провели оценку морского мусора в Баренцевом море в рамках совместного норвежско-российского исследования экосистем.

В ходе совместных норвежско-российских исследований экосистем Баренцева моря в период с 2010 по 2016 г. были выполнены крупномасштабные учеты морского мусора с поверхности и в виде прилова пелагическими и донными тралами. Масса морского мусора из различных типов материала была зарегистрирована при 2265 пелагических тралениях и 1860 донных тралениях в дополнение к поверхностным наблюдениям между станциями наблюдателями за китами. Морской мусор зарегистрирован в 301 пелагическом и 624 донном траловом улове. Всего за этот период было зарегистрировано 784 визуальных наблюдения плавающих морских обломков. Пластик преобладал в количестве наблюдений, так как 72% наблюдений с поверхности, 94% пелагических тралений и 86% донных тралений с морским мусором содержали пластик. Наблюдения за древесиной составили 19 % надводных наблюдений, 1 % пелагических тралений с морским мусором и 17 % донных тралений с морским мусором. Материалы из других категорий, таких как металл, резина, бумага и текстиль, а также стекло, наблюдались спорадически. [24]

В Баренцевом море проводятся несколько мониторинговых программ, которые предоставляют информацию о количестве и типах пластиковых отходов, обнаруженных в этом регионе. Некоторые из них включают:

1. Международная программа мониторинга морского мусора (Marine Litter Monitoring Program): Эта программа проводится совместно Россией и Норвегией в рамках российско-норвежского сотрудничества по мониторингу

морского мусора в Баренцевом море. Она включает сбор данных о количестве пластиковых отходов и других видов мусора в море, а также классификацию их по типам.

2. Программа мониторинга морского загрязнения Арктики (Arctic Marine Pollution Monitoring Program): Эта программа разрабатывается и проводится Арктическим советом, в котором участвуют государства, расположенные в арктическом регионе. В рамках этой программы проводятся исследования, направленные на определение уровня загрязнения моря, включая пластиковые отходы, в различных частях Баренцева моря.

3. Международная программа наблюдений за морскими отходами (International Marine Debris Monitoring Program): Эта программа является частью глобальной инициативы и проводится при участии многих стран. В рамках программы собираются данные о морских отходах, включая пластиковые, в различных морских регионах, в том числе и в Баренцевом море.

Эти мониторинговые программы собирают информацию о количестве пластиковых отходов, их типах, размерах, распределении и концентрации в Баренцевом море. Путем анализа этих данных и их сопоставления с другими исследованиями можно получить более полное представление о проблеме пластикового загрязнения и разработать эффективные меры по его снижению.

ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕГИОНА ПЛАСТИКОВЫМ МУСОРОМ И МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМЫ

4.1. Наблюдения в рамках Российско-Норвежского сотрудничества по мониторингу морского мусора в Баренцевом море

Совместное российско-норвежское сотрудничество по мониторингу морского мусора в Баренцевом море представляет собой коллективные усилия России и Норвегии, направленные на мониторинг и борьбу с загрязнением морского мусором в Баренцевом море. Программа была создана в 2014 году. Эта программа была инициирована с целью совместного изучения и оценки уровня пластикового загрязнения в морской среде и на побережье Баренцева моря, а также разработки мер для снижения этой проблемы. Российские и норвежские научные институты и организации активно участвуют в этой программе, осуществляя совместные исследования и обмен информацией для более полного понимания и решения проблемы пластикового загрязнения в Баренцевом море.

Российско-норвежская программа наблюдений осуществляет мониторинг пластикового загрязнения в Баренцевом море путем сбора данных и анализа проб воды, донных отложений, морского дна и биологических образцов. В рамках программы используются различные методы и инструменты, такие как сбор проб с помощью исследовательских судов, использование автоматических датчиков и приборов для контроля загрязнения, анализ химического состава образцов в лабораторных условиях, а также использование специализированных моделей и программного обеспечения для анализа и интерпретации полученных данных. Результаты мониторинга помогают оценить уровень и распространение пластикового загрязнения, выявить его источники, а также разработать меры для снижения и предотвращения дальнейшего загрязнения морской среды. [10]

Совместное российско-норвежское сотрудничество по мониторингу

морского мусора в Баренцевом море представляет собой коллективные усилия России и Норвегии, направленные на мониторинг и борьбу с загрязнением морского мусором в Баренцевом море.

Основной целью сотрудничества является повышение понимания проблемы загрязнения морским мусором в Баренцевом море и разработка эффективных мер для сокращения и предотвращения его воздействия на морскую среду. Так же, одни из самых важнейших целей являются:

- **Повышение понимания:** Программа стремится улучшить понимание проблемы загрязнения морским мусором в Баренцевом море, включая его источники, масштабы и распределение. Целью является получение детальной информации о типах мусора, которые присутствуют в морской среде, и о его воздействии на экосистемы и биоразнообразие.

- **Разработка эффективных мер:** Одной из основных целей программы является разработка эффективных мер для снижения загрязнения морским мусором и предотвращения его негативного воздействия на морскую среду. Это включает исследование и оценку различных стратегий и технологий для управления мусором, а также разработку рекомендаций по его сокращению.

- **Сотрудничество и координация:** Программа способствует сотрудничеству и координации между российскими и норвежскими заинтересованными сторонами, включая государственные органы, научно-исследовательские учреждения, экологические организации и промышленность. Цель состоит в том, чтобы объединить усилия, обмениваться опытом и координировать действия для эффективного решения проблемы загрязнения морским мусором.

- **Разработка политики:** Программа вносит вклад в разработку политических и стратегических рекомендаций для борьбы с загрязнением морским мусором. Результаты и выводы, полученные в ходе мониторинга и исследований, используются для формулирования политики на национальном и международном уровнях, в том числе для поддержки принятия решений и

разработки соответствующих международных соглашений.

- **Образование и информирование общественности:** Программа также направлена на повышение осведомленности общественности о проблеме загрязнения морским мусором и на образовательные мероприятия. Целью является формирование у общественности и заинтересованных сторон понимания важности проблемы, а также привлечение их к ответственному поведению в отношении использования и утилизации пластика и других материалов, чтобы снизить загрязнение морской среды.

- **Международное сотрудничество:** Программа активно взаимодействует с международными инициативами и сетями, занимающимися проблемой загрязнения морским мусором, такими как Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Арктический совет, для обмена передовыми практиками и согласования усилий по борьбе с загрязнением морской среды.

В совместной российско-норвежской программе наблюдений и мониторинга морского мусора в Баренцевом море принимают участие различные заинтересованные стороны из России и Норвегии. К ним относятся:

Государственные органы: В программе участвуют представители государственных органов обеих стран, таких как морские агентства, министерства окружающей среды и другие органы, ответственные за охрану морской среды и природных ресурсов.

Научно-исследовательские учреждения: Ученые и специалисты из научно-исследовательских институтов и университетов обеих стран вносят значительный вклад в программу. Они занимаются сбором и анализом данных, проводят научные исследования и разрабатывают методологии для мониторинга и оценки загрязнения морским мусором.

Экологические организации: Участие в программе принимают экологические организации, занимающиеся охраной окружающей среды и специализирующиеся на проблеме загрязнения морским мусором. Они активно участвуют в деятельности программы, предоставляют экспертную

поддержку и вносят рекомендации по снижению загрязнения.

Представители промышленности: Программа также привлекает представителей промышленности, особенно тех, чья деятельность связана с использованием и утилизацией пластиковых материалов. Они вносят практический опыт и экспертизу в разработку рекомендаций по сокращению и предотвращению загрязнения морским мусором.

Участники программы работают в тесном сотрудничестве, обмениваются знаниями и информацией, координируют свои усилия и принимают совместные решения в рамках борьбы с проблемой загрязнения морским мусором в Баренцевом море.

В рамках совместной российско-норвежской программы наблюдений и мониторинга морского мусора в Баренцевом море были проведены и продолжаются различные исследования и мониторинговые мероприятия. Они включают следующие аспекты:

- Сбор и анализ образцов морского мусора: Исследователи собирают образцы мусора с прибрежных участков, пляжей, морской поверхности и дна. Эти образцы затем подвергаются анализу для определения состава, распространенности и количества пластиковых отходов и других видов морского мусора.
- Определение источников загрязнения: Исследователи стремятся выявить источники морского мусора, включая промышленные и сельскохозяйственные деятельности, туризм, судоходство и другие человеческие активности. Они анализируют данные и проводят моделирование для определения основных источников и маршрутов распространения мусора в Баренцевом море.
- Оценка влияния на морскую экосистему: Исследователи изучают воздействие морского мусора на экосистемы Баренцева моря, включая морскую флору и фауну. Они изучают возможные последствия загрязнения на здоровье и поведение морских организмов, а также на биологическое разнообразие и функционирование экосистемы.

- Мониторинг тенденций и изменений: Программа проводит систематический мониторинг морского мусора для выявления тенденций и изменений в его распространении и концентрации в Баренцевом море. Это позволяет оценить эффективность принимаемых мер по сокращению загрязнения и определить необходимость корректировки стратегий.
- Исследование последствий для здоровья человека: Исследователи изучают возможные последствия загрязнения морского мусора для здоровья людей, особенно для тех, кто проживает вблизи прибрежных районов и зависит от морских ресурсов. Они анализируют воздействие мусора на пищевую цепочку и возможные риски для потребления морепродуктов.

Исследования и мониторинг проводятся совместно российскими и норвежскими учеными и специалистами, которые обмениваются данными, результатами и научными выводами с целью более полного понимания проблемы загрязнения морского мусора в Баренцевом море и разработки эффективных мер по ее решению.

В программе происходит активный обмен и анализ данных между участниками программы. Во-первых, сбор данных: участники программы собирают данные о морском мусоре, включая его типы, количество, места обнаружения и другую релевантную информацию. Данные собираются из различных источников, таких как мониторинговые экспедиции, исследовательские проекты и наблюдения, а также отчеты и данные, предоставленные участниками программы.

Во-вторых, обмен данными: участники программы обмениваются собранными данными для обеспечения широкого охвата и более полного понимания проблемы морского мусора в Баренцевом море. Этот обмен данных осуществляется между российскими и норвежскими организациями, включая правительственные агентства, исследовательские институты и другие учреждения, участвующие в программе.

В-третьих, анализ данных: собранные данные подвергаются анализу с целью выявления трендов, паттернов и основных характеристик морского

мусора в Баренцевом море. Анализ может включать статистические методы, моделирование, географическую информационную систему (ГИС) и другие инструменты для более глубокого понимания состояния и распространения мусора.

В-четвертых, визуализация данных: важной частью анализа данных является их визуализация. Участники программы используют графики, карты и другие визуальные средства для представления результатов и обнаружения паттернов в распространении мусора. Это помогает лучше понять географическое распределение проблемы и идентифицировать особо зараженные или уязвимые районы.

Обмен и анализ данных являются ключевыми элементами программы, поскольку они позволяют участникам программы получить всестороннее представление о состоянии загрязнения морского мусора в Баренцевом море и разработать эффективные стратегии и меры по предотвращению и снижению этой проблемы.

4.2 Оценка загрязненности региона по данным современных исследований

Для начала анализируются результаты мониторинговых программ, которые предоставляют информацию о количестве и типах пластиковых отходов, обнаруженных в Баренцевом море. Эти данные включают информацию о размерах, формах и цветах пластиковых отходов, а также о распределении и концентрации мусора в различных районах моря.

Затем проводится оценка потенциального вреда, который пластиковый мусор может нанести биоресурсам Баренцева моря. Исследуются различные аспекты воздействия пластиковых отходов на экосистему, включая физические и химические воздействия на морских организмов, изменение их поведения, пищевую цепочку и биологическое разнообразие. Рассматриваются как прямые воздействия пластика на животных и растения,

так и непосредственные последствия для человека, включая возможное переносимость пластиковых частиц через пищевую цепочку.

Оценка загрязненности также включает анализ пластиковых отходов, вымываемых на берег. Исследуется количество пластика, которое накапливается на побережье Баренцева моря, и его воздействие на прибрежную зону, включая экосистемы морских побережий, пляжи и места размножения морских организмов.

Основываясь на проведенных исследованиях и анализе данных, формируются выводы о степени загрязненности региона пластиковым мусором и его потенциальном вреде для биоресурсов Баренцева моря. Эти выводы могут служить основой для разработки и реализации мероприятий по сокращению загрязнения, разработке стратегий управления отходами и поддержке экосистемы Баренцева моря в целом.

Оценка загрязненности региона Баренцева моря пластиковым мусором на основе современных исследований позволяет получить более точное представление о текущем состоянии и масштабах проблемы. Эти исследования проводятся российскими и международными организациями, которые используют различные методы и инструменты для сбора данных и оценки уровня загрязнения.

Один из подходов к оценке загрязненности региона основан на наземном и подводном мониторинге. Специально обученные исследователи собирают образцы воды, донных отложений и пляжных участков, а также анализируют содержимое пищеварительных систем морских организмов. При этом изучается тип, концентрация и распределение пластиковых отходов в различных частях региона.

Также применяются методы дистанционного зондирования, основанные на использовании спутников и других технологий. С помощью специализированных приборов и обработки снимков получают информацию о распределении пластиковых отходов на поверхности моря и на пляжах. Это позволяет оценить общую площадь загрязнения и его изменения во времени.

Исследования также включают анализ содержимого желудков и кишечника морских организмов, которые являются индикаторами наличия и воздействия пластика в морской экосистеме. Путем определения типов пластика и его концентрации в организмах можно судить о степени воздействия на биоразнообразие и пищевые цепи.

Современные исследования также учитывают распределение и перемещение пластиковых отходов в регионе. Это включает изучение влияния океанических течений, ветра и других факторов, которые могут способствовать скоплению пластика в определенных областях Баренцева моря.

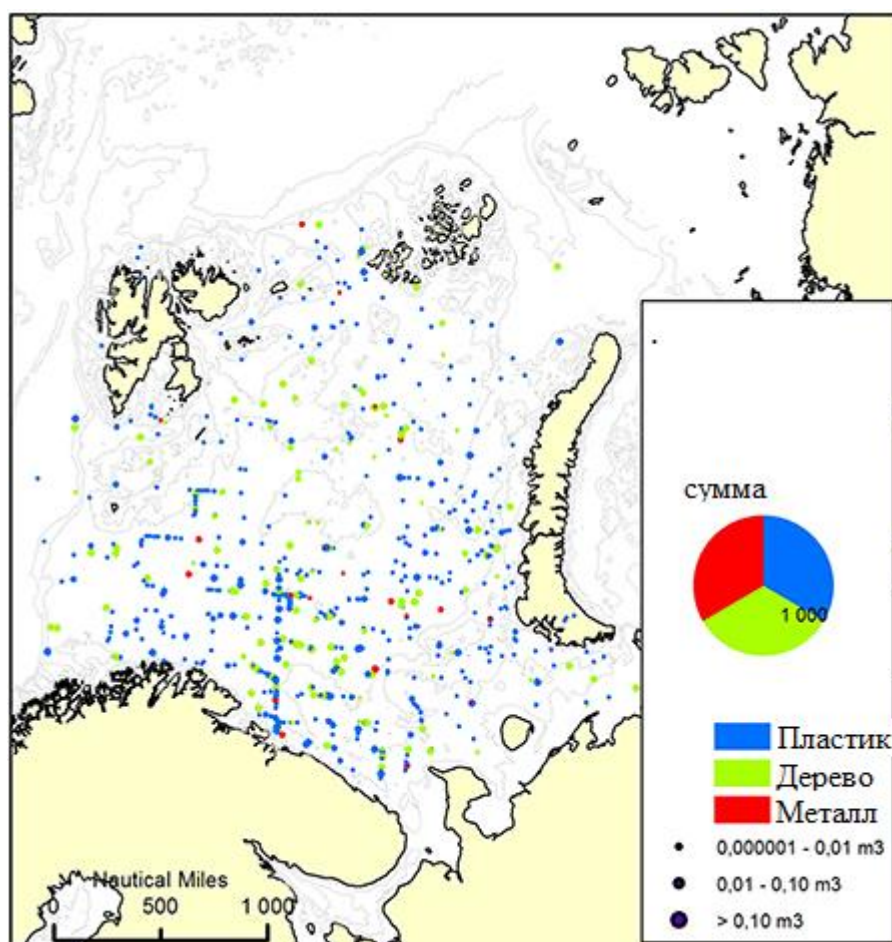


Рисунок 4.26. Морской мусор по данным поверхностных наблюдений с 2010 по 2016 гг. Наблюдения за пластиком (синий), деревом (зеленый) и металлом (красный) [10]

В результате современных исследований можно получить детальную информацию о уровне загрязнения региона пластиковым мусором. Эти данные позволяют лучше понять масштабы проблемы, определить наиболее критические участки и выработать стратегии для снижения загрязнения и охраны морской экосистемы в Баренцевом море.

Ежегодный мировой спрос на пластмассу постоянно растет, и в 2011 году он составил 245 миллионов тонн [25]. По оценкам ученых, в 2010 году в мировой океан было выброшено от 4,8 до 12,7 миллионов тонн пластика, и эти цифры с каждым годом становятся все выше.

Постоянно растущие объемы производства пластмасс в сочетании с довольно длительным сроком службы (около 1000 лет) делают проблему загрязнения морской среды и экосистемы пластиком одной из наиболее значимых в настоящее время.

Физические, биологические и химические процессы со временем разлагают пластиковый мусор, приводя к его фрагментации на более мелкие частицы и деградации. Основная проблема заключается в том, что микропластик настолько мал по размеру, что он не улавливается системами фильтрации сточных вод, и эти частицы попадают в водоемы и становятся опасными для окружающей среды.

Группа ученых из Морского и пресноводного исследовательского центра и Института национальной океанографии и экспериментальной геофизики (OGS) [26] провела исследование в части Баренцева моря, расположенной рядом с архипелагом Свальбард, на западной границе территориальных вод Российской Федерации. Согласно их отчету, наблюдается различное количество пластиковых частиц в диапазоне от 0 до 1,31 частиц на кубический метр, причем пластиковые частицы были обнаружены в 95% анализируемых образцов.

Исследователи указывают, что источниками этого мусора могут быть как перенос загрязнений океанскими течениями из более плотно населенных районов планеты, так и местные источники, включая рыболовство, другие

коммерческие деятельности и сточные вводы.

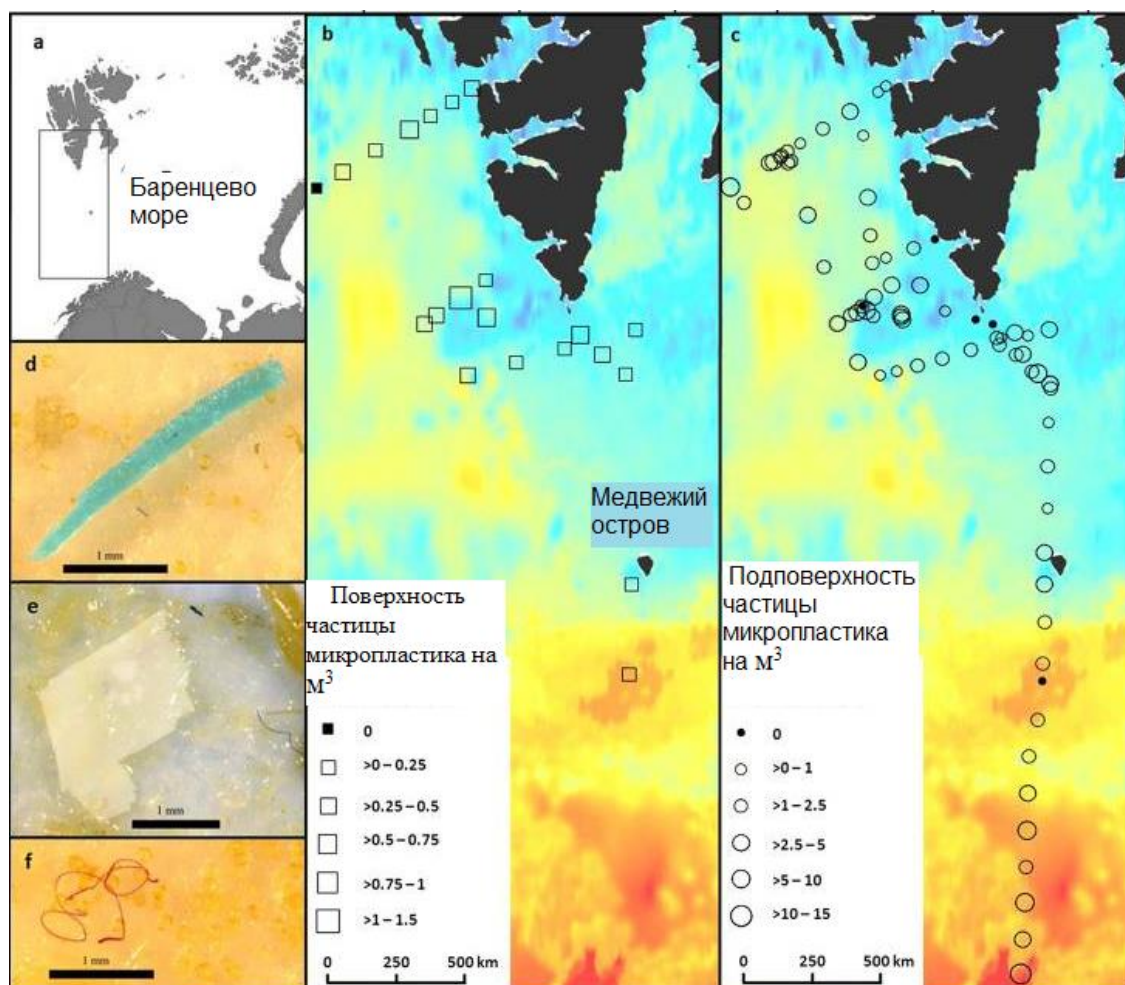


Рисунок 4.27. Карта местоположения образцов во время исследовательского плавания (создана с использованием ArcGIS) и примеры фотографий микропластика. (а) Местоположение исследуемой области, (б) позиции поверхностной выборки и количество микропластика на м³, (в) позиции подповерхностной выборки и количество микропластика на м³, (д) фрагмент пластика, (е) пластиковая пленка, (ж) пластиковое волокно [26].

Поверхностные пробы были собраны в верхних 16 см морской воды с помощью сети для манта. Микропластик был обнаружен в 20 из 21 (95%) образцов (Рис. 27б). Содержание микропластика варьировалось от 0 до 1,31 частиц на м³ и в среднем составляло 0,34 ($\pm 0,31$ SD) частиц на м³. Единственный образец, в котором не было микропластика, был найден

дальше всего от берега. Расстояния, преодолеваемые буксирными сетями манта, составляли от 0,55 до 1,85 км. Средняя численность зоопланктона в поверхностных пробах составила 623,65 экз/м³ ($\pm 838,11$ SD). Между обилием зоопланктона и обилием микропластика не было значимой корреляции (Pearson, $p = 0,20$).[26]

Подповерхностные пробы были отобраны на глубине 6 м с помощью бортового насоса заборной воды. Каждый образец состоял из 2000 литров подповерхностной морской воды, отфильтрованной в течение 2 часов, и количество микропластика было стандартизировано до м³. В общей сложности было отфильтровано 150 000 литров морской воды. Из 75 подземных проб 93 % содержали микропластик. Содержание микропластика варьировалось от 0 до 11,5 частиц на м³ и в среднем составляло 2,68 ($\pm 2,95$ SD) частиц на м³ (Рис. 27в).[26]

Всего методами визуальной идентификации было идентифицировано 665 частиц (261 из поверхностных проб и 404 из подповерхностных проб). Были идентифицированы три различных типа частиц (волокна, фрагменты и пленки; Рис. 27г) с наиболее многочисленными волокнами (95%), за которыми следуют фрагменты (4,9%) и пленки (<0,1%). Наиболее распространенными цветами были черный (45%) и синий (29%). Размер частиц колебался от 0,25 мм до 7,71 мм при средней длине 1,93 мм ($\pm 1,22$ SD). Среди этих частиц, подвергнутых ИК-Фурье-анализу, идентифицированные полимеры включали полиэфир (15%), полиамид (15%), полиэтилен (5%), акрил (10%), поливинилхлорид (5%), целлюлозу (возможно, искусственный шелк, см. обсуждение) (30%) и 20% частиц неизвестного происхождения. Средние значения микропластика в поверхностных водах 0,34 ($\pm 0,31$ D) частиц на м³ были меньше, чем те, о которых сообщалось в подземных водах с использованием находящейся в эксплуатации системы 2,68 ($\pm 2,95$ SD) частиц на м³. [26]

Также существует острая проблема по поглощению и усвоению микропластика морскими обитателями (включая ракообразных, моллюсков,

рыб и морских млекопитающих). Эта проблема практически не изучена на территории Российской Федерации в целом и в арктической зоне Российской Федерации в частности. В настоящее время нет информации о концентрации, типе и форме поглощаемого пластика морскими животными в западной части российской Арктики. В то же время, существует ряд работ, отражающих данную ситуацию в регионах, граничащих с российской Арктикой. Согласно исследованиям в Гренландском море [27], концентрация микропластика в воде составляла $2,4 \pm 0,8$ частицы/м³, а микропластик в рыбе был обнаружен в 34% и 18% (в треске) образцов рыбы, взятых для анализа. Микропластик также был обнаружен в ракообразных, взятых у берегов архипелага Свальбард. Частицы пластика были обнаружены в каждом из 20 образцов ракообразных Gammarida. Большая часть частиц состояла из полиметакриламида, термопластичного материала, широко используемого в морской промышленности для покрытия судов, а также для защиты от коррозии и водонепроницаемости [14]. Результаты свидетельствуют о том, что микропластик проникает даже в самые удаленные части планеты, нанося вред организмам, обитающим там. Содержание пластиковых частиц находится на сопоставимом уровне с теми, что были обнаружены в более промышленно развитых регионах планеты, что указывает на перенос частиц океанскими течениями.

В целом, полученные научные результаты свидетельствуют о все более серьезной проблеме загрязнения мирового океана микропластиком. Особенно тревожной является ситуация в арктических водах, где хрупкая экосистема наиболее уязвима даже перед малейшими изменениями. Воздействие микропластика на региональные экосистемы может привести к серьезным экономическим, экологическим и эстетическим потерям для населения регионов и даже стран в целом. Поэтому важно принимать меры для выявления и снижения негативных последствий загрязнения экосистемы микропластиком.

Поверхностные течения, ветер и движение лодки могут вызвать

турбулентность, которая, как ожидается, перераспределит частицы в толще воды, однако на поверхности было обнаружено меньше микропластика, чем в подповерхностных образцах, полученных в ходе исследования [26].

На количество микропластика в Баренцевом море также может влиять водные массы из прилегающих районов. Во время обследования были очевидны заметные различия в температуре поверхности моря. В целом наблюдается тенденция к похолоданию в северном направлении, и холодный арктический фронт был очевиден к северу от Остров Медвежий, где отрицательные аномалии температуры и солености свидетельствовали о наличии циклонического круговорота, или вихря, со стороны Баренцева моря.

Океанические дрейфующие объекты, выпущенные в шести потенциальных зонах накопления, показали, что индикаторы из Норд-Атлантики перемещались на северо-восток к Баренцеву морю, тогда как индикаторы из Баренцева моря перемещались на юго-запад к Северному Атлантическому океану. Меньшее количество микропластика было обнаружено около холодного фронта Баренцева моря. В Баренцевом море преобладает менее плотная арктическая вода, которая будет плавать над атлантической водой, что указывает на то, что значения микропластика, собранные здесь, были подвержены влиянию незагрязненных или разбавленных арктических вод. Микропластик в арктической воде может быть разбавлен незагрязненной пресной водой, а не увеличен [26].

Арктические воды очень продуктивны благодаря интенсивному рыболовству и судоходству, и большая часть морского мусора может быть результатом рыболовных деятельности или потерь в море. Эти крупные предметы со временем разрушаются, образуя микропластик. Прямой вклад микропластика в эту область на данный момент неизвестен, и поэтому требуются исследования, сосредоточенные на местных и региональных источниках, сточных водах и очистных сооружениях для выявления потенциальных местных или ограниченных по дальности источников. Самые распространенные полимеры, выявленные в данном исследовании (вискоза,

полиэстер и полиамид, соответственно 30%, 15% и 15%), также были самыми распространенными полимерами, выявленными в морском льду (вискоза: 54%, полиэстер: 21%, полиамид: 16%). Идентифицированные полимеры имеют различные применения, включая упаковку, текстиль и рыболовные принадлежности, поэтому нельзя указать на конкретные источники [26]. По результатам Фурье-спектроскопии инфракрасного излучения (Фурье-ИК) 30% волокон оказались целлюлозой, однако целлюлоза и полусинтетический полимер вискоза имеют практически идентичные спектры Фурье-ИК.

Без дополнительных аналитических методов классификацию следует использовать с осторожностью. Однако, помимо низкой плотности микропластика, были обнаружены частицы с более высокой плотностью (полиэстер, полиамид, акрил, поливинилхлорид), которые широко используются в текстильной и упаковочной промышленности. Поэтому такие частицы скорее всего будут тонуть, и их присутствие означает, что некоторое местное образование микропластика нельзя исключать. Наблюдения полимеров различной плотности в поверхностных водах также могут указывать на то, что турбулентность, ветры и штормовые явления могут перемещать частицы в столбе воды.

Результаты современных исследований по загрязнению региона Баренцева моря пластиковым мусором позволяют сделать следующие выводы:

- **Высокий уровень загрязнения:** Исследования показывают, что регион Баренцева моря подвержен значительному загрязнению пластиковыми отходами. Высокие концентрации пластика обнаруживаются на пляжах, в воде, в донных отложениях и в организмах морской фауны [10].
- **Разнообразие типов пластика:** Исследования выявили разнообразие типов пластиковых отходов, которые присутствуют в регионе. Это включает мелкие фрагменты пластика, пластиковые пакеты, бутылки, волокна и другие изделия из пластика. Различные типы пластика могут иметь разные последствия для морской жизни и экосистемы.
- **Воздействие на биоразнообразие:** Исследования показывают, что

пластиковый мусор оказывает негативное воздействие на биоразнообразие Баренцева моря. Он может приводить к задоханию, застреванию и гибели морских животных, а также изменению пищевых цепей и экосистемных процессов.

- **Потенциальные экономические последствия:** Загрязнение пластиковым мусором имеет потенциальные экономические последствия для региона Баренцева моря. Это может включать убытки в рыболовстве, туризме и других отраслях, связанных с использованием морских ресурсов.

- **Необходимость принятия мер:** Исследования подчеркивают необходимость принятия срочных мер для снижения загрязнения пластиковым мусором в Баренцевом море. Это включает разработку стратегий сбора и переработки пластика, регулирование использования пластиковых изделий и повышение осведомленности общества о проблеме.

- **Международное сотрудничество:** Исследования подчеркивают важность международного сотрудничества в решении проблемы загрязнения пластиковым мусором. Только совместные усилия различных стран и организаций могут привести к эффективному снижению загрязнения и охране морской экосистемы.

В целом, результаты современных исследований свидетельствуют о серьезности проблемы загрязнения региона Баренцева моря пластиковым мусором и подчеркивают необходимость принятия мер для ее решения. Это требует совместных усилий со стороны правительств, научных организаций, общественных объединений и всех заинтересованных сторон.

4.3 Уязвимые зоны Баренцева моря пластиковым загрязнением

Для формулировки соответствующих рекомендаций по мониторингу экосистемы Баренцева моря с учетом новых экологических угроз были изучены основные уязвимые зоны Баренцева моря, наиболее подверженные пластиковому загрязнению.

Самые уязвимые зоны Баренцева моря от пластикового загрязнения включают:

1. Прибрежные районы: Побережье Баренцева моря является уязвимым местом, где пластиковые отходы накапливаются из-за воздействия морского течения и судоходства. Прибрежные районы часто являются местом активности человека, включая промысел, туризм и населенные пункты, что способствует накоплению пластика на пляжах и в прибрежных водах.
2. Устья рек: Реки, протекающие в регионе Баренцева моря, могут стать источником пластикового загрязнения. Пластиковые отходы, попадающие в реки из населенных пунктов или промышленных предприятий, могут транспортироваться течением в море и накапливаться в устьях рек.
3. Открытые воды и акватории: Открытые воды Баренцева моря также подвержены пластиковому загрязнению из-за переноса пластиковых отходов океанскими течениями и ветром. Это может приводить к накоплению пластика в далеких от побережья районах, где он может негативно воздействовать на морскую жизнь.
4. Морская ледовая обстановка: Ледовая обстановка Баренцева моря, включая арктический морской лед, также подвержена пластиковому загрязнению. Пластиковые отходы могут попадать в ледяные глыбы и ледовые шарики, что может привести к их дальнейшему распространению и накоплению в море во время таяния льда.

Следует так же разделить макро-мусор и микропластик, так как мониторинг этих загрязнений отличается.

Мониторинг макро-мусора в Баренцевом море проводится для оценки уровня загрязнения этого региона крупными фрагментами пластиковых отходов и другими видами мусора. Данный мониторинг помогает понять масштаб проблемы и разрабатывать эффективные стратегии по снижению загрязнения морской среды.

Мониторинг макро-мусора в Баренцевом море, как и в любом другом регионе, включает применение различных методов и технологий. Вот несколько подходов, которые могут быть использованы для мониторинга макро-мусора в Баренцевом море:

Спутниковый мониторинг: Использование спутников с высоким разрешением может помочь обнаружить крупные массивы мусора в Баренцевом море. Это позволяет получить общую картину о распределении мусора и его динамике. Данные, полученные с помощью спутников, могут быть использованы для идентификации горячих точек скопления мусора и планирования мер по очистке.

Визуальные наблюдения: Наблюдение с судов или набережных может быть полезным для обнаружения и документирования мусора в Баренцевом море. Операторы могут использовать бинокли или телескопы, чтобы обнаруживать мусор, плавающий на поверхности воды. Важно осуществлять систематические обследования, чтобы получить данные, которые можно использовать для сравнения в разные периоды времени.

Автоматические системы обнаружения: В регионе Баренцева моря могут быть развернуты автоматические системы обнаружения мусора, такие как буи, дроны или подводные аппараты. Эти системы могут быть оснащены датчиками и камерами, которые автоматически обнаруживают мусор и передают информацию на землю для анализа.

Анализ пляжного мусора: Изучение мусора, выносимого на берег, может дать представление о состоянии макро-мусора в Баренцевом море. Систематическое обследование пляжей позволяет идентифицировать и классифицировать мусор, а также определить его источники.

Сотрудничество с местными сообществами: Важно включить местные сообщества, рыбаков и других заинтересованных сторон в мониторинг макро-мусора. Они могут сообщать о наблюдениях мусора в море и на побережье, а также помогать в проведении очистных акций.

Мониторинг макро-мусора в Баренцевом море является важным шагом в сохранении морской среды. Эти методы и подходы могут быть комбинированы и адаптированы для учета особенностей региона и масштаба проблемы макро-мусора.

Мониторинг микропластика в море также является важной задачей для оценки состояния морской экосистемы. Учитывая небольшие размеры микропластика и его распределение в водных массах, требуются специализированные методы и инструменты для его обнаружения и измерения. Вот несколько методов, которые могут использоваться для мониторинга микропластика в море:

Пробоотбор воды: Водные пробы могут быть собраны на разных уровнях водного столба, используя специальные сетки или фильтры с небольшими размерами пор. После сбора проб, микропластик может быть извлечен и проанализирован в лаборатории с помощью микроскопии или спектральных методов.

Активные методы сбора: Использование специальных судов или устройств, таких как плавучие установки или сети с мелкими отверстиями, может помочь собирать микропластик в активных зонах моря. Это позволяет собирать образцы микропластика для последующего анализа.

Пляжные обследования: Мониторинг микропластика может быть проведен путем систематического обследования пляжей и береговой линии. Пробы песка или прибрежной воды могут быть взяты для анализа на наличие микропластика. Это также может помочь определить источники микропластика, такие как прибрежные отходы или промышленные выбросы.

Спектральные методы: Использование спектральных методов, таких как инфракрасная спектроскопия или рамановская спектроскопия, позволяет быстро и эффективно идентифицировать и количественно оценивать микропластик. Эти методы могут быть автоматизированы и использованы на судах или стационарных платформах для реального времени мониторинга.

Моделирование: Моделирование распространения микропластика в море может быть полезным инструментом для понимания его распределения и транспортировки. Это позволяет оценить прогнозируемые зоны скопления микропластика и определить приоритетные районы для мониторинга.

Важно отметить, что мониторинг микропластика в море является сложной задачей из-за его небольших размеров и широкого распределения. Требуется совместный подход, включающий лабораторные анализы, обследования на местности и моделирование, для получения всесторонней информации о наличии и распределении микропластика в морских экосистемах.

Для понимания области загрязнения морского мусора была построена карта поверхностных наблюдений по данным Российско-Норвежской программы [10] и российских исследований, которые нам покажут максимально уязвимые зоны Баренцева моря от макро-пластика.

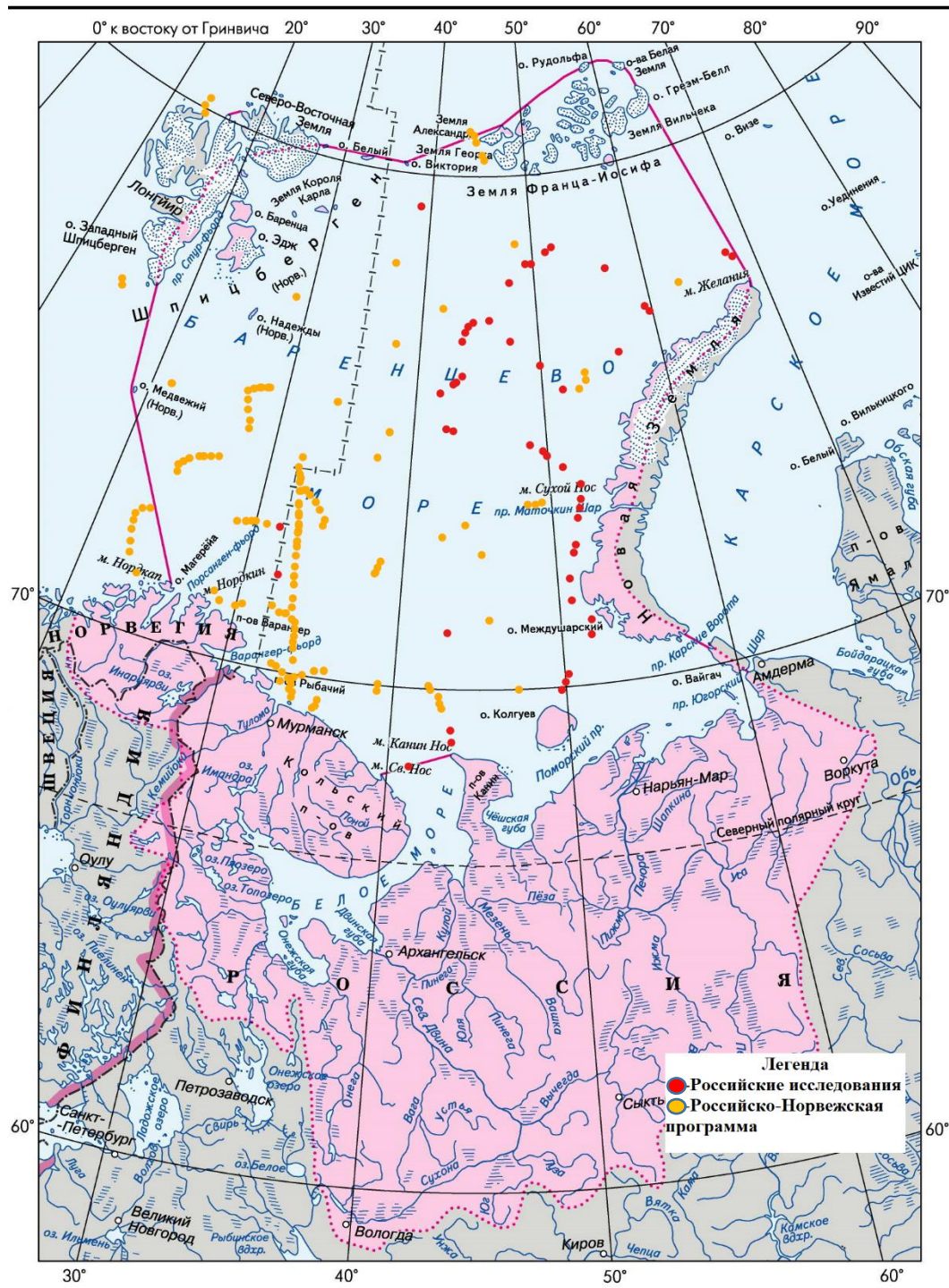


Рисунок 4.28. Карта загрязнения макро-пластиком

Обнаружение значительного количества макропластика в акватории, особенно в ее юго-западной части, позволяет сделать вывод о существенном влиянии рыболовства на загрязнение этой акватории, что было отмечено ранее. [10]

Также, загрязнение макро-пластиком имеет серьезные последствия для

окружающей среды и живых организмов. Вот некоторые из основных последствий:

1. Угроза животным: Макро-пластик может представлять опасность для морских животных, таких как рыбы, птицы, черепахи и морские млекопитающие. Они могут путешествовать и попадать в пищевые цепи, что может привести к удушению, травмам, гибели и даже угрозе видов.

2. Повреждение экосистем: Загрязнение макро-пластиком может привести к повреждению морских экосистем. Он может блокировать доступ света к воде и водорослям, нарушать дыхание и фильтрацию у животных-фильтраторов и приводить к изменению биологических процессов и биоразнообразия.

3. Экономические потери: Макро-пластик может наносить значительные экономические убытки. Загрязненные пляжи и водные пространства могут отталкивать туристов и наносить ущерб прибрежным индустриям, таким как рыболовство и туризм.

4. Загрязнение водных ресурсов: Макро-пластик может разлагаться на микро- и нано-частицы, которые попадают в водные ресурсы и могут быть поглощены рыбами и другими организмами. Это может привести к проникновению пластиковых частиц в пищевую цепь и, в конечном счете, оказывать негативное воздействие на здоровье человека.

5. Постепенное разрушение пластика: Макро-пластик, находясь в окружающей среде, подвергается физическому и химическому воздействию, что приводит к разложению на микро- и нано-частицы. Эти частицы могут распространяться на большие расстояния и иметь долгосрочные последствия для экосистем.

Загрязнение макро-пластиком представляет потенциальную опасность для бентосных (донных) видов и прибрежных видов.

Бентосные виды: Макро-пластик может проникать в морское дно и стать преградой для донных животных и растений. Он может блокировать доступ кислорода, света и пищи, нарушая жизненно важные процессы и вызывая

задыхание и голод у бентосных организмов. Это может привести к снижению биоразнообразия и утрате жизненных сред.

Прибрежные виды: Прибрежные виды, включая птиц, морских млекопитающих и рыб, могут сталкиваться с макро-пластиком на пляжах и в непосредственной близости от побережья. Они могут запутываться в пластиковых отходах или поглощать их, что приводит к удушью, травмам и гибели. Макро-пластик также может наносить ущерб их местам обитания, включая гнездовые места и миграционные маршруты.

Загрязнение пищевой цепи: Макро-пластик, разлагаясь на микро- и нано-частицы, может попадать в пищевую цепь через поглощение организмами. Это может привести к передаче пластиковых частиц от низших уровней пищевой цепи к высшим уровням, включая человека. Это потенциально может иметь негативное воздействие на здоровье и функционирование прибрежных и бентосных видов.

Потенциальная опасность макро-пластика для бентосных и прибрежных видов подчеркивает важность принятия мер для сокращения использования пластика, улучшения управления отходами и очистки морских вод и побережья от пластиковых отходов.

Загрязнение макро-пластиком является серьезной проблемой, требующей международных усилий для сокращения использования пластика, улучшения управления отходами и принятия эффективных мер по очистке морских вод и побережья.

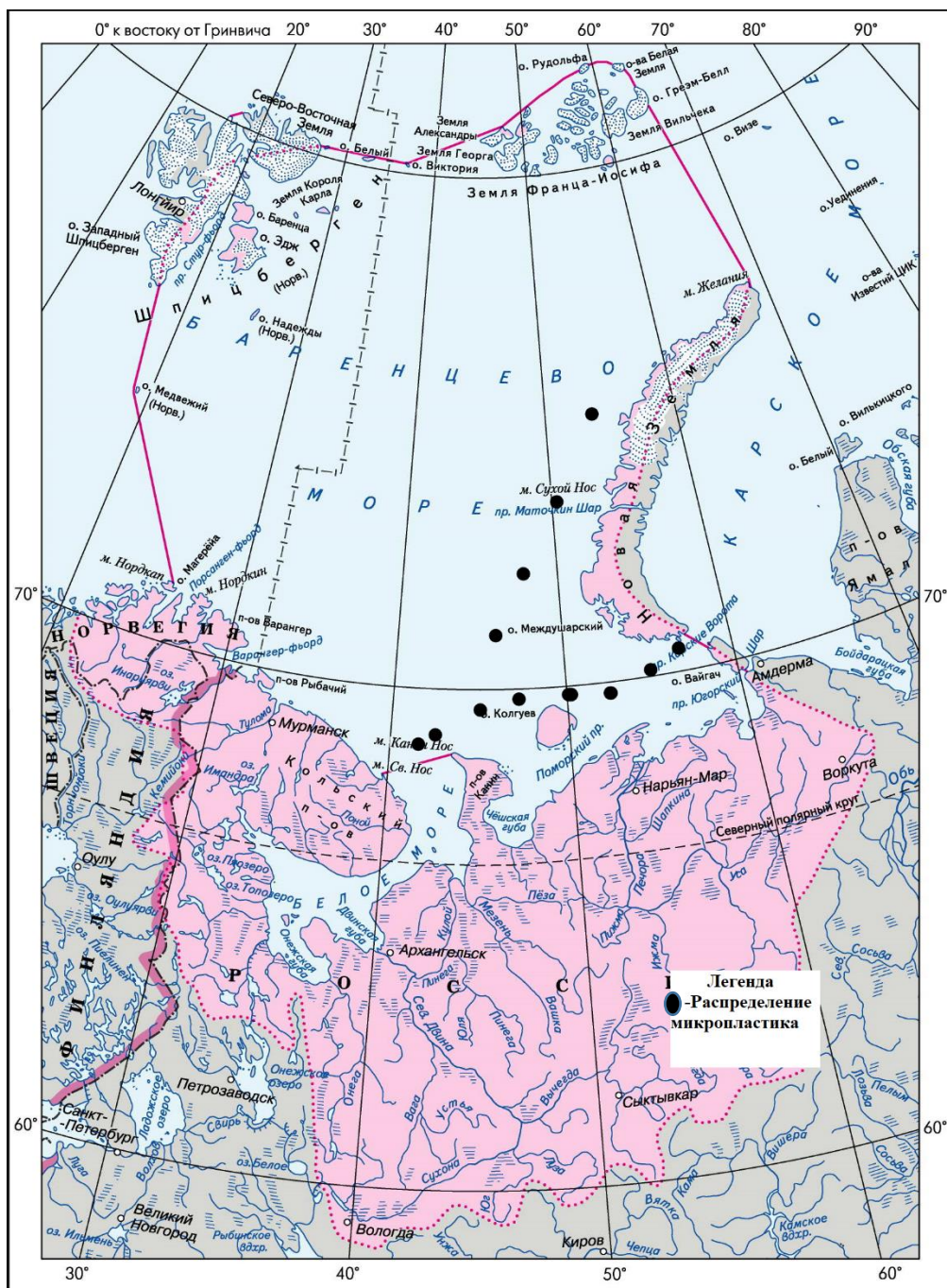


Рисунок 4.29. Карта загрязнения микропластиком

Микропластик представляет серьезную угрозу для окружающей среды, живых организмов и здоровья человека. Он может быть поглощен организмами и проникать в пищевую цепь, вызывая физиологические и токсические эффекты. Микропластик загрязняет водные экосистемы, блокирует доступ света к растениям и снижает биоразнообразие. Он представляет угрозу для морских животных, приводя к удушению и

внутренним повреждениям. Микропластик также может содержать химические добавки и токсичные вещества, которые могут негативно влиять на здоровье человека, вызывая воспалительные реакции, иммунные расстройства и другие проблемы. Он может распространяться по всей планете через воздух, воду и пищу, создавая глобальные проблемы загрязнения окружающей среды. Решение проблемы микропластика требует принятия мер по сокращению его использования, эффективному управлению отходами и разработке биоразлагаемых альтернатив. [30]

Микропластик представляет серьезную угрозу для пелагических видов, которые обитают в открытых водах океанов и морей. Эти организмы могут столкнуться с различными последствиями загрязнения микропластиком. Они могут поглощать микропластик через пищу или фильтрацию воды, что приводит к его аккумуляции в их организмах. Это может вызывать физиологические и токсические эффекты, нарушать пищеварение, рост, размножение и ослаблять иммунную систему. Кроме того, пелагические виды могут передавать загрязнение микропластиком через пищевую цепь на более высокие уровни, что может иметь негативное воздействие на экосистемы в целом. Загрязнение микропластиком также может привести к поведенческим изменениям у пелагических видов, включая изменение миграционных маршрутов и поиска пищи, а также вызвать нарушение экологического баланса в морских экосистемах. В целом, понимание этих потенциальных угроз подчеркивает необходимость принятия мер для сокращения использования пластика, эффективного управления отходами и охраны морской среды, чтобы защитить пелагические виды и сохранить экологическую устойчивость морских экосистем.[31]

Для защиты самых уязвимых зон Баренцева моря от пластикового загрязнения необходимы международные и региональные усилия по сокращению использования пластика, повышению осведомленности о проблеме, улучшению систем управления отходами и разработке мер по очистке морских вод и побережья от пластиковых отходов.

Самая уязвимая зона Баренцева моря от пластикового загрязнения может быть определена как прибрежные районы. Побережье Баренцева моря подвержено воздействию морского течения и судоходства, а также активности человека, включая промысел, туризм и населенные пункты. Эти факторы способствуют накоплению пластиковых отходов на пляжах и в прибрежных водах. Прибрежные районы могут быть особенно уязвимыми из-за близости к источникам пластикового загрязнения и наличия человеческой активности, которая может усиливать проблему. Однако, в целом, все зоны Баренцева моря подвержены риску пластикового загрязнения, и защита всего региона является важной задачей для сохранения его экосистемы.

Прибрежные районы Баренцева моря, которые могут быть уязвимыми для пластикового загрязнения, включают следующие:

Районы около городов и населенных пунктов: Гатчина, Апатиты, Мурманск, Североморск и другие. В этих районах высокая активность человека, населенные пункты и промышленные объекты могут приводить к большому количеству пластиковых отходов.

Пляжи и прибрежные линии: Все прибрежные пляжи и береговые участки могут подвергаться накоплению пластиковых отходов из-за воздействия приливов и отливов, а также ветра, который может переносить мусор с морской поверхности на берег.

Устья рек: Места, где реки впадают в Баренцево море, такие как устья рек Туломы, Колы, Ворьемы и др., могут становиться местами скопления пластиковых отходов, так как реки могут принести пластик из удаленных районов.

Районы рыболовства и судоходства: Места с высокой активностью рыболовства и судоходства могут быть подвержены накоплению пластиковых отходов, связанных с этими деятельностью, включая утеря рыболовных снастей и отходы от судов.

Однако стоит отметить, что уязвимость прибрежных районов может варьироваться в зависимости от местных условий, уровня загрязнения и действий по управлению отходами.

Некоторые крупные районы рыболовства и судоходства в Баренцевом море включают:

Баренцево море около Мурманска (Россия) - Мурманск является крупным портом и центром рыболовства в регионе. Этот район активно используется для коммерческого рыболовства и судоходства.

Баренцево море около Кира (Норвегия) - Кира является важным портом и базой для судов рыболовства в Баренцевом море. Рыболовство и судоходство являются важными отраслями экономики этого района.

Архангельск (Россия) - Архангельск расположен на реке Северной Двине, которая впадает в Белое море, но имеет доступ к Баренцевому морю через Беломорско-Балтийский канал. Этот район также имеет значительную активность в рыболовстве и судоходстве.

Тромсё (Норвегия) - Тромсё является крупным портом и центром рыболовства и судоходства в северной части Норвегии. Этот район имеет важное значение для северных рыболовных операций и обслуживает как национальные, так и международные суда.

Это лишь некоторые примеры крупных районов рыболовства и судоходства в Баренцевом море. Эти районы имеют высокую активность в отраслях рыболовства и судоходства, и потому могут быть подвержены проблемам пластикового загрязнения от мусора, выходящего от судов и других источников.

В открытых районах морей и океанов присутствует высокая концентрация пластиковых отходов по нескольким причинам:

- Судоходство и торговля: Открытые районы являются путями международного судоходства и торговли. Большое количество судов, грузовых контейнеров и других судовых средств в этих районах может

привести к случайному выпуску пластиковых отходов в море. Будь то потерянные грузы, утерянные контейнеры или небрежное выбрасывание мусора со судов, все это способствует накоплению пластика в открытых районах.

- Перенос отходов океанскими течениями: Океанские течения играют важную роль в распространении пластиковых отходов. Они могут переносить пластиковые частицы на значительные расстояния, перенося их из более плотно населенных районов в открытые морские пространства. Это означает, что пластик из удаленных районов может накапливаться и концентрироваться в открытых районах.

- Сельскохозяйственные и промышленные сточные воды: Загрязнение пластиком также может происходить из сельскохозяйственных и промышленных деятельности в бассейнах рек и побережьях, которые впадают в открытые районы морей. Сельскохозяйственные удобрения, пестициды, пластиковые упаковки и другие отходы могут попадать в реки и в конечном итоге достигать открытых морей.

- Мусор с пляжей и прибрежных зон: Посетители пляжей и прибрежных зон могут оставлять пластиковые отходы, которые затем попадают в воду и могут быть перенесены океанскими течениями в открытые районы. Небрежное отношение к выбрасыванию мусора и недостаточная инфраструктура для утилизации отходов на побережье способствуют накоплению пластикового мусора.

Все эти факторы в совокупности приводят к накоплению пластика в открытых районах морей. Открытые районы являются уязвимыми зонами, так как пластиковое загрязнение может негативно сказываться на экосистемах, морских животных и даже человеческом здоровье.

Для снижения пластикового загрязнения в уязвимых зонах Баренцева моря необходимы меры по ограничению выбросов пластика в море, улучшению инфраструктуры для утилизации отходов, осведомительной деятельности и экологическому образованию.

Для эффективного мониторинга пластикового загрязнения в Баренцевом море рекомендуется следовать нескольким рекомендациям:

Установить сеть мониторинга: Создать сеть мониторинговых станций в разных районах Баренцева моря, включая береговые зоны и открытые воды. Это позволит получить представление о распределении и уровне загрязнения пластиком в различных областях.

Определить методы сбора образцов: Использовать стандартизированные методы сбора образцов, которые включают отбор проб воды, донных отложений и берегового мусора. Это позволит получить представление о различных типах пластика, их концентрации и распространении в морской среде.

Использовать аналитические методы: Применять современные аналитические методы, такие как спектроскопия и хроматография, для идентификации и количественного анализа пластиковых частиц. Это поможет определить типы пластика и их потенциальное влияние на окружающую среду и живые организмы.

Оценить экологические последствия: Изучить влияние пластикового загрязнения на морскую фауну и флору Баренцева моря. Это может включать анализ здоровья и популяционных параметров морских организмов, исследование пищевых цепей и оценку экосистемных последствий.

Разработать долгосрочную стратегию: Разработать долгосрочную стратегию мониторинга, которая будет осуществляться на регулярной основе и позволит отслеживать изменения в уровне пластикового загрязнения в Баренцевом море со временем. Это поможет оценить эффективность принимаемых мер и корректировать стратегию борьбы с загрязнением.

Сотрудничество и обмен информацией: Сотрудничать с другими научными исследовательскими организациями и международными учреждениями для обмена информацией и опытом в области мониторинга пластикового загрязнения. Это поможет улучшить методы и подходы к

мониторингу и сделать результаты более надежными и обобщенными.

Все эти рекомендации помогут лучше понять масштабы и последствия пластикового загрязнения в Баренцевом море, а также разработать и реализовать эффективные меры по его предотвращению и снижению. [34]

Ещё будет важно проводить мониторинг макропластика на Северном морском пути (СМП)-это является важным инструментом для выявления загрязнителей и оценки состояния окружающей среды. Он основан на использовании различных методов, включая визуальный обзор, аэрофотосъемку, спутниковые наблюдения, пробоотбор и анализ данных.

Визуальный обзор позволяет наблюдать и фиксировать наличие макропластика на поверхности воды в районе СМП. Суда могут обнаруживать и регистрировать плавающие объекты, мусор и крупные пластиковые отходы. Аэрофотосъемка и спутниковые данные используются для обнаружения крупных скоплений мусора и макропластика в этом районе, что помогает оценить масштабы загрязнения и определить его источники.

Пробоотбор позволяет получить образцы макропластика из различных точек СМП, таких как вода, донные отложения и поверхность льда. Это позволяет идентифицировать типы пластика, измерять его концентрацию и распространение в районе СМП. Полученные данные анализируются для выявления основных источников загрязнения и определения маршрутов его распространения.

Важным аспектом мониторинга является сотрудничество и обмен информацией между научными исследовательскими организациями, международными учреждениями и странами. Это позволяет обмениваться опытом и информацией, улучшать методы мониторинга и повышать его эффективность.

Мониторинг макропластика на СМП помогает выявить источники загрязнения, оценить масштабы проблемы и принять меры по снижению пластикового загрязнения в этом регионе. Он является важным шагом в

сохранении морской среды и защите пелагических видов, которые могут быть подвержены негативным последствиям от наличия макропластика в их местах обитания.

Снижение уровня пластикового загрязнения требует принятия широкого спектра срочных действий на различных уровнях. Такие как, законодательство и нормативные акты: разработка и введение строгих законодательных мер и нормативных актов, направленных на снижение производства и использования одноразовых пластиковых изделий, ограничение выгрузки пластиковых отходов в окружающую среду и морские воды, а также насаждение принципов устойчивого управления пластиковыми отходами.

Улучшение системы управления отходами: развитие и улучшение инфраструктуры для сбора, переработки и утилизации пластиковых отходов. Это включает создание эффективных сетей сбора отходов, поощрение раздельного сбора и переработки пластиковых материалов, а также поддержку и развитие технологий переработки пластика.

Образование и информирование: проведение образовательных программ и информационных кампаний, чтобы повысить осведомленность общественности о проблеме пластикового загрязнения и побудить людей к принятию ответственных действий. Это может включать просвещение о рациональном использовании пластика, стимулирование использования альтернативных материалов и поощрение изменения потребительского поведения.

Инновации в дизайне и производстве: содействие разработке и использованию экологически более безопасных и устойчивых альтернативных материалов, продуктов и упаковки, а также стимулирование инноваций в дизайне и производстве, направленных на создание легко перерабатываемых и биоразлагаемых пластиков.

Международное сотрудничество: укрепление сотрудничества между государствами для разработки и реализации глобальных стратегий по снижению пластикового загрязнения, обмена передовыми практиками и

технологиями, а также координации усилий в области мониторинга и оценки состояния пластикового загрязнения в мировых океанах.

Продвижение циркулярной экономики: поддержка перехода к циркулярной экономике, в которой отходы считаются ресурсами. Это включает стимулирование повторного использования, ремонта и переработки пластиковых изделий, а также промышленную переработку отходов во вторичные сырьевые материалы.

Сотрудничество с промышленностью и бизнесом: сотрудничество с компаниями и промышленными предприятиями для улучшения экологической устойчивости своих продуктов и упаковки. Это может включать разработку альтернативных материалов, переход к более экологически чистым производственным процессам и устранение использования одноразовых пластиковых изделий.

Сознательное потребительское поведение: продвижение осознанного потребительского поведения, включая выбор продуктов с минимальным пластиковым упаковками, использование многоразовых товаров и отказ от одноразовых пластиковых изделий. Это также включает образование потребителей о проблеме пластикового загрязнения и его последствиях.

Исследования и разработки: поддержка научных исследований и технологических разработок в области более эффективных методов переработки пластика, разработки биоразлагаемых и альтернативных материалов, а также разработки новых технологий для обнаружения и мониторинга пластикового загрязнения.

Глобальная информационная сеть: создание глобальной информационной сети и обмен передовыми практиками в борьбе с пластиковым загрязнением. Это может включать обмен информацией о наилучших практиках, научных исследованиях и примерах успешных инициатив по снижению пластикового загрязнения.

Важно отметить, что снижение пластикового загрязнения - длительный

и многогранный процесс, который требует совместных усилий со стороны правительств, промышленности, научного сообщества и общественности. Комбинация этих срочных действий позволит снизить уровень пластикового загрязнения и защитить экосистемы, включая Баренцево море, от его негативных последствий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения данной дипломной работы был проанализирован ряд исследований, которые посвящены мониторингу экосистемы Баренцева моря с учетом загрязнения пластиковым мусором. Результаты этих исследований представляют важные данные о влиянии пластикового загрязнения на данную экосистему. Исследования показали, что проблема пластикового загрязнения имеет серьезные последствия для морской среды и биологического разнообразия региона, а также что данный регион подвержен серьезным климатическим изменениям, которые оказывают влияние на его экологическое состояние.

Кроме того, было обнаружено значительное загрязнение пластиковым мусором, что стало одной из главных экологических проблем региона. Анализ гидрологического режима Баренцева моря и изменений климата позволил выявить связь между ними и влиянием на биологические ресурсы региона. Изучение ключевых видов флоры и фауны позволило оценить уязвимость биоразнообразия Баренцева моря и его способность адаптироваться к изменяющимся условиям. Рыбохозяйственная деятельность также была рассмотрена в контексте экосистемы региона.

Проблема пластикового загрязнения Баренцева моря получила особое внимание в работе. Мониторинг и исследования, проводимые российскими и международными организациями, позволили оценить масштабы загрязнения и его потенциальные последствия для биоресурсов региона. Оценка уровня загрязнения и выделение уязвимых зон Баренцева моря позволили установить основные направления для предпринимаемых мер по снижению загрязнения и сохранению экосистемы.

Результаты исследований подтверждают неотложность проблемы загрязнения Баренцева моря пластиковым мусором и ее негативное влияние на окружающую среду. Необходимо принимать комплексные меры по сокращению использования пластиковых материалов, улучшению системы

утилизации отходов и проведению информационных кампаний о важности сохранения морской экосистемы.

Заключительные выводы работы представляют важную информацию для принятия решений в области охраны окружающей среды и устойчивого развития Баренцева моря. Дальнейшие исследования и мониторинг в данной области должны быть осуществлены с целью непрерывного контроля за состоянием экосистемы и эффективной реализации мер по снижению загрязнения и сохранению биоразнообразия данного региона.

Обобщая результаты исследований, проведенных другими авторами, можно сделать вывод, что загрязнение пластиком представляет серьезную угрозу для экосистемы Баренцева моря. Это требует срочных действий, которые были описаны в 4 главе, для снижения уровня пластикового загрязнения и защиты морской биологической разнообразности. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение долгосрочных последствий загрязнения и разработку эффективных стратегий управления пластиковыми отходами в данной экосистеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации: учебник, – издание 2, испр. и доп. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 424 с.
2. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. М., Изд-во МГУ, 1982 г. С ил., 192 с. – С. 80-86.
3. Пластиковое загрязнение мирового океана А.А. Ершова, Т.Р. Ерёмина. РГГМУ 2020.
4. Гордеева С.М. Практикум по дисциплине «Статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации».– СПб, изд. РГГМУ, 2017.[Электронный ресурс] - <http://elib.rshu.ru/>
5. Баренцево море: Сотрудничество в области охраны окружающей среды в эпоху антропоцена
6. Состояние окружающей среды и тенденции в норвежских водах [Электронный ресурс] <https://www.regjeringen.no> (дата обращения 29.04.2023)
7. WWF-Всемирный фонд дикой природы [Электронный ресурс]. Доклад «Баренцево море – море возможностей и угроз». Изд. 2020г. <https://wwf.ru>
8. Обзор экосистемы ICES (Международный Совет по исследованию моря) Экорегиян Баренцева моря. Доклад от 9 декабря 2021 года.- <https://www.ices.dk>
9. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2020 г. / Александров Д.И., Амелькин А.В., Амелькина А.С. [и др.], ПИНРО им. Н.М. Книповича; отв. ред. Л.И. Пестрикова. – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2020. – 145 с. – С. 18-24.
10. Издательство рецензируемых научных журналов «Frontiers Media SA». «Оценка морского мусора в Баренцевом море в рамках совместного норвежско-российского исследования экосистем.» Авторы: Бьёрн Э.

Гросвик , Прохорова Т. ,Эриксен Е., Кривошея П, Пер А. Хорнеланд, Прозоркевич Д..

11. WWF-Всемирный фонд дикой природы [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2023)

12. Наука в Сибири [Электронный ресурс] <https://www.sbras.info> (дата обращения 26.05.2023)

13. «NASA Earth Observatory» — онлайн-издательство НАСА [Электронный ресурс] <https://earthobservatory.nasa.gov>

14. Первое доказательство поглощения микропластика бентическими амфиподами из Свальбарда. Экологические исследования, 2019 год. Авторы: Iannilli V., Pasquali V., Setini A., Corami F.

15. Совместный норвежско-российский экологический отчет за 2013 год Отчет об экосистеме Баренцева моря. Часть II - Полный отчет М.М. Макбрайд, Дж.Р. Хансен, О. Корнеев, О. Титов (ред.) Дж.Э. Стиансен, Дж.Чернова, А.Филинг, А. Овсянников (соавторы)

16. «Морские живые ресурсы Баренцева моря – Понимание экосистемы и мониторинг в контексте изменения климата.» Автор Kathrine Michalsen

17. E-International Relations [Электронный ресурс] <https://www.e-ir.info> (дата обращения 01.05.2023)

18. Европейский союз наук о Земле (EGU) [Электронный ресурс] <https://www.egu.eu> (раздел «Криосфера»)

19. Национальное управление океанических и атмосферных исследований [Электронный ресурс] <https://www.climate.gov> (дата обращения 10.05.2023)

20. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В. К. Ожигин, В. А. Ившин, А. Г. Трофимов и др. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2016. 260 с.

21. ААНИИ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. [Электронный ресурс] <https://www.aari.ru>

22. Прогнозы и последствия изменения климата в РФ странах центральной Азии. Катцов В.

Соавторы: Говоркова В., Мелешко В., Павлова Т., Школьник И.. Изд 2008г.

23. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 01. Баренцево море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Справочник. // — Л.: Гидрометеоиздат, 1990. — 280 стр.

24. Норвежско-Российский портал [Электронный ресурс]
<https://www.barentsportal.com>

25. «Marine Pollution Bulletin». Бюллетень о загрязнении морской среды. Том 193. Изд 2023г.

26. «Микропластик в водах арктических полюсов: первые отчёты о значениях частиц в образцах поверхностных и подповерхностных слоёв. Научные отчёты, 2015 г.» Авторы Lusher A.L., Tirelli V., O'Connor I., Officer R.

27. «Микропластик в Арктике: исследование на примере образцов подповерхностных воды и рыбы в северо-восточной части Гренландии. Загрязнение окружающей среды, 2018 г., том 242, с. 1078–1086.» Авторы Morgana S., Ghigliotti L., Estévez-Calvar N., Stifanese R., Wieckzorek A., Doyle T., Christiansen J.S., Faimali M., Garaventa F.

28. «Морской мониторинг в Европейском союзе: как эффективно и комплексно выполнить требования рамочной директивы о морской стратегии.» Авторы: Николаос Зампукас, Хна Пиха, Эмануэле Бигальи, Никола с Хёпффнер, Георг Ханке, Ана Кристина Кардосо.

29. Экосистемная съёмка в Баренцевом море август-сентябрь 2021 г. ИМР-ПИНРО №. 2-2022 Авторы: Эриксен Е., Меерен Г.. Изд.: 2020г

30. «Воздействие микропластика на рыбу и здоровье человека.» Автор М-р Симул Бхуян.

31. Бюллетень о загрязнении морской среды. Том 62, Выпуск 12, декабрь 2011 г. , Обзор: «Микропластик как загрязнитель морской среды.» Авторы: Мэтью Коул, Пенни Линдек, Клаудия Халсбанд, Тамара С. Галлоуэй.

32. Бюллетень о загрязнении морской среды. Том 62, Выпуск

12, декабрь 2011 г., Обзор: «Микропластик в морской среде.» Автор: Андради, А.Л.

33. Бюллетень о загрязнении окружающей среды. Том 178, июль 2013 г., стр. 483-492. Обзор: «Физическое воздействие микропластика на морские организмы.» Авторы: Стефани Лю, Райт, Ричард С. Томпсон, Тамара Галлоуэй.

34. «Антропогенный мусор в морепродуктах: Пластиковый мусор и волокна из текстиля в рыбе и двустворчатых моллюсках, продаваемых для потребления человеком.» Автор: Рочман, К.М.. Научные доклады, 2015.

35. Бергманн М. и др. «Морской мусор: невысказанный кризис под поверхностью океана». ЮНЕСКО-МОК, 2015.

36. Бергманн, М., Гутов, Л. и Клагес, М. (ред.). (2015). «Морской антропогенный мусор.»

37. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. «Микропластики в рыболовстве и аквакультуре: состояние знаний об их распространении и последствиях для водных организмов и безопасности пищевых продуктов.» Авторы: Люшер, А.Л., Холлман, П.С., и Мендоса-Хилл, Дж.Дж. (2017).

38. «Пластмассы, окружающая среда и здоровье человека: существующий консенсус и будущие тенденции.» Авторы: Томпсон, Р.К., Мур, К.Дж., фом Саал, Ф.С., и Свон, С.Х. (2009). Философские труды Королевского общества В: Биологические науки, стр. 2153-2166.

39. «Морской мусор: глобальная проблема.» Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры. ЮНЕСКО. (2016).

40. «Морской антропогенный мусор.» Международное издательство "Спрингер". Авторы: Бергманн, М., Гутов, Л. и Клагес, М. (2015).

41. «Пластиковый мусор в открытом океане.» Авторы: Сезар, А., Эчеваррия, Ф., Гонсалес-Гордильо, Х. И., Иригойен, Х., Убеда, Б., Эрнандес-Леон, С., Дуарте, К. М. (2014). Труды Национальной академии наук, стр.:

42. «Мониторинг морского мусора в Баренцевом море. Обзор» Авторы: А. Ендруха, А. Гусева, В. Молчановой и П. Багаева. Изд. 2019г.

43. «Оценка морского мусора в Баренцевом море: базовое исследование.» Авторы: Л. Сивле, А. Винденес и О. Бергстад. Изд. 2017г.

44. «Пространственное распределение и состав морского мусора на морском дне Баренцева моря.» Авторы: Э. Грина, Х. Сермо Эгге, Т. Педерсена и С. Кокрейна. Изд. 2020г.

45. «Морской мусор в Баренцевом море: от источников к решениям.» Авторы: М. Бергманна, Т. Клагеса и А. Текмана. Изд. 2015г.

46. «Оценка загрязнения пластиком в Баренцевом море: исследование случая использования потерянной рыболовной снасти.» Авторы: Дж. Р. ван Франекер, К. Блейз и М. Даниэльсен. Изд. 2019г.

47. «Загрязнение микропластиком в Баренцевом море: от источников до воздействия.» Авторы: С. Уг, А. Буржуа и И. Аллен. Изд. 2020г.

48. «Микропластик в Баренцевом море: обзор источников, распространения и влияния на морские организмы.» Авторы: М. Е. Гулликсен, А. Бекманн и С. К. Ботнен. Изд. 2018г.

49. «Временное и пространственное распределение микропластика в водном столбе Баренцева моря.» Авторы: Х. Берггрин-Клаусен, Й. Б. Йенсен и А. С. Бул-Мортенсен. Изд. 2020г.

50. «Микропластик в осадках Баренцева моря: базовое исследование.» Авторы: И. Аллан, М. Эриксен и Х. Калленборн. Изд. 2020г.

51. «Загрязнение микропластиком в арктическом морском льду и поверхностных водах Баренцева моря.» Авторы: А. Луостаринен, С. Сетяля и М. Лехтиниemi. Изд. 2020г.

52. «Мониторинг морского мусора в европейских морях: извлеченные уроки и перспективы.» Авторы М. Бергманн, Л. Гутов и М. Клагес. Изд. 2015г.

53. «Морской мусор в Арктике: обзор источников,

распространения и влияния на морские организмы.» Авторы: Д. С. Бул-Мортенсен, Й. Б. Йенсен и Х. Л. Тихо. Изд. 2017г.

54. «Код Баренцевого моря и изменение климата: обзор.» ИКЕС, 73(5), 1240-1251. Автор : Долгов А. Изд. 2016г.

55. «Влияние таяния арктического морского льда на погоду и климат: обзор. Исследования в области геофизики», 35 (5), стр. 1175-1214. Автор: Вихма, Т. Изд. 2014г.

56. «Центральная роль тающего морского льда в недавнем повышении температуры в Арктике.» 464 (7293), стр. 1334-1337. Авторы: Экран, Дж. А., и Симмондс, И. Изд. 2010г.

57. «Проблемы климата Арктики на 2021 год: Изменения в арктическом снеге, воде, льду и вечной мерзлоте.» Арктическая программа мониторинга и оценки (АМАП). Изд. 2019г.

58. «Адаптация к изменению климата в Восточной Европе: понимание социального измерения.» Авторы: Артур П. Крэкнелл, Олег А. Анисимов, Франсуа Ройер. Издательство: Уайли, 2017.

59. «Экологические проблемы арктических морей.» Авторы: Игорь С. Зонн, Андрей Г. Костяной, Александр Н. Губин. Изд.: Спрингер, 2014г.

60. «Экологические вызовы в Баренцевом регионе: управление рисками и повышение устойчивости.» Авторы: Королева Н.Е., Ласси Хайнинен, Александр Сергунин. Изд. Ратледж, 2019г.

61. «Экологические проблемы в Баренцевом Евроарктическом регионе: многомерные перспективы.» Авторы: Павел А. Касьянов, Роза Г. Лаптандер. Изд. Спрингер, 2019.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Исходные данные. Среднегодовые значения запасов и выловов северо-восточной арктической трески и среднегодовые значения запасов и выловов северо-восточной арктической пикши, и температуры вод Баренцева моря на разрезе Кольского меридиана в слое (0-200м) на станциях 3-7. Таблица 1.

Год	Т, °С	Пикша		Треска	
		Выловы U _i , тыс.т.	Запасы P _i , тыс.т.	Выловы U _i , тыс.т.	Запасы P _i , тыс.т.
1950		140	480	732	2830
1951	4,44	120	980	827	3141
1952	4,17	130	740	877	3408
1953	3,79	125	1490	696	3557
1954	4,75	140	1270	826	4039
1955	4,22	160	900	1148	3488
1956	3,54	210	750	1343	3190
1957	4,1	190	490	793	2496
1958	3,61	110	300	769	2164
1959	4,37	100	550	745	2416
1960	4,37	90	700	622	2051
1961	4,1	110	550	783	2137
1962	4,05	190	600	909	1957
1963	3,41	160	650	776	1748
1964	4,08	100	700	438	1375
1965	3,79	110	750	445	1441
1966	2,83	150	500	484	2198
1967	3,84	140	750	573	2852

Продолжение таблицы 1

1968	3,61	170	800	1074	3387
1969	3,63	90	300	1197	2806
1970	4,16	80	350	933	2058
1971	3,52	110	325	689	1611
1972	4,05	190	300	565	1621
1973	4,38	240	1350	793	2402
1974	3,98	325	1200	1102	2236
1975	4,39	160	700	829	2037
1976	4,11	110	480	867	1931
1977	3,58	105	250	905	1951
1978	3,02	98	201	699	1577
1979	2,89	102	350	441	1114
1980	3,63	95	350	380	864
1981	3,03	90	200	399	984
1982	3,66	40	180	364	751
1983	4,54	25	120	290	739
1984	4,08	23	100	278	818
1985	3,68	27	80	308	958
1986	3,65	50	50	430	1294
1987	3,43	90	400	523	1126
1988	3,75	153	750	435	915
1989	4,44	145	600	332	890
1990	4,57	25	370	212	963
1991	4,51	29	250	319	1562
1992	4,56	50	200	513	1912
1993	4,05	55	250	582	2360
1994	3,84	97	470	771	2155

Продолжение таблицы 1

1995	4,33	145	1260	740	1826
1996	3,75	173	1200	732	1687
1997	3,55	153	980	762	1532
1998	3,64	95	700	593	1230
1999	4,23	77	370	485	1101
2000	4,63	70	400	415	1102
2001	4,48	80	380	426	1378
2002	4,42	100	500	535	1551
2003	4,15	110	780	552	1632
2004	4,79	140	770	606	1700
2005	4,82	155	750	641	1680
2006	5,08	151	775	550	1550
2007	4,94	150	510	500	1550
2008	4,64	153	600	470	2000
2009	4,69	170	1300	490	2700
2010	4,75	200	1800	500	3480
2011	4,37	225	2400	600	3800
2012	5,36	317	2150	700	4000
2013	4,87	193	1500	700	4200
2014	4,74	177	1250	900	4400
2015	5	194	880	850	3980
2016	5,32	233	790	800	3680
2017	5,15	227	610	850	3220
2018	5,08	191	550	750	3215
2019	4,95	183	700	740	2750
2020	4,50			720	2600

