



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной океанографии и комплексного управления
прибрежными зонами

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

«Оценка экологической чувствительности прибрежно-морских зон к
нефтяному загрязнению»

Исполнитель: Вибе Артём Алексеевич

Руководитель: Ph.D, Семеошенкова Вера Сергеевна

«К защите допускаю»

И.о. заведующего кафедрой

(подпись)

Кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«04» 06 2024.

г. Санкт-Петербург

2024

Оглавление

Введение.....	3
1. Проблема нефтяного загрязнения прибрежных акваторий и берегов в полярных зонах.....	6
1.1. Влияние нефтяного загрязнения на окружающую среду	8
1.2. Источники нефтяного загрязнения	10
1.3. Обеспечение экологической безопасности при разработке месторождений углеводородного сырья и освоении арктических побережий	12
1.4. Способы устранения нефтяного загрязнения в полярных зонах и планирование действий на случай разлива нефти.....	16
1.5. Планы ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН).....	19
1.6. Последствия разливов нефти	25
2. Физико-географическое описание акватории Печорского моря.....	29
3. Обзор методик картирования экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при разливах нефти	36
4. Оценка экологической чувствительности прибрежной зоны акватории Печорского моря.....	45
4.1. Оценивание показателей в категории «Природопользование» ..	48
4.2. Оценивание показателей в категории «Биологическая чувствительность».....	51
4.3. Оценивание показателей в категории «Подверженность нефтяным загрязнениям»	61
4.4. Расчёт индекса экологической чувствительности к разливам нефти районов исследования	63
Заключение	68

Список литературы 70

Введение

Полярные зоны океана являются уникальными и чрезвычайно уязвимыми экосистемы. В последние десятилетия интерес к этим регионам значительно возрос в связи с изменением климата, увеличением транспортной доступности и доступности ресурсов, в том числе нефти и газа. Нефтяное загрязнение в этих зонах наиболее проблематично из-за сложных климатических условий, биологических особенностей и труднодоступности регионов. Разливы в полярных зонах могут иметь долгосрочные и катастрофические последствия для морской флоры и фауны, а также для коренных народов, зависящих от морских и прибрежных ресурсов. В этих областях экосистемы эволюционировали в условиях низкой продуктивности и медленных темпов роста, что делает их особо уязвимыми перед загрязнением.

Нефтяные разливы в море могут случиться на любом этапе добычи, хранения или транспортировки нефти. К потенциальным источникам таких разливов относятся фонтанирование скважины во время подводной разведки или добычи, выбросы или утечки из подводных трубопроводов, утечки из наземных резервуаров для хранения нефти, утечки из прибрежных трубопроводов, а также аварии судов, перевозящих нефть, или разливы топлива с судов. Арктические условия, такие как подвижные льды, низкие температуры, ограниченная видимость или полная темнота, сильные ветры и экстремальные штормы, повышают вероятность аварий или ошибок, которые могут привести к разливу нефти.

Печорское море, расположенное в арктическом регионе России, представляет собой важный объект нефтедобычи и транспортировки углеводородов. Уникальные экологические условия, богатое биоразнообразие и значительные запасы нефти делают этот регион стратегически важным, но также чрезвычайно уязвимым к воздействию антропогенной деятельности.

В этой дипломной работе рассматривается проблема нефтяного загрязнения в полярной зоне океанов, оценивается влияние нефтяного загрязнения на окружающую среду и разрабатываются рекомендации для снижения ущерба от таких инцидентов. Актуальность и практическая значимость исследования обуславливается возросшим интересом к региону Печорского моря, как к транспортной артерии и месту добычи. В связи с этим риски аварийных ситуаций увеличиваются, а следовательно, и необходимость иметь представления о наиболее уязвимых зонах региона тоже. На основе этих полученных данных можно разрабатывать планы по ликвидации последствий разливов и снижению ущерба. Предметом исследования является оценка уязвимости береговой зоны Печорского моря к вероятным разливам нефти. Объектом исследования является прибрежная зона Печорского моря.

Целью данного исследования является оценка экологической чувствительности прибрежно-морских зон Печорского моря к нефтяному загрязнению на основе методик картирования и формулировка рекомендаций по снижению ущерба.

Среди задач данной работы можно выделить основные:

1. Обзор проблемы нефтяного загрязнения в полярных регионах, включая основные источники загрязнения и воздействие на морские-прибрежные системы
2. Физико-географическая характеристика Печорского моря
3. Обзор методик картирования экологической чувствительности к разливам нефти
4. Расчет индекса экологической чувствительности для берегов прибрежной зоны Печорского моря
5. Картирование чувствительности побережья Печорского моря к аварийным загрязнениям нефтью

6. Определение приоритетов для защиты оцениваемых объектов от нефтяных загрязнений и формулировка рекомендаций по предупреждению и снижению ущерба на основе выполненной оценки.

1. Проблема нефтяного загрязнения прибрежных акваторий и берегов в полярных зонах

Нефтяное загрязнение в полярных зонах может происходить по разным причинам, включая аварии на буровых платформах, разливы при транспортировке нефти на танкерах, утечки из трубопроводов и несанкционированные сбросы. Полярные регионы особенно подвержены негативному воздействию от таких инцидентов из-за экстремальных погодных условий, наличия ледового покрова и ограниченных возможностей для быстрой ликвидации аварий.

Одним из наиболее известных случаев нефтяного загрязнения в Арктике является авария на буровой платформе «Kulluk» (рисунок 1) компании Shell в 2012 году у побережья Аляски. Платформа была сорвана с якоря во время шторма и выбросила несколько тонн нефти в море, что вызвало значительные экологические и экономические последствия.



Рисунок 1 Буровая платформа Kulluk на отмели

Еще один случай крупного разлива - авария танкера Exxon Valdez (Рисунок 2), принадлежащего компании Exxon, которая произошла 23 марта 1989 года, у берегов Аляски. В результате катастрофы около 10,8 миллионов галлонов нефти (примерно 260 тысяч баррелей или 40,9 миллионов литров) вылилось в море, создав нефтяное пятно площадью 28 тысяч квадратных километров. Танкер перевозил всего 54,1 миллиона галлонов нефти. Около двух тысяч километров береговой линии было загрязнено нефтью. Эта авария считалась самой разрушительной экологической катастрофой на море до аварии буровой установки Deepwater Horizon в Мексиканском заливе 20 апреля 2010 года. Труднодоступность района аварии (доступ возможен только по морю или с помощью вертолётов) усложнила быструю реакцию спасательных служб. В этом районе обитали лосось, морские выдры, тюлени и множество морских птиц. В первые дни после аварии нефть покрыла обширный участок залива Принс-Уильям. [1]

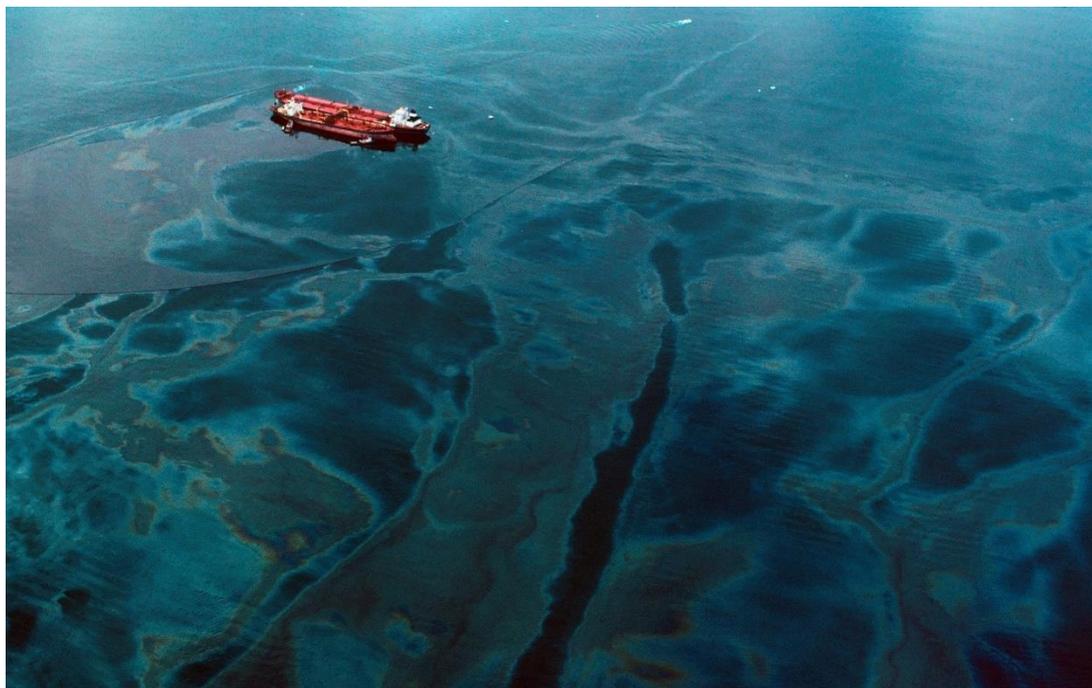


Рисунок 2 Разлив нефти с танкера Exxon Valdez

В полярных зонах нефть может распространяться подо льдом, что затрудняет её обнаружение и сбор, также нефть сохраняется значительно дольше, поскольку ее испарение замедляется. Кроме того, ледовые условия ограничивают возможности использования стандартных методов очистки, таких как скиммеры и боновые заграждения. В результате, нефть может оставаться в экосистеме в течение длительного времени, оказывая долгосрочное воздействие на окружающую среду. Восстановление флоры и фауны после разливов нефти затруднено, так как многие виды арктической зоны характеризуются долгим жизненным циклом и медленным процессом размножения. Недавние исследования показывают, что долгосрочные последствия нефтяных разливов в полярных прибрежных зонах могут быть гораздо более продолжительными, чем ожидалось. Подобные длительные последствия могут наблюдаться по всей арктической прибрежной линии. [2]

1.1. Влияние нефтяного загрязнения на окружающую среду

Полярные экосистемы отличаются высокой чувствительностью к внешним воздействиям из-за непростых климатических условий и уникального состава биоценозов. Нефтяное загрязнение оказывает разрушительное воздействие на все уровни трофической цепи, начиная с микроорганизмов и заканчивая крупными млекопитающими.

Планктон и микрофлора являются основой пищевых цепей полярных морей. Нефть, попадая в воду, образует плёнки на поверхности и в толще воды, препятствуя фотосинтезу и дыханию микроводорослей. Гибель планктона ведет к цепной реакции, влияя на численность и здоровье других морских организмов, включая рыбу и млекопитающих. Рыба и беспозвоночные, такие как криль и моллюски, также страдают от нефтяного загрязнения. Токсичные компоненты нефти могут накапливаться в их организмах, приводя к отравлениям, снижению репродуктивных способностей и гибели (Рисунок 3).

Поскольку многие виды рыбы и беспозвоночных являются основным источником пищи для птиц и млекопитающих, их гибель может серьезно нарушить всю экосистему. Морские птицы и млекопитающие, такие как тюлени, киты и белые медведи, особенно уязвимы перед нефтяным загрязнением. Нефть, покрывая перья птиц и шерсть млекопитающих, нарушает их теплоизоляционные свойства, что приводит к переохлаждению. Птицы, поглощая нефть при попытках очистить свои перья, подвергаются токсическому воздействию, что может приводить к массовым гибелям.



Рисунок 3 Бентос пострадавший от разлива

Как пример долгосрочного влияния нефтяного загрязнения на окружающую среду можно привести обнаруженную остаточную нефть, попавшую в окружающую среду в результате аварии нефтяного танкера Exxon Valdez, который сел на мель в заливе Принца Уильяма, Аляска, в 1989 году, оставалась там гораздо дольше, чем ожидалось. В 2005 году выяснилось, что нефть лишь незначительно выветрилась в прибрежной зоне разлива. Остаточная нефть сохранила свои токсичные свойства и остаётся биологически активной. Ученые прогнозируют, что такая приповерхностная нефть может оставаться в почве на протяжении десятилетий (рисунок 4). Остаточная нефть

продолжает влиять на крабов, которые, как показали наблюдения, избегают строить свои норы в пропитанном нефтью осадочном слое. Также было обнаружено, что у крабов имеются признаки токсического воздействия нефти, связанного с разливом, произошедшим много лет назад. [2]



Рисунок 4 Остатки нефти на побережье, обнаруженные спустя 12 лет после аварии, фотография 2001 года [2]

1.2. Источники нефтяного загрязнения

Понимание разнообразия источников нефтяного загрязнения и механизмов его поступления в морскую среду является ключевым для разработки эффективных стратегий по предотвращению и ликвидации последствий таких загрязнений. В данном разделе будет рассмотрено, как различные источники вносят вклад в общее загрязнение морей и океанов нефтью.

Оценки глобального поступления нефти в морскую среду варьируются в широких пределах — от 0,5 до 8,3 млн тонн в год. Это связано не только с неполнотой статистики и неопределенностью понятия «нефть в морской среде», но и с большим разбросом оценок природных потоков сырой нефти (от 0,2 до 2 млн тонн), а также с крупными аварийными разливами, объемы и частота которых могут значительно меняться от года к году.

Источники:

1. Природные источники нефти - в основном за счет выходов с морского дна, составляют в среднем около 50% от общего количества нефти, поступающей в морскую среду. Следует подчеркнуть, что это в основном сырая нефть, а не биогенные углеводороды, схожие по составу с нефтяными АУ и ПАУ, которые постоянно образуются в море.

2. Судоходство - второй по значимости источник поступления нефти и нефтепродуктов в море (около 30%). Это включает как регулярные операции (сброс льяльных и балластных вод, очистка судов и др.), так и аварийные ситуации и нелегальные сбросы судовых нефтяных отходов.

3. Третий по значимости источник (около 10%) включает различные виды деятельности на берегу, связанные с потреблением, хранением и переработкой нефти, а также с удалением в прибрежные воды нефтесодержащих отходов различного состава и происхождения.

4. Вопреки распространенному мнению, аварийные разливы не являются основным источником нефтяного загрязнения морской среды. Их вклад составляет менее 10% от общего объема нефти, поступающей в морскую среду.

«Для полноты картины следует напомнить еще об одном источнике нефтяного загрязнения моря, который обычно не принимается во внимание при разного рода оценках. речь идет о затонувших судах и танкерах, потерпевших

крушение или потопленных во время второй мировой войны [Monfils, 2005]. Большинство этих судов находятся на морском дне около 60 лет и являются потенциальным источником поступления в Мировой океан до 20 млн т нефти. о реальности и масштабности этой угрозы можно судить по данным на рис. 4.5. имеются также статистические данные о том, что за период 1939–1997 гг. в море затонули 21500 военных и грузовых судов [gesaMr, 2007].» [3]

1.3. Обеспечение экологической безопасности при разработке месторождений углеводородного сырья и освоении арктических побережий

Аварии и сопровождающие их разливы нефти неизбежно сопутствуют большинству операций по добыче, транспортировке и хранению нефти как на море, так и на суше. Причины, вероятность и масштаб последствий таких инцидентов значительно варьируются в зависимости от множества природных, технических, технологических и иных факторов.

До 30% аварий на морских нефтегазовых объектах происходят вследствие экстремальных природных явлений. В арктическом шельфе наибольшие сложности для морских сооружений создают ледовые условия. Это включает сжатие и интенсивный дрейф льдов, вторжение тяжелых льдов в районы добычи, раннее ледообразование, а также опасные ледовые образования, такие как айсберги, торосы, стамухи и гигантские ледяные поля. Также существует угроза обледенения сооружений, экзарации дна ледовыми образованиями, налегания льда на берега и сооружения, а также отрывы припая. Опасные гидрологические явления, такие как экстремальное волнение (шторма), штормовые нагоны и значительные колебания уровня моря, также создают значительные риски. К этому добавляются быстрые климатические изменения в Арктике, которые представляют собой дополнительный фактор риска.

Обеспечение экологической безопасности при разработке месторождений углеводородного сырья и освоении арктических побережий является важным и многоаспектным процессом, требующим комплексного подхода и строгого контроля на всех этапах. Это связано с уникальной и уязвимой экосистемой Арктики, которая может сильно пострадать от небрежного обращения с природными ресурсами.

Так, например, оценка вероятных масштабов разлива нефти с добывающей платформы «Приразломная» (рисунок 5) позволяет оценить экологические риски для региона и подготовиться к устранению аварии.

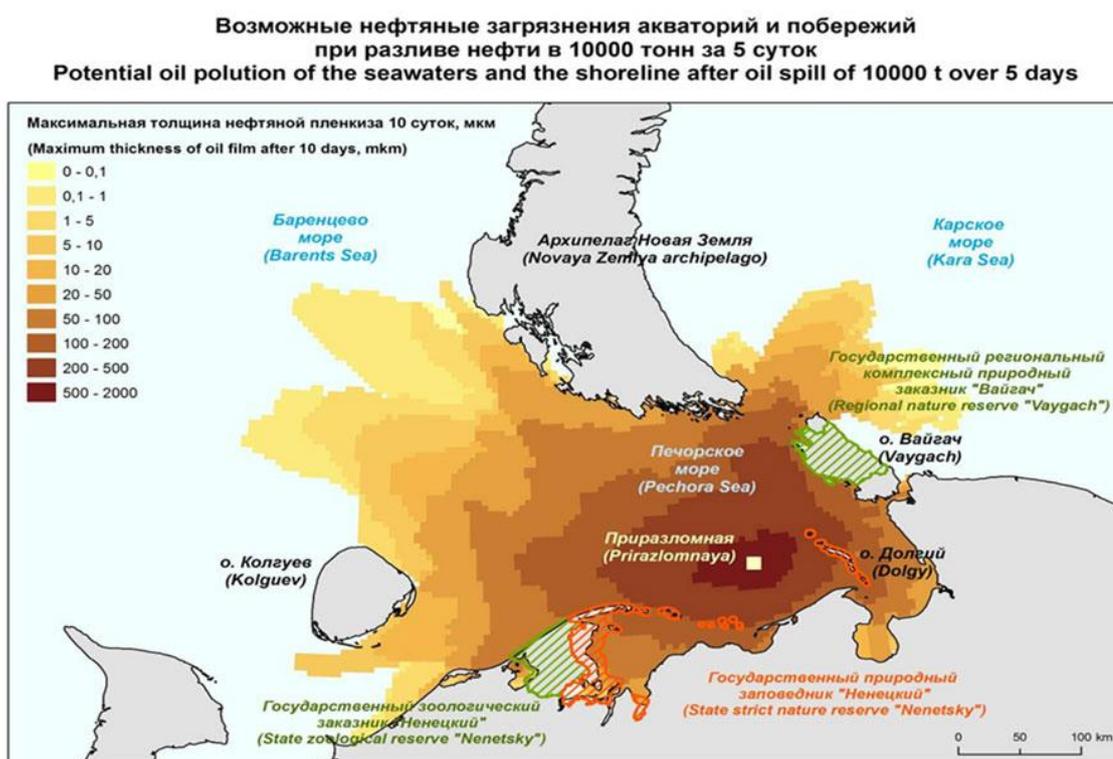


Рисунок 5 Возможные масштабы загрязнения при аварии в Печорском море

Оценка экологических рисков

Перед началом любой деятельности по разработке месторождений углеводородного сырья необходимо провести всестороннюю оценку экологических рисков. Это включает:

1. Исследование экосистемы: изучение флоры и фауны, а также гидрологических и климатических условий.
2. Моделирование последствий: прогнозирование потенциального влияния различных видов деятельности на окружающую среду.

Использование передовых технологий и методов является ключевым для минимизации экологических рисков:

1. Безаварийное бурение: применение современных технологий бурения, таких как горизонтальное бурение и бурение с использованием закрытых систем циркуляции.
2. Контроль за выбросами: внедрение систем контроля и снижения выбросов парниковых газов и других вредных веществ.
3. Управление отходами: безопасное хранение, переработка и утилизация отходов, образующихся при добыче и переработке углеводородов.

Важнейшим элементом экологической безопасности является готовность к оперативному реагированию на разливы нефти:

1. Планы ликвидации аварий: разработка и регулярное обновление планов ликвидации аварийных разливов нефти.
2. Создание аварийных резервов: обеспечение наличия необходимого оборудования и материалов для быстрого реагирования.
3. Тренировки и учения: регулярное проведение учений для персонала, включая симуляции аварийных ситуаций

Постоянный мониторинг и контроль являются необходимыми условиями для обеспечения экологической безопасности:

1. Экологический мониторинг: регулярное наблюдение за состоянием окружающей среды, включая качество воды, воздуха и почвы.
2. Аудиты и проверки: проведение независимых экологических аудитов и проверок для оценки соблюдения экологических норм и стандартов.
3. Использование спутниковых технологий: применение спутниковых снимков и других дистанционных методов для контроля за состоянием окружающей среды и обнаружения разливов нефти.

Эффективное взаимодействие с местными сообществами и коренными народами является важным аспектом экологической безопасности:

1. Социальная ответственность: выполнение обязательств перед местными сообществами, включая создание рабочих мест и улучшение инфраструктуры.
2. Учет традиционных знаний: использование знаний и опыта коренных народов для оценки и минимизации экологических рисков.
3. Информирование и участие: обеспечение прозрачности в принятии решений и вовлечение местных сообществ в процесс планирования и мониторинга.

Создание и строгое соблюдение нормативных актов и стандартов является основой экологической безопасности:

1. Международные стандарты: соблюдение международных экологических стандартов и участие в глобальных экологических инициативах.

2. Национальные регуляции: разработка и внедрение национальных нормативных актов, регулирующих деятельность по разработке месторождений и освоению побережий.

3. Санкции и стимулы: введение штрафов за экологические нарушения и предоставление стимулов для компаний, соблюдающих высокие экологические стандарты.

1.4. Способы устранения нефтяного загрязнения в полярных зонах и планирование действий на случай разлива нефти

Устранение последствий нефтяного загрязнения в полярных зонах представляет собой уникальную задачу из-за экстремальных условий и ограниченной доступности регионов. Существуют различные методы очистки нефтяного загрязнения, которые адаптированы для использования в этих условиях.

- Механические методы – включают использование устройств для сбора и удаления нефти с поверхности воды и льда. Одним из таких методов является использование скиммеров, которые собирают нефть и направляют её в резервуары для последующей утилизации (рисунок 6). Но эффективность скиммеров в полярных условиях ограничена из-за наличия льда и низких температур. Боновые заграждения (рисунок 6) могут использоваться для ограничения распространения нефтяных пятен и концентрации их в определенных зонах. В полярных условиях боновые заграждения должны быть адаптированы к работе при низких температурах и в присутствии льда.



Рисунок 6 Боновое заграждение и скиммер для сбора нефти

- Химические методы - включают применение диспергентов и других химических веществ, которые помогают разлагать нефть на более мелкие частицы и ускоряют её естественное разложение микроорганизмами. Диспергенты снижают поверхностное натяжение нефти, что позволяет ей быстрее смешиваться с водой и распадаться. В полярных зонах использование диспергентов вызывает дополнительные сложности из-за низких температур и наличия льда, что может снижать их эффективность. Применение химических методов в полярных зонах вызывает споры из-за потенциального токсического воздействия на местные экосистемы. Поэтому использование диспергентов должно проводиться с осторожностью и только в случаях, когда механические методы недостаточно эффективны.

В конце 2020 года Газпром представил диспергент, который как заявлено безопасен для использования в арктических условиях. (рисунок 7)

Инновационный диспергент *
для безопасной работы в Арктике

ГАЗПРОМ **25 ЛЕТ**

>80% эффективность в ледовых условиях

с -40° до +30°С рабочий диапазон температур окружающей среды

100% российские компоненты

в 2 раза дешевле зарубежных аналогов

СХЕМА ДЕЙСТВИЯ ДИСПЕРГЕНТА

1 Нефтяная пленка на поверхности водо-ледяной смеси

2 Диспергент разбивает нефтяную пленку на мелкие капли

3 Нефтяные капли переработаны микроорганизмами

РЕАЛИСТИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ МАСШТАБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

>10000 л воды
>400 кг льда из Баренцева моря

100 л нефти Приразломного месторождения

Искусственный арктический бассейн для моделирования в лаборатории погодных условий региона

* Диспергент – сложный химический препарат, разрушающий нефтяную пленку на поверхности воды

Рисунок 7 Диспергент, представленный Газпром специально для Арктики

- Биологические методы - основаны на использовании микроорганизмов и растений, которые способны разлагать нефть на безвредные компоненты. Биоремедиация включает введение в загрязненные районы специальных штаммов бактерий, которые питаются углеводородами. В полярных зонах биоремедиация может быть затруднена из-за экстремально низких температур, которые замедляют метаболизм микроорганизмов. Однако исследования показывают, что существуют холодоустойчивые микроорганизмы, способные разлагать нефть даже при низких температурах.

- Термальные методы - включают сжигание нефти на поверхности воды или льда, что позволяет быстро уменьшить

объем загрязнения. Однако этот метод вызывает значительные выбросы вредных веществ в атмосферу (рисунок 8) и может приводить к дополнительным экологическим проблемам, поэтому его применение ограничено и осуществляется только в случае невозможности использования других методов. В полярных зонах сжигание нефти может быть затруднено из-за сильных ветров и низких температур.

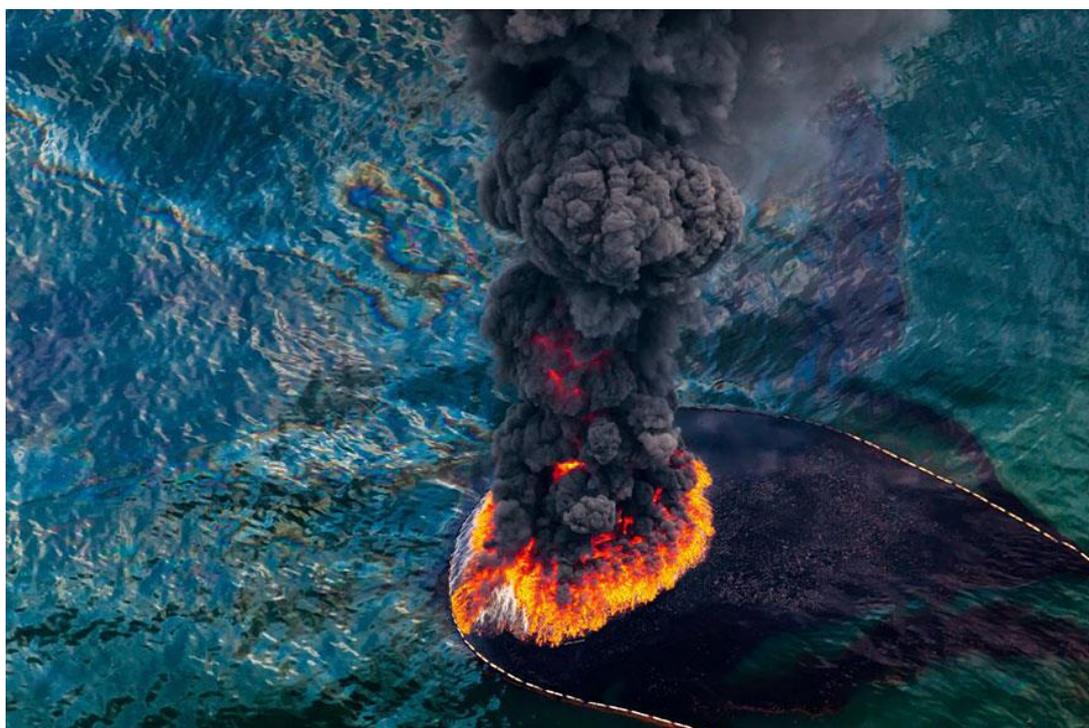


Рисунок 8 Сжигание нефти

1.5. Планы ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН)

Планирование мероприятий на случай разлива нефти является ключевым фактором для повышения эффективности ликвидации таких инцидентов. Эти планы определяют, как будут использоваться доступные ресурсы в различных обстоятельствах разлива нефти. Меры и средства, предусмотренные для

ликвидации разливов нефти в случае аварий, значительно различаются в разных регионах Арктики. Основные запасы углеводородов в Арктике находятся в России, Канаде, США и Норвегии (Служба энергетической информации, 2006 год). Все четыре крупнейшие нефтедобывающие страны в арктической зоне имеют планы на случай чрезвычайных ситуаций, разработанные на правительственном уровне, а также необходимые ресурсы, которые немного различаются между странами. В России развитие частных организаций и ресурсов для ликвидации нефтяных разливов началось относительно недавно, но их возможности по предотвращению последствий разливов растут по мере увеличения объемов добычи в регионе.[2]

Планы мероприятий на случай чрезвычайных ситуаций обычно разрабатываются либо отдельными нефтяными компаниями-операторами, либо национальными правительствами, либо совместно. Эти планы описывают доступные ресурсы и методы для реагирования на разливы нефти. Хотя нормативные требования к планированию таких мероприятий варьируются в зависимости от страны и региона, большинство планов действий при разливах нефти включают следующие элементы:

- Сценарии рисков, включая наихудший вариант крупного разлива.
- Приоритизация наиболее уязвимых зон для защиты и очистки от нефти.
- Перечень аварийных ресурсов, доступных на местном и региональном уровнях, и действующие соглашения для их переброски.
- Описание структуры команд и системы контроля.
- Сценарии применения доступных ресурсов для очистки при наихудших разливах нефти в различных условиях окружающей среды.
- Планы временного хранения и окончательной утилизации извлеченных нефтесодержащих отходов.

- Процедуры оповещения о чрезвычайных ситуациях.
- Оборудование системы связи и планы координации действий на земле, в море и в воздухе.
- План тестирования и отработки всех компонентов мероприятий и системы реагирования.
- Описание связей данного плана с другими планами чрезвычайных мероприятий в регионе или стране. [2]

Требования к содержанию плана предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в России содержатся в Постановлении Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 №2451 "Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями). (С изменениями и дополнениями от 11.12.2023), выдержка из документа приведена ниже

«План предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов должен содержать:

а) общие сведения об эксплуатирующей организации, об основных операциях, производимых с нефтью и нефтепродуктами;

б) сведения о потенциальных источниках разливов нефти и нефтепродуктов;

в) максимальные расчетные объемы разливов нефти и нефтепродуктов, предусмотренные пунктом

г) прогнозируемые зоны распространения разливов нефти и нефтепродуктов (с учетом проектных решений по предупреждению разливов нефти и нефтепродуктов) с описанием возможного характера негативных последствий разливов нефти и нефтепродуктов для окружающей среды, населения и нормального функционирования систем его жизнеобеспечения (с учетом климатических, географических, гидрометеорологических особенностей места расположения объекта);

д) перечень первоочередных действий производственного персонала при возникновении разливов нефти и нефтепродуктов;

е) расчетное время (сроки) локализации и ликвидации максимального расчетного объема разлива нефти и нефтепродуктов;

ж) расчет достаточности сил и средств для ликвидации максимального расчетного объема разлива нефти и нефтепродуктов с учетом применяемых для этих целей технологий, а также времени локализации разлива нефти и нефтепродуктов с момента обнаружения разлива нефти и нефтепродуктов или с момента поступления информации при разливе на поверхностных водных объектах (включая их водоохранные зоны) в течение 4 часов, при разливе на сухопутной части территории Российской Федерации - в течение 6 часов;

з) состав и порядок действий сил и средств собственных аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований, предназначенных для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов и аттестованных в установленном порядке, или привлеченных на договорной основе аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований, предназначенных для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов и аттестованных в установленном порядке, либо собственных аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований, предназначенных для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов и аттестованных в установленном порядке, и привлеченных на договорной основе аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных

формирований, предназначенных для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов и аттестованных в установленном порядке;

и) порядок привлечения дополнительных сил и средств для осуществления мероприятий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов при разливе нефти и нефтепродуктов в объеме, превышающем максимально расчетный объем разлива нефти и нефтепродуктов и не позволяющем обеспечить его устранение на основе плана предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;

к) схему оповещения, схему организации управления и связи при разливах нефти и нефтепродуктов;

л) мероприятия по организации временного хранения, транспортировки и утилизации собранной нефти и нефтепродуктов;

м) информацию об объеме работ по каждому из мероприятий, предусмотренных планом предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, которые необходимо провести для предупреждения и ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов. Такая информация указывается в случае, если мероприятия предусматривают собственные расходы эксплуатирующей организации на закупку необходимых материалов и оборудования или расходы на оплату работ (услуг) привлекаемых специализированных и экспертных организаций по локализации (ликвидации) разливов нефти и нефтепродуктов (включая расходы на оплату работ (услуг) аварийно-спасательных служб и аварийно-спасательных формирований);

н) информация о стоимости единицы объема работ (услуг) по каждому из мероприятий, предусмотренных планом предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, которые необходимо выполнить для предупреждения и ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов. Такая информация указывается, если мероприятия предусматривают собственные расходы эксплуатирующей организации на закупку необходимых материалов и

оборудования или расходы на оплату работ (услуг) привлекаемых специализированных и экспертных организаций по локализации (ликвидации) разливов нефти и нефтепродуктов (включая расходы на оплату работ (услуг) аварийно-спасательных служб и аварийно-спасательных формирований);

о) календарные планы оперативных мероприятий по ликвидации максимальных расчетных объемов разливов нефти и нефтепродуктов, с указанием этапов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, состоящих из работ по локализации разлива нефти и нефтепродуктов, сбору разлившихся нефти и нефтепродуктов до максимально достижимого уровня, обусловленного техническими характеристиками используемых специальных технических средств, размещению собранных нефти и нефтепродуктов для последующей их утилизации, исключаящему вторичное загрязнение производственных объектов и объектов окружающей природной среды.» [6]

Пример существующих мероприятий для устранения разлива показан на рисунке 9, данный план ЛАРН в Печорском море разработан Газпромом для платформы «Приразломная»

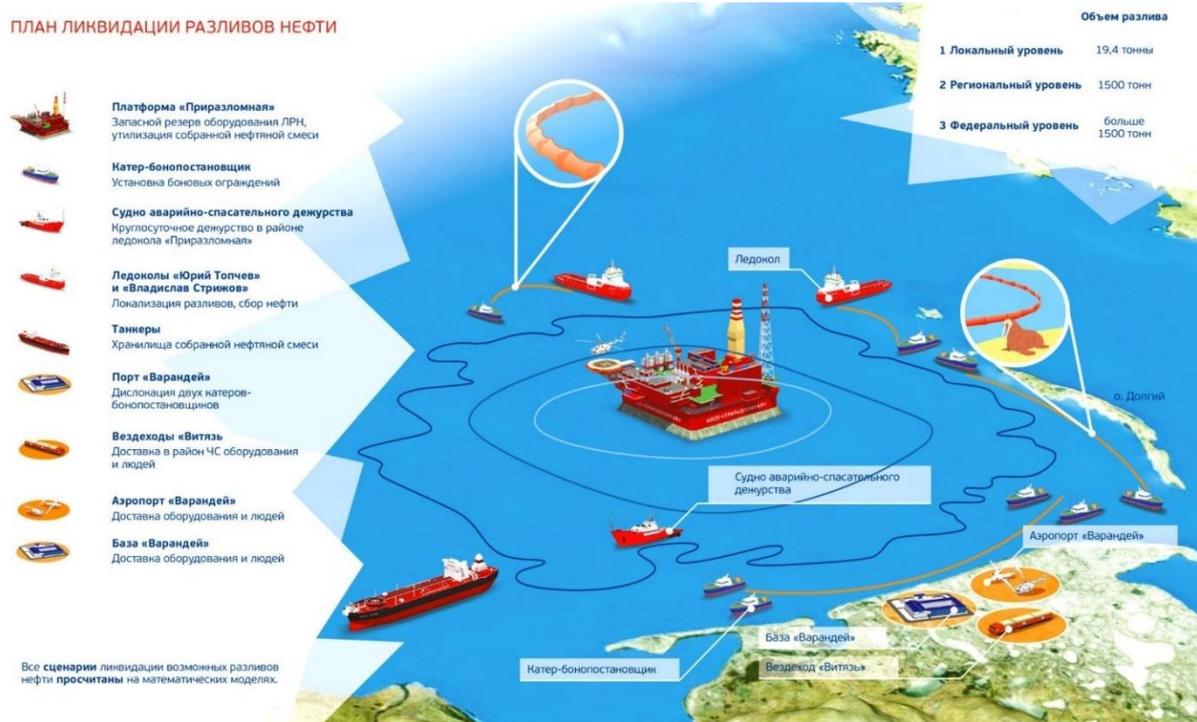


Рисунок 9 Иллюстрация плана ЛАРН для платформы "Приразломная"

1.6. Последствия разливов нефти

Опасность разливов нефти и их возможные экологические и другие последствия находятся в центре внимания общественных и государственных организаций. Разливы нефти на побережье приводят к серьезным экологическим, социально-культурным и экономическим последствиям, которые могут ощущаться на протяжении десятилетий. Минимизация таких последствий требует своевременного и эффективного реагирования, строгого контроля за нефтедобывающей деятельностью и реализацию планов по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций.

Экологические последствия

1. Повреждение морской и прибрежной экосистем:

- **Флора и фауна:** Разливы нефти оказывают разрушительное воздействие на морскую жизнь, включая рыб, птиц, морских млекопитающих и беспозвоночных. Нефть может покрывать перья и шкуры животных, что приводит к гибели от переохлаждения или отравления.

- **Растительность:** Нефть, попадая на прибрежные растения, может нарушить их способность к фотосинтезу и привести к их гибели.

2. Загрязнение воды и почвы:

- **Вода:** Нефть загрязняет воду, что снижает качество воды и делает ее непригодной для питья и обитания морских организмов.

- **Почва:** Нефтяные разливы могут проникать в прибрежные почвы, делая их непригодными для сельского хозяйства и других видов использования.

3. Нарушение пищевых цепочек:

- **Токсичные вещества из нефти** могут накапливаться в организме морских обитателей, что приводит к биомагнификации и отравлению животных на более высоких трофических уровнях, включая человека.

4. Долгосрочные эффекты:

- **Восстановление экосистем** может занять десятилетия, и некоторые виды могут полностью исчезнуть из пострадавших районов.

Социально-культурные последствия

1. Воздействие на местные сообщества:

- **Здоровье:** Нефтяные разливы могут вызывать респираторные и кожные заболевания у местных жителей, а также более серьезные хронические заболевания из-за длительного воздействия токсичных веществ.

- **Потеря источников пропитания:** Сообщества, зависящие от рыболовства и сбора морепродуктов, могут потерять свои основные источники пищи и дохода.

2. Культурные последствия:

- **Коренные народы:** Разливы нефти могут повредить священные земли и места, имеющие культурное и историческое значение для коренных народов.

- **Традиционный образ жизни:** Зависимость от морских ресурсов делает традиционный образ жизни невозможным, что ведет к культурной и социальной дезинтеграции.

3. Перемещение населения:

- В случае крупных разливов население может быть вынуждено покинуть свои дома из-за загрязнения и потери источников дохода.

Экономические последствия

1. Ущерб рыболовству и сельскому хозяйству:

- **Рыболовство:** Значительное сокращение уловов и уничтожение рыбных запасов ведет к экономическим потерям для рыболовных предприятий и рыбаков.

- Сельское хозяйство: Загрязнение почв нефтью делает сельскохозяйственные земли непригодными для выращивания культур.

2. Туризм:

- Потеря туристического дохода: Загрязнение пляжей и прибрежных зон снижает привлекательность туристических направлений, что ведет к потерям в гостиничном и ресторанном бизнесе, а также в сфере услуг.

3. Затраты на ликвидацию последствий:

- Очистка: Значительные средства требуются для очистки загрязненных территорий и восстановления экосистем.

- Компенсации: Выплаты компенсаций пострадавшим местным жителям и предприятиям также являются значительной статьей расходов.

2. Физико-географическое описание акватории Печорского моря

Географическое положение

Печорское море находится в юго-восточной части Баренцева моря, ограниченное с севера островами Вайгач и Новая Земля, а с юга — побережьем материка (рисунок 10). Оно является частью Арктического океана и расположено между 67° и 70° северной широты и 50° и 60° восточной долготы. Площадь моря составляет около 81 263 км², а максимальная глубина достигает 210 метров. Географическое положение Печорского моря делает его важным участком для транспортировки нефти из арктических месторождений на международные рынки.

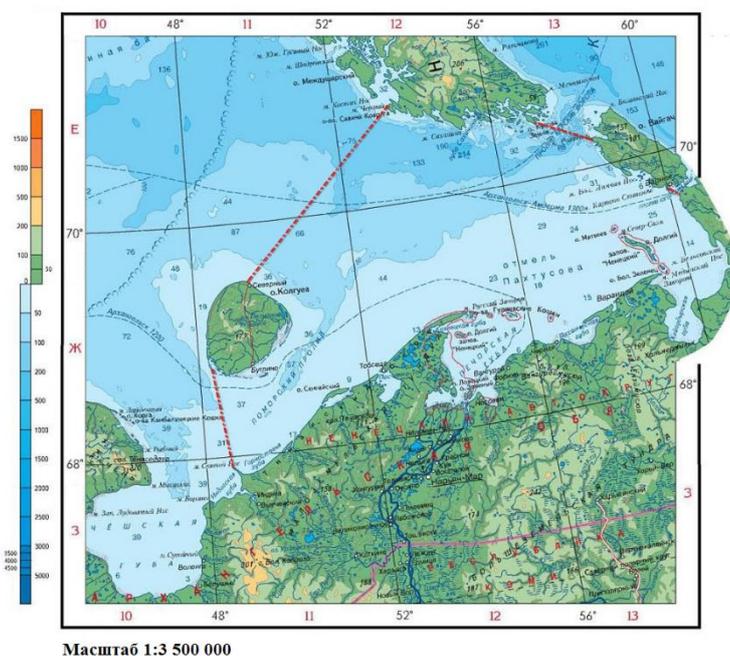


Рисунок 10 Печорское море на карте обведено красным пунктиром

Климатические условия

Печорское море характеризуется суровыми климатическими условиями. Климат региона арктический, с продолжительными холодными зимами и коротким летом.

Средняя температура воздуха зимой колеблется от $-17,6^{\circ}\text{C}$, а летом поднимается до 10°C .

Ледовый режим моря определяется сезонными колебаниями, с полным замерзанием зимой и частичным освобождением от льда летом. Ледовые условия существенно осложняют добычу и транспортировку нефти, увеличивая риски аварий и разливов.

Осадки в регионе распределяются неравномерно, с наибольшим количеством выпадающих в летний период. Годовое количество осадков составляет около 400-450 мм.

Ветер в Печорском море преимущественно северо-восточный и юго-западный, с частыми штормами в осенне-зимний период, что также влияет на условия проведения нефтедобычи и транспортировки.

Гидрологические условия

Температура и солёность воды

Температура воды в Печорском море варьируется от $-1,8^{\circ}\text{C}$ зимой до $+8^{\circ}\text{C}$ летом. Низкие температуры в зимний период приводят к образованию льда и требуют применения антикоррозионных материалов и технологий для защиты оборудования. Солёность воды также колеблется в зависимости от сезонных изменений и влияния пресных вод рек, впадающих в море. В среднем солёность составляет около 32-35‰, но вблизи устьев рек в летне-осенний период может снижаться до 20‰.

Распределение температуры и солёности на акватории Печорского моря представлено на рисунке 11. В зимний период заметно влияние ледового покрова на распределение температуры и солёности. В северной-западной части акватории, где ещё просматривается влияние тёплых течений, а влияние речного стока минимально температура поверхности воды выше нуля. Солёность в той части мало подвержена сезонным изменениям. В районе стока реки Печора поверхностные воды летом могут прогреваться сильнее чем воды основной части акватории. Так же в этом районе заметны сильные сезонные колебания солёности в поверхностном слое, воды речного стока заметно распресняют юго-восточной части акватории.

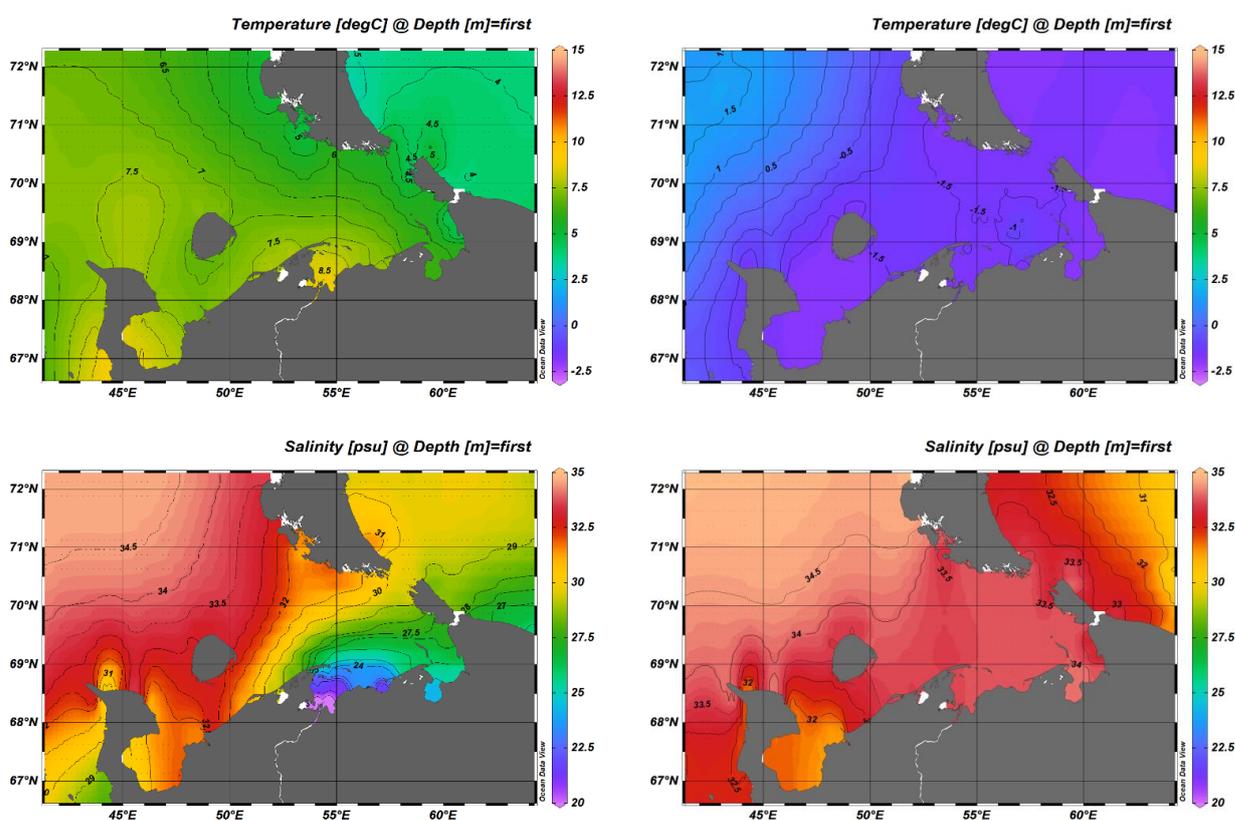


Рисунок 11 Распределение температуры и солёности на акватории Печорского моря

(слева в летний период, справа в зимний период)

Литолого-геоморфологическая характеристика побережья

Побережье Печорского моря обладает сложной литолого-геоморфологической структурой. Оно состоит из разнообразных ландшафтов,

включая низменные тундровые участки, песчаные и гравийные пляжи, а также скалистые обрывы. Основные типы пород включают песчаники, аргиллиты и алевролиты, образованные в мезозое и палеозое. Побережье характеризуется высокой динамичностью, обусловленной эрозионными процессами и воздействием морских волн.

Геоморфологически побережье Печорского моря включает в себя несколько типов берегов: абразионные, аккумулятивные и ледниково-моренные. Абразионные берега подвержены сильному разрушению волнами и приливами, в то время как аккумулятивные берега формируются за счет отложения песка и гравия. Ледниково-моренные берега содержат остатки древних ледниковых отложений, что влияет на их устойчивость и подверженность эрозии. Подробная карта-схема берегов представлена на рисунке 12.



Карта-схема морфологии и динамики берегов Печорского моря в XXI веке:
 Рельеф прибрежной суши: 1 – поймы и дельты рек (Q_{IV}); 2 – золово-морские (высотой до 10–12 м) и аллювиально-озерно-морские (высотой до 3,0–3,5 м) террасы (Q_{IV}); 3 – озерно-аллювиальные террасы высотой 5–20 м (Q_{III-IV}); 4 – денудационные равнины (Q_{II-III}) на рыхлых ледниковых, ледниково(ледово)-морских отложениях с фрагментами высоких морских террас; 5 – денудационные равнины (Q_{II-III}) на скальных породах с фрагментами цокольных морских террас. Типы берегов: 6 – абразионные (в скальных породах) с галечно-щебнистым пляжем; 7 – термоабразионные и абразионно-термоабразионные с песчано-галечным пляжем или валунной отмосткой; 8 – абразионные (в рыхлых породах) с песчаным или песчано-галечным пляжем; 9 – аккумулятивные с песчаным или песчано-галечным пляжем; 10 – дельтовые; 11 – лагуно-бухтовые. Элементы динамики береговой зоны: 12 – вдольбереговые потоки волновой энергии (толщина стрелки пропорциональна наносодвижущей силе); 13 – участки двухсторонних миграций наносов; 14 – прогнозные величины отступания берегов в XXI веке, м. Прочие обозначения: 15 – ветровые осушки; 16 – фрагменты затопленных речных долин; 17 – авандельты; 18 – отдельные выходы коренных пород; 19 – пояса дон.

Рисунок 12 Морфологическая карта береговой зоны Печорского моря

Характеристика биоразнообразия

Печорское море является домом для разнообразных биологических сообществ, включающих многочисленные виды рыб, млекопитающих, птиц и беспозвоночных. Биологическое разнообразие региона обусловлено уникальными гидрологическими условиями и ледовым режимом, создающими специфические экосистемы. В данном разделе содержится краткое описание, подробно видовой состав будет рассмотрен в практической части.

Ихтиофауна

В Печорском море обитает множество видов рыб, включая такие промысловые виды, как треска, сельдь. Некоторые виды рыб, такие как арктический омуль и нельма, являются эндемиками этого региона. Рыбные ресурсы Печорского моря имеют важное экономическое значение для местных сообществ.

Морские млекопитающие

Регион населен несколькими видами морских млекопитающих, включая белуху, нарвала, тюленей и моржей. Эти виды являются важной частью экосистемы, а также объектами традиционного промысла коренных народов. Морские млекопитающие чувствительны к изменениям в окружающей среде, включая загрязнение и изменение ледового режима.

Птицы

Побережье Печорского моря является важным местом гнездования для множества видов морских и прибрежных птиц. Среди них можно выделить гагу, кайру, чистика и различных чаек. Эти виды используют побережье и

прибрежные воды для кормления и размножения, что делает их уязвимыми к изменениям в экосистеме, вызванным нефтяной деятельностью.

Бентосные организмы

Бентосные сообщества Печорского моря включают многочисленные виды моллюсков, ракообразных и других беспозвоночных. Они играют ключевую роль в биогеохимических циклах и служат пищей для многих рыб и морских млекопитающих. Бентосные организмы особенно чувствительны к загрязнению осадков и изменениям качества воды.

Характеристика системы природопользования

Природопользование в Печорском море включает несколько основных видов деятельности: добычу нефти и газа, рыболовство, морскую транспортировку и традиционные промыслы коренных народов.

Нефтедобыча и транспортировка

Нефтедобыча и транспортировка являются основными видами хозяйственной деятельности в регионе, обеспечивая значительные экономические выгоды, но также создавая серьёзные экологические риски. Важные нефтяные месторождения, такие как Приразломное, разрабатываются на шельфе Печорского моря. Разливы нефти и их последствия представляют серьёзную угрозу для местных экосистем и биоразнообразия.

Рыболовство

Рыболовство является традиционной отраслью, важной для местных сообществ и региональной экономики. Основные промысловые виды рыб включают треску, пикшу и сельдь. Рыболовство также сталкивается с вызовами, связанными с изменением климата и воздействием нефтяной промышленности.

Традиционные промыслы коренных народов

Коренные народы региона, включая ненцев и коми, занимаются традиционными промыслами, такими как охота на морских млекопитающих, рыболовство и сбор дикоросов. Эти виды деятельности важны не только с экономической, но и с культурной точки зрения. Защита прав коренных народов и обеспечение их участия в управлении природными ресурсами являются ключевыми аспектами устойчивого природопользования.

Морская транспортировка

Морская транспортировка нефти и газа через Печорское море требует строгого контроля и регулирования для предотвращения аварий и загрязнений. Особое внимание уделяется безопасности морских судов и мониторингу состояния окружающей среды.

3. Обзор методик картирования экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при разливах нефти

Охрана окружающей среды и минимизация последствий разливов нефти становятся все более важными задачами. Одним из необходимых инструментов в решении этих задач является составление карт экологической чувствительности, которые позволяют определить уязвимые зоны и приоритеты, разработать эффективные стратегии защиты и ликвидации загрязнений.

Первая рассмотренная методика, предложенная Журавель и Чурсиной (2001) [10], сосредоточена на детальном анализе физико-географических и биологических характеристик прибрежных акваторий, с особым акцентом на типизацию береговых зон и определение границ ледового покрова. Эта методика предполагает использование фондовых и литературных источников, а также аэрокосмических снимков для создания карт, которые служат официальными документами для планирования мероприятий по защите от нефтяных загрязнений.

Постановка задачи

Картирование экологической чувствительности прибрежных зон относительно аварийных разливов нефти проводится с целью выявления прибрежных акваторий и участков побережья, уязвимых с экологической точки зрения и ценных с социально-экономической точки зрения, для первоочередной защиты от нефтяных загрязнений. Эти карты являются официальными документами и должны быть унифицированными и общедоступными. Карты интегральной уязвимости могут использоваться различными потребителями и в различных целях, начиная со стратегического планирования ЛРН, оптимизации

размещения инфраструктуры, логистической поддержки ликвидационных мероприятий и заканчивая принятием оперативных решений при проведении конкретных действий в случае локальной аварии.

Понятие экологической чувствительности

Экологическая чувствительность к нефтяному загрязнению обозначает степень уязвимости объектов оценки к данному антропогенному фактору. Оценка экологической чувствительности заключается в составлении системы приоритетов для защиты оцениваемых объектов от нефтяных загрязнений. Чувствительность определяется на основе:

1. Социально-экономической значимости объекта.
2. Биологической ценности объекта.
3. Геоморфологического строения объекта, влияющего на его физическую подверженность нефтяному загрязнению и способность к его удержанию.

Методика оценки и картирования

Сбор данных

Для составления карт используются:

- Публикации и архивные материалы по природным условиям прибрежного района.
- Данные геолого-экологических съемок.
- Информация из инженерно-экологических изысканий.
- Материалы СМИ по социальным, культурным и экономическим аспектам.

Специальные геолого-экологические исследования

Эти исследования включают:

- Изучение морфологии и динамики береговой зоны.
- Определение литологического состава отложений.
- Изучение береговых процессов.
- Исследование состояния наземных и водных экосистем.
- Изучение социально-экономического использования береговых зон.

Картографирование

Картирование осуществляется для районов с значительным риском нефтяных загрязнений и должно быть достаточно детализированным для планирования и управления защитными операциями. Для региональных карт масштаба 1:1 000 000 используется информация из фондовых и литературных источников и материалы аэрокосмической съемки. В случае недостаточной информации проводятся дополнительные исследования.

Характеристики карт

Картографированию подлежат:

- Границы береговых зон.
- Типы береговых зон.
- Розы ветров и направления прибрежных течений.
- Участки загрязнения береговых зон.
- Ледовый покров в зимний период.

- Биологические ресурсы (птицы, животные, рыбы, растительность).
- Области рыбного промысла и добычи морских животных.
- Объекты природопользования и культурные объекты.
- Участки акваторий с ограничениями на использование диспергентов, сжигание нефти и т.п.

Суммарный индекс чувствительности

Сводная оценка экологической чувствительности объекта проводится путем свертки оценок по категориям (социально-экономическая значимость, биологическая ценность, геоморфологическое строение) с заданными весовыми коэффициентами. В зависимости от значений индекса выделяются три уровня чувствительности (низкий, средний, высокий), которые отображаются на картах цветом.

Типизация береговых зон

Типизация проводится по степени подверженности нефтяному загрязнению, зависящей от гидродинамики, наклона приливной зоны, типа геологических пород и степени населенности растительностью и донными организмами. Выделено 10 типов береговых зон, от непроницаемых вертикальных до заросших растительностью низкоэнергетических зон.

Окончательный этап картирования включает выделение районов береговых зон по уровням уязвимости, которые отображаются на карте цветом. Карты чувствительности сопровождаются пояснительной запиской и составляются по сезонам: ледовый период, весна, лето, осень.

Обобщая вышесказанное картирование по данной методике, выполняется в 4 этапа:

1. Определение границ и типов береговых зон:

- Границы береговых зон, включая подводные склоны, приливно-отливные и прибойные зоны.
- Типы береговых зон по принятой классификации.
- Розы ветров и направления прибрежных течений.

2. Сбор и анализ данных:

- Использование фондовых и литературных источников, а также дешифровка аэрокосмических снимков.
- Проведение рекогносцировочных геолого-экологических исследований при недостатке информации.
- Для карт масштаба 1:100000 требуется проведение детальных геолого-экологических исследований.

3. Картографирование:

- Выделение участков загрязнения береговых зон.
- Определение границ ледового покрова и его характеристик.
- Отображение биологических ресурсов и природоохранных территорий.
- Учет социально-экономических объектов и областей рыбного промысла.
- Отображение участков, где запрещено применение диспергентов или сжигание нефти.

4. Оценка экологической чувствительности:

- Интеграция данных о социальной, экономической и биологической значимости объектов.

- Определение физической подверженности объектов нефтяному загрязнению и их способности удерживать загрязнения.
- Определение уровня уязвимости (низкая, средняя, высокая) и отображение на карте.

Вторая методика, рассмотренная в этом исследовании, которая была разработана Всемирным фондом дикой природы (WWF Oil Net) [11], так же фокусируется на создании карт интегральной уязвимости с целью разработки тактики и стратегии реагирования на разливы нефти. Эта методика подчеркивает важность соответствия тематическим картам определенного масштаба и запрещает механическое масштабирование карт для увеличения их детализации. Карты, созданные по данной методике, служат основой для принятия решений при ликвидации аварийных разливов нефти и разработке системы мониторинга и контроля.

Методика предназначена для создания карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов. Карты используются для планирования и выполнения ликвидационных мероприятий при аварийных разливах нефти. Карты интегральной уязвимости позволяют разработать эффективные стратегии защиты экосистем и минимизации ущерба от нефтяных загрязнений.

Основные этапы методики:

1. Принципы создания карт экологической уязвимости:
 - Соответствие тематическим картам: Карты должны соответствовать определенному масштабу и тематике, чтобы быть полезными для принятия решений.

- **Запрет на масштабирование:** Механическое изменение масштаба карт запрещено, так как это может привести к искажению информации.

2. Создание карт интегральной уязвимости:

- **Предназначение карт:** Основной целью карт интегральной уязвимости является разработка тактики и стратегии реагирования на разливы нефти.

- **Основа для принятия решений:** Карты служат основой для принятия оптимальных решений при ликвидации аварий.

3. Методологические подходы к оценке уязвимости:

- **Категории рассматриваемых объектов:** включают экосистемные компоненты, социально-экономические объекты и объекты инфраструктуры.

- **Требования к составу карт:** включают тематические слои с детальной информацией о каждом объекте.

- **Форма представления и порядок изложения материала:** Карты должны быть представлены в стандартном формате с четкими легендами и пояснениями.

4. Управление проектом и требования к разработчикам карт:

- **Квалификация разработчиков:** Разработчики карт должны обладать необходимыми знаниями и опытом в области экологического картирования и ликвидации разливов нефти.

- **Процесс управления проектом:** включает планирование, координацию и контроль выполнения работ.

5. Создание сезонных карт уязвимости:

- Выбор сезонов: Учет сезонных изменений в экосистемах для более точной оценки уязвимости.

- Тематические карты сезонного распределения: создаются для отображения изменений в экосистемах в разные сезоны.

6. Оценка уязвимости важных экосистемных компонентов (ВЭК):

- Группы рассматриваемых организмов: включают фитопланктон, зоопланктон, бентос, рыб, птиц и млекопитающих.

- Оценка уязвимости: анализируется уязвимость различных групп организмов к нефтяному загрязнению.

7. Разработка карт:

- Интегральные карты уязвимости: создаются путем интеграции данных о физической подверженности, экосистемной значимости и социально-экономической ценности объектов.

- Представление данных: Карты должны быть визуально понятными и содержать всю необходимую информацию для принятия решений.

Практическое применение:

- Планирование мероприятий: Карты используются для планирования мероприятий по защите и ликвидации последствий разливов нефти.

- Мониторинг и контроль: Разработка системы мониторинга и контроля за состоянием экосистем и оперативным реагированием на разливы нефти.

- Моделирование разливов: Прогнозирование распространения нефти с использованием моделей и оценка потенциальных последствий для экосистем.

Первая методика является более обобщённой и концентрируется на объекте оценки, а вторая более разнонаправлена и создана для коллективов со специалистами разных профилей. Методики имеют схожие цели и задачи, но отличаются в деталях реализации и подходах к созданию и использованию карт экологической чувствительности и уязвимости береговых зон. В данной работе, учитывая невозможность натурного исследования береговой зоны Печорского моря и ограниченность доступных данных, наиболее целесообразно использование первой методики, но с обращением ко второй методике за дополнительной информацией по выполнению отдельных этапов оценки.

4. Оценка экологической чувствительности прибрежной зоны акватории Печорского моря.

Основные данные, на основе которых была выполнена оценка показателей, взяты из проектной документации ООО «ГАЗПРОМ МОРСКИЕ ПРОЕКТЫ» [12] и карт из открытых источников.

В соответствии с методикой определения экологической чувствительности прибрежной зоны к разливам нефти (Журавель и Чурсина, 2001 [10]) при расчете чувствительности предварительно определены следующие числовые балльные значения (таблица 1):

Таблица 1 критерии оценивания чувствительности береговой зоны по методике Журавель и Чурсиной (2001)

Категории и показатели		Баллы
Природопользование		
Использование биологических и природных ресурсов местным населением	Области прибрежного рыболовства, добычи бентосной фауны, промысла морских животных, объекты марикультуры	2 балла
	Прибрежные источники пресной воды (прибрежная разгрузка грунтовых вод), прибрежные месторождения строительных материалов	1 балл
	Биологические и природные ресурсы не используются человеком	0 баллов
Социально-	Места культурного и исторического значения	2 балла

экономические и культурные аспекты	Промышленное оборудование, портовые сооружения и сооружения для спорта и отдыха	1 балл
	Социально-экономические и культурные объекты отсутствуют	0 баллов
Биологическая чувствительность		
Наличие редких и охраняемых видов	На территории встречается охраняемый вид с 1-ым или 2-ым охранным статусом, два охраняемых вида с 3-им охранным статусом	2 балла
	На территории встречается охраняемый вид с 3-им и 4-ым охранным статусом	1 балл
	На территории не встречаются охраняемые виды	0 баллов
Природоохранный статус территории	Международный охранный статус, государственный заповедник, биосферный заповедник	2 балла
	Другой природоохранный статус	1 балл
	Отсутствует	0 баллов
Области концентрации животных	Большие колонии птиц (более 100 птиц), области обитания сухопутных и морских животных (более 10 животных)	2 балла
	Колонии птиц (от 10 до 100 птиц), области обитания сухопутных и морских животных (менее 10 животных)	1 балл

	Колонии птиц (менее 10 птиц), единичные животные	0 баллов
Биологическое разнообразие	Критерий биологического разнообразия - более 0,7	2 балла
	Критерий биологического разнообразия от 0,3 до 0,7	1 балл
	Критерий биологического разнообразия - менее 0,3	0 баллов
Биологически важные территории	Территория воспроизводства и развития молодых организмов	2 балла
	Пути миграции зверей и (или) птиц	1 балл
	Территория не является биологически важной	0 баллов
Подверженность нефтяным загрязнениям		
Типы береговых зон по степени подверженности нефтяным загрязнениям	10-9 типы	3 балла
	7-8 типы	2 балла
	4 - 6 типы	1 балл
	1-3 типы	0 балл
Наличие ранее загрязненных территорий	Участки береговых зон с ранее выявленным загрязнением	1 балл
	Загрязнения отсутствуют	0 баллов

Первоначально, для применения методики необходимо разделить береговую зону исследуемого региона на произвольные 7 районов (рисунок 13).

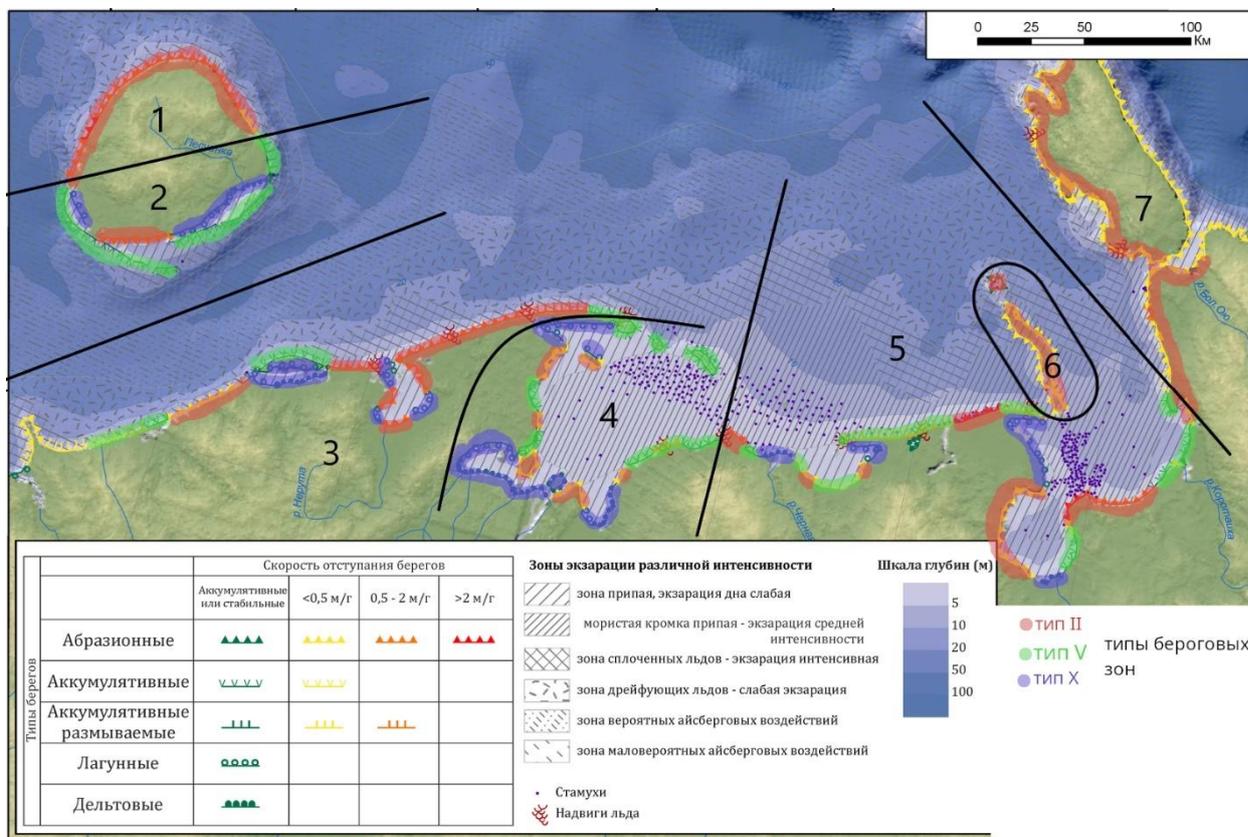


Рисунок 13 Карта акватории с обозначением рассматриваемых районов и выделением типа берега

Для каждого района будет рассчитан индекс экологической чувствительности по отношению к аварийным разливам нефти с учетом типов берегов, преобладающих для каждого конкретного региона. Затем будет построена карта уязвимости берегов к нефтяному разливу.

4.1. Оценивание показателей в категории «Природопользование»

Показатель «Использование биологических и природных ресурсов местным населением»

Для оценки этого показателя за использование природных ресурсов местным населением примем зоны традиционного природопользования (рисунок 14)



Рисунок 14 Промышленные зоны и территории активного экономического развития Ненецкого АО

Из представленных данных на рисунке 14 видно, что все районы кроме шестого содержат зоны традиционного природопользования, значит потенциально являются областями прибрежного рыболовства, добычи бентосной фауны, промысла морских животных. Следовательно, показатель «Использование биологических и природных ресурсов местным населением» может быть оценен в 2 балла для каждого района прибрежной зоны исследуемого региона кроме шестого, который получает оценку 0 баллов, так как по данным с рисунка 15 полезные ресурсы там отсутствуют (таблица 2).

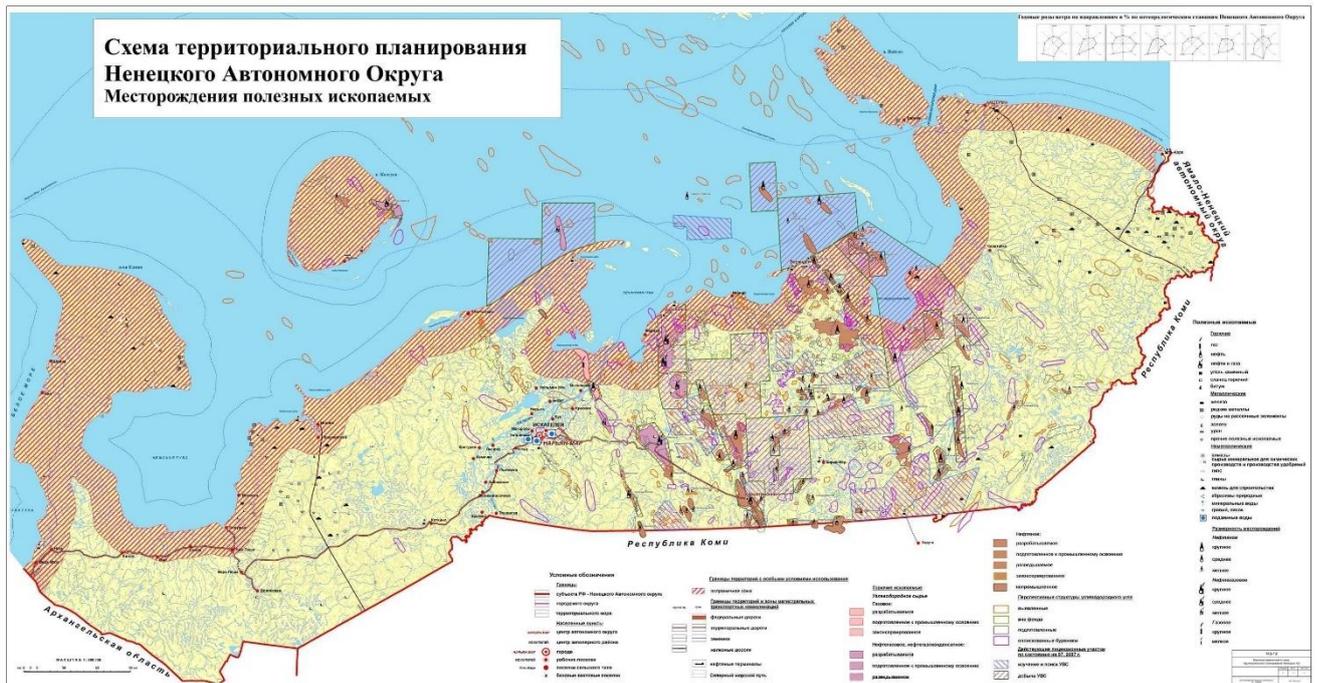


Рисунок 15 Схема месторождений полезных ископаемых Ненецкого АО

Таблица 2 Балльная оценка районов по показателю «использование биологических и природных ресурсов местным населением»

Район 1	2 балла
Район 2	2 балла
Район 3	2 балла
Район 4	2 балла
Район 5	2 балла
Район 6	0 баллов
Район 7	2 балла

Показатель «Социально-экономические и культурные аспекты»

По данным, представленным на рисунке 14, была выполнена следующая оценка показателей:

В районе 1 мест культурного и исторического значения нет, промышленного оборудования и портов нет, 0 баллов.

В районе 2 есть метеостанция, 1 балл.

В районе 3 есть метеостанция, 1 балл.

В районе 4 есть метеостанция, 1 балл.

В районе 5 есть метеостанция, портовые сооружения посёлка Варандей, нефтепровод, 1 балл.

В районе 6 мест культурного и исторического значения нет, промышленного оборудования и портов нет, 0 баллов.

В районе 7 мест культурного и исторического значения нет, промышленного оборудования и портов нет, 0 баллов.

Районы с минимальным присутствием человека получили в ходе оценки по 0 баллов, в остальных районах, с 1 баллом, присутствуют важные антропогенные объекты, но не культурно или исторически значимые (таблица 3).

Таблица 3 Балльная оценка районов по показателю «социально-экономические и культурные аспекты»

Район 1	0 баллов
Район 2	1 балл
Район 3	1 балл
Район 4	1 балл
Район 5	1 балл
Район 6	0 баллов
Район 7	0 баллов

4.2. Оценивание показателей в категории «Биологическая чувствительность»

Для оценки показателей, которые требуют обзора данных по составу и численности местной фауны, будут учтены млекопитающие и птицы для каждого района отдельно, а донные организмы и рыбы будут учтены для всей акватории без разделения на районы.

Бентос

В 2022 и 2023 годах отмечено 111 таксонов бентосных организмов в пределах акватории, среди них отмечено 46 видов многощетинковых червей, 35 видов моллюсков и 22 вида ракообразных. Точного видового перечня нет [12].

Ихтиофауна

В таблице 4 перечислены 10 видов рыб, встречающихся на акватории Печорского моря

Таблица 4 Ихтиофауна Печорского моря [12]

1.	Сельдь чешско-печорская <i>Clupea pallasii</i> Valenciennes 1847
2.	Навага <i>Eleginus nawaga</i> (Walbaum 1792)
3.	Атлантическая треска <i>Gadus morhua</i> Linnaeus 1758
4.	Европейский керчак <i>Muohoscephalus scorpius</i> (Linnaeus 1758)
5.	Арктический шлемоносный бычок <i>Gymnocanthus tricuspis</i> (Reinhardt 1830)
6.	Пятнистая зубатка <i>Anarhichas minor</i> Olafsen 1772
7.	Камбала-ёрш <i>Hippoglossoides platessoides</i> (Fabricius 1780)
8.	Лиманда, ершоватка <i>Limanda limanda</i> (Linnaeus 1758)
9.	Полярная камбала <i>Liopsetta glacialis</i> (Pallas 1776)
10.	Морская камбала <i>Pleuronectes platessa</i> Linnaeus 1758

Млекопитающие

В пределах акватории Печорского моря и соседних акваториях обитают семь видов морских млекопитающих, два из них имеют природоохранный статус (таблица 5)

Таблица 5 Млекопитающие, обитающие в пределах акватории Печорского моря или в соседних акваториях

Виды	Охранный статус
1. Кольчатая нерпа	
2. Морж	Местный подвид в КК РФ
3. Белуха <i>Delphinapterus leucas</i>	
4. Усатый кит	
5. Тюлень	
6. Малый полосатик <i>Balaenoptera acutorostrata</i>	
7. Обыкновенная морская свинья <i>Phocoena phocoena</i>	КК РФ 1

Орнитофауна

В таблице 6 представлены птицы, зарегистрированные в пределах акватории Печорского моря или в соседних акваториях, из которых три вида имеют природоохранный статус.

Таблица 6 Орнитофауна, зарегистрированная в пределах акватории Печорского моря или в соседних акваториях [12]

Отряд	Вид	Охранный статус
Гагарообразные (<i>Gaviiformes</i>)	1. Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i>	
Трубноносые (<i>Procellariiformes</i>)	2. Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	

Гусеобразные (Anseriformes)	3. Белощёкая казарка <i>Branta leucopsis</i>	
	4. Чёрная казарка <i>Branta bernicla</i>	
	5. Белолобый гусь <i>Anser albifrons</i>	
	6. Малый лебедь <i>Cygnus bewickii</i>	КК РФ 3
	7. Синьга <i>Melanitta nigra</i>	
	8. Н/в утка	
	9. Обыкновенная гага <i>Somateria mollissima</i>	КК НАО 4
	10. Гага-ребенушка <i>Somateria spectabilis</i>	КК НАО Ос. Вним
Ржанкообразные (Charadriiformes)	11. Галстучник <i>Charadrius hiaticula</i>	
	12. Камнешарка <i>Arenaria interpres</i>	
	13. Чернозобик <i>Calidris alpina</i>	
	14. Н/в бекасовид	
	15. Средний поморник <i>Stercorarius pomarinus</i>	
	16. Короткохвостый поморник <i>Stercorarius parasiticus</i>	
	17. Длиннохвостый поморник <i>Stercorarius longicaudus</i>	

	18. Моёвка <i>Rissa tridactyla</i>	
	19. Озёрная чайка <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	
	20. Серебристая чайка <i>Larus argentatus</i>	
	21. Хаели <i>Larus heuglini</i>	
	22. Бургомистр <i>Larus hyperboreus</i>	
	23. Сизая чайка <i>Larus canus</i>	
	24. Полярная крачка <i>Sterna paradisaea</i>	
	25. Речная крачка <i>Sterna hirundo</i>	
	26. Тонкоклювая кайра <i>Uria aalge hyperborea</i>	
	27. Толстоклювая кайра <i>Uria lomvia</i>	
	28. Чистик <i>Cerphus grylle</i>	
Воробьинообразные (Passeriformes)	29. Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i>	
	30. Рогатый Жаворонок <i>Eremophila alpestris</i>	

Показатель «Наличие редких и охраняемых видов»

Так как, согласно рисунку 16, обыкновенная морская свинья (КК РФ 1) относится к видам, встреченным за пределами Печорского моря (рисунок 16), а местный вид моржей (рисунок 17) хоть и внесён в КК РФ, но не имеет охранного статуса, то вероятно, на акватории нет видов первого или второго охранного статуса.

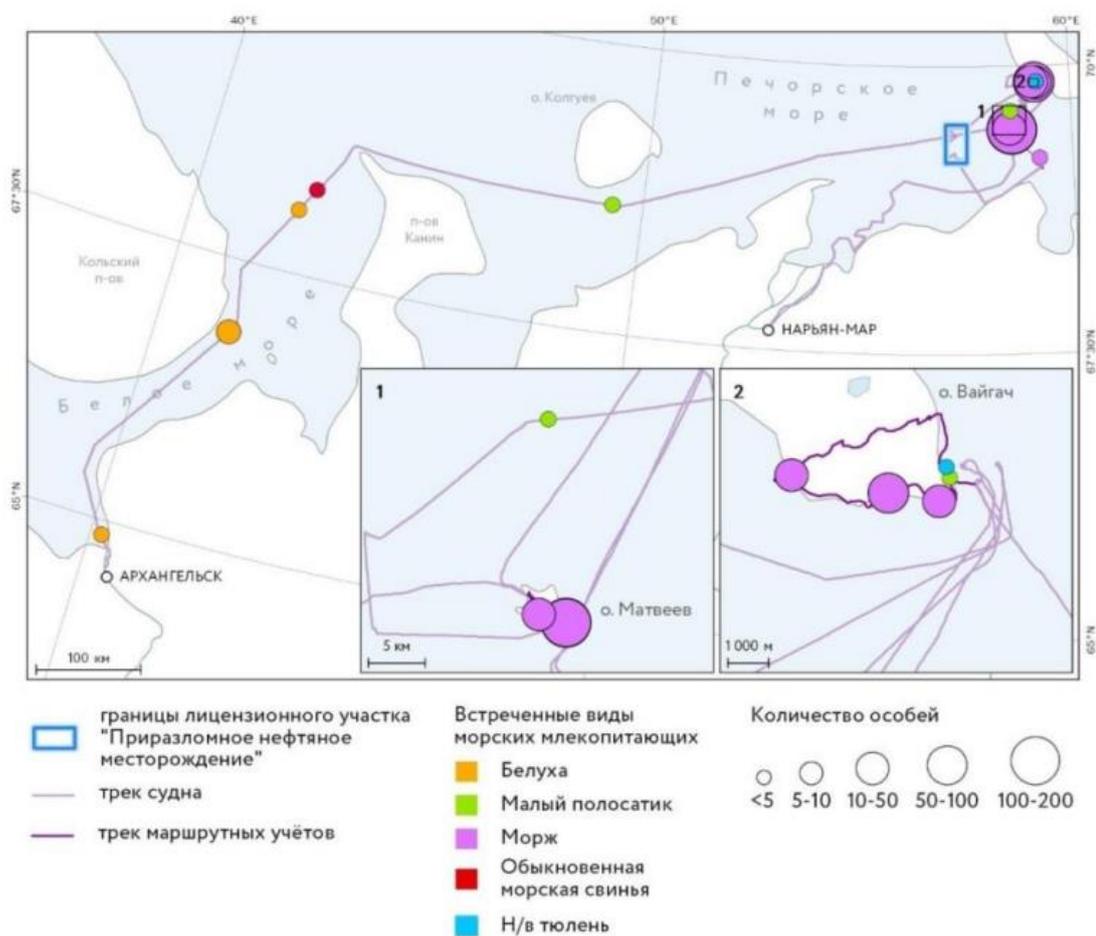


Рисунок 16 Места встреч морских млекопитающих в июле 2022г. [12]

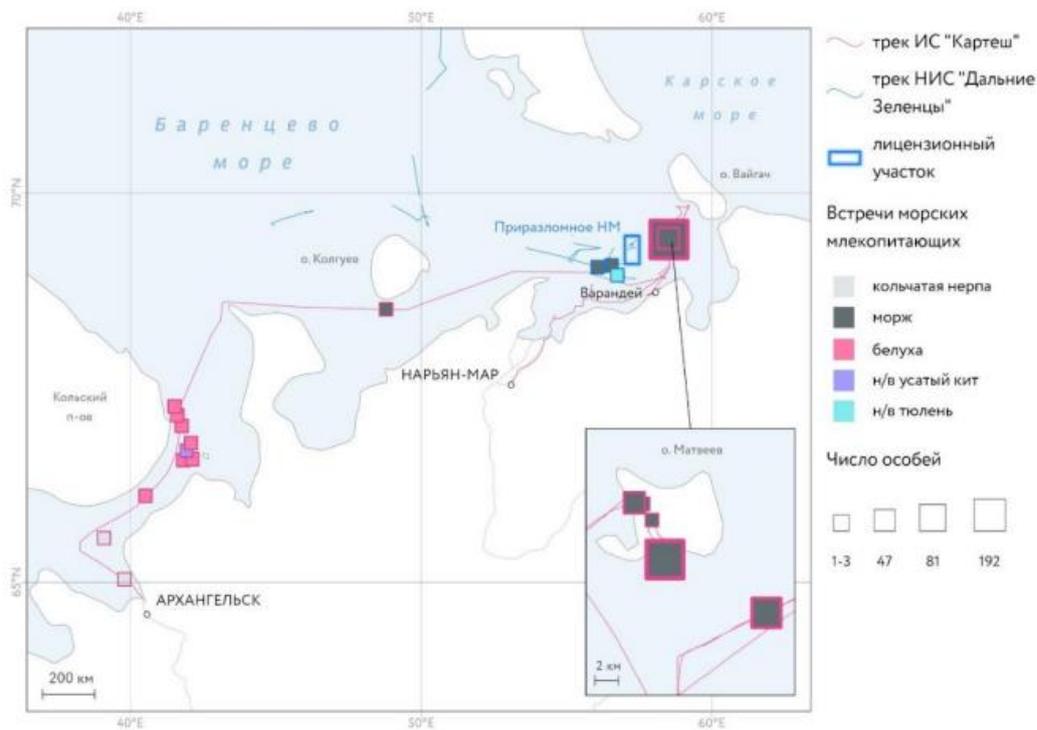


Рисунок 17 Места встреч морских млекопитающих в июне 2023г. [12]

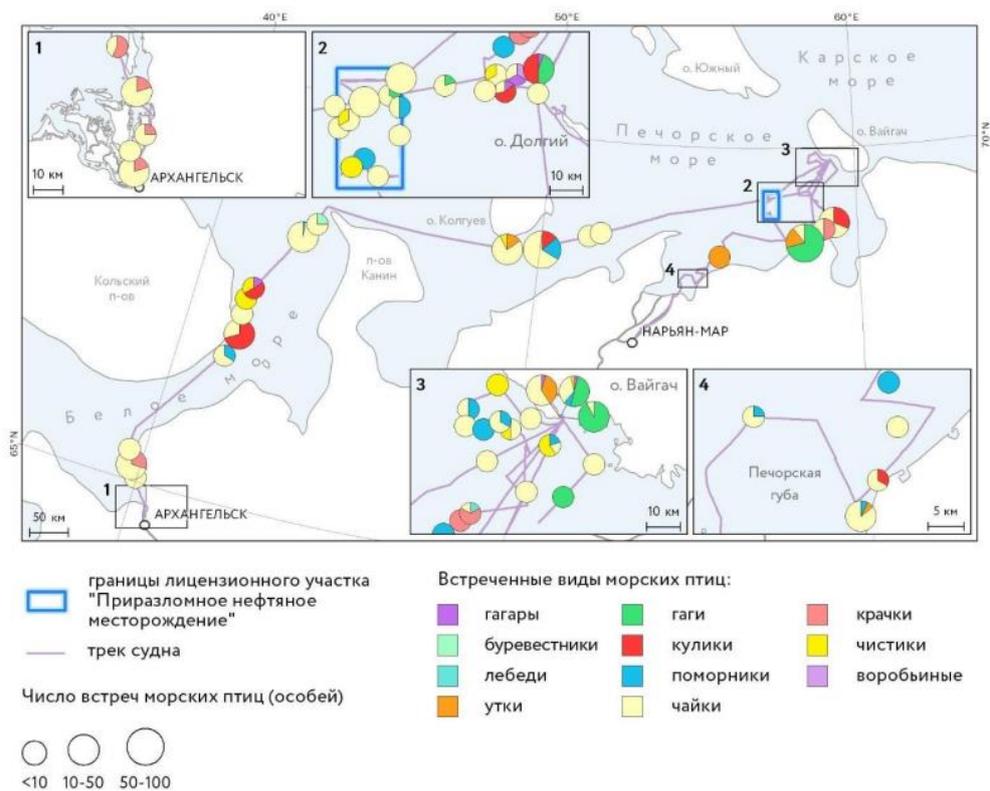


Рисунок 18 Судовые орнитологические учёты в июле 2022 г [12]

Малые лебеди (КК РФ 3) отмечались между островом Вайгач и островом Долгий (рисунок 18), значит могут присутствовать в 5,6 и 7 районах. Так как малые лебеди относятся к охраняемому виду 3, то данный показатель оценивается в 1 балл.

Результат оценки показателя «Наличие редких и охраняемых видов» представлены в таблице 7

Таблица 7 Балльная оценка районов по показателю «наличию редких и охраняемых видов»

Район 1	0 баллов
Район 2	0 баллов
Район 3	0 баллов
Район 4	0 баллов
Район 5	1 балл
Район 6	1 балл
Район 7	1балл

Показатель «Природоохранный статус территории»

По данным, представленным на рисунке 14, была выполнена следующая оценка показателей:

В районе 1 природоохранных зон нет, 0 баллов.

В районе 2 есть проект государственного природного заказника, 1 балл.

В районе 3 есть государственный природный заповедник, 2 балла.

В районе 4 есть государственные природные заповедники, 2 балла.

В районе 5 есть государственные природные заповедники, 2 балла.

В районе 6 есть государственный природный заповедник, 2 балла.

В районе 7 есть государственный природный заказник, 1 балл.

На большей части береговой зоны есть природоохранные территории, за исключением первого района, который получил 0 баллов (таблица 8).

Таблица 8 Балльная оценка районов по показателю «природоохранный статус территории»

Район 1	0 баллов
Район 2	1 балл
Район 3	2 балла
Район 4	2 балла
Район 5	2 балла
Район 6	2 балла
Район 7	1 балл

Показатель «Области концентрации животных»

Большие колонии птиц наблюдаются в районе островов Колгуев, Долгий, Вайгач и посёлка Варандей, следовательно районы 1,2,3,5,6,7, получают оценку 2 балла по данному показателю. Колонии птиц меньшего размера наблюдаются в области печорской губы, район 4, 1 балл. (рисунок 17) (таблица 9)

Таблица 9 Балльная оценка районов по показателю «области концентрации животных»

Район 1	2 балла
Район 2	2 балла
Район 3	2 балла
Район 4	1 балл
Район 5	2 балла
Район 6	2 балла
Район 7	2 балла

Показатель «Биологическое разнообразие»

Для определения биологического разнообразия используется критерий биологического разнообразия К, который определяется как расчетная величина соотношения суммарного количества видов животных на исследуемой

территории к максимальному количеству видов, обитающих в береговой зоне моря.

С учётом того, что данные по распределению бентосных организмов и ихтиофауны на акватории не доступны, а распределение орнитофауны известно только для рода, расчёт выглядит следующим образом:

$K = (\text{количество родов орнитофауны в районе} + \text{виды млекопитающих в районе} + \text{бентос} + \text{ихтиофауна}) / \text{Максимальное Количество видов}$

В расчёте Максимальное Количество видов учтены также и виды с акватории Белого моря

Максимальное Количество видов = орнитофауна + млекопитающие + бентос + ихтиофауна. = $11+7+111+ 10 = 139$

Основываясь на данных, представленных на рисунках 16,17,18, были рассчитаны следующие критерии биологического разнообразия:

Район исследования	Орнитофауна (кол-во родов)	Млекопитающие (кол-во родов)	Критерий биологического разнообразия K
Район 1	4	0	0,9
Район 2	4	2	0,9
Район 3	4	0	0,9
Район 4	4	0	0,9
Район 5	10	0	0,9
Район 6	11	2	1
Район 7	8	3	0,9

Все районы без исключения получают по 2 балла (таблица 10)

Таблица 10 Балльная оценка районов по показателю «биологическое разнообразие»

Район 1	2 балла
Район 2	2 балла
Район 3	2 балла
Район 4	2 балла
Район 5	2 балла
Район 6	2 балла
Район 7	2 балла

Показатель «Биологически важные территории»

Гаги двух видов наблюдались у западных берегов острова Вайгач [14], там же обитают самки моржей, которые приносят потомство [13]. Район номер семь, в котором расположен остров Вайгач, получает 2 балла (Таблица 11), как территория воспроизводства и развития молодых организмов.

Таблица 11 Балльная оценка районов по показателю "биологически важные территории"

Район 1	0 баллов
Район 2	0 баллов
Район 3	0 баллов
Район 4	0 баллов
Район 5	0 баллов
Район 6	0 баллов
Район 7	2 балла

4.3. **Оценивание показателей в категории «Подверженность нефтяным загрязнениям»**

Показатель «Типы береговых зон по степени подверженности нефтяным загрязнениям»

По данным, представленным на рисунке 13, характеризующим преобладающие типы берегов, была выполнена следующая оценка показателей

В районе 1 преобладает тип II, 0 баллов

В районе 2 преобладает тип V, 1 балл

В районе 3 преобладает тип II, 0 баллов

В районе 4 преобладает тип X, 3 балла

В районе 5 нет преобладающего типа, выбран самый уязвимый тип X, 3 балла

В районе 6 преобладает тип II, 0 баллов

В районе 7 преобладает тип II, 0 баллов

На акватории преобладает наименее уязвимый, из представленных, тип берега II (таблица 12)

Таблица 12 Балльная оценка районов по степени подверженности береговых зон нефтяным загрязнениям

Район 1	0 баллов
Район 2	1 балл
Район 3	0 баллов
Район 4	3 балла
Район 5	3 балла
Район 6	0 баллов
Район 7	0 баллов

Показатель «Наличие ранее загрязненных территорий»

Доступных данных о загрязнении нет, следовательно все район получают 0 баллов

4.4. Расчёт индекса экологической чувствительности к разливам нефти районов исследования

Индекс экологической чувствительности для каждой категории вычисляется путем суммирования баллов чувствительности входящих в него показателей:

$$ESI(k) = \sum P(i),$$

где: ESI (k) - индекс чувствительности для k-ой категории, k - категория чувствительности (k = 1,2,3,) P(i) - соответственно показатель, определяющих k-ю категорию: балльная оценка показателей

Результаты расчета индекса экологической чувствительности для каждой категории представлены в таблицах 13, 14, 15.

Таблица 13 Индексы экологической чувствительности для категории «природопользование»

№	ESI (1)
район 1	2
район 2	3
район 3	3
район 4	3
район 5	3
район 6	0
район 7	2

Таблица 14 Индексы экологической чувствительности для категории «биологическая чувствительность»

№	ESI (2)
район 1	4
район 2	5
район 3	6
район 4	5
район 5	7
район 6	7
район 7	8

Таблица 15 Индексы экологической чувствительности для категории «подверженность нефтяным загрязнениям»

№	ESI (3)
район 1	0
район 2	1
район 3	0
район 4	3
район 5	3
район 6	0
район 7	0

Сводный индекс чувствительности объекта вычисляется как взвешенная сумма частных индексов:

$$ESI = \sum w(k) * ESI(k)$$

Где: ESI - сводный индекс чувствительности объекта, w_k - вес k-й категории.

Вес категории:

- с учетом первостепенной важности защиты образа жизни и хозяйственной деятельности местного населения, использующего ресурсы береговой зоны (рыболовство, марикультура), наивысший коэффициент - 2,0 - присваивается категории "природопользование";

- категория "биологическая чувствительность" принимается к оценке с коэффициентом 1,75;

- для категории "подверженность нефтяным загрязнениям" устанавливается коэффициент 1,5.

Полученные сводные индексы чувствительности используются как:

- взвешивающие коэффициенты при обработке результатов моделирования распространения разливов нефти для определения экологического риска загрязнений с учетом объемов и вероятностей появления нефти на границе участков береговых линий;
- основы для определения приоритетов защиты береговых линий по уровню их уязвимости. Уровни уязвимости территорий к нефтяному загрязнению определяются как:

низкая - от 0 до 5,25 баллов;

средняя - от 5,25 до 15,75 баллов;

высокая - от 15,75 до 31,5 баллов, причем первоочередной защите

подлежат участки береговой зоны с высоким уровнем уязвимости.

Результаты расчета сводного индекса экологической чувствительности объекта в каждом районе исследования представлены в таблице 16.

Таблица 16 Сводные индексы чувствительности районов

№ района	ESI	Уровень уязвимости
район 1	11	Средняя
район 2	16,25	Высокая
район 3	16,5	Высокая
район 4	19,25	Высокая
район 5	22,75	Высокая
район 6	12,25	Средняя
район 7	18	Высокая

Из таблицы 16 видно, что все районы, кроме первого и шестого, имеют высокую экологическую уязвимость к нефтяному загрязнению. Первый и шестой районы исследования имеют среднюю уязвимость, что связано с минимальной антропогенной деятельностью и наличием хрупких экосистем

На карте в графическом отображении целесообразно добавить дополнительный уровень уязвимости, который позволит выделить зоны, требующие особого внимания, среди района с высокой уязвимостью. В качестве таких зон выделены лагуны и дельты рек, так как они потенциально высоко биопродуктивны, а следовательно, наиболее уязвимы.

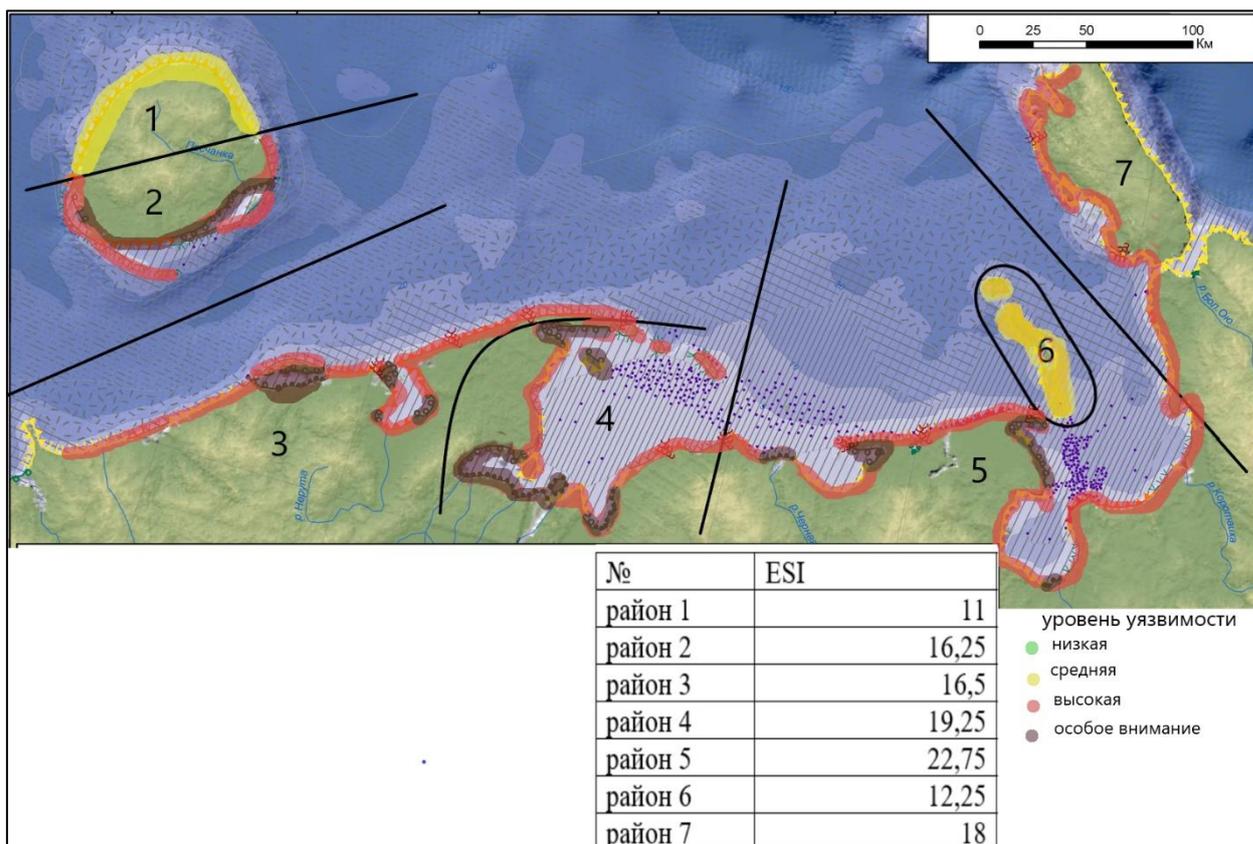


Рисунок 19 Карта экологической уязвимости береговой зоны Печорского моря

Рекомендации:

В качестве рекомендации по уменьшению ущерба от нефтяных разливов, можно предложить обустроить сеть станций контроля за состоянием окружающей среды в наиболее уязвимых районах, которые позволят оперативно реагировать на угрозу нефтяного загрязнения. Так же необходимо принять меры по снижению уровня уязвимости районов, к примеру, защитить важные портовые и жилые объекты в районе №5.

Заключение

Печорское море, расположенное в юго-восточной части Баренцева моря, является важным объектом для добычи и транспортировки углеводородов. Географическое положение региона делает его стратегически важным для транспортировки нефти из арктических месторождений на международные рынки. Однако ледовый режим моря и суровые климатические условия существенно влияют на процесс проведения нефтедобычи и транспортировки, увеличивая риски аварий и разливов. В связи с этим, требуется применение специальных методов для обеспечения безопасности и минимизации экологического воздействия. В данной работе был использован метод расчёта индекса экологической чувствительности прибрежной зоны к нефтяному загрязнению и картирование побережья, для выявления наиболее уязвимых участков.

Результаты работы показали, что подавляющая часть береговой зоны высоко уязвима перед загрязнением. В первую очередь защиты требует район номер пять, который содержит несколько посёлков, обширные территории традиционного природопользования и портово-промышленные сооружения. Следующий по уязвимости район Печорской губы – это район номер четыре, где больше половины территории занимают природоохранные зоны. Далее по степени уязвимости идет район номер семь, в который входит остров Вайгач, являющийся природоохранной территорией с обширными лежбищами местного редкого вида атлантических моржей, входящих в красную книгу России. Последние высоко уязвимые районы три и два по индексу чувствительности находятся рядом, их уровень уязвимости в основном обусловлен природоохранными территориями и областями традиционного природопользования.

Районы со средней уязвимостью к нефтяному загрязнению — это район номер шесть, включающий остров Долгий и острова рядом с ним, и район номер один – северная часть острова Колгуев. Их уязвимость перед нефтяным

загрязнением заключается главным образом в биологической чувствительности.

Практическая значимость результатов исследования и оценки заключается в выявлении наиболее уязвимых зон берега акватории Печорского моря. Карту, построенную на основе результатов этой оценки, можно использовать в качестве справочного материала для разработки ПЛАРН и более эффективного противодействия нефтяным разливам.

Список литературы

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Выброс_нефти_из_танкера_«Эксон_Валдиз» дата обращения 20.05.2024
2. Всемирный фонд дикой природы, 2007. Разливы нефти проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в арктический морях. Nuka Research and Planning Group, LLC – 33с.
3. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: в 2-х т. 2-е изд. переработанное и дополненное. – т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия.– М.: изд-во ВНИРО, 2017.– 326 с.
4. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). – М. Монография, 2013. – С. 432.
5. Постановления Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 №2451 "Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями). (С изменениями и дополнениями от 11.12.2023).
6. Павлидис Ю. А., Никифоров С. Л., Огородов С. А., Тарасов Г. А. Печорское море: прошлое, настоящее, будущее // Океанология : научный журнал. — М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2007. — Т. 47, № 6. — С. 927—939.
7. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. М., Изд-во МГУ, 192 с. – 1982
8. Noaa. World Ocean Atlas 2023 Data <https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-atlas-2023/>

9. Айбулатов Н. А., Андреева Е. Н., Артемьев А. В. и др. Печорское море. Системные исследования (гидрофизика, оптика, биология, химия, геология, экология, социо-экономические проблемы) / Под ред. Е.А. Романкевича, А.П. Лисицина, М.Е. Виноградова, Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова РАН и др, 2003 г., 486 с

10. Журавель и Чурсина, 2001 в Кононенко М.Р., Шилин М.Б. Стратегии планирования в комплексном управлении прибрежной зоной. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2003. - 152 с.

11. Я.Ю. Блиновская (Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского); М.В. Гаврило (Национальный парк «Русская Арктика»); Н.В. Дмитриев, В.Б. Погребов, А.Ю. Пузаченко, С.М. Усенков (ЗАО «ЭКОПРОЕКТ»); А.Ю. Книжников, М.А. Пухова (WWF России); М.Б. Шилин (Российский государственный гидрометеорологический университет); Г.Н. Семанов (ЦНИИ Морского флота).«Методические подходы» к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов.— Владивосток — Москва — Мурманск — Санкт-Петербург, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012.— 60 с

12. ООО «ГАЗПРОМ МОРСКИЕ ПРОЕКТЫ» Эксплуатационная добывающая скважина p13 на нефтяном месторождении приразломное с млсп группа скважин № 4 проектная документация 2024 – 289с.

13. Ануфриев, В. В. (2006). Орнитофауна островов Печорского моря. Arctic Environmental Research, (1), 70-79.

14. РИА новости «В Печорском море худеют и исчезают моржи» <https://ria.ru/20200904/morzhi-1576687458.html> дата обращения 26.05.2024

15. Остров Вайгач. Притяжение Арктики. Вайгач – место отдыха сотен тысяч птиц в ходе сезонных миграций.
<https://goarctic.ru/news/ostrov-vaygach-prityazhenie-arktiki/> дата обращения 26.05.2024