

Арктика и Север. 2026. № 62. С. 14–33.

Научная статья

УДК [338.28:622.276.04](985)(045)

DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2026.62.14>

Управление рисками планирования и реализации проектов разработки нефтегазовых месторождений северных морей

Корчагин Станислав Павлович^{1✉}, студент

Корчагин Максим Павлович²

Крук Марина Николаевна, кандидат экономических наук, доцент

^{1,3} Санкт-Петербургский Горный университет, набережная Лейтенанта Шмидта, 45, Санкт-Петербург, Россия

² ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск», ул. Курильская, 40, Южно-Сахалинск, Россия

¹ kcp02@mail.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0868-0156>

² kpojuk55rus@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3372-2224>

³ marina_kruk@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4921-2496>

Аннотация. Углеводородные запасы на суше с каждым днём утрачивают свою значимость из-за их истощения и возрастающей сложности добычи. В связи с этим всё большее внимание уделяется шельфовым проектам, которые становятся ключевым направлением развития нефтегазовой отрасли. Несмотря на сложности обустройства и разработки месторождений углеводородного сырья на шельфе, включая высокие затраты, экологические риски и технологические вызовы, нефтегазовые компании продолжают активно инвестировать средства в развитие техники и технологий добычи в морских условиях. Все этапы разработки месторождений на шельфе сопряжены с большим количеством рисков, таких как сложные климатические условия, технические аварии и экологические угрозы, в связи с чем специалисты стараются определить наиболее эффективные варианты обустройства, дальнейшей разработки месторождений и проектирования системы сбора и подготовки продукции. Особенно это касается северных регионов, где суровый климат и удалённость инфраструктуры требуют особого подхода. В таких условиях вероятность ошибки должна быть сведена к минимуму, именно поэтому обязательным является анализ потенциальных рисков проекта освоения шельфа. В данной работе представлен анализ существующих мировых практик оценки и идентификации рисков, с которыми сталкиваются нефтегазовые компании при выборе проектов обустройства и разработки месторождений как на суше, так и на шельфе.

Ключевые слова: *риск, шельф, нефтегазовые месторождения, управление рисками*

Risk Management in Planning and Implementation of Oil and Gas Field Development Projects in the Northern Seas

Stanislav P. Korchagin^{1✉}, Student

Maksim P. Korchagin²

Marina N. Kruk³, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor

^{1,3} Saint Petersburg Mining University, naberezhnaya Leitenant Schmidta, 45, Saint Petersburg, Russia

² Gazprom Dobycha Shelf Yuzhno-Sakhalinsk LLC, ul. Kuril'skaya, 40, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

* © Корчагин С.П., Корчагин М.П., Крук М.Н., 2026

Для цитирования: Корчагин С.П., Корчагин М.П., Крук М.Н. Управление рисками планирования и реализации проектов разработки нефтегазовых месторождений северных морей // Арктика и Север. 2026; 62: 14–33. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2026.62.14>

For citation: Korchagin S.P., Korchagin M.P., Kruk M.N. Risk Management in Planning and Implementation of Oil and Gas Field Development Projects in the Northern Seas. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2026; 62: 14–33. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2026.62.14>



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

¹ kcp02@mail.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0868-0156>

² kpojuk55rus@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3372-2224>

³ marina_kruk@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4921-2496>

Abstract. Onshore hydrocarbon reserves are becoming less significant every day due to their depletion and the increasing complexity of extraction. In this regard, more and more attention is being paid to offshore projects, which are becoming a key area of oil and gas industry development. Despite the complexities of offshore hydrocarbon field development, including high costs, environmental risks and technological challenges, oil and gas companies continue to actively invest in the development of offshore extraction techniques and technologies. All stages of offshore field development involve a number of risks, such as harsh climatic conditions, technical accidents and environmental threats. Experts are trying to identify the most effective options for development, further field exploitation and the design of production gathering and processing systems. This is especially true in northern regions, where the harsh climate and remoteness of infrastructure require a special approach. In such conditions, the probability of error should be minimized, which is why it is essential to analyze the potential risks of a shelf development project. This paper presents an assessment of existing global practices for evaluating and identifying the risks faced by oil and gas companies when selecting onshore and offshore field development projects.

Keywords: *risk, offshore, oil and gas fields, risk management*

Введение

В настоящее время разведанные запасы углеводородов (УВ) в мире истощаются с каждым годом. Растёт популярность источников возобновляемой энергии, водородной энергетики, однако интерес к шельфовым месторождениям остаётся на том же уровне. Мировая тенденция такова, что добыча углеводородного сырья постепенно перемещается с континента на шельф, где расположено большое количество углеводородов [1, Авилова В.В., Гусарова И.А., Сагдеева А.А. и др., с. 328–330]. Шельфовые месторождения характеризуются отличными геологическими, фильтрационно-ёмкостными характеристиками пород-коллекторов, а также физико-химическими свойствами насыщающих их флюидов, но разработка и эксплуатация таких месторождений требует больших капитальных вложений ввиду специфики расположения месторождения и особенностей технологий. Несмотря на эти недостатки, нефтегазовые компании охотнее инвестируют средства в развитие технологий разработки и эксплуатации шельфовых месторождений.

Цель исследования заключается в комплексном анализе методов управления рисками при планировании и реализации проектов разработки нефтегазовых месторождений на шельфе северных морей с учётом технологических, экономических и экологических факторов. Исследование направлено на выявление и систематизацию факторов, способных негативно повлиять на эффективность освоения месторождений, а также на обоснование необходимости разработки и внедрения мер по минимизации потенциальных угроз.

В рамках поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

- провести определение и классификацию ключевых рисков, возникающих при разработке нефтегазовых месторождений на северных морях, включая социально-экологические, производственно-технологические, экономические и геологические аспекты;

- проанализировать способы оценки и управления рисками в нефтегазовой отрасли с акцентом на особенностях шельфовых проектов, а также выявить наиболее эффективные методы и технологии для минимизации негативных факторов;
- обосновать необходимость интеграции системы управления рисками в процесс планирования и реализации проектов освоения месторождений, позволяющий повысить надёжность и устойчивость капиталоемких проектов шельфа.

Методология исследования

Проекты по разработке шельфовых месторождений являются наиболее затратными по сравнению с месторождениями, расположенными на материках. Таким образом, возрастает внимание к возможным рисками, в частности на этапах разведки и строительства, поскольку малейшие упущения могут значительно повлиять на прибыль от проекта. Проекты нефтегазовой промышленности в большинстве случаев делятся на менее крупные, которые в свою очередь составлены из более мелких задач, решая которые компаниям удаётся минимизировать или вовсе избежать основной части рисков, а также повысить эффективность всего проекта [2, Mojarad A.A.S., Atashbari V., Tantau A., с. 626–638].

В качестве основного методологического подхода в работе используется системный анализ, позволяющий рассматривать процессы разработки нефтегазовых месторождений шельфа северных морей как сложную систему, включающую технические, экономические и экологические составляющие. Этот подход позволяет выявить взаимосвязи между различными факторами риска и определить наиболее значимые из них.

Сравнительный анализ применялся для оценки мирового и отечественного опыта управления рисками при освоении нефтегазовых месторождений, а также для выявления оптимальных инструментов и стратегий минимизации рисков в условиях северных морей.

Кроме того, исследование опиралось на методы экспертных оценок и сценарного анализа, что позволило моделировать потенциальные риски и прогнозировать их влияние на экономические и технологические параметры разработки месторождений.

Для описания методик темы исследования рабочий процесс был разделён на 7 основных этапов:

- Этап 1 — определены цель и задачи исследования;
- Этап 2 — для определения рамок исследования был выполнен поиск источников для изучения методик управления рисками, возникающими при создании нефтегазовых проектов. Критерии отбора статей в ходе 2 этапа представлены в табл. 1;

Таблица 1

Критерии отбора статей в ходе 2 этапа

| Критерии поискового запроса | Содержание |
|-----------------------------|--|
| База данных | Scopus |
| Типы статей | Научные статьи, материалы конференций, книги |
| Строка поиска | «Risk management» AND («Oil» AND «Gas») |

| | |
|--------------------------|---|
| Временные границы поиска | Критерием для большей части искомой литературы был период с 2020 по 2025 г. Также были проанализированы источники, опубликованные ранее 2020 г. |
| Процедура отбора | Релевантность была определена на основе совпадения ключевых слов |

- Этап 3 — на основании результатов поиска и анализа литературы, проведённого на этапе 2, были определены источники с наиболее часто упоминаемыми методиками управления рисками в нефтегазовой отрасли;
- Этап 4 — на этом этапе был собран список источников с информацией о существующих методиках управления рисками нефтегазовых проектов, выявленных среди литературы на 3-м этапе. В табл. 2 приведены критерии отбора публикаций в ходе 4 этапа;

Таблица 2

Критерии отбора статей в ходе 4 этапа

| Критерии поискового запроса | Содержание |
|-----------------------------|---|
| База данных | Scopus |
| Типы статей | Научные статьи, материалы конференций, книги |
| Строка поиска | («Risk assessment» OR «Risk Analysis» OR «Risk management») AND «Off-shore» AND («Oil» AND «Gas») |
| Временные границы поиска | Критерием для большей части искомой литературы был период с 2020 по 2025 г. Также были проанализированы источники, опубликованные ранее 2020 г. |
| Процедура отбора | Наибольшее количество цитирований |

- Этап 5 — на данном этапе выделены основные методы управления рисками шельфовых нефтегазовых проектов северных морей. А также определены наиболее часто встречающиеся риски, с которыми сталкиваются компании при проектировании;
- Этап 6 — на данном этапе были обобщены применяемые методы управления рисками, а также сами риски (табл. 3);
- Этап 7 — проаннотирован опыт применения методов управления рисками, а также предложены пути минимизации рисков шельфовых проектов северных морей.

Анализ показывает, что преобладающая группа рисков сосредоточена вокруг социально-экологических и технических аспектов разработки нефтегазовых месторождений шельфа. Частота упоминания рисков по категориям приведена на рис. 1.



Рис. 1. Частота упоминания рисков при описании нефтегазовых шельфовых проектов.

В итоге проведённых исследований основные вероятные риски были разделены на 7 принципиальных групп. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Возможные риски тематики нефтегазовых шельфовых месторождений

| Сфера возникновения риска | Возможные риски |
|---------------------------------|---|
| Социально-экологические | <ul style="list-style-type: none"> • Вероятность нахождения коренных поселений на месте предполагаемого размещения производственных сооружений; • Опасность возникновения различных техногенных катастроф; • Загрязнение окружающей среды; • Утрата биоразнообразия; • Изменение климата |
| Производственно-технологические | <ul style="list-style-type: none"> • Влияние коррозии, эрозии и биологического обрастания оборудования; • Проблемы с интеграцией новых технологий и недостаточная надёжность систем; • Остановка работы оборудования из-за воздействия внешних факторов (миграция рыб, землетрясения, погодные условия и т. д.); • Остановка технологического процесса при поломке модулей высокотехнологичного подводного оборудования |
| Сбор и подготовка | <ul style="list-style-type: none"> • Существенная удалённость от ближайших населённых пунктов и дорог; • Опасность катастрофы в районах с высокой сейсмической активностью; • Риски повреждения береговой части трубопроводов ледяными торосами или оголения трубопроводов из-за размыва; • Существенное влияние непостоянного климата на технологические процессы |
| Экономические | <ul style="list-style-type: none"> • Существенное увеличение необходимых инвестиционных вложений из-за некачественного анализа факторов, влияю- |

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p>щих на проект;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вероятность повышения вложений на каждом этапе реализации нефтегазового проекта; • Нестабильность цен на нефть и газ; • Высокая стоимость ликвидации аварий |
| Трубопроводный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> • Опасность возникновения техногенной катастрофы из-за повреждения трубопроводов; • Высокие гидравлические потери перекачиваемой продукции; • Искусственные угрозы, вызванные деятельностью человека (преднамеренные и непреднамеренные); • Вероятность застывания перекачиваемого продукта |
| Водный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> • Опасность возникновения техногенной катастрофы из-за разлива углеводородов; • Вероятность доставки продукции позже установленного срока ввиду загруженности или перекрытия морских путей, ледовой обстановки и т. д.; • Отсутствие свободных судов для осуществления транспортировки сырья; • Риск высокого износа и поломки судов из-за сурового климата |
| Геологические | <ul style="list-style-type: none"> • Ошибки в оценке характеристик запасов добываемого сырья; • Невозможность открытия, начала разработки и обустройства новых экономически перспективных месторождений; • Возникновение аварийных ситуаций при отсутствии информации об опасных внешних факторах |

Анализ рисков

Социально-экологические риски

Экологические риски могут возникнуть на любом этапе проекта: от разведки континентального шельфа до промышленной добычи углеводородов. Угроза нарушения экологического баланса арктической экосистемы включает множество эффектов, которые могут наблюдаться в следующих направлениях:

- воздействие на атмосферу, основными причинами которого являются выбросы выхлопных газов от работы двигателей судов и прочих агрегатов, газ, сжигаемый на факельных установках, обильное тепловыделение от работы технологических установок и выделение паров нефти в процессе извлечения и загрузки танкеров [3, Årstad I., Aven T., с. 114–121];
- воздействие на гидросферу проявляется в виде рисков загрязнения вод топливом и горюче-смазочными материалами в процессе монтажа и работы оборудования, при ведении разработки месторождений и непосредственного бурения скважин, а также при аварийных ситуациях, связанных с нарушением герметизации трубопровода, или во время погрузки или выгрузки углеводородного сырья на танкерные суда [4, Grubestic T.H., Nelson J.R., Wei R.];
- воздействие на морскую флору и фауну: при обустройстве шельфовых месторождений ввиду вмешательств человека может происходить нарушение рельефа

местности из-за установки на морское дно стационарных платформ с бетонным основанием или любых других гидротехнических сооружений; попадание в воду мусора, буровых растворов или прочих технических жидкостей, которые приводят к гибели морских обитателей; физические воздействия, такие как непривычный для данных мест температурный режим, производственные шумы и вибрация [5, Barker V.A., Cowan J.H., с. 153–166].

Возможные участки для строительства объектов на суше, таких как береговой технологический комплекс или установки подготовки продукции, могут оказаться занятыми коренными поселениями или их священными местами. Это может вызвать конфликт интересов. Кроме того, выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду могут негативно сказаться на здоровье и жизни коренных народов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что любые действия по обустройству и разработке шельфовых месторождений вносят изменения в привычное для природы состояние, что повышает вероятность возникновения рисков развития неестественных социально-экологических условий [6, Krausmann E., Girgin S., Necci A.].

Технологические риски

На сегодняшний день нефтегазовая отрасль России является техническим комплексом с повышенной степенью опасности. Разработка сырьевых ресурсов ведётся с использованием современных и дорогостоящих технологий, в развитие которых нефтегазовые компании вкладывают миллиарды. Особенно это касается шельфовых проектов, где должны применяться инновационные решения, отвечающие всем требованиям безопасности и эффективности разработки и дальнейшей добычи. Именно поэтому шельфовые проекты тесно связаны со значительными технологическими рисками [7, Zhang Y., Zheng M., An C. и др., с. 789–803].

Для разработки и обустройства морских шельфовых проектов используются различные морские гидротехнические сооружения, такие как насыпные территории и эстакады, платформы различных типов, а также подводные добычные комплексы (далее – ПДК), которые способны выполнять все необходимые операции [8, Бондаренко Л.А., Аполонский А.О., Цуневский А.Я.], а также противостоять внешним погодным и природным условиям.

В нынешних реалиях разработка шельфовых месторождений, находящихся в северных морях, сильно осложнена без применения заграничного оборудования, так как у российских компаний нет такого большого опыта в проектировании и разработке ПДК, как у норвежских и американских коллег [9, Ilinova A., Solovyova V., Yudin S., с. 1349–1355], или в сооружении платформ, как у корейских компаний [10, Kim Y.H., Park J.S., Shin H.C. и др., с. 208–216].

Стоит упомянуть, что при разработке месторождений, эксплуатация которых подразумевает возведение морских платформ, как Приразломное нефтяное месторождение или

Штокмановское газоконденсатное месторождение, в поставке оборудования принимали участие зарубежные коллеги из таких компаний, как «Baker Hughes», «Halliburton», «Schlumberger» и «Aker solutions» [11, Баранов Д.Н., с. 908–910; 12, Монокин Е.Н., с. 451–464]. На данный момент единственным в России месторождением, на котором ведётся эксплуатация с помощью ПДК, является Киринское газоконденсатное месторождение, которое находится на удалении около 30 км от берега и на глубине морского дна около 100 м. Но стоит учесть, что поставщиком основного оборудования для обустройства Киринского месторождения являлась зарубежная компания «Food Machinery and Chemical Technologies» (FMC Technologies, ныне TechnipFMC). Также на данный момент в разработке находится Южно-Киринское месторождение, располагающееся на удалении около 60–70 км от берега и на глубине морского дна около 200 м. Эксплуатация данного месторождения аналогичным образом подразумевает использование ПДК, но с введением санкций по отношению к Российской Федерации и уходом иностранных компаний освоение месторождения затруднилось. Экстремально низкие температуры, сильные ветры, снегопады, туманы, заморозки, полярные ночи — все эти факторы препятствуют работе нефтегазовой отрасли региона и приводят к проблемам преодоления воздействия этих вредных факторов [13, Куделькин Н.С., с. 74–84].

Система сбора и подготовки

Проектирование систем сбора и подготовки углеводородных продуктов является немаловажной частью нефтегазовых проектов.

Шельфовые месторождения северных морей территориально расположены в районах неблагоприятных погодных и гидрометеорологических условий, что уже на этапе планирования размещения системы сбора и подготовки требует тщательного подбора местности. Болотистые районы, вечномёрзлые породы, высокая сейсмическая активность рассматриваемой местности — всё это существенно удорожает строительство сооружений.

Также нельзя не отметить высокую долю риска возникновения катастроф, что накладывает на нефтегазовые компании дополнительное планирование дорожных сообщений, инфраструктуры для воздушного транспорта и т. д.

Немаловажным фактором являются риски возникновения аварий из-за человеческого фактора. Низкая квалификация сотрудников, пренебрежение техникой безопасности и правилами проведения различных работ на производстве может привести к поломке оборудования или более серьёзным последствиям.

Экономические риски

Обустройство и разработка месторождений на арктическом шельфе России требуют значительных инвестиционных вложений, что обусловлено высокой капиталоемкостью проекта, которая в несколько раз превышает аналогичные затраты на разработку наземных месторождений. В качестве примера можно привести проект Приразломного месторождения,

согласно технико-экономическому обоснованию которого капитальные вложения могут составлять до 42% от общей стоимости разработки месторождения [14, Шкатов М.Ю., с. 170–174].

Инвестирование в подобные капиталоемкие проекты связано с определёнными рисками, которые могут быть обусловлены как факторами природного происхождения, так и спецификой геологоразведочных работ [15, Шигапова Р.Р., с. 68–74]. Условия разработки и обустройства месторождений на шельфе северных морей также играют свою роль. Данные факторы риска оказывают влияние на различные элементы оценки инвестиций: размер вкладываемых средств, ожидаемая величина доходов, сроки реализации проекта и норма дисконта [16, Воронина Е.П., с. 159–168].

Транспортные риски

Транспортировка углеводородного сырья с месторождений шельфа является весомой проблемой, поскольку значительная удалённость от населённых пунктов, ледовая обстановка (в случае северных морей) и прочие погодные и природные условия создают дополнительные сложности. Также можно отметить недостаточную вооружённость российского флота, недостаток танкеров или полное их отсутствие, а также неналаженные транспортные пути и необустроенные порты. Всё это обусловлено отсутствием опыта в данной сфере отрасли.

Если говорить про трубопроводный способ транспорта продукции, то здесь главную роль будут играть рельеф местности, глубина залегания, объём предполагаемого транспорта продукции и прочие технологические параметры, определяемые на моменте проектирования месторождения [17, Sotoodeh K., с. 210–219; 18, Seyyedattar M., Zendeboudi S., Butt S., с. 2147–2189].

При эксплуатации северных шельфовых месторождений трубопроводный способ транспортировки добываемого сырья зависит от ещё одной проблемы: на стыке поверхности воды и суши присутствуют толщи льда, которые оказывают различные сдавливающие нагрузки. Средняя продолжительность наличия льда на поверхности воды в районе шельфа Сахалина составляет от 160 до 210 дней, а максимальные значения толщины льда достигают 314 см [19, Vai Y., Vai Q., с. 299–313]. Проблемы ледообразования толкают проектировщиков на повышение прочности и эксплуатационной надёжности путём применения или создания инновационных технологий и конструкционных материалов [20, Adumene S., Ikie-John H., с. 153–168].

Геологические риски

На сегодняшний день геологические и геофизические результаты исследований арктического шельфа России остаются относительно низкими и очень неравномерными. Потенциал нефти и газа на арктическом шельфе можно разделить на 2 группы: к первой группе можно отнести запасы и ресурсы углеводородов на Западном арктическом шельфе (Барен-

цовой и Печорское, а также южная часть Карского морей), которые в свою очередь достаточно хорошо изучены, а ко второй группе относятся углеводородные ресурсы северной части Карского моря и восточно-арктических морей (Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского), которые характеризуются низкой степенью изученности [21, Григоренко Ю.Н., Маргулис Л.С., Новиков Ю.Н. и др., с. 19].

Геологическая изученность региона предполагаемого расположения месторождения является основой для начала проектирования разработки месторождения. Недостаточная геологическая изученность может быть вызвана наличием сложных природно-климатических условий, а также высокой стоимостью проводимых на этом участке работ. Этими причинами и обуславливается появление рисков на одном из самых важных этапов разработки нефтегазового шельфового проекта [22, Longxin M.U., Zhifeng J.I.].

Новые месторождения чаще всего открываются в уже хорошо изученных регионах. В таких зонах уже известны характерные размеры и особенности строения залежей, проведена количественная оценка ресурсов, а также сделаны первые промышленные открытия. Однако необходимые исследовательские работы сопряжены с ростом трудозатрат и повышением геологических рисков на всех этапах изучения территории [23, Бердник М.М., с. 46–49].

В табл. 4 приведены потенциальные причины и последствия возможных рисков в нефтегазовых проектах северных морей. Эти риски связаны в основном с окружающей средой или погодой, на которые человек не в состоянии повлиять, однако для уменьшения ущерба от этих рисков может быть разработан план устранения или минимизации последствий.

Таблица 4

Потенциальные причины и последствия рисков в нефтегазовых проектах северных морей

| Сфера возникновения рисков | Причина | Последствия |
|---------------------------------|--|---|
| Социально-экологические | <ul style="list-style-type: none"> Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; Нарушение экосистем в результате массовой вырубki лесов или изменения ландшафта; Возможное наличие коренных общин, находящихся на рассматриваемой территории | <ul style="list-style-type: none"> Долгосрочные экологические последствия, такие как разрушение экосистем; Потеря биоразнообразия в зоне разработки; Возникновение экологических катастроф (разливы нефти, загрязнение водных ресурсов); Культурные и социальные изменения в сообществах |
| Производственно-технологические | <ul style="list-style-type: none"> Суровые климатические и метеорологические условия эксплуатации оборудования в районах северных морей; Недостаточная технологическая вооружённость; Отсутствие стандартизации и единого подхода в проектировании оборудования | <ul style="list-style-type: none"> Остановка технологического процесса при выходе из строя оборудования; Прерывания производственного процесса из-за внешних факторов (миграция рыб, землетрясения и т. д.); Ограничения и нештатные остановки в работе, связанные с наличием льда на поверхности акватории; |

| | | |
|------------------------------------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Увеличение частоты проведения регламентных работ по техническому обслуживанию оборудования |
| Сбор и подготовка | <ul style="list-style-type: none"> Наличие высокой сейсмической активности района; Неблагоприятные погодные и гидрометеорологические условия; Высокий износ оборудования; Человеческий фактор; Нехватка современных технологий и технических решений | <ul style="list-style-type: none"> Разрушение сооружений во время землетрясений; Срывы проектных сроков договоров строительства объектов инфраструктуры; Рост затрат на ремонт оборудования и предотвращение аварийных ситуаций; Повышенные затраты на ремонт и модернизацию оборудования; Долгосрочные простои в работе объектов |
| Экономические | <ul style="list-style-type: none"> Нестабильность экономического законодательства; Изменчивость условий вложения инвестиций; Колебания цен на энергоресурсы; Изменение налоговой и фискальной политики; Недоступность или высокая стоимость кредитования; Рост стоимости рабочей силы | <ul style="list-style-type: none"> Уменьшение конкурентоспособности; Невозможность привлечения необходимых инвестиций; Увеличение финансовых издержек; Риски ликвидности; Увеличение сроков окупаемости проекта |
| Трубопроводный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> Малый опыт в строительстве морских трубопроводов; Высокая зависимость от условий местности; Большая удалённость от населённых пунктов; Недостаточная инфраструктура для обслуживания и ремонта трубопроводов в удалённых районах | <ul style="list-style-type: none"> Повреждения из-за оседания грунта при промерзании и протаивании; Вероятность повреждения трубопроводов рыболовными судами или ледовыми торосами; Разрушение целостности из-за высокой сейсмической активности района; Нанесение непоправимого ущерба окружающей среде в случае аварии; Увеличение трудозатрат на строительство магистральных трубопроводов |
| Водный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> Малый опыт и высокая стоимость формирования морской судоходной инфраструктуры транспорта углеводородов, в том числе недостаток судов; Наличие продолжительного ледового периода; Низкая пропускная способность портовых и судоходных путей | <ul style="list-style-type: none"> Ущерб, наносимый судам и сооружениям из-за воздействия льда; Перебои с отправкой и доставкой продукции в указанные сроки; Необходимость поддержания целостности судоходных путей в зависимости от сезона; Аварийные ситуации и разливы транспортируемой продукции |
| Геологические | <ul style="list-style-type: none"> Недостаточная геологическая изученность; | <ul style="list-style-type: none"> Отсутствие достаточных обоснований разработки эко- |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Неточность результатов геологических исследований; • Технологические ограничения в геологоразведке; • Невозможность проведения детализированных исследований из-за сложных климатических условий | <p>номически перспективных месторождений;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Возникновение нештатных ситуаций при недостатке данных об опасных внешних условиях; • Задержки в проектировании и реализации разработки |
|--|--|--|

Методы управления рисками

После определения наиболее вероятных рисков был проведён поиск подходящих превентивных мер, методов управления, ликвидации и минимизации последствий. Результаты анализа методов управления представлены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Методы управления рисками, воздействующие на причину

| Сфера | Причина | Методы управления |
|---------------------------------|---|---|
| Социально-экологические | <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; • Нарушение экосистем в результате массовой вырубке лесов или изменения ландшафта; • Возможное наличие коренных общин, находящихся на рассматриваемой территории | <ul style="list-style-type: none"> • Страхование ответственности за экологический вред; • Правовое регулирование экологической безопасности и ответственности компаний; • Внедрение экологически чистых технологий; • Создание зон для экологически безопасного размещения отходов; • Мониторинг экологических изменений в реальном времени |
| Производственно-технологические | <ul style="list-style-type: none"> • Суровые климатические и метеорологические условия эксплуатации оборудования в районах северных морей; • Недостаточная технологическая вооружённость; • Отсутствие стандартизации и единого подхода в проектировании оборудования | <ul style="list-style-type: none"> • Страхование от техногенных аварий и катастроф в таких сферах, как строительство и монтаж, неисправности и поломки техники, электронное оборудование, передвижное оборудование (включая буровое), инженерные сооружения (причалы, дамбы); • Превентивные меры для уменьшения внешних нагрузок; • Перенос рисков на подрядчиков и партнёров |
| Сбор и подготовка | <ul style="list-style-type: none"> • Наличие высокой сейсмической активности района; • Неблагоприятные погодные и гидрометеорологические условия; • Высокий износ оборудования; • Человеческий фактор; • Нехватка современных технологий и технических решений | <ul style="list-style-type: none"> • Страхование ответственности за ущерб третьим лицам и окружающей среде; • Системы мониторинга и предупреждения сейсмических и погодных явлений; • Модернизация оборудования и повышение квалификации персонала |
| Экономические | <ul style="list-style-type: none"> • Нестабильность экономического законодательства; • Изменчивость условий вложения инвестиций; • Колебания цен на энергоресурсы | <ul style="list-style-type: none"> • Страхование инвестиций от обесценивания; • Выбор стабильных направлений инвестирования; • Хеджирование для защиты от |

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| | <p>сурсы;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изменение налоговой и фискальной политики; • Недоступность или высокая стоимость кредитования; • Рост стоимости рабочей силы | <p>валютных колебаний и инфляции;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Долгосрочное планирование с учётом экономических рисков |
| Трубопроводный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> • Малый опыт в строительстве морских трубопроводов; • Высокая зависимость от условий местности; • Большая удалённость от населённых пунктов; • Недостаточная инфраструктура для обслуживания и ремонта трубопроводов в удалённых районах; | <ul style="list-style-type: none"> • Внедрение инновационных технологий для повышения надёжности и долговечности трубопроводов с учётом высокой сейсмической активности и других природных угроз; • Обучение и привлечение специалистов для работы в сложных условиях; • Разработка инновационных систем мониторинга состояния трубопроводов |
| Водный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> • Малый опыт и высокая стоимость формирования морской судоходной инфраструктуры транспорта углеводородов, в том числе недостаток судов; • Наличие продолжительного ледового периода; • Низкая пропускная способность портовых и судоходных путей | <ul style="list-style-type: none"> • Транспортное страхование («каска», «карга») для покрытия убытков от аварий и повреждений судов; • Строительство и развитие портовых и судоходных инфраструктур • Сотрудничество с опытными подрядчиками для эксплуатации транспортной инфраструктуры |
| Геологические | <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточная геологическая изученность; • Неточность результатов геологических исследований; • Технологические ограничения в геологоразведке; • Невозможность проведения детализированных исследований из-за сложных климатических условий | <ul style="list-style-type: none"> • Снижение налогооблагаемой базы на суммы, потраченные на геологоразведку; • Возмещение затрат инвесторов на геологоразведку в режиме СРП; • Государственное финансирование геологоразведки и установление стоимости лицензий на месторождения; • Внедрение новых технологий для геологоразведки; • Согласование нормативных актов на международном уровне |

Таблица 6

Методы управления рисками, воздействующие на последствия

| Сфера | Последствия | Методы управления |
|-------------------------|--|---|
| Социально-экологические | <ul style="list-style-type: none"> • Долгосрочные экологические последствия, такие как разрушение экосистем; • Потеря биоразнообразия в зоне разработки; • Возникновение экологических катастроф (разливы нефти, загрязнение водных ресурсов); • Культурные и социальные изменения в сообществах | <ul style="list-style-type: none"> • Инвестиции в очистку и восстановление загрязнённых территорий; • Разработка и внедрение программ восстановления экосистем; • Повышение осведомлённости и обучения населения и сотрудников; • Программы поддержки и |

| | | взаимодействия с коренными общинами |
|------------------------------------|--|--|
| Производственно-технологические | <ul style="list-style-type: none"> • Остановка технологического процесса при выходе из строя оборудования; • Прерывание производственного процесса из-за внешних факторов (миграция рыб, землетрясения и т. д.); • Ограничения и нештатные остановки в работе, связанные с наличием льда на поверхности акватории; • Увеличение частоты проведения регламентных работ по техническому обслуживанию оборудования | <ul style="list-style-type: none"> • Разработка и внедрение системы мониторинга состояния оборудования и условий эксплуатации; • Создание резервных мощностей и оборудования; • Инвестиции в технологическое обновление и модернизацию оборудования |
| Сбор и подготовка | <ul style="list-style-type: none"> • Разрушение сооружений во время землетрясений; • Срывы проектных сроков договоров строительства объектов инфраструктуры; • Рост затрат на ремонт оборудования и предотвращение аварийных ситуаций; • Повышенные затраты на ремонт и модернизацию оборудования; • Долгосрочные простои в работе объектов | <ul style="list-style-type: none"> • Создание фондов или резервных мощностей для восстановления инфраструктуры; • Использование сейсмостойких конструкций и технологий; • Внедрение систем автоматического контроля и диагностики |
| Экономические | <ul style="list-style-type: none"> • Уменьшение конкурентоспособности; • Невозможность привлечения необходимых инвестиций; • Увеличение финансовых издержек; • Риски ликвидности; • Увеличение сроков окупаемости проекта | <ul style="list-style-type: none"> • Использование государственных субсидий и льгот; • Финансовая реструктуризация; • Привлечение стратегических партнёров; • Регулярная корректировка инвестиционных планов в ответ на изменения экономической ситуации |
| Трубопроводный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> • Повреждения из-за оседания грунта при промерзании и протавлении; • Вероятность повреждения трубопроводов рыболовными судами или ледовыми торосами; • Разрушение целостности из-за высокой сейсмической активности района; • Нанесение непоправимого ущерба окружающей среде в случае аварии; • Увеличение трудозатрат на строительство магистральных трубопроводов | <ul style="list-style-type: none"> • Разработка аварийных планов и систем экстренного реагирования; • Подготовка резервных мощностей для быстрого восстановления повреждённых участков; • Создание экосистемных буферов для минимизации экологических рисков |
| Водный транспорт продукции | <ul style="list-style-type: none"> • Ущерб, наносимый судам и сооружениям из-за воздействия льда; | <ul style="list-style-type: none"> • Ограничение источников риска с помощью разработки схемы транспортировки |

| | | |
|---------------|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Перебои с отправкой и доставкой продукции в указанные сроки; • Необходимость поддержания целостности судоходных путей в зависимости от сезона; • Аварийные ситуации и разливы транспортируемой продукции | нефти (с месторождения в порт); <ul style="list-style-type: none"> • Обучение и подготовка экипажей к работе в сложных климатических условиях; • Техническое оснащение судов для работы в ледовых условиях |
| Геологические | <ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие достаточных обоснований разработки экономически перспективных месторождений; • Возникновение нештатных ситуаций при недостатке данных об опасных внешних условиях; • Задержки в проектировании и реализации разработки | <ul style="list-style-type: none"> • Перенос расходов на другие виды деятельности для диверсификации рисков; • Создание консорциумов из нескольких инвесторов для распределения рисков; • Гибкость в проектировании и планировании; • Создание запасных вариантов и альтернативных планов |

Методы управления рисками, представленные выше, применимы в нефтегазовой отрасли, но их эффективность зависит от множества факторов: финансовых возможностей компаний, технологического уровня, регулирующей среды и уровня подготовки персонала.

Страхование экологических и техногенных рисков, например, сталкивается с высокой стоимостью и ограниченным предложением страховых продуктов для арктических проектов. Санкции усугубляют проблему, сужая круг международных страховщиков. Отечественные альтернативы пока не могут полностью заменить импортные аналоги, что замедляет внедрение инноваций.

Экологический мониторинг технически возможен, но в удалённых районах требует устойчивой связи и энергоснабжения. Программы взаимодействия с коренными общинами нередко носят формальный характер, что провоцирует конфликты.

Технологические методы, включая сейсмоустойчивые конструкции или автоматический контроль оборудования, требуют дорогостоящей инфраструктуры. Ледокольный флот и порты Северного морского пути развиваются, но их недостаточно для круглогодичной работы.

Таким образом, большинство методов применимы, но требуют адаптации. Ключевые проблемы — зависимость от импорта, недостаточное финансирование инфраструктуры и формальный подход к социальным аспектам.

Текущая обстановка

На сегодняшний день перед российскими компаниями, занимающимися разработкой шельфовых месторождений северных морей, возникает множество специфических проблем и рисков. Наиболее явной группой рисков являются экологические, поскольку шельфовые месторождения находятся в особых экосистемах, негативное воздействие производственных объектов на которые может нанести непоправимый ущерб всей планете.

В России был принят федеральный закон, регулирующий ответственность компаний, занимающихся разведкой, добычей и транспортировкой нефти и газа. Он направлен на уменьшение рисков экологического загрязнения окружающей среды в нефтегазовой отрасли. Согласно закону, пользователи, работающие на море, обязаны разрабатывать планы по предотвращению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, а также необходимые меры по устранению возможного негативного воздействия на окружающую среду [24, Соболев А.В., Городничная А.Н., Юмагузина С.Р., с. 51–53]. Этот закон дополнительно стимулировал компании более тщательно подходить к анализу возможных экологических рисков и минимизировать возможность возникновения катастроф.

Также нельзя не выделить технологические и операционные области возникновения рисков, поскольку они являются основными в осуществлении рабочего процесса предприятия. Разработка месторождений в северных морях требует использования современных технологий и оборудования, которое должно быть рассчитано на работу в суровых условиях северных морей. Кроме того, операции по транспортировке, обслуживанию оборудования, доставке персонала на место работы и т. д. осложнены коротким безледовым периодом, а также жёсткими погодными и гидрометеорологическими условиями.

Уход зарубежных компаний, осуществляющих поставки ПДК и его обслуживание, а также готовых сотрудничать для создания или передачи иных гидротехнических сооружений, привёл к тому, что российские нефтегазовые компании разрабатывают собственные ПДК. На сегодняшний день известно, что АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» уже имеет опытные образцы подводной фонтанной арматуры, а также поставляет некоторое подводное оборудование компании «Газпром»¹.

Текущая политическая ситуация совместно с энергетической стратегией России на период до 2035 года² определяют необходимость интеграции системы управления рисками в проекты освоения месторождений, расположенных на шельфе северных морей. Верно идентифицированные риски и методы управления ими позволят нефтегазовым компаниям нивелировать влияние этих рисков на экономические показатели реализации проекта.

Заключение

Промышленная разработка морских месторождений углеводородного сырья сопряжена с целым рядом специфических рисков, которые, в свою очередь, требуют комплексных методов их оценки, минимизации и контроля. Эти риски варьируются от технологических и экологических до человеческих факторов, каждый из которых имеет свои особенности и последствия. Одним из наиболее сложных аспектов является влияние человеческого фактора,

¹ Energy Offshore Gazprom and Almaz-Antey seal subsea equipment deal — Subsea World News, February 18, 2019 – November 13, 2024 г. URL: <https://www.offshore-energy.biz/gazprom-and-almaz-antey-seal-subsea-equipment-deal/> (дата обращения: 11.01.2025).

² Mitrova T., Yermakov V. Russia's Energy Strategy-2035: Struggling to Remain Relevant. 2019. URL: https://www.ifri.org/sites/default/files/migrated_files/documents/atoms/files/mitrova_yermakov_russias_energy_strategy_2019.pdf (дата обращения: 11.01.2025).

который остаётся одной из главных причин возникновения аварийных ситуаций, несмотря на достижения в области автоматизации и технологий.

На основе проведённого анализа рисков и методов управления ими в контексте разработки месторождений северных морей можно выделить следующие выводы:

- усиление санкционного давления и зависимость от импортных технологий требуют ускоренного развития отечественных инновационных решений, включая создание устойчивых к арктическим условиям ПДК;
- экологические риски, такие как разливы нефти и нарушение биоразнообразия, обосновывают необходимость интеграции автоматизированных систем мониторинга и расширения программ взаимодействия с коренными общинами;
- сложные климатические условия и транспортные ограничения подчёркивают важность развития инфраструктуры арктического шельфа, включая ледокольный флот и портовые мощности. Эти меры позволят повысить надёжность проектов в условиях растущих геополитических и природных вызовов.

Снижение рисков при разработке морских месторождений требует не только высококвалифицированных специалистов, но и внедрения инновационных технологий, которые позволят более точно прогнозировать и контролировать возможные опасности. Важнейшими инструментами в управлении рисками являются системный подход к проектированию, использование современных методов моделирования и анализа, а также постоянное улучшение систем контроля и реагирования на внештатные ситуации.

Список источников

1. Авилова В.В., Гусарова И.А., Сагдеева А.А., Парфирьева Е.Н. Перспективы активизации использования углеводородного сырья путем освоения нефтегазовых ресурсов шельфа // Вестник Казанского технологического университета. 2013; 16 (21): 328–330.
2. Mojarad A.A.S., Atashbari V., Tantau A. Challenges for sustainable development strategies in oil and gas industries // Proceedings of the 12th International Conference on Business Excellence, Innovation and Sustainability in a Turbulent Economic Environment. 2018; 12 (1): 626–638. <https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0056>
3. Årstad I., Aven T. Managing major accident risk: Concerns about complacency and complexity in practice // Safety science. 2017; 91: 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.004>
4. Grubestic T.H., Nelson J.R., Wei R. A strategic planning approach for protecting environmentally sensitive coastlines from oil spills: Allocating response resources on a limited budget // Marine Policy. 2019; 108: 103549. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103549>
5. Barker V.A., Cowan J.H. The effect of artificial light on the community structure of reef-associated fishes at oil and gas platforms in the northern Gulf of Mexico // Environmental Biology of Fishes. 2018; 101: 153–166. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0688-9>
6. Krausmann E., Girgin S., Necci A. Natural hazard impacts on industry and critical infrastructure: Natech risk drivers and risk management performance indicators // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2019; 40: 101163. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101163>
7. Zhang Y., Zheng M., An C., Seo J.K., Pasqualino I.P., Lim F., Duan M. A review of the integrity management of subsea production systems: Inspection and monitoring methods // Ships and Offshore Structures. 2019; 14 (8): 789–803. <https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1565071>

8. Бондаренко Л.А., Аполонский А.О., Цуневский А.Я. Арктическая зона России. Углеводородные ресурсы. Проблемы и пути решения. Москва: ИАЦ «Энергия», 2009. 120 с.
9. Ilinova A., Solovyova V., Yudin S. Scenario-based forecasting of Russian Arctic energy shelf development // *Energy Reports*. 2020; 6: 1349–1355. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.022>
10. Kim Y.H., Park J.S., Shin H.C., Kim S.J., Park D.K., Ha Y.C., Seo J.K. A Review of IOSS Design Standardization Technology for Aluminum Alloy Handrail of Offshore Platform // *Journal of Ocean Engineering and Technology*. 2020; 34 (3): 208–216. <https://doi.org/10.26748/KSOE.2020.001>
11. Баранов Д.Н. Разработка институционального алгоритма по развитию энергетического комплекса арктического региона Российской Федерации в условиях санкционных ограничений // *Россия: тенденции и перспективы развития*. 2021; 16-1: 908–910.
12. Монокин Е.Н. Влияние экономических санкций США и ЕС на арктические проекты российской Федерации // *Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки*. 2019; 5 (4): 451–464.
13. Куделькин Н.С. Правовые вопросы предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // *Юридические исследования*. 2021; 7: 74–84. <https://doi.org/10.25136/2409-7136.2021.7.35966>
14. Шкатов М.Ю. О международном партнерстве в освоении нефтегазовых ресурсов арктического шельфа // *Проблемы современной экономики*. 2008; 1: 170–174.
15. Шигапова Р.Р. Риски, возникающие при освоении шельфовых нефтегазовых месторождений // *Современная мировая экономика: проблемы и перспективы в эпоху развития цифровых технологий и биотехнологии: сборник научных статей международной научной конференции. Высшая школа MBA IntegraL (Корпоративный университет); Русско-итальянский международный университет*. 2019. Москва: Конверт; 2019: 68–74.
16. Воронина Е.П. Анализ рисков при реализации проектов освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2012; 1 (31): 159–168.
17. Sotoodeh K. A review on subsea process and valve technology // *Marine Systems & Ocean Technology*. 2019; 14: 210–219. <https://doi.org/10.1007/s40868-019-00061-4>
18. Seyyedattar M., Zendejboudi S., Butt S. Technical and non-technical challenges of development of offshore petroleum reservoirs: Characterization and production // *Natural Resources Research*. 2020; 29: 2147–2189. <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09549-7>
19. Bai Y., Bai Q. 12 — Subsea System Engineering // *Subsea engineering handbook*. Gulf Professional Publ. 2018: 299–313. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812622-6.00012-9>
20. Adumene S., Ikue-John H. Offshore system safety and operational challenges in harsh Arctic operations // *Journal of safety science and resilience*. 2022; 3 (2): 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2022.02.001>
21. Григоренко Ю.Н., Маргулис Л.С., Новиков Ю.Н., Соболев В.С. Морская база углеводородного сырья России и перспективы ее развития // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2007; 2: 19.
22. Longxin M.U., Zhifeng J.I. Technological progress and development directions of PetroChina overseas oil and gas exploration // *Petroleum Exploration and Development*. 2019; 46 (6): 1088–1099. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(19\)60265-X](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(19)60265-X)
23. Бердник М.М. и др. Основные риски освоения природных ресурсов российской Арктики // *Neftegaz.RU*. 2024; 7 (151): 46–49.
24. Соболев А.В., Городничная А.Н., Юмагузина С.Р. Международная организация по стандартизации (ISO) // *Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества: сборник статей по итогам круглого стола со всероссийским и международным участием*. Т. 8. Москва; 2021: 51–53.

References

1. Avilova V.V., Gusarova I.A., Sagdeeva A.A., Parfireva E.N. Prospects for Enhancing the Use of Hydrocarbon Raw Materials through the Development of Offshore Oil and Gas Resources. *Herald of Technological University*. 2013; 16 (21): 328–330.

2. Mojarad A.A.S., Atashbari V., Tantau A. Challenges for Sustainable Development Strategies in Oil and Gas Industries. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Business Excellence, Innovation and Sustainability in a Turbulent Economic Environment*. 2018; 12 (1): 626–638. <https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0056>
3. Årstad I., Aven T. Managing Major Accident Risk: Concerns about Complacency and Complexity in Practice. *Safety Science*. 2017; 91: 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.004>
4. Grubestic T.H., Nelson J.R., Wei R. A Strategic Planning Approach for Protecting Environmentally Sensitive Coastlines from Oil Spills: Allocating Response Resources on a Limited Budget. *Marine Policy*. 2019; 108: 103549. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103549>
5. Barker V.A., Cowan J.H. The Effect of Artificial Light on the Community Structure of Reef-Associated Fishes at Oil and Gas Platforms in the Northern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes*. 2018; 101: 153–166. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0688-9>
6. Krausmann E., Girgin S., Necci A. Natural Hazard Impacts on Industry and Critical Infrastructure: Natech Risk Drivers and Risk Management Performance Indicators. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2019; 40: 101163. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101163>
7. Zhang Y., Zheng M., An C., Seo J.K., Pasqualino I.P., Lim F., Duan M. A Review of the Integrity Management of Subsea Production Systems: Inspection and Monitoring Methods. *Ships and Offshore Structures*. 2019; 14 (8): 789–803. <https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1565071>
8. Bondarenko L.A., Apolonskiy A.O., Tsunevskiy A.Ya. *Arctic Zone of Russia. Hydrocarbon Resources. Problems and Solutions*. Moscow, Energiya Publ., 2009. 120 p. (In Russ.)
9. Ilinova A., Solovyova V., Yudin S. Scenario-Based Forecasting of Russian Arctic Energy Shelf Development. *Energy Reports*. 2020; 6: 1349–1355. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.022>
10. Kim Y.H., Park J.S., Shin H.C., Kim S.J., Park D.K., Ha Y.C., Seo J.K. A Review of IOSS Design Standardization Technology for Aluminum Alloy Handrail of Offshore Platform. *Journal of Ocean Engineering and Technology*. 2020; 34 (3): 208–216. <https://doi.org/10.26748/KSOE.2020.001>
11. Baranov D.N. Development of an Institutional Algorithm for the Development of the Energy Complex of the Arctic Region of the Russian Federation in the Context of Sanctions Restrictions. *Rossiya: Tendentsii i Perspektivy Razvitiya*. 2021; 16-1: 908–910.
12. Monokin E.N. Impact of US & EU Economic Sanctions on Arctic Projects of Russian Federation. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Juridical Science*. 2019; 5 (4): 451–464.
13. Kudelkin N.S. Legal Issues of Prevention and Response to Accidental Spills of Petroleum Products. *Legal Studies*. 2021; 7: 74–84. <https://doi.org/10.25136/2409-7136.2021.7.35966>
14. Shkatov M.Yu. On International Partnership in the Development of Oil and Gas Resources of the Arctic Shelf. *Problems of Modern Economics*. 2008; 1: 170–174.
15. Shigapova R.R. Risks Arising During the Development of Offshore Oil and Gas Fields. In: *Modern World Economy: Problems and Prospects in the Era of Digital Technologies and Biotechnology Development: Collection of Scientific Articles of the International Scientific Conference*. Moscow, Konvert Publ.; 2019: 68–74.
16. Voronina E.P. The Analysis of Risks at Realization of Projects of Development of Oil and Gas Resources of the Arctic Shelf. *Regionalnye Problemy Preobrazovaniya Ekonomiki*. 2012; 1 (31): 159–168.
17. Sotoodeh K. A Review on Subsea Process and Valve Technology. *Marine Systems & Ocean Technology*. 2019; 14: 210–219. <https://doi.org/10.1007/s40868-019-00061-4>
18. Seyyedattar M., Zendejboudi S., Butt S. Technical and Non-Technical Challenges of Development of Offshore Petroleum Reservoirs: Characterization and Production. *Natural Resources Research*. 2020; 29: 2147–2189. <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09549-7>
19. Bai Y., Bai Q. 12 — Subsea System Engineering. In: *Subsea Engineering Handbook*. Gulf Professional Publ. 2018: 299–313. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812622-6.00012-9>
20. Adumene S., Ikue-John H. Offshore System Safety and Operational Challenges in Harsh Arctic Operations. *Journal of Safety Science and Resilience*. 2022; 3 (2): 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2022.02.001>
21. Grigorenko Yu.N., Margulis L.S., Novikov Yu.N., Sobolev V.S. Russia's Offshore Hydrocarbon Base and Its Development Prospects. *Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*. 2007; 2: 19.

22. Longxin M.U., Zhifeng J.I. Technological Progress and Development Directions of Petrochina Overseas Oil and Gas Exploration. *Petroleum Exploration and Development*. 2019; 46 (6): 1088–1099. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(19\)60265-X](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(19)60265-X)
23. Berdnik M.M., et al. The Main Risks of Developing Natural Resources in the Russian Arctic. *Neftegaz.RU*. 2024; 7 (151): 46–49.
24. Sobol A.V., Gorodnichnaya A.N., Yumaguzina S.R. International Organization for Standardization (ISO). In: *Innovative Solutions to Social, Economic and Technological Problems of Modern Society: a Collection of Articles Following a Round Table with All-Russian and International Participation*. Vol. 8. Moscow; 2021: 51–53.

*Статья поступила в редакцию 13.02.2025; одобрена после рецензирования 07.04.2025;
принята к публикации 09.04.2025*

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов