Русскоязычный перевод статьи DOI: 10.3390/en14248300 *

Освоение энергетических ресурсов в российской Арктике: вызовы и перспективы устойчивого развития экосистемы

Н.В. РОМАШЕВА ✉, Д.М. ДМИТРИЕВА
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия
✉ *Smirnova_NV@pers.spmi.ru;* ☏ *+7-921-636-54-16*

Ссылка для цитирования оригинальной статьи: Romasheva, N.; Dmitrieva, D. Energy Resources Exploitation in the Russian Arctic: Challenges and Prospects for the Sustainable Development of the Ecosystem. *Energies* 2021, 14, 8300. https://doi.org/10.3390/en14248300

Аннотация: Согласно прогнозам МЭА, БП и Тоталь, сделанным в начале 2021 года, спрос на углеводороды сохранится в течение десятилетий, а их доля в мировом энергетическом балансе останется значительной. Россия, как ключевой игрок на энергетическом рынке, заинтересована в сохранении и увеличении добычи углеводородов, поэтому дальнейшая эксплуатация арктических энергоресурсов является актуальной задачей. Начиная с 1930-х годов в Арктике было успешно реализовано большое количество наземных нефтегазовых проектов, а в последнее время особое внимание уделяется морским энергоресурсам и реализации проектов по сжижению природного газа. Однако реализация нефтегазовых проектов в Арктике характеризуется негативным воздействием на окружающую среду, что приводит к нарушению экологического баланса в Арктике и влияет на стабильность ее экосистемы, которая является одной из наиболее уязвимых экосистем на планете. Основная цель данного исследования – понять, как реализация нефтегазовых проектов в Арктике влияет на экосистему, оценить значимость этого процесса и выяснить, что может сделать государство и бизнес для его минимизации. В статье авторы анализируют тенденции развития энергетики, дают краткую информацию о важных нефтегазовых проектах, реализуемых в Арктической зоне России, а также исследуют проблемы развития нефтегазовых проектов и их негативное влияние на окружающую среду Арктики. Основным вкладом данной работы является выявление всех возможных экологических рисков и процессов, сопровождающих добычу нефти и газа, а также их качественный анализ и рекомендации для государства и бизнеса по снижению негативного воздействия нефтегазовых проектов на арктическую экосистему. Методология исследования включает кабинетные исследования, инструменты управления рисками (такие как анализ рисков, реестры и карты), мозговой штурм, экспертный метод, систематизацию, сравнительный анализ, обобщение и группировку.

Ключевые слова: экосистема; устойчивое развитие; нефтегазовые проекты; энергетика; экологические риски; Арктика; управление проектными рисками; государство; бизнес.

Energy Resources Exploitation in the Russian Arctic: Challenges and Prospects for the Sustainable Development of the Ecosystem

Natalia V. ROMASHEVA ✉ and Diana M. DMITRIEVA
Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia
✉ *Smirnova_NV@pers.spmi.ru;* ☏ *+7-921-636-54-16*

Abstract: According to the forecasts made by IEA, BP, and Total in early 2021, the demand for hydrocarbons will continue for decades, and their share in the global energy balance will remain significant. Russia, as a key player in the energy market, is interested in maintaining and increasing hydrocarbon production, so further exploitation of the Arctic energy resources is an urgent issue. A large number of onshore oil and gas projects have been successfully implemented in the Arctic since the 1930s, while recently, special attention has been paid to the offshore energy resources and implementation of natural gas liquefaction projects. However, the implementation of oil and gas projects in the Arctic is characterized by a negative impact on the environment, which leads to a violation of the ecological balance in the Arctic, and affects the stability of its ecosystem, which is one of the most vulnerable ecosystems on the planet. The main goal of the present study is to understand how the implementation of oil and gas projects in the Arctic affects the ecosystem, to assess the significance of this process, and to find out what the state and business could do to minimize it. In the article, the authors analyze energy trends, provide brief information about important oil and gas projects being implemented in the Arctic region of Russia, and investigate the challenges of the oil and gas projects' development and its negative impacts on the Arctic environment. The main contributions of this paper are the identification of all possible environmental risks and processes accompanying oil and gas production, and its qualitative analysis and recommendations for the state and business to reduce the negative impact of oil and gas projects on the Arctic ecosystem. The research methodology includes desk studies, risk management tools (such as risk analysis, registers, and maps), brainstorming, the expert method, systematization, comparative analysis, generalization, and grouping.

Keywords: ecosystem; sustainable development; oil and gas projects; energy; environmental risks; Arctic; project risk management; state; business.

---

* Перевод подготовлен для повышения интереса русскоязычной аудитории к данной статье.

© 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
© Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (перевод), 2024.

1. Введение

2020 год стал серьезным вызовом для стран всего мира [1]; из-за стремительного распространения пандемии коронавируса (COVID-19) власти большинства стран были вынуждены принять жесткие меры изоляции, что привело к снижению производственной активности и уровня жизни населения, сокращению сферы услуг и росту безработицы [2]. Системный кризис, вызванный пандемией коронавируса, негативно отразился на экономике, а также на многих отраслях, в том числе на энергетическом секторе [3]; резкое снижение деловой активности привело к сокращению авиаперевозок, грузоперевозок, повлияло на работу промышленных предприятий, что, по данным Статистического обзора мировой энергетики БП 2021, вызвало снижение мирового спроса на энергоносители на 4,3 % [4]. Наибольшее негативное влияние испытал нефтегазовый сектор, где спрос на нефть упал на рекордные 9,6 %, а потребление природного газа сократилось на 2,3 %, при этом спрос на альтернативную энергию продолжал расти [4, 5]. Однако многие эксперты считают, что в долгосрочной перспективе потребление возобновляемой энергии не будет существенно расти даже при введении более жестких климатических норм [6]. Различные сценарии развития мировой энергетики, сформированные различными компаниями и организациями, предсказывают, что роль углеводородов, особенно газа, в мировом энергетическом балансе останется значительной как минимум в течение ближайших 30 лет [7-10].

Частичная отмена ограничений, постоянная политическая поддержка и высокий уровень вакцинации положительно сказались на мировой экономической активности, которая начала восстанавливаться в течение 2021 года. Ожидается, что развивающиеся страны будут стимулировать конечный спрос на энергию, что приведет к его росту на 4,6 % согласно прогнозу, опубликованному Международным энергетическим агентством в Глобальный энергетический обзор 2021 [10].

Россия, как ключевой игрок на мировом энергетическом рынке, играет важную роль в удовлетворении внешнего и внутреннего спроса на энергоносители в краткосрочной и долгосрочной перспективе, поэтому Арктика остается одним из перспективных районов обеспечения России углеводородами [11]. Разработка богатых минеральных ресурсов Арктики уже несколько десятилетий представляет глобальный интерес как для деловых, так и для научных кругов всего мира [12-16], в том числе и для России, поскольку 30 % российского бюджета зависит от нефтегазовых доходов [17], а около 12 % нефти и 83 % газа добывается в Арктике [18].

Некоторые районы Арктики уже несколько десятилетий эксплуатируются как источники нефти и газа. В последние десятилетия арктический регион Российской Федерации привлекает внимание правительств, частных компаний и государственных органов, что объясняется началом разработки шельфовых запасов. На арктическом шельфе России открыто 26 месторождений с общими запасами нефти около 0,6 миллиарда тонн и газа 8,5 триллиона кубометров [19]. Правительство России сформировало план отложения развития Арктического региона, согласно которому до 2050 года в Арктику будет инвестировано около 5 триллионов рублей для реализации около 150 проектов. Интенсивное и эффективное освоение Арктики, особенно шельфовой зоны, позволит многократно увеличить ресурсный потенциал России и повысить конкурентоспособность российской экономики на мировом уровне [20-24].

Однако освоение арктических углеводородов сопровождается рядом проблем, среди которых ключевыми являются следующие: низкая степень и высокая стоимость геологоразведки; высокие капитальные и эксплуатационные затраты; отсутствие необходимых технологий из-за введения международных санкций; неразвитая инфраструктура; высокая экологическая уязвимость; вероятность нанесения вреда окружающей среде. Для Арктики экологические проблемы, связанные с разработкой и транспортировкой углеводородов, более актуальны, чем для других регионов. Арктический регион обладает уникальными природно-географическими особенностями и формирует климат нашей планеты, поэтому различные экологические проблемы, возникающие в Арктике, особенно на шельфе, могут иметь катастрофические последствия на глобальном уровне [24-27].

Глобальное потепление – одна из главных экологических проблем Арктики, которая уже привела к смещению границ лесной зоны, деградации ландшафтов, таянию вечной мерзлоты, изменению площади и толщины морского льда. По мнению экспертов, наибольший вклад в нарушение экологического баланса в Арктике вносят нефтегазовые компании, которые должны перевести

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

свою деятельность на путь устойчивого развития [28], чтобы минимизировать ее негативные последствия и предотвратить возможные последствия, способные ухудшить экологическую ситуацию в регионе.

Все вышесказанное определяет цель настоящего исследования – изучение основных факторов устойчивого развития арктической экосистемы в процессе эксплуатации ресурсов и необходимых мер по их преодолению, что является актуальным и насущным. Для достижения этой цели авторам необходимо ответить на следующие исследовательские вопросы:

ИВ1: Какова роль развития Арктики в текущем и будущем энергообеспечении России?

ИВ2: Какие аспекты следует учитывать при рассмотрении влияния нефтегазовых проектов на экосистему Арктики?

ИВ3: Что может сделать бизнес для обеспечения устойчивого развития арктической экосистемы?

Для того чтобы ответить на поставленные вопросы, мы организовали работу следующим образом: сначала приводим краткий обзор литературы по вопросам тенденций развития энергетики, ресурсного потенциала Арктики, проблем развития нефтегазовых проектов, а также факторов, влияющих на экосистему Арктики (риски и процессы). Затем мы выявляем экологические риски и процессы, сопровождающие реализацию нефтегазовых проектов, формируем реестр рисков и процессов и проводим качественный анализ экологических рисков нефтегазовых проектов, используя экспертный метод. В результате мы формулируем общие принципы и рекомендации для государства и бизнеса по обеспечению устойчивого развития арктической экосистемы, которые позволят решить или избежать возникшей проблемы.

Большое количество специалистов и ученых обеспокоены экологическими проблемами, а именно глобальным изменением климата, загрязнением окружающей среды, воздействием на природные системы, что приводит к увеличению числа стихийных бедствий и температурных аномалий [29-37]. В связи с отложениями различных проектов арктические экосистемы испытывают все большую нагрузку и подвергаются различным угрозам, которые влияют на их безотлагательное развитие. Разрушение ландшафтов, нарушение миграционных процессов различных животных, загрязнение воздуха, воды, биологических ресурсов и шума – вот лишь некоторые примеры негативного воздействия нефтегазодобычи на окружающую среду [38-41].

Сегодня новая повестка дня в области энергетических исследований, сессий и разработок учитывает экологические проблемы. В последние несколько десятилетий на стратегическом уровне как государства, так и компаний все чаще звучит требование рассматривать потенциальные экологические последствия разработки энергетических проектов в начале процесса планирования, до принятия окончательного инвестиционного решения [42].

Негативное влияние нефтегазовых компаний на окружающую среду широко обсуждается в научной литературе: одни исследователи изучают угрозы и антропогенное воздействие на экосистему Арктики [43, 44], другие – последствия нефтяного загрязнения [45], рассматривают экологические перспективы нефтегазовых проектов [46].

Многие ученые рассматривают воздействие на Арктику с точки зрения риск-подхода: изучают устойчивость рискованных нефтегазовых проектов [47]; проводят динамическое моделирование экологических рисков [48]; выполняют экологический, технический и экономический анализы [49]; дают подробный анализ конкретных экологических рисков и рисков от различных видов нефтегазовой деятельности [50-52]; оценивают экологические риски [53-55]. Однако специалисты по-разному понимают понятие «риск», и многие из них связывают его с процессами, постоянно сопровождающими этапы добычи нефти и газа.

Основная проблема исследований влияния нефтегазовых проектов на арктическую экосистему заключается в том, что они носят точечный характер – в них отсутствует системный подход. Чтобы восполнить эти пробелы, авторы предлагают подход, предполагающий, что деятельность нефтегазовых компаний рассматривается как источник экологических рисков, с одной стороны, и что негативные процессы сопровождают добычу углеводородов – с другой. Новизна исследования заключается в том, что авторами составлен перечень всех возможных экологических рисков и процессов, сопровождающих добычу нефти и газа; для этих процессов и рисков авторы четко определяют источник возникновения и последствия для арктической экосистемы и разрабатывают

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

методы управления, которые должны использоваться на корпоративном и государственном уровнях для снижения негативного воздействия нефтегазовых компаний на окружающую среду.

2. Материалы и методы

На рисунке 1 авторы представляют структуру исследования.

Основные методы исследования включают кабинетные исследования, инструменты управления рисками (такие как анализ рисков, реестры и карты), мозговой штурм, экспертный метод, систематизацию, сравнительный анализ, обобщение и группировку.



Рис. 1. Структура этого исследования (составлено авторами)

В качестве предварительного исследования на основе обзора научной литературы было проведено кабинетное исследование, посвященное ресурсному потенциалу Арктики, его взаимосвязи с окружающей средой, проблемам и перспективам развития нефтегазовых проектов, а также экологическим рискам в нефтегазовом секторе. Обзор был проведен с целью получения первоначального представления о предмете исследования, ситуации вокруг нефтегазовых проектов и их влиянии на экосистему Арктики.

В качестве первичных источников информации использовались базы данных Scopus и ScienceDirect. В качестве теоретической базы исследования мы использовали публикации экспертов в научных печатных и электронных журналах, таких как «Полярный журнал», «Вестник загрязнения морской среды», «Журнал чистого производства», «Морская политика», «Журнал морской науки и техники», «Энергия», «Экологическая наука и политика», «Записки Горного института», «Загрязнение окружающей среды», «Экономика энергетики», «Экологические исследования» и другие, а также правительственные отчеты о развитии Арктического региона, федеральные законы, письма министерств и отчеты об устойчивом развитии арктических компаний.

В качестве методологической основы использовался «Свод знаний по управлению проектами» (PMBoK). Алгоритм управления рисками PMBoK таков: идентификация риска, качественный анализ, количественный анализ, планирование реагирования на риск и контроль риска [56].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Для выявления и качественного анализа основных экологических рисков и процессов, сопровождающих реализацию нефтегазовых проектов, авторы использовали мозговой штурм и экспертный метод, основанный на анкетировании.

На первом этапе мозгового штурма (генерации идей), на основе обзора литературы, авторы сначала составили собственный список экологических рисков и процессов, сопровождающих реализацию нефтегазовых проектов.

Затем для формирования корректного и полного списка рисков и процессов был использован метод индивидуального онлайн-экспертизы. К исследованию были приглашены десять экспертов.

Экспертами выступили представители энергетических компаний (ПАО Газпромнефть – 2; ПАО Роснефть – 1; ПАО Газпром – 1), а также представители российских вузов и научных центров (Санкт – Петербургский горный университет – 2; Санкт – Петербургский политехнический университет – 1; Санкт – Петербургский государственный университет – 1; Кольский научный центр РАН – 2), в сферу интересов которых входят проблемы добычи и производства энергоресурсов.

Для отбора экспертов в рабочую группу использовался документальный (на основе социально-демографических данных) метод. При отборе экспертов использовались следующие критерии: компетентность в исследуемой области, ученая степень, опыт научной или практической работы, должностное положение, объективность.

Экспертам было предложено по электронной почте заполнить анкету, в которой необходимо было предоставить информацию о себе, а также составить список рисков и процессов (Приложение Б, Таблицы А2 и А3). Использовалась техника открытых вопросов. Протокол экспертного ответа представлен в Приложении С (один пример, таблицы А4 и А5).

Затем, в качестве следующего этапа методики мозгового штурма (группировка, отбор и оценка идей), авторы использовали методы систематизации, обобщения и группировки информации из экспертного протокола. В результате авторы сформировали перечень и реестр экологических рисков и процессов, сопровождающих реализацию нефтегазовых проектов.

Затем экспертам был разослан список рисков и предложено определить риски с точки зрения вероятности возникновения и отложения последствий (Приложение Г, таблица А6). Использовалась техника закрытых вопросов. Протокол экспертного ответа представлен в Приложении Е (один пример, Таблица А7). Обработка экспертных оценок проводилась методом определения обобщенной оценки.

Наконец, экспертам было предложено провести ранжирование рисков в пределах одного диапазона последствий и одного диапазона вероятности. Обработка экспертных оценок проводилась методом парных сравнений. На последнем этапе исследования, используя общие меры реагирования на риски, примеры лучших практик в отрасли, а также существующие знания и ресурсы, авторы представили общие рекомендации для государства и бизнеса по предотвращению негативного воздействия нефтегазовой деятельности на экосистему.

3. Результаты

3.1. Энергетические тенденции и прогнозы на будущее

Эпидемия коронавируса стала одной из главных угроз для мировой экономики и финансовых рынков. КОВИД-2019 привел к закрытию многих промышленных предприятий, снижению производственной активности, сокращению сферы услуг, ограничениям и запретам на передвижение как в сфере делового туризма, так и в сфере развлечений [57, 58]. Власти большинства стран ограничили, вплоть до полного запрета, выезд людей и проезд на общественном транспорте. Многие компании и учебные заведения работали в режиме онлайн [59, 60]. Несмотря на ослабление этих мер, запрет на поездки сохраняется, а некоторые отрасли не работают на полную мощность из-за социальной дистанцированности или отсутствия спроса. Глобальная блокировка в 2020 году привела к падению мировой экономики на 4,3 %, то есть в 2,5 раза больше, чем во время мирового финансового кризиса 2009 года [61]. Сокращение мировой экономики оказало значительное влияние на энергетические рынки и привело к падению мирового спроса на энергию на 4,3 %, в основном за счет углеродоемких секторов производства электроэнергии, транспорта и третичного сектора [4, 8, 9] (табл. 1).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 1

Потребление энергии по видам топлива (составлено авторами на основе [4])

Топливо	2019, Экзаджоули			2020, Экзаджоули			2020/2019,%
	Всего	ОЭСР	Не ОЭСР	Всего	ОЭСР	Не ОЭСР	
Природный газ	140.54	64.8	75.74	137.62	63.28	74.34	−2.1
Нефть	191.89	90.16	101.73	173.73	78.52	95.21	−9.5
Уголь	157.64	32.3	125.34	151.42	27.46	123.96	−3.9
Атомная энергия	24.93	17.78	7.15	23.98	16.67	7.31	−3.8
Гидроэнергетика	37.68	12.87	24.81	38.16	13.14	25.02	1.3
Возобновляемые источники энергии	28.82	16.56	12.26	31.71	18.04	13.67	10.0
Всего	581.5	234.47	347.03	556.62	217.11	339.51	−4.3

Основной объем спроса на энергию обеспечили страны, не входящие в ОЭСР (Организацию экономического сотрудничества и развития), а наибольшее снижение произошло в ОЭСР. По странам наибольшее снижение энергопотребления произошло в США, Индии и России [4]. Серьезное негативное влияние оказал нефтегазовый сектор: спрос на нефть упал на рекордные 9,6 %, или на 9,1 млн баррелей в день (б/д), а потребление природного газа – на 2,3 %, или на 81 млрд куб. м (бсм) [4,60]. На фоне снижения спроса и отсутствия соглашения о сокращении добычи нефти между Россией и ОПЕК (Организация стран-экспортеров нефти) в первой половине 2020 года цены на нефть рухнули. Впоследствии Россия и ОПЕК пришли к соглашению о сокращении поставок, что стабилизировало цены на нефть.

Постоянная политическая поддержка, высокие показатели вакцинации и частичная отмена ограничений положительно сказались на мировой экономической активности, которая начала восстанавливаться в течение 2021 года. Однако, по мнению Международного энергетического агентства, энергетический кризис, возникший в октябре 2021 года из-за отказа возобновляемых источников энергии, сокращения поставок газа, высокого спроса на газ из Азии и уменьшения запасов газа в европейских подземных хранилищах, приведет к замедлению темпов роста мировой экономики в ближайшем будущем. Тем не менее, спрос на электроэнергию будет продолжать расти.

Согласно [4,7,8], новая энергетическая экономика будет более электрифицированной, эффективной и чистой. Так, в 2021 году Тоталь представила два сценария [7] развития мировой энергетики: сценарий импульса – прогрессивный сценарий, согласно которому к 2100 году температура повысится на 2,2-2,4 градуса; и сценарий разрыва – обратный подход, согласно которому глобальное потепление ограничится 1,7 градусами. В этих энергетических сценариях (рис. 2a, b) прогнозируется рост мирового спроса на электроэнергию на 18 и 9 % соответственно, что обусловлено ростом населения и повышением уровня жизни. Как видно из рисунка 2a, согласно сценарию импульса, прогнозируется рост спроса на газ и увеличение его доли в мировом энергетическом балансе, а также постепенное, но не критическое падение спроса на нефть. Согласно сценарию разрыва (рис. 2b), спрос на газ также будет расти, но более медленными темпами, чем в сценарии импульса, при сохранении его доли в мировом энергетическом балансе.

Согласно справочному сценарию, составленному МакКинзи и компания в «Глобальной энергетической перспективе 2021» [1], ископаемое топливо продолжает играть важную роль в энергетическом секторе.

В мировом энергетическом прогнозе [8] представлены три сценария развития мировой энергетики: сценарий «Чистый ноль выбросов к 2050 году» (ЧНВ), сценарий «Объявленные обязательства» (САО) и сценарий «Утвержденная политика» (STEPS), наиболее реалистичным из которых является сценарий STEPS, показывающий, что спрос на нефть к 2050 году несколько снизится, а спрос на природный газ продолжит расти к 2030 году и далее.

Таким образом, согласно сценариям развития мировой энергетики, сформированным различными компаниями и организациями, спрос на нефть и газ сохранится, а роль углеводородов, особенно газа, в мировом энергетическом балансе останется значительной, по крайней мере, в ближайшие 30 лет.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

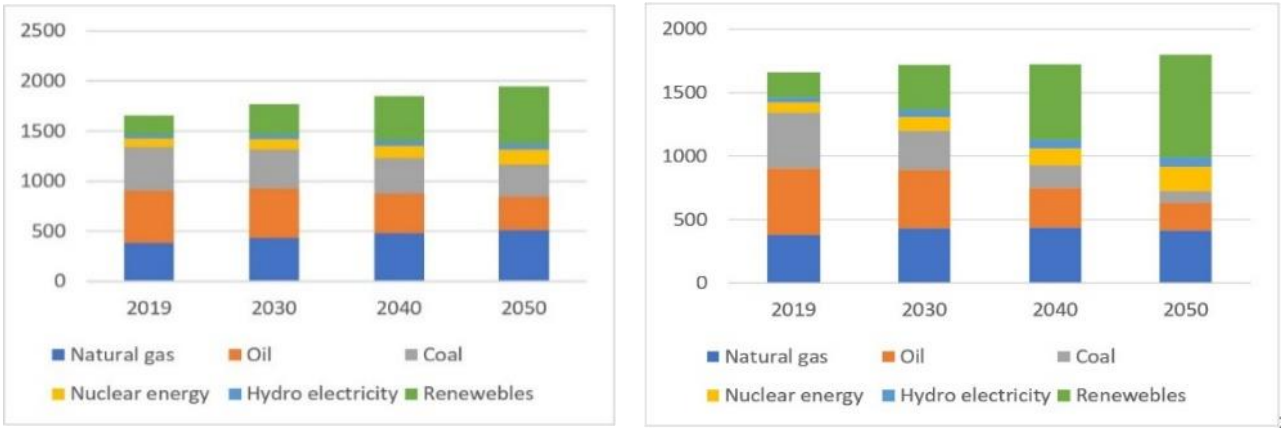


Рис. 2. Мировой спрос на первичную энергию. (a) Сценарий импульса, ПДж/день; (b) Сценарий разрыва, ПДж/день [7]

3.2. Роль Арктики в текущем и будущем энергообеспечении России

Значение нефтегазового комплекса для стабильного развития российской экономики обусловлено, прежде всего, вкладом нефтегазовой отрасли в ВВП страны, экспортную выручку и доходы консолидированного государственного бюджета (рис. 3). Из рисунка 3 видно, что доля нефтегазовых доходов в федеральном бюджете снизилась, но все еще остается значительной.



Рис. 3. Вклад нефтегазовой отрасли в экономику России [62]

Нефтегазовые доходы российского бюджета в 2020 году составили 5,24 млн рублей, или 28 % от всех доходов, что на 33,9 % меньше, чем в 2019 году. Снижение нефтегазовых доходов обусловлено уменьшением поступлений в бюджет налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) и экспортных таможенных пошлин, которые тесно связаны со средней ценой барреля нефти марки Urals (43,3 долл. в 2020 году; 63,9 долл. в 2019 году).

Для удовлетворения потребностей внутреннего и внешнего рынков в энергоресурсах, обеспечения стабильного экономического и социального развития, достижения целей «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» в среднесрочной перспективе необходимо сохранить текущий уровень добычи нефти в России, увеличить текущий уровень добычи газа до 795-820 млрд м3 [63] в среднесрочной перспективе и до 860-1000 млрд м3 [63] в долгосрочной перспективе. Текущий уровень производства СПГ должен быть увеличен до 46-65 млн т [63] в среднесрочной и до 80-140 млрд т [63] в долгосрочной перспективе.

Однако в связи с сокращением относительно легкоизвлекаемых запасов нефти и газа в традиционных районах добычи возникает необходимость разработки трудноизвлекаемых углеводородов.

Согласно «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [63], приоритетами развития российского нефтегазового сектора являются извлечение остаточных запасов углеводородов и добыча сверхтяжелой нефти, тяжелой нефти и сланцевой нефти; увеличение добычи углеводородов в России должно происходить за счет освоения арктических месторождений.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Российская Арктика, занимающая около трети мировой площади Арктики и 20 % территории страны, является зоной особых стратегических интересов России. В Арктике добывается около 83 % природного газа и 17 % нефти, реализуются уникальные проекты по сжижению природного газа (СПГ-проекты) [19, 64], обеспечивающие значительную долю национального дохода и общероссийского экспорта. Значимые нефтегазовые проекты в российской Арктике представлены в Приложении А (табл. А1) [64-71]. В Приложении А авторы разделили проекты на три типа: первый тип – проекты по освоению сухопутных месторождений углеводородов (все проекты находятся в работе или завершены); второй тип – СПГ-проекты (достаточно новая инициатива для российской Арктики, один проект находится в работе); третий тип – проекты по освоению морских месторождений углеводородов (один проект находится в работе). Такое разделение типов проектов было проведено для определения стадии добычи углеводородов, на которой возникает экологический риск.

Интенсивные поиски месторождений углеводородов на суше в Арктике начались в 1930х. Первое в мире арктическое нефтяное месторождение – Чибуское – было открыто в 1930 году. Разработка сухопутных месторождений в Арктике ведется уже более 80 лет и вносит большой вклад в развитие российской энергетики. В 1980-х годах началось глубокое разведочное бурение в западной части российской Арктики (Баренцево и Карское моря). Интерес к арктическому шельфу особенно возрос в период высоких цен на нефть: активизировалась геологоразведка, был реализован уникальный проект по добыче нефти на Приразломном месторождении, запущен комплексный проект «Ямал-СПГ» по добыче и сжижению газа.

По словам руководителя Роснедр Евгения Киселева [72], «на суше и шельфе Арктики имеется 657 действующих лицензий на добычу углеводородного сырья, 240 из них совмещают цели геологического изучения, разведки и добычи, 193 лицензии выданы с целью геологического изучения, 224 лицензии – для разведки и добычи. За последние три года компании открыли в Арктике 13 месторождений углеводородов». В ближайшие годы российский сектор Арктики продолжит играть ведущую роль в добыче газа, а его роль в добыче нефти будет возрастать.

Российское правительство сформировало план масштабного освоения Арктического региона, в соответствии с которым до 2050 года в Арктику будет инвестировано около 5 триллионов рублей на реализацию порядка 150 проектов.

Так, согласно [73], для экологически безопасного освоения шельфовых месторождений, которые, как показано в Приложении А, находятся на ранней стадии разработки, потребуются инвестиции, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Необходимые инвестиции для перспективного освоения шельфовых месторождений [73]

Название месторождения	Инвестиции, млрд руб.
Северо-Гуляевское	55
Приразломное	65
Медынское море	63
Долгинское	85
Ледовое	128
Мурманское	63
Штокмановское	65
Людловское	92
Русановское	250
Ленинградское	255
Каменномысское	102
Северо-Каменномысское	58

Интенсивное и эффективное освоение Арктики, особенно шельфовой зоны Баренцева, Карского, Печорского морей и полуострова Ямал, обладающих наибольшим углеводородным потенциалом, позволит многократно увеличить ресурсный потенциал России и повысить конкурентоспособность российской экономики на мировом уровне.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

3.3. Реализация нефтегазовых проектов: Вызовы для устойчивого развития арктической экосистемы

Освоение углеводородов в Арктике сопровождается рядом проблем (табл. 3), среди которых ключевыми являются следующие: низкий уровень изученности региона; высокая стоимость геологоразведки, особенно бурения поисковых скважин; высокие капитальные и эксплуатационные затраты; отсутствие необходимых технологий, обусловленное введением международных санкций; неразвитость инфраструктуры; высокая уязвимость; вероятность нанесения ущерба арктической экосистеме.

Таблица 3

Проблемы освоения месторождений углеводородов в Арктике (составлено авторами на основе [24, 27, 74-78])

Тип проблем	Проблемы
Организационные	– Недостаточный уровень развития промышленности, способной обеспечить отложение освоения Арктики. – Неразвитая инфраструктура. – Введение секторальных санкций. – Ограниченный доступ к работам на шельфе для российских и иностранных компаний.
Геологические, климатические	– Низкая степень освоения Восточной Арктики. – Глубина залегания. – Сложные ледовые условия при разработке морских месторождений. – Постоянно низкая температура воздуха.
Технологические	– Зависимость от импорта многих видов оборудования и технологий. – Низкие темпы развития технологий. – Сложный механизм коммерциализации технологий.
Экономические	– Волатильность цен на углеводороды. – Высокая стоимость добычи и транспортировки углеводородов. – Высокие капитальные затраты на разведку, разработку месторождений, создание необходимой промышленной и транспортной инфраструктуры, поддержание добычи. – Высокая стоимость и невозможность использования традиционных источников энергии в некоторых случаях.
Социальные	– Низкая плотность населения почти во всем регионе. – Миграционный отток населения, даже из некоторых центральных территорий Арктики. – Недостаточное развитие системы обучения персонала. – Отсутствие квалифицированного персонала.
Окружающая среда	– Уязвимость и высокая вероятность нанесения ущерба арктической экосистеме. – Загрязнение воды. – Сокращение биоразнообразия. – Глобальное потепление.

Для Арктики экологические проблемы освоения, транспортировки и добычи углеводородов более актуальны, чем для других регионов, в связи с необходимостью проведения больших объемов разведочного и эксплуатационного бурения, а также большого количества погрузочно-разгрузочных и бункеровочных работ. Добыча нефти и газа в Арктике также связана со сложными геологическими и суровыми климатическими условиями.

При реализации нефтегазовых проектов водные ресурсы, земная поверхность и атмосфера испытывают интенсивную техногенную нагрузку, а уровень негативного воздействия определяется продолжительностью и отложениями эксплуатации месторождений. Изменение состояния окружающей среды оказывает негативное влияние на экосистему Арктики, представляющую собой биоразнообразие флоры и фауны, живущих и развивающихся в уникальной экологической среде. Для нее характерны определенные климатические условия, связанные с недостатком тепла, широким распространением вечной мерзлоты, наличием в море быстрых и плавучих льдов, оледенением суши, а также, с одной стороны, уникальностью видового разнообразия – более 20 тысяч видов микроорганизмов, грибов, растений и животных – и, с другой стороны, видовой бедностью, крайне чувствительной к антропогенному воздействию. В настоящее время арктическая экосистема испытывает серьезное антропогенное воздействие, связанное с переносом загрязняющих веществ, таянием льдов, глобальным потеплением и нарушением среды обитания.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Из-за коротких пищевых цепей и уязвимости арктической природной среды дальнейшая активная нефтегазовая деятельность в Арктике может стать разрушительной и нарушить устойчивое развитие арктической экосистемы, а значит, ее способность поддерживать свою структуру и функционирование будет нарушена при внешнем воздействии. В то же время в силу своей хрупкости и уникальности арктическая экосистема имеет низкий потенциал устойчивости.

Чтобы минимизировать, предотвратить и устранить негативное воздействие нефтегазодобычи на арктическую экосистему, авторы выявили источники, последствия и отложения такого воздействия, определили их роли и разработали рекомендации для государства и бизнеса.

Авторы предложили подход, согласно которому воздействие нефтегазовых проектов на экосистему Арктики следует рассматривать в двух аспектах: выделены процессы, сопровождающие реализацию нефтегазовых проектов (табл. 4), и выявлены экологические риски, связанные с реализацией нефтегазовых проектов (табл. 5). Риски и процессы анализируются в терминах «стадия разработки нефтегазового месторождения – источник – воздействие на экосистему».

В большинстве литературы эти понятия смешиваются и не рассматриваются системно. В данном исследовании мы попытались выявить все процессы, сопровождающие реализацию нефтегазовых проектов, и все возможные экологические риски. Авторы определяют экологический риск как возможное событие, имеющее негативные последствия для окружающей среды, возникающее в процессе хозяйственной деятельности.

Добыча, транспортировка, переработка нефти, сжигание попутного нефтяного газа, собственные источники энергоснабжения, различные виды оборудования приводят к выбросам парниковых газов в атмосферу, а хранение и перевалка нефти – к выбросам нмЛОС (неметановых летучих органических углеводородов). При реализации нефтегазовых проектов происходит сброс сточных вод в водоемы. Несмотря на то что большинство сточных вод относятся к нормативно чистым, в них содержатся загрязняющие вещества, которые негативно влияют на состояние окружающей среды. Предприятия нефтяной отрасли ежегодно нарушают большие объемы земельных ресурсов, используют водные ресурсы для бытовых и промышленных нужд, накапливают отходы производства, часть которых своевременно не перерабатывается и становится дополнительным источником загрязнения окружающей среды. Кроме того, нефтегазовая деятельность характеризуется шумовым загрязнением окружающей среды, накоплением и утечкой токсичных химических веществ, используемых в методах повышения нефтеотдачи пластов.

В совокупности с вышеперечисленными процессами, сопровождающими реализацию нефтегазовых проектов, деятельность нефтегазовых компаний сопряжена со значительными экологическими рисками.

В качестве основных экологических рисков авторы выделили нефть и нефтепродукты, СПГ, разливы топлива, выбросы нефти и газа, утечки углеводородов, сбросы и утечки отходов бурения и добычи, обрушение верхних слоев горных пород. Эти риски представляют наибольшую угрозу для экосистемы Арктики. Так, разлив нефти в Мексиканском заливе в апреле 2010 года стал огромной экологической катастрофой, последствия которой экосистема будет переживать еще долгие годы.

3.4. Качественный анализ экологических рисков реализации нефтегазовых проектов в Арктике

В табл. 4 представлен анализ процессов, сопровождающих реализацию нефтегазовых проектов, путем создания реестра, в котором указаны источники этих процессов и их влияние на экосистему Арктики.

В таблице 5 авторы представили анализ экологических рисков реализации нефтегазовых проектов путем создания реестра рисков, который связывает риски со стадией добычи нефти и газа, выявляет конкретные источники рисков и их влияние на экосистему Арктики.

Авторы утверждают, что риски, возникающие на разных этапах добычи нефти и газа, должны рассматриваться отдельно, что обусловлено разной вероятностью их возникновения и разным отложением последствий. Например, вероятность разлива нефти при транспортировке на суше выше, чем на море, но из-за большого объема нефти, транспортируемой по воде, последствия разлива нефти на шельфе гораздо более пагубны.

Для проведения качественного анализа экологических рисков реализации нефтегазовых проектов в Арктике и выявления наиболее значимых из них была разработана карта рисков (рис. 4). На ней риски ранжированы по таким показателям, как вероятность возникновения (маловероятные, вероятные и высоковероятные) и отложение негативных последствий для устойчивого развития

 Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

экосистемы (незначительные, приемлемые и существенные). Для оценки вероятности возникновения и масштаба последствий использовался экспертный метод.

Таблица 4

Реестр процессов, сопровождающих реализацию нефтегазовых проектов в Арктике (составлено авторами на основе [11, 12, 18, 25, 27, 35, 38-55, 74-8])

Процессы, сопровождающие реализацию нефтегазовых проектов	Источник	Влияние на арктическую экосистему
1. Выбросы парниковых газов	Разведочное и эксплуатационное бурение, применение методов повышения нефтеотдачи пластов, сжигание попутного нефтяного газа на факелах, использование углеводородов для собственных нужд, эксплуатация двигателей внутреннего сгорания или дизельных двигателей на месторождении и при материально-техническом обеспечении, потери и утечки углеводородов	Морским обитателям Арктики трудно дышать, гибнет флора из-за образования нестабильных тонких пленок на поверхности морей в результате осаждения парниковых газов. Затруднение жизни белых медведей, моржей, тюленей, белых чаек и других из-за постепенного потепления температуры воды. Сокращение биоразнообразия, болезни, миграция и сокращение продолжительности жизни животных и птиц (беркутов, северных оленей и других) из-за повышения температуры и таяния вечной мерзлоты.
2. выбросы нмЛОУ (неметановых летучих органических углеводородов)	нефтяного газа, использование углеводородов для собственных нужд, эксплуатация двигателей внутреннего сгорания или дизельных двигателей на месторождении и при материально-техническом обеспечении, потери и утечки углеводородов.	Угнетение живых арктических существ, заболевания глаз и сердечно-сосудистой системы, затрудненное дыхание у арктических животных.
3. Шумовое загрязнение	Хранение нефти, перевалка нефти.	Потеря организмами способности распознавать различные звуки, нарушение связи друг с другом, трудности с поиском пищи. Это особенно актуально для китов.
4. Эффект гидроудара	Морская сейсморазведка, бурение скважин, морская транспортировка.	Гибель и повреждение органов и тканей взрослых рыб и мальков; нарушение путей миграции арктических рыб (арктический голец, форель), изменение среды обитания, гибель арктических животных.
5. Накопление, утечка токсичных химических веществ	Генерация сейсмических волн, гидроразрыв пласта.	Токсическое воздействие, неблагоприятный режим для развития флоры и фауны в результате загрязнения источников питьевой воды, нарушения кислородного режима водоемов.
6. Попадание вод водохранилища в окружающую среду	Гидроразрыв пласта, применение других методов повышения нефтеотдачи.	Неблагоприятный режим для развития растительного и животного мира вследствие изменения минерального состава, pH, водно-воздушного режима, углеродно-азотного баланса подземных вод, снижения почвообразования и плодородия, а также образования нефтяной пленки на поверхности воды и осаждения тяжелых фракций нефтепродуктов.
7. Утилизация и хранение технологических отходов бурения	Добыча нефти путем бурения скважин, нарушения технологического процесса, износ оборудования, неправильный выбор технологий очистки.	Вывод из оборота значительной площади земель, угнетение и подавление нормальной органической жизни, изменение состава биоценозов. Сокращение продолжительности жизни и гибель отдельных особей, полное исчезновение некоторых видов, появление патологических признаков и гистологических нарушений в организме рыб и беспозвоночных, накопление нефтяных углеводородов и отходов в органах и тканях растений и животных, ухудшение состояния и выживаемости рыб, гибель рыбы, гибель нерестилищ. Изменения в живых микроорганизмах, населяющих почву. Снижение биологической активности и плодородия почвы.
8. Накопление отходов производства	Разведочное и эксплуатационное бурение Геологоразведка, эксплуатация месторождений углеводородов, строительство нефтеперерабатывающих заводов и заводов СПГ.	
9. Сброс нормативно чистой воды		
10. Нарушение целостности земной поверхности, изъятие из оборота значительного участка земли	Геологоразведка, эксплуатация месторождений углеводородов, строительство нефтеперерабатывающих заводов и заводов СПГ, прокладка трубопроводов.	Оползни, образование глубоких впадин, затопление низких мест обитания фауны, гибель представителей фауны, изменения в растительном и животном мире нарушение миграционных процессов животных и птиц

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 5

Реестр экологических рисков
(составлен авторами на основе [11, 12, 18, 25, 27, 35, 38-55, 74-78])

Риск	Стадия добычи нефти и газа	Источник риска	Влияние на арктические экосистемы
1. Разливы нефти и нефтепродуктов	1.1 Добыча углеводородов на шельфе	1.1 Взрыв, пожар, поломка оборудования на нефтяной платформе, столкновение танкера с платформой.	Болезни и смерть, сокращение срока жизни живых существ (икра рыб, донные живые организмы, моллюски, рыба, дельфины, птицы, морские черепахи, белый медведь, тюлень и другие) из-за уменьшения количества кислорода в воде. Раздражение кожи, потеря способности плавать, гибель морских млекопитающих (морских выдр, белых медведей, тюленей, новорожденных тюленей, моржей и других). Токсическое воздействие остатков нефти на крабов и рыб, проблемы с обустройством крабовых нор. Снижение водоотталкивающей способности оперения, переохлаждение, потеря плавучести и способности морских птиц к полету. Хронический стресс у морских птиц, который вызывает различные заболевания и негативно влияет на способность к размножению. Отравление и гибель промысловой рыбы при попадании углеводородов в реки. Нарушение корневого питания растений из-за резкого изменения соотношения между углеродом и азотом в почве, ухудшение азотного режима почв. Вытеснение кислорода из почвы, снижение продуктивности почвы, длительное восстановление плодородного слоя. Деградация почвенного покрова, деформация структуры биоценозов. Интоксикация парами нефти, нефтепродуктов почвенных бактерий, микроорганизмов, животных (карибу, кабарга, песец) и птиц (утки, гуси, кулики и др.), отравление животных при попадании углеводородов в реках. Нарушение гнездования птиц.
	1.2. Транспортировка углеводородов на шельфе	1.2 Взрыв, пожар, неисправность оборудования на судах, перевозящих нефть, нефтепродукты; аварии с такими судами, посадка на мель.	
	1.3 Транспортировка углеводородов на суше	1.3 Разгерметизация трубопроводов, взрыв, разрыв трубы, аварии, вызванные строительными дефектами, заводскими дефектами, коррозией.	
	1.4 Переработка нефти	1.4 Взрыв, пожар на нефтеперерабатывающем заводе, разгерметизация резервуаров для хранения нефти, нефтепродуктов	
2. Разливы сжиженного природного газа (СПГ)	2.1. Транспортировка углеводородов на шельфе	2.1 Взрыв, пожар, отказ оборудования на судах, перевозящих СПГ, аварии с такими судами, посадка на мель, погрузочно-разгрузочные работы на судах и терминалах.	
	2.2 Производство СПГ	2.2 Разгерметизация резервуаров для хранения СПГ, взрыв, пожар на заводе СПГ.	
3. Разливы топлива	3.1 Материально-техническое обеспечение морских месторождений	3.1 Взрыв, пожар, отказ оборудования на судах, перевозящих грузы, аварии с такими судами, посадка на мель.	
4. Выбросы нефти и газа (неконтролируемое фонтанирование)	4.1 Морская геологоразведка	4.1, 4.2, 4.3, 4.4 Неисправность противовыбросового оборудования устья скважины, несоблюдение требований безопасности при бурении скважины, несвоевременная и некачественная герметизация устья скважины.	
	4.2 Геологическая разведка на суше		
	4.3 Добыча углеводородов на шельфе		
	4.4 Добыча углеводородов на суше		

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Риск	Стадия добычи нефти и газа	Источник риска	Влияние на арктические экосистемы
5. Утечки углеводородов	5.1 Морская геологическая разведка	5.1 Бурение разведочных скважин.	
	5.2 Геологическая разведка на суше	5.2 Бурение разведочных скважин.	
	5.3 Добыча углеводородов на шельфе	5.3 Отгрузка углеводородов с платформы, бурение эксплуатационных скважин.	
	5.4 Транспортировка углеводородов на шельфе	5.4 Бункеровка судов, перевозящих грузы, нефть, нефтепродукты, СПГ, незначительные нарушения целостности таких судов, погрузочно-разгрузочные работы на морских судах и терминалах.	
	5.5 Транспортировка углеводородов на суше	5.5 Некачественные стыковые соединения, механические повреждения, дефекты монтажа труб.	
	5.6 Добыча углеводородов на суше	5.6 Разгерметизация на скважине, внутрипромысловая транспортировка.	
	5.7 Переработка нефти и газа	5.7 Отгрузка на приемный пункт нефтеперерабатывающего завода, нарушение целостности конструкции, наличие коррозии в резервуарах для хранения нефти, нефтепродуктов.	
	5.8 Производство СПГ	5.8 Нарушение структурной целостности, наличие коррозии в резервуарах для хранения СПГ, отгрузка СПГ с завода.	
6. Сброс и утечка отходов бурения и производства	6.1 Геологическая разведка на шельфе	6.1, 6.2 Аварии на буровых платформах, негерметичность систем сбора и транспортировки.	Токсическое воздействие отходов на планктонные и бентосные организмы арктических морей Структурные и функциональные изменения на уровне популяций арктических рыб. Нарушение жизнедеятельности молоди рыб, планктонных и бентосных организмов-фильтраторов вследствие повышения мутности воды. Физическое воздействие на бентосные организмы. Хронические нарушения функций живых организмов, приводящие к мутации и исчезновению различных видов.
	6.2 Добыча углеводородов на шельфе		
	6.3 Геологическая разведка на суше	6.3, 6.4 Аварии на нефтегазовых месторождениях, нарушение замкнутого цикла циркуляции на стадии бурения, нарушение конструкции шламовых амбаров.	
	6.4 Добыча углеводородов на суше		
7. Обрушение верхних слоев породы	7.1 Добыча углеводородов на суше	7.1 Бурение скважин, длительная эксплуатация месторождений	Гибель живых существ. Разрушение мест обитания арктических животных.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Авторы собрали индивидуальные мнения десяти экспертов с помощью анкетирования и обработали их. Эксперты были выбраны с учетом их промышленного или научного опыта, сферы интересов, способности к быстрому общению в онлайн-формате, а также специфических знаний в области исследования.

Вероятность				
	Весьма вероятно		5.5	1.2
	Вероятно	5.7, 5.8, 5.2	5.4, 4.2, 1.3, 4.4, 5.6, 3.1	6.3, 6.4, 2.1, 1.1
	Маловероятно		5.1, 5.3, 2.2	7.1, 6.1, 1.4, 4.1, 4.3
		Шкала последствий		
		Незначительно	Допустимо	Значительно

Рис. 4. Карта экологических рисков

На первом этапе авторы попросили экспертов составить список экологических рисков и процессов, негативно влияющих на экосистему (Приложение Б), которые они связывают с добычей нефти и газа. Таким образом, эксперты помогли авторам составить список из 24 экологических рисков и 10 процессов, негативно влияющих на экосистему.

На втором этапе экспертам было предложено оценить риски с точки зрения отложения негативных последствий для устойчивого развития экосистемы и вероятности их наступления (Приложение Г). На третьем этапе экспертам было предложено провести ранжирование рисков в рамках одного диапазона последствий и одного диапазона вероятности. Результаты были обработаны методом матрицы парных сравнений.

Как видно из рисунка 4, наиболее значимым экологическим риском является риск разлива нефти и нефтепродуктов при морской транспортировке углеводородов. Особое внимание следует уделить рискам в красной и желтой зоне. Однако из-за хрупкости арктической экосистемы нельзя игнорировать и зеленую зону.

3.5. Общие принципы и рекомендации для государства и бизнеса в обеспечении устойчивого развития арктической экосистемы

17 Целей устойчивого развития, принятых Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 году, включают в себя задачи по борьбе с изменением климата, сохранению и устойчивому использованию морских ресурсов, а также защите и устойчивому использованию наземных экосистем [79]. Для достижения Целей устойчивого развития и в связи с негативным воздействием нефтегазовой деятельности на экосистему Арктики авторы разработали следующие основополагающие принципы работы нефтегазовых компаний и государства (рис. 5):

Для реализации сформулированных принципов устойчивого развития арктической экосистемы авторы также разработали рекомендации для государства и бизнеса, обеспечивающие экологически сбалансированное развитие Арктики. В частности, авторы учитывают исключительную уязвимость суровой арктической природы и решают задачи максимального сохранения биоразнообразия флоры и фауны и их естественной среды обитания (табл. 6). Таблица организована следующим образом: в первом столбце приведены рекомендации для бизнеса, во втором – риски/процессы, вероятность и последствия которых могут быть снижены при учете рекомендаций.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

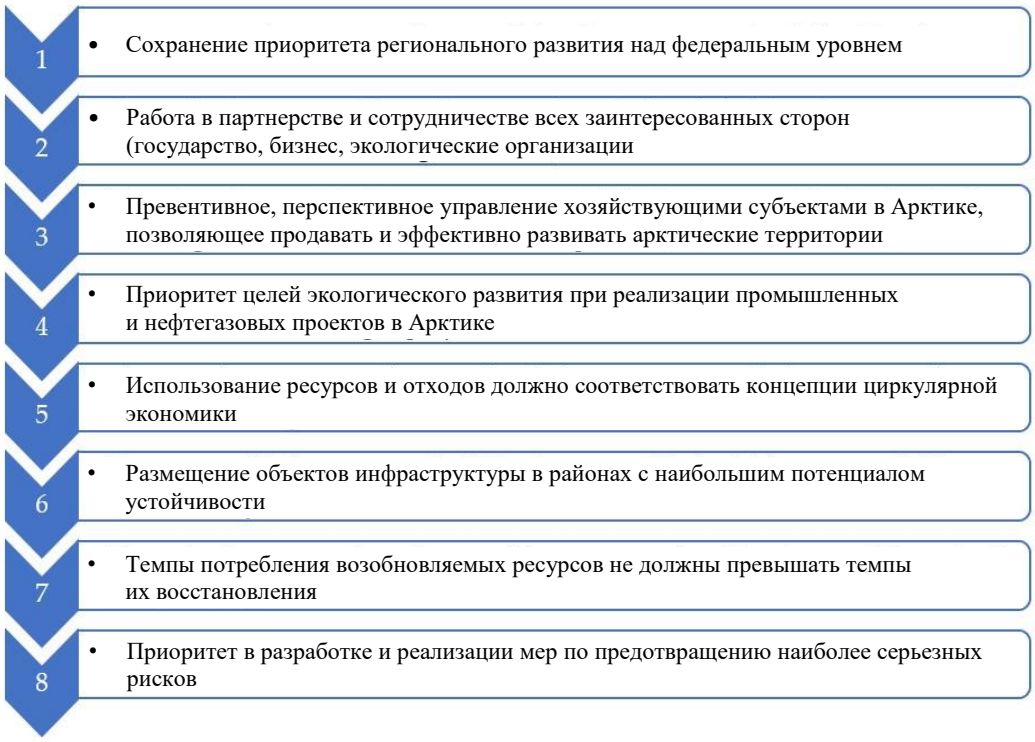


Рис. 5. Принципы реализации нефтегазовых проектов по сохранению экосистем

В связи с однотипностью рекомендаций для компаний в некоторых случаях мы классифицируем их по группам риска и процессам; для государства авторы представляют общие рекомендации.

Общие рекомендации для государства, направленные на повышение экологической ответственности компаний, заключаются в следующем:

1. Поощрение компаний к принятию экологических мер путем:
   - предоставления налоговых льгот, например, налога на выбросы CO_2 и ужесточения экологического законодательства (увеличение штрафов за выбросы парниковых газов и других загрязняющих веществ, нарушение экологических норм, неправильное обращение с отходами, увеличение стоимости платежей за использование водных и земельных ресурсов);
   - осуществление постоянного контроля за использованием природных ресурсов и загрязнением окружающей среды;
   - субсидирование и предоставление льгот на реализацию программ по обращению с отходами, с внедрением экологически чистых, безопасных и инновационных технологий добычи и переработки углеводородов (наилучших доступных технологий), очистку мест скопления значительных объемов углеводородов;
   - установка экологически чистого оборудования, использование экоматериалов;
   - проведение мероприятий по сохранению биоразнообразия Арктического региона и другие.
2. Организация экологического мониторинга.
3. Регулярные проверки судов, перевозящих углеводороды, а также судов, занимающихся логистикой; регулярные проверки платформ, трубопроводов и оборудования, используемого для добычи, хранения и переработки углеводородов.
4. Организация совместных природоохранных мероприятий по повышению уровня экологического образования и подготовки сотрудников.
5. Содействие установлению прочных и долгосрочных отношений между компаниями и венчурными фондами.

Экологические проблемы Арктики и активизация хозяйственной деятельности в Арктике обусловливают необходимость усиления экологической направленности реализации арктических

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

проектов. В настоящее время, несмотря на уже существующие экологические инициативы, этот процесс только начинает развиваться.

Для обеспечения максимального отложения эффекта от рационального природопользования в Арктической зоне Российской Федерации необходимы следующие меры:

(1) интеграция политики экологической безопасности во все сферы экономического развития региона;

(2) формирование экологических стандартов, четко регламентирующих допустимые и недопустимые действия в Арктике;

(3) активное сотрудничество между государством и компаниями в области охраны окружающей среды в Арктике;

(4) укрепление международного сотрудничества в области экологической безопасности.

3.6. Меры по обеспечению устойчивого развития арктической экосистемы: пример Приразломное месторождение

Для предотвращения негативного воздействия на экосистему российскими компаниями проводится ряд мероприятий: экологическая экспертиза проектов, внедрение природоохранных мероприятий, производственный контроль и мониторинг. Государственный экологический надзор осуществляется государством. Крупнейшая российская нефтегазовая компания «Газпром», основная доля добычи газа которой приходится на Арктический регион, ежегодно тратит огромные средства на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (рис. 6).

В настоящее время Приразломное месторождение Группы «Газпром» – единственный проект на российском арктическом шельфе, где ведется промышленная добыча нефти. Для предотвращения негативного воздействия на арктическую экосистему предусмотрены: установка системы защиты и контроля «Церанг», оснащение скважин автоматизированной системой охраны и комплексом противовыбросового оборудования, постоянный мониторинг 30 параметров при транспортировке, определение высоты полета с учетом особенностей экосистемы, мониторинг морской фауны. Ключевым экологическим решением проекта является безотходный метод (отходы бурения закачиваются в специальную скважину) и защита ихтиофауны (работают четыре рыболовных устройства) [64].

Таблица 6

Рекомендации для бизнеса по обеспечению устойчивого развития арктической экосистемы

Рекомендации для бизнеса	Влияние на риск/процесс
Поддержание безопасного расстояния судов друг от друга и от береговой линии. Обеспечение судов улучшенной навигацией. Обучение персонала для предотвращения неправильного использования оборудования. Постоянный мониторинг и контроль за техническим состоянием оборудования.	Снижение вероятности отказов оборудования, пожаров и столкновений судов Номер риска 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4.
Подготовка резервуаров для хранения углеводородов к сезонным изменениям. Регулярные проверки целостности и состояния резервуаров для хранения углеводородов.	Снижение вероятности отказа резервуаров для хранения углеводородов. Номер риска 1.4, 2.2.
Внедрение системы мониторинга бурения скважин в режиме реального времени оперативного центра. Оснащение скважин заглушками и специальными механизмами. Соблюдение требований безопасности при бурении скважин.	Снижение вероятности отказа бурового оборудования и оперативное реагирование на возможные прорывы скважин. Номер риска 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, 5.3, 5.6.
Использование биотехнологий для восстановления загрязненной углеводородами почвы.	Уменьшение последствий разливов, утечек углеводородов и прорывов скважин. Номер риска 1.3, 1.4, 4.2, 4.4, 5.2, 5.5, 5.6, 5.7.
Проведение инспекций трубопроводного транспорта на постоянной основе. Своевременный ремонт и замена изношенных труб.	Повышение надежности трубопроводных систем, снижение вероятности разливов и утечек при транспортировке наземным транспортом. Номер риска 1.3, 5.5.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Рекомендации для бизнеса	Влияние на риск/процесс
Применение технологий извлечения углеводородных компонентов на основе низкотемпературной конденсации и ректификации (переработка попутного газа). Применение технологий улавливания и утилизации (использования) диоксида углерода. Реконструкция и комплексный ремонт оборудования с целью снижения технологических потерь газа, использование современных и инновационных газосберегающих технологий при ремонте. Использование альтернативных источников энергии для собственных нужд, замена угля на газ. Использование оборудования с пониженным энергопотреблением.	Сокращение выбросов парниковых газов. Процесс номер 1.
Реализация распределенной волоконно-оптической тензометрической системы в сейсмическом стримере. Фильтрация импульсных искажений. Рациональное, с акустической точки зрения, расположение сооружений, машин и оборудования. Использование шумоглушителей, совершенствование их конструкции, применение звукоизолирующих кожухов. Использование звукопоглощающих оболочек буровых установок с требуемой звукоизоляцией.	Снижение шумового воздействия и влияния гидроударов на окружающую среду. Процесс № 3, 4.
Использование малотоксичных растворов при применении методов повышения нефтеотдачи пластов. Использование специфических для полимеров ферментов разрушителей (деградаторов) полимеров. Использование жидкостей, не содержащих полимеров.	Снижение негативных последствий применения методов повышения нефтеотдачи. Процесс № 5.
Применение систем очистки и сушки отходов бурения, позволяющих максимально вернуть ранее использованный буровой шлам и технической воды в производственный процесс. Применение технологии «беструбного бурения», которая предполагает использование бурового шлама для получения инертного материала. Термическое обезвреживание буровых отходов без разделения жидкой и твердой фаз. Использование малотоксичных буровых шламов. Контроль качества работ по утилизации отходов.	Более эффективное использование отходов бурения, снижение количества отходов производства и потребления воды. Процессы № 7, 8, 9.
Биологическая очистка воды, установка водоочистных сооружений на всех действующих объектах. Внедрение инновационных методов очистки пластовых вод с использованием сорбционно-фильтрующих установок с большой емкостью сорбента.	Сокращение объема потребляемой воды, снижение объема и улучшение качества пластовых вод, сбрасываемых в окружающую среду. Процесс № 6.8.
Применение технологии «зеленой сейсморазведки», которая предполагает использование компактного мобильного оборудования и рациональное размещение техники на месторождении.	Изъятие из оборота меньшего количества земель и сохранение лесов. Процесс № 10.

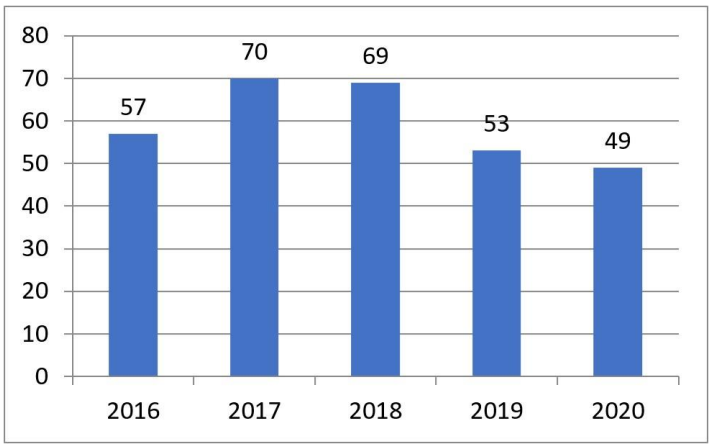


Рис. 6. Затраты Группы Газпром на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, в млрд рублей [80]

4. Обсуждение и выводы

Арктика – регион, богатый минеральными ресурсами. На протяжении многих лет в Арктике успешно реализуются многие нефтегазовые проекты, а в последнее время особое внимание со стороны государства и бизнеса уделяется освоению шельфовых месторождений и реализации проектов по сжижению природного газа.

В то же время реализация нефтегазовых проектов сопровождается негативными последствиями для окружающей среды, деятельность нефтегазовых компаний связана с высокими экологическими рисками, а также с негативными процессами, сопровождающими реализацию нефтегазовых проектов, которые приводят к деградации экосистем и снижению их устойчивости. Для снижения негативного воздействия нефтегазовой деятельности на экосистему необходим экологически безопасный подход.

В соответствии с этими предпосылками и целью исследования были получены следующие результаты:

- представлен анализ наиболее масштабных проектов, реализуемых и планируемых в российской Арктике;
- выявлены ключевые проблемы реализации нефтегазовых проектов;
- определены и систематизированы экологические риски и процессы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду при геофизической разведке, бурении скважин, эксплуатации оборудования, транспортировке танкеров, транспортировке по трубопроводным системам, производстве СПГ и нефтепродуктов, выражающиеся в возможных разливах и утечках углеводородов, генерируемых шумах, обрушениях горных пород, выбросах вредных веществ в атмосферу, сбросе сточных вод, накоплении отходов производства и бурения, изъятии земель и воды;
- проведен качественный анализ процессов и экологических рисков, возникающих при реализации арктических нефтегазовых проектов, что позволило сформировать общее видение исследуемой проблемы;
- разработаны основные принципы устойчивого развития для нефтегазовых компаний и государства, а также общие рекомендации по снижению негативного воздействия и максимальному сохранению арктической экосистемы.

Полученные в ходе исследования результаты по представленному перечню рисков нефтегазовой деятельности и процессов, связанных с добычей углеводородов, негативно влияющих на окружающую среду, не противоречат предыдущим исследованиям [48,49,51-56,69], но объединяют и уточняют их. В указанных исследованиях рассматриваются отдельные риски и процессы, которые не систематизированы и не проанализированы в системе «источник-риск-последствия». В данном исследовании предложен подход, который позволяет выделить как экологические риски нефтегазовой деятельности, так и процессы, связанные с добычей углеводородов, негативно влияющие на окружающую среду; составлен полный перечень таких рисков и процессов и проведен их качественный анализ. Авторы предположили, что подобный результат получен впервые, поскольку в предыдущих работах можно встретить описание и изучение отдельных рисков или процессов, сопровождающих реализацию нефтегазовых проектов, которые зачастую сопряжены с рисками. Подход авторов позволил сформировать общее видение исследуемой проблемы.

Что касается практической реализации, то принципы и общие рекомендации, основанные на качественном анализе рисков и процессов, могут быть использованы для актуализации государственной политики в области охраны окружающей среды в Арктике, а также для разработки компаниями стратегий устойчивого развития.

Основными предпосылками исследования являются следующие:

- оценка рисков с точки зрения уровня негативных последствий и вероятности их наступления является приблизительной и субъективной; с реализацией большего числа проектов в Арктике вероятность рисков и последствий будет возрастать;
- авторы изучили различные инструменты и методы и составили список рекомендаций по предотвращению негативного воздействия на экосистему, но не исследовали, какие методы и инструменты более эффективны в арктических условиях.

Что касается будущих направлений исследований, то авторы сосредоточатся на конкретном примере проекта, чтобы провести качественный анализ и попытаться провести количественный

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

анализ рисков. Авторы также постараются более тщательно изучить зарубежный опыт охраны окружающей среды при реализации нефтегазовых проектов в суровых климатических условиях, чтобы выявить лучшие практики и сформулировать рекомендации.

Вклад авторов: *концептуализация Н.Р.; методология Д.Д. и Н.Р.; валидация Н.Р.; исследование Н.Р. и Д.Д.; формальный анализ Д.Д.; написание – подготовка оригинального проекта Н.Р. и Д.Д. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.*

Финансирование: *исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации, номер проекта НШ-2692.2020.5 Моделирование эколого-сбалансированного и экономически устойчивого освоения углеводородных ресурсов Арктики.*

Заявление Совета по институциональному контролю: *не применимо.*

Заявление об информированном согласии: *не применимо.*

Заявление о доступности данных: *совместное использование данных не применимо.*

Конфликты интересов: *авторы не заявляют о конфликте интересов.*

ЛИТЕРАТУРА

1. McKinsey Company. Global Energy Perspective 2021. Available online: https://www.mckinsey.com/~{}/media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Global%20Energy%20Perspective%202021/Global-Energy-Perspective-2021-final.pdf (accessed on 20 August 2021).
2. Rouleau, J.; Gosselin, L. Impacts of the COVID-19 lockdown on energy consumption in a Canadian social housing building. Appl. Energy 2021, 287, 116565. http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116565, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34608347
3. Fadeev, A.; Larichkin, F.; Afanasyev, M. Arctic offshore fields development: New challenges & opportunities at the current post-pandemic situation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing: Bristol, UK, 2020; Volume 554, p. 012008. http://doi.org/10.1088/1755-1315/554/1/012008
4. BP Statistical Review of World Energy, 70th ed.; 2021; Available online: https://www.bp.com/en/global/corporate/energyeconomics/statistical-review-of-world-energy.html (accessed on 12 October 2021).
5. BP Statistical Review of World Energy, 69th ed.; 2020; Available online: https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf (accessed on 12 October 2021).
6. Tcvetkov, P. Climate policy imbalance in the energy sector: Time to focus on the value of CO2 utilization. Energies 2021, 14, 411. http://doi.org/10.3390/en14020411
7. TotalEnergies Energy Outlook 2021. Available online: https://totalenergies.com/system/files/documents/2021-09/2021_TotalEnergies_Energy_Outlook.pdf (accessed on 28 October 2021).
8. IEAWorld Energy Outlook 2021. Available online: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021 (accessed on 28 October 2021).
9. Global Energy Trends—2021 Edition. Available online: https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/worldenergy-trends.html (accessed on 28 October 2021).
10. IEA. Global Energy Review 2021. Available online: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021 (accessed on 12 October 2021).
11. Fadeev, A.; Lipina, S.; Zaikov, K. Innovative approaches to environmental management in the development of hydrocarbons in the Arctic shelf. Polar J. 2021, 11, 208–229. http://doi.org/10.1080/2154896X.2021.1889836
12. Gulas, S.; Downton, M.; D'Souza, K.; Hayden, K.; Walker, T.R. Declining Arctic Ocean oil and gas developments: Opportunities to improve governance and environmental pollution control. Mar. Policy 2017, 75, 53–61. http://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.10.014
13. Andreassen, N. Arctic energy development in Russia—How "sustainability" can fit? Energy Res. Soc. Sci. 2016, 16, 78–88. http://doi.org/10.1016/j.erss.2016.03.015
14. Ellis, J. Law of the sea convention. In Essential Concepts of Global Environmental Governance, 1st ed.; Morin, J.-F., Orsini, A., Eds.; Routledge: Abingdon-on-Thames, UK, 2014; p. 113. ISBN 978-0-415-82247-3.
15. Moe, A. The dynamics of Arctic development. In Asia and the Arctic: Narratives, Perspectives and Policies; Sakhuja, V., Narula, K., Eds.; Springer: Singapore, 2016; pp. 3–13. ISBN 978-981-10-2058-2.
16. Hintsala, H.; Niemela, S.; Tervonen, P. Arctic potential—could more structured view improve the understanding of Arctic business opportunities? Polar Sci. 2016, 10, 450–457. http://doi.org/10.1016/j.polar.2016.07.001
17. Performance of the Federal Budget and Budgets of the Budgetary System of the Russian Federation for 2020. Available online: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2021/09/main/Informatsionnoe_illustrirovannoe_izdanie.pdf (accessed on 12 October 2021). (In Russian)
18. Investment Portal of the Arctic Zone of Russia. Official Internet Site. Available online: https://arctic-russia.ru (accessed on 22 September 2021). (In Russian).
19. Dmitrievskiy, A.N.; Eremin, N.A.; Shabalin, N.A.; Kondratyuk, A.T.; Eremin, A.N. State and prospects for the development of hydrocarbon resources of the Arctic shelf of Russia. Neftegaz.RU 2017, 1(61), 32–42.
20. Cherepovitsyn, A.E.; Lipina, S.A.; Evseeva, O.O. Innovative approach to the development of mineral raw materials of the Arctic zone of the Russian Federation. J. Min. Inst. 2018, 232, 438–444. http://doi.org/10.31897/pmi.2018.4.438
21. Kobylkin, D.N. The resources of the Arctic shelf are our strategic reserve. Energy Policy 2019, 3, 6–9.
22. Gritsenko, D.; Efimova, E. Is there Arctic resource curse? Evidence from the Russian Arctic regions. Resour. Policy 2020, 65, 101547. http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101547

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

23. Vasiltsov, V.S.; Vasiltsova, V.M. Strategic planning of Arctic shelf development using fractal theory tools. J. Min. Inst. 2018, 234, 663–672. http://doi.org/10.31897/pmi.2018.6.663

24. Alekseeva, M.B.; Bogachev, V.F.; Gorenburgov, M.A. Systemic diagnostics of the Arctic industry development strategy. J. Min. Inst. 2019, 238, 450–458. http://doi.org/10.31897/PMI.2019.4.450

25. Anthropogenic Impact on the Environment of the Arctic Zone of the Russian Federation. Available online: https://gosdokladecology.ru/2017/arkticheskaya-zona-rossiyskoy-federatsii/antropogennoe-vozdeystvie-na-okruzhayushchuyu-sredu/ (accessed on 12 September 2021). (In Russian).

26. Biev, A.A. Development of branches and sectors of the economy in the North and in the Arctic. Sev. I Rynok Form. Èkon. Porâd. 2019, 65, 43–51.

27. Russian International Affairs Council. Problems and Prospects for the Development of the Arctic Region. Available online: https://russiancouncil.ru/papers/ArcticDevelopment-UMM6.pdf (accessed on 12 September 2021). (In Russian).

28. Litvinenko, V.S.; Tsvetkov, P.S.; Molodtsov, K.V. The social and market mechanism of sustainable development of public companies in the mineral resource sector Eurasian. Eurasian Min. 2020, 1, 36–41. http://doi.org/10.17580/em.2020.01.07

29. Ruiz, I.; Faria, S.H.; Neumann, M.B. Climate change perception: Driving forces and their interactions. Environ. Sci. Policy 2020, 108, 112–120. http://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.020

30. Cai, M.; Murtazashvili, I.; Murtazashvil, J.B.; Salahodjaev, R. Patience and climate change mitigation: Global evidence. Environ. Res. 2020, 186, 109552. http://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109552, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32668537

31. Echavarren, J.M.; Balžekienė, A.; Telešienė, A. Multilevel analysis of climate change risk perception in Europe: Natural hazards, political contexts and mediating individual effects. Saf. Sci. 2019, 120, 813–823. http://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.024

32. Lu, S.; Bai, X.; Zhang, X.; Li, W.; Tang, Y. The impact of climate change on the sustainable development of regional economy. J. Clean. Prod. 2019, 233, 1387–1395. http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.074

33. Johnson, N.C.; Amaya, D.J.; Ding, Q.; Kosaka, Y.; Tokinaga, X.; Xie, S.-P. Multidecadal modulations of key metrics of global climate change. Glob. Planet. Chang. 2020, 188, 103149. http://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103149

34. Deschenes, O. Temperature, human health, and adaptation: A review of the empirical literature. Energy Econ. 2014, 46, 606–619. http://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.10.013

35. Burns, C.; Orttung, R.W.; Shaiman, M.; Silinsky, L.; Zhang, E. Solid waste management in the Arctic. J. Waste Manag. 2021, 126, 340–350. http://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.021

36. Ponomarenko, T.V.; Nevskaya, M.A.; Marinina, O.A. Complex use of mineral resources as a factor of the competitiveness of mining companies under the conditions of the global economy. Int. J. Mech. Eng. Technol. 2018, 12, 1215–1223.

37. Vasilenko, N.; Khaykin, M.; Kirsanova, N.; Lapinskas, A.; Makhova, L. Issues for development of economic system for subsurface resource management in Russia through lens of economic process servitization. Int. J. Energy Econ. Policy 2020, 10, 44–48. http://doi.org/10.32479/ijeep.8303

38. Hoegh-Guldberg, O.; Bruno, J.F. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. Science 2010, 328, 1523–1528. http://doi.org/10.1126/science.1189930, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20558709

39. Solovjova, N.V. Ecological risk simulation assessment in marine ecosystems of the Arctic shelf. Mar. Pollut. Bull. 2021, 169, 112577. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112577

40. Elias, S.A. Current Ecosystem Changes in the Arctic. In Encyclopedia of the World's Biomes, 1st ed.; Goldstein, M.I., DellaSala, D.A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp. 421–445. ISBN 978-0-12-816097-8.

41. Khare, N.; Khare, R. The Arctic: A Barometer of Global Climate Variability, 1st ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2021; pp. 255–264. ISBN 978-0-12-823735-9.

42. Noble, B.; Ketilson, S.; Aitken, A.; Poelzer, G. Strategic environmental assessment opportunities and risks for Arctic offshore energy planning and development. Mar. Policy 2013, 39, 296–302. http://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.011

43. Gamberg, M. Threats to Arctic Ecosystems Author links open overlay panel. In Encyclopedia of theWorld's Biomes, 1st ed.; Goldstein, M.I., DellaSala, D.A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp. 532–538. ISBN 978-0-12-816097-8.

44. Elias, S.A. Human Impacts on Arctic Ecosystems. In Encyclopedia of the World's Biomes, 1st ed.; Goldstein, M.I., DellaSala, D.A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp. 409–420. ISBN 978-0-12-816097-8.

45. Lifshits, S.; Glyaznetsova, Y.; Erofeevskaya, L.; Chalaya, O.; Zueva, I. Effect of oil pollution on the ecological condition of soils and bottom sediments of the arctic region (Yakutia). Environ. Pollut. 2021, 288, 117680. http://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117680, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34284204

46. Tolvanen, A.; Eilu, P.; Juutinen, A.; Kangas, K.; Kivinen, M.; Markovaara-Koivisto, M.; Naskali, A.; Salokannel, V.; Tuulentie, S.; Similä, J. Mining in the Arctic environment—A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives. J. Environ. Manag. 2019, 223, 832–844. http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.124, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30600123

47. Cherepovitsyn, A.; Tsvetkova, A.; Komendantova, N. Approaches to assessing the strategic sustainability of high-risk offshore oil and gas projects. J. Mar. Sci. Eng. 2020, 8, 995. http://doi.org/10.3390/jmse8120995

48. Sajid, Z.; Khan, F.; Veitch, B. Dynamic ecological risk modelling of hydrocarbon release scenarios in Arctic waters. Mar. Pollut. Bull. 2020, 153, 409–420. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111001, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32275550

49. Dai, L.; Jing, D.; Hu, H.; Wang, Z. An environmental and techno-economic analysis of transporting LNG via Arctic route. Transp. Res. Part A Policy Pract. 2021, 146, 56–71. http://doi.org/10.1016/j.tra.2021.02.005

50. Johannsdottir, L.; Cook, D. Systemic risk of maritime-related oil spills viewed from an Arctic and insurance perspective. Ocean Coast. Manag. 2019, 179, 104853. http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104853

51. Zakharova, M. Risk analysis of accidents in reservoirs and gas pipelines for conditions in the Arctic. Procedia Struct. Integr. 2019, 20, 108–112. http://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.12.124

52. Svavarsson, J.; Guls, H.D.; Sham, R.C.; Leung, K.M.Y.; Halldórsson, H.P. Pollutants from shipping—New environmental challenges in the subarctic and the Arctic Ocean. Mar. Pollut. Bull. 2021, 164, 112004. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112004, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33540274

53. Nevalainen, M.; Helle, I.; Vanhatalo, J. Preparing for the unprecedented—Towards quantitative oil risk assessment in the Arctic marine areas. Mar. Pollut. Bull. 2017, 114, 90–101. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.064

 Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

54. Vora, M.; Sanni, S.; Flage, R. An environmental risk assessment framework for enhanced oil recovery solutions from offshore oil and gas industry. Environ. Impact Assess. Rev. 2021, 88, 106512. http://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106512

55. Bashkin, V.N. Environmental Risks: Calculation, Management, Insurance; Higher School: Moscow, Russia, 2007; 360p, ISBN 978-5-06-005559-7. (In Russian)

56. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Available online: https://biconsult.ru/files/datavault/PMBOK-6th-Edition-Ru.pdf (accessed on 20 July 2021). (In Russian).

57. Kumar, A.; Singh, P.; Raizada, P.; Hussain, C.M. Impact of COVID-19 on greenhouse gases emissions: A critical review. Sci. Total Environ. 2022, 806, 150349, in press. http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150349

58. Siddique, A.; Shahzad, A.; Lawler, J.; Mahmoud, K.A.; Lee, D.S.; Ali, N.; Bilale, M.; Rasool, K. Unprecedented environmental and energy impacts and challenges of COVID-19 pandemic. Environ. Res. 2021, 193, 110443. http://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110443

59. Singh, V.; Mishra, V. Environmental impacts of coronavirus disease 2019 (COVID-19). Bioresour. Technol. Rep. 2021, 15, 100744. http://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100744

60. Szczygielski, J.J.; Brzeszczýnski, J.; Charteris, A.; Bwanya, P.R. The COVID-19 storm and the energy sector: The impact and role of uncertainty. Energy Econ. 2021, 105258, in press. http://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105258

61. World Economic Situation and Prospects 2021. Available online: https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2021_FullReport.pdf (accessed on 12 September 2021).

62. Operational Report on the Execution of the Federal Budget and the Budgets of State Extra-Budgetary Funds. Available online: https://pravdaosro.ru/wp-content/uploads/2021/02/e371835371389756c2d319de62f0bd12.pdf (accessed on 12 October 2021). (In Russian).

63. Energy Strategy of the Russian Federation until 2035. Available online: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020 (accessed on 20 August 2021).

64. Major Projects. Available online: https://www.gazprom-neft.ru/company/major-projects/ (accessed on 20 August 2021).

65. Yaregskoe Field. Oilmen: Oil and Gas. Available online: http://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/komi_respublika/jaregskoe/46-1-0-697 (accessed on 20 August 2021). (In Russian).

66. Vankor Field. Available online: https://petrodigest.ru/dir/oilfields/rus-of/krasnoyarskij-kraj-of/vankorskoe-mestorozhdenie (accessed on 20 August 2021). (In Russian).

67. Yamal LNG Project. Available online: http://yamallng.ru/ (accessed on 21 August 2021).

68. Cherepovitsyn, A.E.; Evseeva, O.O. Parameters of sustainable development: Case of arctic liquefied natural gas projects. Resources 2021, 10, 1. http://doi.org/10.3390/resources10010001

69. The Russian Federal Geological Fund. Available online: https://rfgf.ru/bal/a/itemview.php?iid=330011 (accessed on 21 August 2021). (In Russian).

70. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. Available online: https://www.mnr.gov.ru/ (accessed on 21 August 2021).

71. Projects. Available online: https://www.gazprom.ru/projects/ (accessed on 21 August 2021).

72. The Head of Rosnedra Assessed Mineral Reserves in the Russian Arctic. Available online: https://www.rosnedra.gov.ru/article/12908.html (accessed on 12 October 2021). (In Russian)

73. Fadeev, A.M.; Cherepovitsyn, A.E.; Larichkin, F.D. Strategic Management of the Oil and Gas Complex in the Arctic; Institute of Economic Problems, Luzina, G.P., Eds.; Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: Apatity, Russia, 2019; p. 289. (In Russian)

74. Tcvetkov, P. Small-scale LNG projects: Theoretical framework for interaction between stakeholders. Energy Rep. 2022, 8, 928–933. http://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.195

75. Liu, C.-Y.; Fan, H.-M.; Dang, X.; Zhang, X. The Arctic policy and port development along the Northern Sea Route: Evidence from Russia's Arctic strategy. Ocean Coast. Manag. 2021, 201, 1–11. http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105422

76. Shapovalova, D.; Galimullin, E.; Grushevenko, E. Russian Arctic offshore petroleum governance: The effects of western sanctions and outlook for northern development. Energy Policy 2020, 146, 111753. http://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111753

77. Novoselov, A.; Potravny, I.; Novoselova, I.; Gassiy, V. Selection of priority investment projects for the development of the Russian Arctic. Polar Sci. 2017, 14, 68–77. http://doi.org/10.1016/j.polar.2017.10.003

78. Suda, K.A.; Rani, N.S.A.; Abdul-Rahman, H.; Wang, C. A Review on risks and project risks management: Oil and gas industry. Int. J. Sci. Eng. Res. 2015, 6, 938–943.

79. Sustainable Development Goals. Available online: http://www.unido.ru/overview/mdg/ (accessed on 20 August 2021). (In Russian).

80. Gazprom Environmental Report 2020. Available online: https://www.gazprom.ru (accessed on 2 December 2021). (In Russian).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0