Русскоязычный перевод статьи DOI: 10.3390/en16073124 *

Анализ потенциала взаимосвязанного развития нефтегазовой и транспортной отраслей в российской Арктике

Е.Г. КАТЫШЕВА ✉
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия
✉ *helene_la_belle@mail.ru*

Ссылка для цитирования оригинальной статьи: Katysheva, E. Analysis of the Interconnected Development Potential of the Oil, Gas and Transport Industries in the Russian Arctic. Energies 2023, 16, 3124. https://doi.org/10.3390/en16073124

Аннотация: В данной статье описываются запасы углеводородов в нефтегазоносных провинциях арктической территории России, а также особенности сырьевого углеводородного потенциала региона. Отмечается, что для реализации арктических проектов, связанных с добычей углеводородов, необходимо создание единой транспортно-логистической системы, основой которой является Северный морской путь. Представлены факторы, влияющие на объем грузоперевозок по арктическим маршрутам. Установлено, что добыча углеводородов и производство сжиженного природного газа в Арктической зоне России является важнейшим фактором формирования грузопотоков по Северному морскому пути. Рассмотрены наиболее значимые нефтегазовые проекты, на которые приходится основная часть грузопотоков по арктическим транспортным коридорам. Порты, как основной элемент арктической транспортной системы, описаны с точки зрения их состояния и инфраструктуры. Указано, что строительство, модернизация и эксплуатация арктических портов тесно связаны с созданием дальних железнодорожных коридоров, а строительство новых железнодорожных линий, ведущих к портам Арктического бассейна, может стать надежной основой для роста грузового потенциала Северного морского пути. Сделан вывод об особом значении Мурманской области для формирования арктической транспортной системы.

Ключевые слова: Арктика; нефтегазовая промышленность; шельф; транспортно-логистическая система; Северный морской путь.

Analysis of the Interconnected Development Potential of the Oil, Gas and Transport Industries in the Russian Arctic

Elena G. KATYSHEVA ✉
Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia
✉ *helene_la_belle@mail.ru*

Abstract: This article describes the hydrocarbon reserves in the oil and gas provinces of Russia's Arctic territory, as well as specific features of the region's raw hydrocarbon potential. It has been noted that the implementation of Arctic hydrocarbon-associated projects requires that a unified transport and logistics system be created, with the Northern Sea Route being the basis. The factors affecting the volume of cargo transportation along the Arctic routes are presented. It has been established that the hydrocarbon extraction and liquefied natural gas production in the Russian Arctic zone is the most important factor in the formation of cargo flows along the Northern Sea Route. The most significant oil and gas projects that comprise the bulk of freight traffic flow along the Arctic transportation corridors have been reviewed. The ports, as the main element of the Arctic transport system, are described in terms of their state and infrastructure. It has been indicated that the construction, modernization, and operation of the Arctic ports are closely related to the creation of long-distance railway corridors, and the construction of new railway lines leading to the Arctic Basin ports can serve as a reliable basis for the growth of the Northern Sea Route's cargo potential. A conclusion has been drawn about the special significance of the Murmansk region for the formation of the Arctic transport system.

Keywords: Arctic; oil and gas industry; shelf; transport and logistics system; Northern Sea Route.

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

© 2023 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

Сырьевой углеводородный потенциал России характеризуется такими особенностями, как неравномерность развития регионов, неразвитость инфраструктуры в перспективных районах добычи и накопление значительных объемов нефти и газа в шельфовых зонах.

Извлекаемые запасы нефти и газа в Арктике превышают 245 млрд тонн условного топлива [1, 2]. В настоящее время известно 25 месторождений на арктическом шельфе России, расположенных в Баренцевом и Карском морях. Извлекаемые промышленные запасы этих месторождений оцениваются в 430 миллионов тонн нефти и 8,5 триллионов кубометров природного газа. Около 85 % этих запасов сосредоточено в Западно-Сибирской, Тимано-Печорской и Баренцево-Карской нефтегазоносных провинциях, при этом основная доля запасов (161,7 млрд тонн условного топлива) приходится на Западно-Сибирскую провинцию [3].

В условиях истощения запасов углеводородов в традиционных регионах добычи на суше и с учетом стратегического значения этих природных ресурсов для России возникает необходимость освоения месторождений в новых регионах со сложным геологическим строением, в частности, на арктических территориях России [4]. Следует отметить, что в настоящее время освоение месторождений в российской Арктике, в том числе на континентальном шельфе, является одним из наиболее актуальных направлений развития российского нефтегазового комплекса [5]. Западный арктический шельф России сегодня можно считать весьма перспективным районом для подготовки ресурсной базы, поскольку более 70 % углеводородного потенциала арктического шельфа сосредоточено в пределах Карского и Баренцева морей, а доля природного газа в общих ресурсах достигает 90 % [2].

Освоение крупных нефтегазовых месторождений в Арктической зоне России и акватории Северного Ледовитого океана может послужить фактором значительного увеличения валового регионального продукта арктических регионов страны и стимулом для мультипликативного эффекта в российской экономике в целом. По данным Федеральной службы государственной статистики России, доля валового регионального продукта, произведенного в Арктической зоне, в общем объеме валового регионального продукта субъектов Российской Федерации увеличилась с 5 % в 2014 году до 6,2 % в 2021 году [6].

Освоение арктических месторождений может стать катализатором модернизации нефтегазовой отрасли России. После введения в 2014 году экономических санкций, направленных на ограничение передачи технологий для освоения нефтегазовых месторождений в Арктике, крупные добывающие компании начали осваивать качественно новые технологии, сокращая отставание от других арктических государств.

Для активизации деятельности нефтегазовых компаний в Арктической зоне необходимо решить вопросы закупки, транспортировки и переработки добытого углеводородного сырья, создать региональную инфраструктуру. Таким образом, возникают устойчивые экономические связи вновь созданной нефтегазовой отрасли с другими секторами экономики. Объем грузов, отправленных в арктические регионы водным транспортом, увеличился с 16 531,6 тыс. тонн в 2000 году до 25 479,7 тыс. тонн в 2021 году. Наиболее значительный рост показал объем наливных грузов, перевозимых морским транспортом – с 440,1 тыс. тонн в 2000 году до 4466,2 тыс. тонн в 2021 году [6]. Таким образом, транспортный сектор выполняет важную функцию в развитии арктических регионов, являясь инструментом реализации национальных и региональных экономических интересов и позволяя доставлять продукцию и сырье на рынки. Транспортная система в этом регионе должна развиваться с учетом того, что одна транспортная магистраль может служить основой для нескольких месторождений [7]. В связи с этим нефтегазовая отрасль российской Арктики и региональная транспортная система могут стать основой для создания единой транспортно-логистической инфраструктуры, которая, в свою очередь, может стать источником стратегических ресурсов для развития Арктической зоны.

Повышение эффективности промышленного освоения арктических регионов, а также уровня их социально-экономического развития является важнейшей целью «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [8]. Создаваемая в Арктической зоне единая транспортно-логистическая система,

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

способная стать эффективным инструментом достижения поставленной цели, должна включать в себя следующее:

- Северный морской путь (СМП) исторически сложившаяся транспортная коммуникация государственного масштаба, проходящая по морям Северного Ледовитого и Тихого океанов.
- Комплекс транспортных средств, включая железнодорожный, трубопроводный транспорт, авиацию, морской и речной флот.
- Береговая инфраструктура порты и средства навигации, гидрографическое и метеорологическое обеспечение.

Наличие эффективно функционирующей транспортной инфраструктуры в российской Арктике позволяет решать следующие стратегические задачи:

1. Повышение эффективности российской транспортной системы. Освоение арктических месторождений углеводородов играет очень важную роль в обеспечении внутреннего потребления энергоресурсов в России и их экспорта. Решение этой задачи возможно только при наличии и бесперебойной работе транспортных сетей на всей территории региона с выходом на транспортные коммуникации России и мира. Для этого необходима реализация комплексных инфраструктурных проектов по модернизации существующей транспортной инфраструктуры, входящей в систему международных транспортных коридоров, и строительство новых морских терминалов.

2. Переключение экспортных потоков на российские порты с целью снижения рисков, связанных с введением экономических санкций. Решение проблем транспортировки стратегических энергоносителей может быть осуществлено за счет развития морского и железнодорожного транспорта, скоординированного с развитием трубопроводной инфраструктуры.

3. Реализация регионального социально-экономического потенциала отдельных территорий. Для Арктической зоны наличие развитой транспортной инфраструктуры позволяет обеспечить приток непрерывных потоков сырья, материалов и готовой продукции, что будет способствовать дальнейшему развитию добывающих отраслей.

4. Формирование крупных конкурентоспособных макрорегионов. Решение вопросов освоения регионов Арктической зоны, обладающих значительными запасами полезных ископаемых, в частности нефти и газа, требует не только строительства добывающих и перерабатывающих предприятий, но и создания соответствующей инфраструктуры для обеспечения их эффективной работы.

5. Создание условий, благоприятных для жизни человека. Наличие развитой транспортной инфраструктуры, обеспечивающей связь с территорией всей страны, позволяет решать задачи оптимизации расселения на осваиваемых территориях. Обеспечение всесезонной транспортной доступности способствует появлению новых населенных пунктов и промышленных объектов, а в перспективе – минимизации использования вахтового метода добычи полезных ископаемых.

Учитывая особенности арктического климата и наличие обширных неосвоенных территорий, можно отметить, что в основе ключевых проектов транспортной инфраструктуры региона должна лежать единая логистическая система, построенная на объединении материковой и портовой инфраструктуры. Научно обоснованное, грамотное сочетание таких проектов в пространстве и времени сможет обеспечить новое качество логистики в арктических регионах России.

2. Обзор литературы

В последнее десятилетие темпы изучения северных и арктических территорий стремительно растут. Теоретические и практические вопросы освоения российской Арктики наиболее эффективно разрабатываются в исследованиях ученых Санкт-Петербургского горного университета, Кольского научного центра РАН, Московского государственного университета.

Проблемы освоения нефтегазовых месторождений на российском арктическом шельфе отражены в научных публикациях многих исследователей, однако особого внимания заслуживают работы А.Е. Череповицына, А.М. Фадеева и В.А. Цукермана [1,7,9,10], посвященные стратегическому управлению нефтегазовым комплексом в российской Арктике. Авторы отмечают, что формирование и развитие производственной и транспортной инфраструктуры в арктических добывающих регионах является необходимым условием эффективного освоения шельфовых месторождений и важной

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

составляющей государственной политики, направленной на развитие нефтегазового комплекса как драйвера развития экономики нового добывающего региона. В работах [7,10] авторы доказывают, что Кольский полуостров является наиболее перспективным базовым регионом для размещения логистических предприятий по эксплуатации месторождений и транспортировке нефти и газа.

Факторы инновационного развития арктических регионов и вопросы импортозамещения при разработке морских нефтегазовых месторождений отражены в работах Ю.П. Ампилова [11], С.А. Березикова [12], Т.В. Пономаренко [13], В.С. Жарова [14,15]. В частности, Ю.П. Ампилов поднимает проблему значительной зависимости процессов геологоразведки и добычи углеводородов в Арктической зоне от зарубежных технологий и оборудования, которая существенно усугубляется в условиях санкций. Кроме того, автор анализирует ситуацию, сложившуюся на рынках углеводородной продукции в связи с текущей политической обстановкой, и прогнозирует переориентацию грузопотоков нефти и газа с европейского на азиатское направление. Следует отметить, что Ю.П. Ампилов ставит под сомнение откладывание реализации морских нефтегазовых проектов в Арктике на ближайшую перспективу [11]. В.С. Жаров [14,15] делает вывод о крайне низкой инновационной активности компаний, осваивающих арктические месторождения. Автор подчеркивает, что без необходимой технологической модернизации невозможно достичь запланированных темпов роста добычи, что, в свою очередь, негативно скажется на динамике грузопотоков по арктическим транспортным коридорам.

Основным направлением научной деятельности Е.А. Корчака [16], Т.П. Скуфиной, Е.Е. Емельяновой [17] и И.Г. Герасимовой [18] является решение проблем социально-экономического развития арктических территорий.

Т.П. Скуфина и Е.Е. Емельянова отмечают, что доля транспортных услуг в валовом региональном продукте Арктической зоны России с 2002 года остается стабильно высокой – 8 % при среднероссийском уровне 8,2 % [17]. Однако авторы подчеркивают, что экстремальность природно-климатических условий, обширность территорий, направление и характер исторически сложившихся территориально-экономических связей, особенности расселения [17] серьезно усложняют и удорожают формирование единой арктической транспортной системы, повышают уровень транспортной дискриминации населения, приводят к ухудшению технического состояния инфраструктуры и транспортных средств, накладывают ряд ограничений на использование отдельных видов транспорта. Например, деятельность речного транспорта ограничена коротким навигационным периодом (2-4 месяца), а строительство и эксплуатация автомобильных и железных дорог крайне затруднены в условиях вечной мерзлоты и суровых погодных условий в зимний период [17]. Эти проблемы особенно актуальны для малонаселенных и труднодоступных арктических территорий в восточном секторе Арктики.

Отсутствие сухопутной транспортной связи с остальной территорией страны в этом районе обусловливает многозвенность и безальтернативность схем транспортного обслуживания [17].

Н.А. Серова Н.А. и В.А. Серова [19,20] рассматривают основные факторы, определяющие специфику развития транспорта в Арктике: они отмечают недостаточную обеспеченность Арктической зоны сухопутными транспортными коммуникациями по сравнению со среднероссийским уровнем. Авторы указывают, что с наступлением мирового экономического кризиса, а затем и введением экономических санкций финансирование ряда арктических инфраструктурных проектов было сокращено или приостановлено [19]. В частности, доля инвестиций в транспортную отрасль Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) сократилась на 70 %. Одной из наиболее серьезных угроз для освоения нефтегазовых месторождений является проблема устаревания основных фондов транспортных организаций – средний уровень износа на транспорте составляет 47 %, а в зависимости от вида транспорта – 90 % [20].

Экологические проблемы реализации нефтегазовых проектов в Арктике рассматриваются в работах Н.В. Ромашевой, Д.М. Дмитриевой, Г. Сейте и др. [21-24].

Вопросам формирования транспортной инфраструктуры в Арктической зоне России, а также рискам, связанным с экстремальными условиями транспортировки углеводородного сырья, посвящены работы А.А. Биева [25, 26], Н.И. Комкова, В.С. Селина [27].

Н.И. Комков, В.С. Селин, В.А. Цукерман, Е.С. Горячевская [27-29] рассматривают возможные сценарные прогнозы развития СМП. Авторы считают, что начало освоения шельфа, особенно

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

с учетом вероятного потепления климата, может привести к реализации оптимистического сценария, предусматривающего увеличение объема грузоперевозок к 2020 году до 25 млн тонн [27]. По мнению экспертов, Северный морской путь может стать одним из основных грузовых маршрутов на земном шаре и способен уменьшить ледовый покров, что будет благоприятствовать развитию нефтедобычи и добычи газа на шельфе [28]. Однако авторы также предупреждают о новых рисках. Под влиянием таких факторов, как повышение уровня моря, таяние вечной мерзлоты и усиление воздействия волн в результате расширения открытой акватории, береговые линии в Арктике будут еще больше размываться. Все это может оказать опасное воздействие на всю инфраструктуру, в первую очередь на порт [29], что необходимо учитывать при модернизации транспортной инфраструктуры. Следует отметить, что высокая нестабильность рассматриваемых экзогенных факторов (состояние мировых товарных рынков, геополитические отношения, стратегии глобальных корпораций) [27, 30] не позволяет выявить определенные статистические корреляции и вынуждает авторов принимать крайние экспертные сценарии, что снижает их достоверность.

Ц. Чжао и др. [31] отмечают, что в условиях нестабильной геополитической ситуации наличие единственного канала энергоснабжения, а также ограничение поставок энергоносителей по наземным транспортным коридорам может представлять потенциальную угрозу энергетической безопасности страны или региона. В связи с этим авторы подчеркивают исключительную важность создания морского транспортного коридора. Принимая во внимание эффективность и надежность трубопроводного транспорта, Ф. Чжан и др [32] и Риос-Меркадо Р.З и др. [33], однако, также указывают, что при поставках газа на большие расстояния (в частности, из России на азиатские рынки) экономически выгоднее транспортировать его в сжиженном состоянии по морю.

В настоящее время обострение геополитической ситуации, в частности, ужесточение экономических санкций, приводит к изменению структуры мировых энерготранспортных потоков. Ряд авторов [34, 35] рассматривают влияние политических факторов на рынок природного газа. М. Мозакка считает, что для российского СПГ восточноазиатский рынок станет альтернативой европейскому [34]. Ричман и др. анализируют место России на мировом газовом рынке в зависимости от состояния ее отношений с США и Европой [35] и приходят к выводу о неизбежности переориентации российских потоков энергоресурсов на азиатские направления.

При перевозке грузов на большие расстояния часто возникает необходимость в использовании мультимодальной транспортной схемы, то есть использовании различных видов транспорта на пути следования груза. В связи с этим Д. Сонг [36] указывает на необходимость организации согласованной работы транспортной инфраструктуры, в частности, порта и железной дороги. Автор предлагает методы моделирования и маршрутизации в мультимодальной транспортной сети. Кроме того, автор анализирует способы моделирования логистических процессов в портах с ограниченной пропускной способностью. Схожей теме посвящено исследование Ф. Черагчи и др. [37], в котором была разработана математическая модель для составления оптимальных графиков движения судов с учетом пропускной способности порта, количества погрузочно-разгрузочных терминалов, количества судов и состояния прилегающих наземных транспортных коммуникаций.
Проведенный обзор литературы позволяет сделать вывод о том, что научные исследования в области пространственной организации производственных и транспортных объектов в Арктике при освоении углеводородных ресурсов являются актуальными и своевременными. Однако многие работы явно ориентированы на решение узкоспециализированных вопросов.

Таким образом, многие проблемы во взаимоотношениях нефтегазовой и транспортной отраслей в Арктической зоне остаются нерешенными.

3. Методы исследования

Исследование базировалось преимущественно на применении общенаучных методов анализа, синтеза, системного анализа и территориально-отраслевого подхода. Методологической основой исследования послужили систематизация и обобщение данных, содержащихся в публикациях специалистов в области освоения арктических месторождений углеводородов и социально-экономического развития северных территорий России. Анализ тематической выборки научных публикаций, зарегистрированных в наукометрических базах данных Scopus и РИНЦ, а также нормативно-правовых актов Российской Федерации позволил сформулировать задачи, которые может

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

решить эффективно функционирующая единая транспортно-логистическая система российской Арктики.

Информационную базу исследования составили следующие материалы:

- Натуральные и стоимостные показатели развития Арктической зоны России, представленные на официальных сайтах Федеральной службы государственной статистики России [6], Электронного фонда нормативно-правовых и нормативно-технических документов [8];
- Данные о функционировании СМП и состоянии его основных портов были получены с сайтов администрации СМП, госкорпорации «Росатом» [38], органов государственной власти [39,40], данных государственных компаний.

Используя метод системного анализа, была изучена структура транспортной отрасли Арктической зоны, характер мультимодальных транспортных связей и роль СМП в развитии нефтегазовой отрасли российской Арктики.

Применение отраслевого метода как элемента методики экономико-географических исследований позволило изучить особенности функционирования транспортной и нефтегазовой отраслей с учетом географического положения их объектов. Особенности трассы СМП и расположение его важнейших портов представлены картографически.

Для оценки тесноты связи между процессами реализации проектов по освоению нефтегазовых ресурсов Арктики и интенсивностью развития Северного морского пути были использованы следующие методы статистического анализа:

1. Анализ временных рядов, с помощью которого установлена сонаправленность и совпадение характера динамики общего транспортного потока по СМП и перевозок нефтегазовых грузов в период 2014-2022 гг. Характер динамики оценивался на основе расчета цепных коэффициентов роста следующих показателей: суммарного транспортного потока по СМП, суммарного объема перевозок нефтегазовых грузов, объема перевозок нефти и нефтепродуктов, объема перевозок СПГ и газового конденсата. Таким образом, было изучено 4 динамических ряда, каждый из которых состоял из 9 уровней. Цепной темп роста для конкретного уровня ряда (t_i) рассчитывается следующим образом:

$$t_i = \frac{x_i}{x_{i-1}} \quad (1)$$

где x_i и x_{i-1} – значение исследуемого показателя в текущем и предыдущем году соответственно. Результаты представлены в графическом виде.

2. Корреляционный анализ позволил количественно оценить тесноту связи между динамикой общего объема перевозок грузов по СМП и динамикой объемов перевозок нефти и нефтепродуктов, СПГ и газового конденсата. Также установлена связь между динамикой грузоперевозок по СМП и динамикой добычи нефти и производства СПГ в Арктической зоне России. На основе актуальной информации Росстата, администрации СМП и Госкорпорации «Росатом» в ходе исследования были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между общим грузопотоком по СМП с 2014 по 2022 год и следующим:

- Объемом перевозок нефтегазовых грузов за тот же период.
- Добычей нефти в Арктической зоне России с 2014 по 2022 год.
- Добыча газа в Арктической зоне России в период с 2014 по 2022 гг.
- Производство СПГ в Арктической зоне России с 2017 по 2022 год.

Для получения результата использовалась следующая формула расчета коэффициента парной корреляции между признаками X и Y:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2}} \quad (2)$$

где x_i и y_i – значения переменных, а x и y – соответственно, средние арифметические значения показателей, между которыми устанавливается связь, за рассматриваемый период.

Комплексное использование этих методов позволило обеспечить надежность и обоснованность выводов.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

4. Результаты и обсуждение

В Арктической зоне России транспортировка грузов осуществляется с использованием водного, железнодорожного, воздушного и автомобильного транспорта. В современных геополитических условиях обеспечение интересов страны на морских путях имеет особое значение для устойчивого развития российской Арктики. При этом эти водные коммуникации должны быть эффективно увязаны с маршрутами других видов транспорта на побережье. Крупные российские реки, впадающие в Северный Ледовитый океан, могут стать основными транспортными коридорами как из внутренних районов России в СМП, так и в обратном направлении, поскольку Обь, Енисей и Лена предоставляют эффективные логистические возможности для перевозки грузов из портов СМП во внутренние регионы России, способствуя дальнейшему промышленному развитию. Для обеспечения внутренних, импортно-экспортных перевозок и регулярного международного транзитного судоходства по СМП необходимы глубоководные порты с современной логистикой и сервисами на основе цифровизации, а также имеющие мультимодальные транспортные связи с транспортными (речными, автомобильными и железнодорожными) путями (или планируется их строительство) [41, 42].

Для обеспечения роста добычи полезных ископаемых, а также создания перерабатывающих и сервисных предприятий необходимо решить проблему их устойчивой круглогодичной транспортной доступности с целью организации бесперебойного снабжения этих предприятий. Это также важно для обеспечения современных условий жизни и социально-экономического развития арктических регионов.

В то же время функционирование транспорта в Арктике подвержено влиянию ряда объективных факторов, которые создают существенные ограничения для его развития. К ним относятся экстремальный характер климата, уязвимость природной среды, отложение и удаленность арктических территорий [43]. Влияние этих факторов определяет сезонность использования тех или иных видов транспорта, увеличивает стоимость эксплуатации транспортной инфраструктуры, существенно повышает транспортные издержки, тем самым усложняя задачу обеспечения арктических территорий жизненно важными продуктами и снижая конкурентоспособность местных производителей товаров и услуг.

Северный морской путь (СМП) является основой транспортно-логистической системы Арктической зоны России (рис. 1). Он также включает в себя железнодорожные коммуникации, систему автомобильных дорог и аэропорты. Навигационные, гидрографические и метеорологические службы, средства связи и портовые сооружения формируют береговую инфраструктуру.



Рис. 1. Линия и основные порты Северного морского пути. Источник: Сайт администрации СМП [44]

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Грузопоток по СМП зависит от множества противоречивых объективных и субъективных факторов, таких как: сложные и изменчивые природно-климатические условия; состояние мировых рынков углеводородов; геополитическая ситуация; ценовая политика добывающих и судоходных компаний; интенсивность и результаты геологоразведки в арктических водах; требования к экологической безопасности; состояние ледокольного и танкерного флота, а также инфраструктуры порта [27].

Происходящее изменение климата имеет большое значение для развития транспорта. Значительное сокращение арктических льдов и деградация вечной мерзлоты широко рассматриваются в ряде научных работ [45-48]. Анализ показывает, что с 1980 по 2010 год площадь морского льда сократилась на 10-15 % [49-51]. В работах [42, 52] отмечено резкое сокращение многолетних льдов. Так, в 2008 году в результате беспрецедентного таяния арктических льдов площадь ледового покрова сократилась до 1 млн км^2, впервые временно очистив лед и открыв Северный морской путь для неледокольных судов.

Исследования показывают, что к 2030 году водные пути СМП будут свободны ото льда шесть месяцев в году [51], а площадь ледового покрова значительно сократится (рис. 2). Увеличение навигационного периода по СМП влечет за собой удлинение периода навигации и на речном транспорте [42]. Таким образом, глобальное потепление делает СМП очень перспективным коммерческим маршрутом.

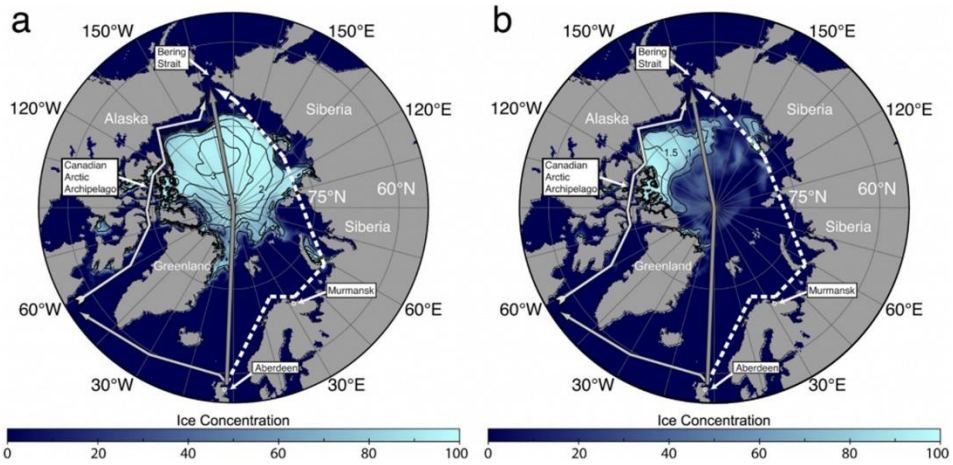


Рис. 2. Модель 2010-2019 (a) и 2030-2039 (b) концентрации морского льда (%, оттенки синего) и толщины (указанные контуры) в навигационный период (июнь-октябрь) в соответствии с прогнозом NEMO RCP 8.5. Источник: [53]. Обратите внимание, что на этом рисунке показаны арктические судоходные пути: СМП (пунктирная стрелка), Центральный Северный проход (темно-серая стрелка) и Северо-Западный проход (светло-серая стрелка)

В результате освобождения от ледяного покрова все большей части Северного Ледовитого океана его акватории становятся все более доступными не только для судоходства, но и для разведки и разработки месторождений нефти и газа. В частности, в результате увеличения объемов геологоразведочных работ на норвежском участке шельфа Баренцева моря (рис. 3) за последние 30 лет было открыто 3 крупных газовых месторождения. По данным Министерства нефти и энергетики Норвегии, в 1984 году было открыто крупное месторождение Снохвит с запасами газа 251,38 млн м^3 (в 2000 году – Голиат (31,36 млн м^3) и в 2011 году – Йохан Кастберг (88,9 млн м^3)) [54].

В долгосрочной перспективе потепление климата может привести к глобальной реструктуризации торговых потоков. Следует отметить, что одним из существенных преимуществ СМП является значительное сокращение времени транспортировки. Так, морская часть цепочки грузоперевозок между Восточной Азией и Западной Европой сокращается с 21 000 км до 12 800 км, что уменьшает время транспортировки груза в среднем на 10-15 дней [55]. Например, по оценкам экспертов, перевозка грузов из Киркенеса и Мурманска в Шанхай через Суэцкий канал (12 050 миль) со скоростью 14 узлов занимает 37 дней. По СМП расстояние сокращается до 6670 миль, а время в пути – до 22 суток при скорости 12,9 узла, что дает экономию в 15 суток (без учета влияния ледовой обстановки на скорость судов) [51].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

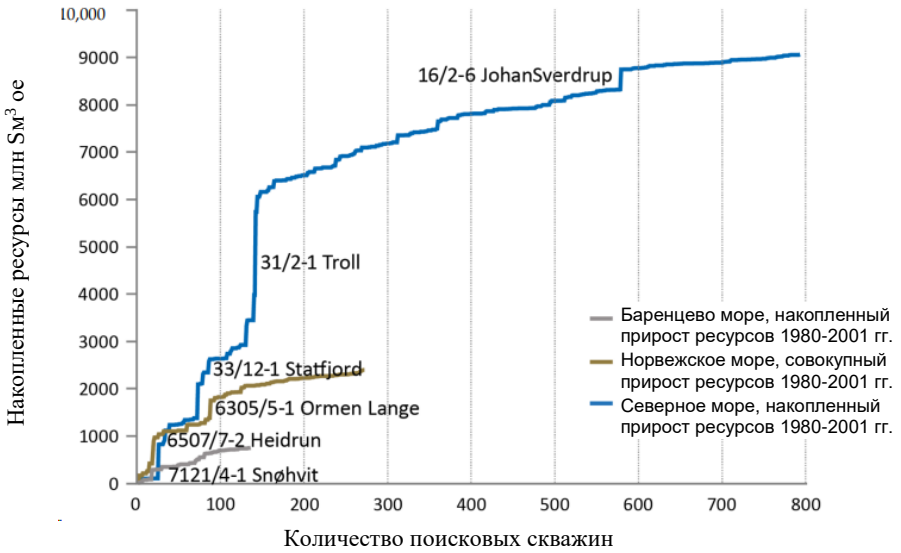


Рис. 3. Объемы разведанных запасов газа на шельфовых месторождениях Норвегии. Источник: [54]

Схема транспортировки российского СПГ через Суэцкий канал предусматривает доставку продукта на перегрузочный терминал в Мурманске танкерами ледового класса, последующую перегрузку в стандартные СПГ-танкеры и отправку в азиатский регион. При транспортировке СПГ на восток по СМП СПГ будет перегружаться из танкеров ледового класса в стандартные танкеры на Камчатке. Строительство терминалов в Мурманске и на Камчатке ведет «НОВАТЭК». Характеристики и расположение терминалов представлены в таблице 1 и на рисунке 4.

Для поставок СПГ с полуострова Ямал в страны Азиатско-Тихоокеанского региона было построено 15 специальных танкеров.

Азиатско-Тихоокеанский регион. Первая такая поставка была осуществлена в декабре 2017 года на уникальном СПГ-танкере Кристоф де Маржери. Это судно может круглый год ходить без сопровождения ледоколов по Северному морскому пути на запад и во время летней навигации на восток. В этой связи становится очевидным, что начало поставок СПГ по Севморпути судном ледового класса Arc7 является стимулом для интенсификации грузоперевозок и дальнейшего развития судоходства в акватории СМП.

Следует отметить, что прямой доступ к полуострову Ямал и СМП осуществляется через Обскую губу и Карское море. Следовательно, за счет соединения коммуникаций СМП и Западной Сибири достигается транспортная доступность Ямала и Западной Арктики. Транспортировка добытых в регионе углеводородов в зоны переработки и потребления станет эффективной при наличии полноценной системы морского транспорта и инфраструктуры. В свою очередь, развитие морского судоходства повлечет за собой дальнейшее увеличение объемов добычи и переработки углеводородного сырья в Арктической зоне.

Таблица 1

Параметры перегрузочных терминалов

Параметры терминалов	Мурманск	Полуостров Камчатка
Свойства морского перегрузочного комплекса	20 млн т	20 млн т, 500 судозаходов
Расположение	Залив Ура (40 км от Мурманска, 1000 морских миль от Сабетты)	Бечевинская бухта (100 км от г. Петропавловск-Камчатский, 4000 морских миль от Сабетты)
Концепция	2 судна-хранилища СПГ, возможна продажа на условиях FOB	2 судна-хранилища СПГ, возможна продажа на условиях FOB

Источник: ОАО «НОВАТЭК» [56].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0



Рис. 4. Терминалы по перевалке СПГ. Источник: ОАО «НОВАТЭК» [56]

Данные таблицы 2 и рисунка 5 отражают ускорение роста объемов перевозок в акватории СМП. Реализация нефтегазовых проектов в Арктическом регионе и темпы развития Северного морского пути тесно взаимосвязаны. Рис. 5 подтверждает, что объемы перевозок в акватории СМП значительно увеличились в связи с активизацией освоения нефтегазовых месторождений в Арктической зоне. В связи с тем, что с 2005 по 2014 год общий объем грузоперевозок по СМП был в целом незначительным, этот период в дальнейшем анализе не рассматривается. Начало зоны интенсивного роста объема перевозок нефтегазовых грузов и, соответственно, общего объема перевозок в 2017 году совпадает с вводом в эксплуатацию первой очереди завода по сжижению газа в рамках проекта «Ямал-СПГ». После ввода в эксплуатацию третьей очереди завода и выхода на проектную мощность в 2019 году динамика перевозок стабилизируется. При этом расчет показал, что коэффициент парной корреляции между рассматриваемыми показателями составляет 0,89, что свидетельствует о тесной связи. Значение коэффициента корреляции было получено по формуле (2) на основе фактического материала, представленного в таблице 2 и на рисунке 5. Результат применения графического метода анализа взаимосвязей также свидетельствует о наличии прямой тесной связи между рассматриваемыми показателями.

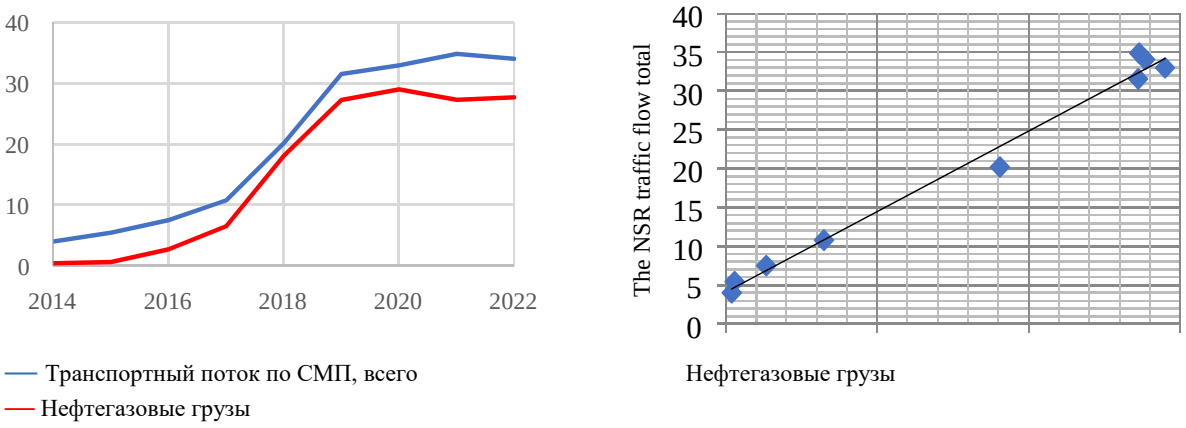
Таблица 2

Транспортный поток СМП с 2005 по 2022 гг.

Год	Транспортный поток, млн т	Цепный индекс	Год	Транспортный поток, млн т	Цепный индекс
2005	2,02	1,00	2014	3,98	1,02
2006	1,96	0,97	2015	5,43	1,36
2007	2,15	1,10	2016	7,48	1,38
2008	2,22	1,03	2017	10,76	1,44
2009	1,80	0,81	2018	20,18	1,88
2010	2,05	1,14	2019	31,53	1,56
2011	3,11	1,52	2020	32,97	1,046
2012	3,75	1,21	2021	34,85	1,057
2013	3,90	1,04	2022	34,03	0,976

Источники: [38,44,57,58], расчеты автора. Примечание: Базовый индекс в 2022 году по сравнению с 2005 годом составляет 16,85.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0



(а) (б)

Рис. 5. Объемы перевозок нефтегазовых грузов по СМП в 2014-2022 годах, млн т.
(а) Фактические данные; (б) Корреляционное поле. Источник: составлено автором по данным [6, 38, 44, 57, 58]

По данным Госкорпорации «Росатом», в 2021 году рост грузооборота несколько замедлился, и объем перевозок составил 35 млн тонн, а план на уровне 41 млн тонн не был выполнен. Также наблюдается увеличение доли углеводородов в общем объеме перевозок. Так, если в 2017 году доля сжиженного природного газа (СПГ) в структуре перевозок по СМП составляла менее 1 %, нефти – около 70 %, то в 2018 году доли нефти и СПГ составили 40 % и 42 % соответственно; в 2019 году – 27 % и 60 % соответственно; в 2020 году – 24 % и 59 % соответственно; в 2021 году – 22 % и 56 % соответственно [38].

Рис. 6 подтверждает, что с 2017 года доля СПГ и газового конденсата в общем объеме транспортировки стала преобладающей, а доля нефти и нефтепродуктов стабильно остается низкой.

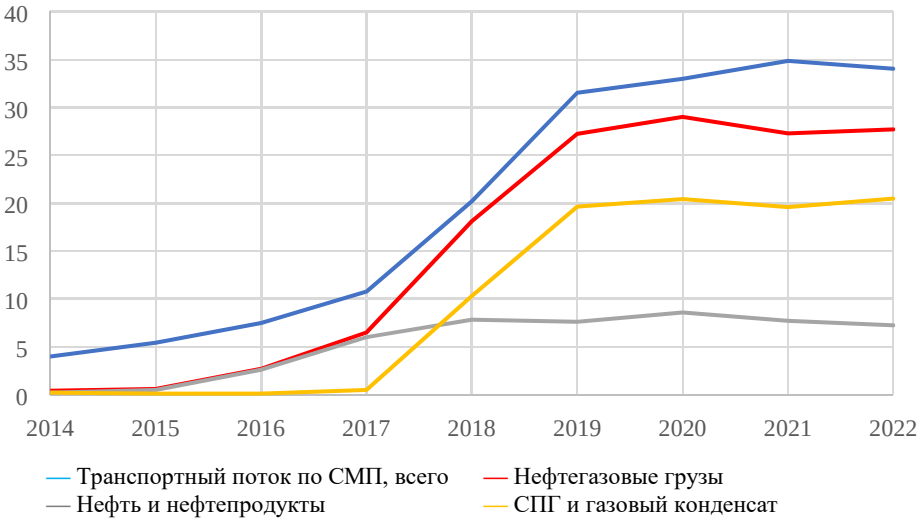


Рис. 6. Транспортный поток по СМП в 2014-2022 гг. по видам грузов, млн т.
Источник: составлено автором по данным [6, 38, 44, 57, 58]

Расчет цепных индексов для временных рядов общего транспортного потока СМП и объема перевозок нефтегазовых грузов позволяет определить характер динамики этих показателей. Результаты расчетов представлены на рисунке 7. Динамику общего транспортного потока по СМП следует охарактеризовать как интенсивно растущую в 2015-2019 годах (цепные индексы варьируются от 1,36 до 1,88) и стабильную в 2020-2022 годах. Динамика перевозок нефтегазовых грузов носит пульсирующий характер. В период 2016-2018 годов цепные индексы перевозок нефтегазовых грузов значительно опережают цепные индексы общего транспортного потока, что связано с активизацией реализации нефтегазовых проектов в Арктике. С 2019 года цепные

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

индексы обоих показателей совпадают, так как доля нефтегазовых грузов достигает 90 % от общего объема перевозок.

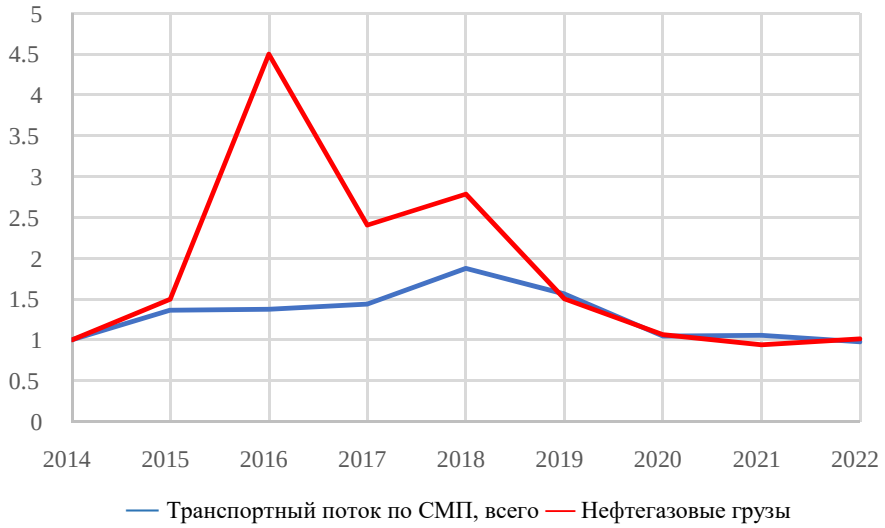


Рис. 7. Цепные индексы общего объема транспортного потока по СМП и перевозок нефтегазовых грузов в 2014-2022 гг.
Источник: составлено автором по данным [6, 38, 44, 57, 58]

На рисунке 8 представлены результаты расчета цепных индексов суммарного транспортного потока СМП для различных видов нефтегазовых грузов – нефти и нефтепродуктов, а также СПГ и газового конденсата.

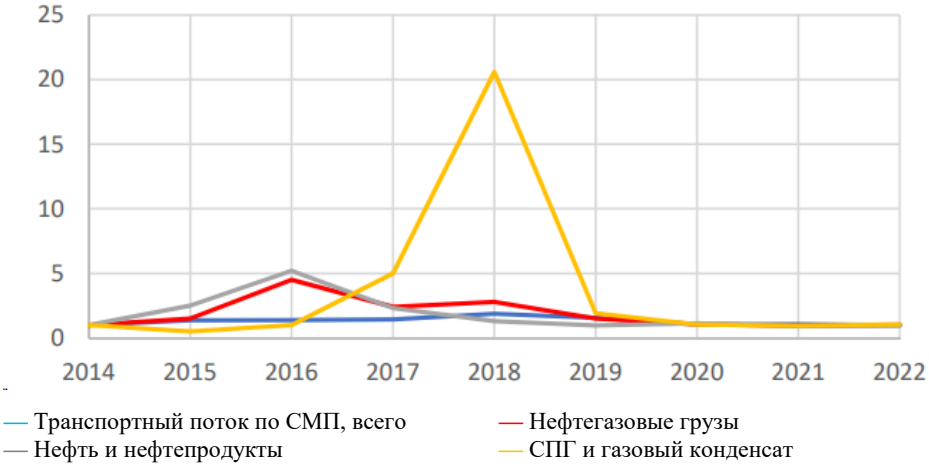


Рис. 8. Цепные индексы транспортного потока СМП в 2014-2022 гг. по видам грузовых единиц.
Источник: составлено автором по данным [6, 38, 44, 57, 58]

Результаты расчетов представлены на рисунке 8 и свидетельствуют о чрезвычайно интенсивном росте объемов перевозок СПГ, совпадающем по времени с успешным вводом в эксплуатацию производственных линий проекта «Ямал-СПГ».

Полученные результаты анализа динамики транспортных потоков СМП позволяют сделать вывод о том, что производство СПГ играет определяющую роль в формировании грузопотоков по Северному морскому пути.

Далее целесообразно оценить тесноту связи между грузопотоком по СМП и объемом добычи углеводородов в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ). В таблице 3 приведены значения парных коэффициентов корреляции между рядом показателей.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции между транспортным потоком СМП и объемом добычи углеводородов в Арктической зоне Российской Федерации

Факториальный индикатор / Функциональные показатели	Добыча нефти в АЗРФ в 2014-2022 годах, млн т	Добыча природного газа в АЗРФ в 2014-2022 годах, млн м^3	Производство СПГ в АЗРФ в 2014-2022 годах, млн т
Общий объем перевозок по СМП в 2014-2022 годах, млн т	0,66	0,93	-
Общий транспортный поток по СМП в 2017-2022 годах, млн т	-	-	0,99

Источник: расчеты автора по [6, 38, 44].

Из таблицы видно, что показатели добычи нефти в Арктической зоне достаточно тесно связаны с общим транспортным потоком СМП, однако значение парного коэффициента корреляции между этими признаками минимально по сравнению с представленными в таблице. В то же время можно утверждать, что существует очень тесная, практически функциональная связь между объемами добычи газа и СПГ и общим грузопотоком по СМП.

Расчеты подтверждают, что грузооборот по Северному морскому пути практически полностью определяется интенсивностью реализации важнейших нефтегазовых проектов в российской Арктике.

Дальнейшее развитие транспортно-логистической системы для обслуживания нефтегазовых проектов на арктических территориях требует не только модернизации существующей портовой инфраструктуры, но и создания новых портовых комплексов в Арктической зоне, а также оптимизации системы железнодорожных коммуникаций [11, 17, 19].

В настоящее время мировой нефтегазовый рынок предоставляет достаточно благоприятные условия для расширения присутствия крупнейших российских добывающих компаний, что дает импульс экономическому развитию Арктической зоны. Однако сложная геополитическая ситуация привела к сокращению трубопроводной транспортировки углеводородов из северных регионов России на рынки Европы и Азии [11]. В сложившихся условиях особый интерес приобретают нефтегазовые месторождения в Арктической зоне, расположенные вблизи побережий, пригодных для быстрого строительства или модернизации глубоководных портов.

Более интенсивное использование арктических транспортных коридоров снижает зависимость от условий и положений международных договоров по развитию сухопутных транспортных систем, а также от коммуникаций в акватории Черного и Балтийского морей. Кроме того, геополитически неограниченные перевозки по арктическим маршрутам позволяют соблюдать условия долгосрочных контрактов на поставку углеводородов на внешние рынки.

В настоящее время основной объем грузоперевозок по арктическим транспортным коридорам приходится на следующие наиболее значимые нефтегазовые проекты:

1. Отложение комплексного инвестиционного проекта «Ямал-СПГ», направленного на добычу, сжижение и поставку потребителям природного газа с Южно-Тамбейского месторождения. Согласно стандартам PRMS, объем вероятных и доказанных запасов газа на Южно-Тамбейском месторождении достигает 926 млрд м3 [59]. Годовая проектная добыча составляет 27 млрд м^3 газа [60]. Годовое производство СПГ и газового конденсата предусматривается на уровне 16,5 млн т и 1,2 млн т соответственно [60]. Продукцию завода планируется поставлять в основном в страны Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона. В рамках проекта в Обской губе Карского моря был построен многофункциональный морской порт Сабетта. Для экспорта продукции сформирован собственный флот, включающий 16 сверхкрупных нефтерудовозов ледового класса Arc7 серии Ямалмакс, а также 5 вспомогательных судов портового флота. Для обеспечения круглогодичной лоцманской проводки танкеров в ледовитых водах планируется использовать 4-8 атомных ледоколов, разработаны логистические схемы движения крупнотоннажных судов по Северному морскому пути с учетом требований экологической безопасности.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Уникальное географическое положение полуострова Ямал позволяет создать гибкую и конкурентоспособную логистическую модель, обеспечивающую круглогодичные поставки СПГ на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы. Летом СПГ будет поставляться на рынки Северо-Восточной Азии по СМП, а зимой – по западному маршруту с перевалкой СПГ на одном из европейских регазификационных терминалов. В 2017, 2018 и 2019 годах были введены в эксплуатацию 1-я, 2-я и 3-я производственные линии соответственно. В 2021 и 2022 годах было произведено 19,4 млн тонн и 21 млн тонн СПГ соответственно [56], что свидетельствует о том, что завод работает с превышением производственных мощностей.

2. Проект «Арктик СПГ-2», направленный на разработку нефтегазоконденсатных месторождений на Гыданском полуострове. Годовой объем производства составляет 19,8 млн тонн СПГ [3]. Планируется поставлять продукцию в страны Европы и Юго-Восточной Азии в 2023-2040 годах. Оператор проекта, ПАО «НОВАТЭК», намерен создать арктический кластер, способный обеспечить до 70 млн тонн грузоперевозок по СМП к 2040 году [61].

3. Разработка нефтяных месторождений на западном побережье Обской губы Карского моря в рамках проекта «Новые портовые ворота Арктики». Через уникальный морской терминал «Ворота Арктики» планируется осуществлять круглогодичные поставки нефти в объеме до 8,5 млн тонн в год.

4. Разработка Паяхской группы нефтяных месторождений (полуостров Таймыр) и экспорт нефти через грузовой терминал Таналау в устье Енисея в объеме до 5 млн тонн в год.

5. Разработка морского месторождения Приразломное с круглогодичной транспортировкой добытой нефти в порт Мурманск на очень крупных нефтевозах ледового класса. До середины 2022 года логистическая цепочка выглядела следующим образом: нефть, добываемая на морской ледостойкой стационарной платформе «Приразломная», перегружалась на челночные танкеры, после чего танкеры доставляли сырую нефть на плавучее нефтехранилище «Умба». Такое же плавучее нефтехранилище использовалось ООО «Газпромнефть-Ямал» для хранения нефти, добытой на Новопортовском месторождении. После сдачи в плавучее хранилище заключался договор с покупателем, который отгружал нефть на собственный танкер и забирал ее для дальнейшей переработки, либо осуществлялась транспортировка, как правило, до Роттердама, после чего нефть передавалась покупателю. В июне 2022 года Европейский союз ввел пакет санкций, запрещающих поставки нефти в Европу морским путем, что поставило под угрозу деятельность ООО «Газпромнефть-Шельф» и ООО «Газпромнефть-Ямал». В этой ситуации основным направлением поставок российской нефти становится восточное: в Китай и Индию. Транспортировка нефти с платформы «Приразломная» возможна только морским транспортом, и в настоящее время она осуществляется по Северному морскому пути.

Стоит отметить, что Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры (распоряжение Правительства РФ от 30 сентября 2018 года № 2101-р) предусматривает увеличение объема грузоперевозок по СМП в 2022 году до 51 млн тонн, в 2023 году – до 71 млн тонн, в 2024 году – до 80 млн тонн. Достичь этих показателей предполагается за счет эффективной реализации крупных нефтегазовых проектов: освоения Южно-Тамбейского (проект «Ямал-СПГ») и Новопортовского месторождений на полуострове Ямал.

Однако в настоящее время существует угроза невыполнения поставленных задач по следующим основным причинам:

- По данным ПАО «НК Роснефть», проект «Восток Ойл», направленный на освоение группы Паяхинских месторождений, должен был обеспечить грузопоток по СМП в объеме 25 млн тонн к 2024 году, однако выйти на заданную мощность он сможет только к 2025 году.
- ПАО «НОВАТЭК», являющееся основным пользователем СМП, ранее планировало поставить по этому маршруту 46,7 млн тонн грузов к 2024 году в рамках уже действующего завода по производству сжиженного природного газа «Ямал-СПГ» и новых проектов «Арктик СПГ-2» и «Обь СПГ». Однако план был скорректирован компанией до 35,5 млн тонн [57].
- В условиях экономических санкций объем грузоперевозок международных компаний по СМП значительно сократился.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Помимо проектов по освоению крупных месторождений углеводородов арктического шельфа, важно развитие и поддержание комплексной береговой инфраструктуры для обеспечения деятельности добывающих компаний и транспортировки продукции к потребителям [62]. При этом развитие Северного морского пути должно стать ценным инструментом для создания единого логистического комплекса.

Следует отметить, что сердце арктической транспортной системы – порты и портовая инфраструктура – сегодня находится в плачевном состоянии и характеризуется серьезным физическим износом и моральным устареванием. В частности, одним из основных портов СМП является Тикси. При его вводе в эксплуатацию производственные мощности были рассчитаны на переработку до 600 тысяч тонн грузов. Однако в настоящее время порт перерабатывает всего 10-15 тысяч тонн грузов. По данным Министерства транспорта Республики Саха (Якутия), это связано с тем, что степень износа причальной стенки и перегрузки портальных кранов достигает 90 % [39]. Поскольку порт Тикси рассматривается Правительством Республики Саха (Якутия) как базовый пункт управления инфраструктурой в восточной части СМП, вопрос модернизации порта в рамках комплексного проекта развития СМП является весьма актуальным. Причальная стенка порта Певек также полностью изношена, что позволяет эксплуатировать только один причал из трех [39]. Увеличение общей пропускной способности арктических портов до 110 млн тонн в соответствии с Транспортной стратегией России до 2030 года [26] требует проведения капитального ремонта, реконструкции портовых сооружений, дноуглубительных работ и т.д., что требует значительных инвестиций.

В настоящее время в рамках реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [8] реализуется ряд инвестиционных проектов, связанных с развитием транспортного и нефтегазового секторов российской Арктики (табл. 4).

По состоянию на конец 2020 года ряд портов в Арктической зоне предназначен для перевалки нефти, газа и нефтепродуктов (табл. 5). Помимо портов, указанных в табл. 5, перевалка нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне предполагает развитие таких портов, как Витино (нефть, нефтепродукты и конденсат), Харасавэй (нефть, газовый конденсат), Диксон (нефть Паяхинского месторождения).

Интенсификация геологоразведки, добыча углеводородов в Арктическом регионе и ускорение роста грузоперевозок по СМП взаимозависимы. Нефтегазовые месторождения в Арктической зоне России находятся на значительном расстоянии от побережья, а также от развитых национальных промышленных кластеров. Это обусловливает необходимость решения проблем как закупки проектов по освоению шельфовых месторождений, так и вывоза добытых углеводородов с месторождений. Развитие транспортных схем обусловлено увеличением объемов перевозок материалов и ресурсов для управления производством, а также продукции добывающих компаний.

В этой ситуации очевидно, что интеграция арктической транспортной сети в единую транспортную систему страны должна стать одной из важнейших задач государственной политики России в Арктике. Поэтому закономерно, что в основных стратегических документах («Комплексный план модернизации и расширения опорной инфраструктуры», государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», «Развитие Северного морского пути и обеспечение судоходства в Арктике») значительное внимание уделяется развитию СМП и связанных с ним морских портов, аэропортов, прилегающих меридиональных речных и автомобильных коммуникаций. Эти проекты предусматривают, в частности, строительство гидрографических и аварийно-спасательных судов ледового класса, баз и причалов для стоянки этих судов в порту Мурманск, а также реализацию мероприятий по навигационно-гидрографическому обеспечению судоходства по СМП. Решение этих задач будет обеспечено за счет освоения нефтегазовых месторождений в рамках реализации проектов «Ямал СПГ» и «Новый порт».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 4

Основные инвестиционные проекты, реализуемые для развития транспортного и нефтегазового секторов Арктической зоны РФ

Характеристики проекта	Место реализации	Период реализации	Инвестиции, млн руб.	Статус проекта
Реконструкция морского порта Беринга: укрепление причальных стенок, модернизация погрузочной техники, расширение складских и ремонтных мощностей	НСР, Чукотский автономный округ	До 2022	4167	Реализовано
Строительство незамерзающего глубоководного морского порта Индига	НСР, Ненецкий автономный округ	До 2025	300,000	Приоритет, запланировано
«Глубоководный район»: строительство глубоководного района Архангельского морского порта будет активно способствовать освоению шельфовых месторождений в Арктической зоне	НСР, Архангельск	До 2030	208,000	Приоритет, запланировано
Строительство опорной базы для берегового обеспечения шельфовых проектов в российской Арктической зоне России: создание причальных сооружений и выход на федеральную сеть автомобильных и железных дорог; создание зон обслуживания для буровых платформ и судов, участвующих в геологоразведка	Мурманская область	До 2025	18,000	Текущий
Арктик СПГ 2: строительство трех линий по производству СПГ	Мурманская область	До 2025	1,550,000	Текущий
Разработка Западно-Озерного газового и Верхне-Телекайского нефтегазоконденсатных месторождений	Чукотский автономный округ	Определяется инвестором	5400	Планируется
Реконструкция инфраструктурных объектов причалов	Мурманская область	До 2022	2463	Реализовано
Железнодорожная магистраль «Северный широтный ход»: соединение Северной и Свердловской железных дорог и обеспечение кратчайшего транзита углеводородных грузов и грузов необходимых для разработки газоконденсатных и нефтяных месторождений	Ямало-Ненецкий автономный округ	До 2023	215,800	Планируется
Строительство железной дороги Сосногорск-Индига для обеспечения более эффективной транспортировки углеводородов по Северному морскому пути	Ненецкий автономный округ	До 2025	190,000	Приоритет, запланировано
Строительство глубоководного района Архангельского морского порта	Архангельская область	До 2030	36,569	Текущий
Строительство железнодорожной ветки Белкомур: формирование нового, «диагонального» направления в системе международных транспортных коридоров европейской части России; перераспределение грузопотоков из портов Балтики в порты Мурманск и Архангельск	Архангельская область	До 2030	225,000	Приоритет, текущий
Создание и эксплуатация железнодорожной линии Бованенково – Сабетта: обеспечение доставки грузов и вахтовых бригад в порт Сабетта, на газоконденсатные месторождения полуострова Ямал, а также экспорт жидких углеводородов	Ямало-Ненецкий автономный округ	До 2036	114,142	Приоритет, текущий

Источник: составлено автором по данным [40].

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 5

Крупнейшие порты Арктической зоны России для перевалки нефтегазовой продукции

Характеристики	Мурманск	Сабетта	Архангельск	Варандей
Местонахождение	Мурманская область	Полуостров Ямал	Архангельская область	Ненецкий автономный округ
Бассейн	Баренцево море	Карское море	Белое море	Баренцево море
Пропускная способность, тыс. тонн в год	24,647.2	16 000 (СПГ), 1350 (газовый конденсат)	11,772.9	12,100.4
Габариты судов (длина/ширина/осадка), м	Без ограничений	350/50/12	114/14/3.6	120/15/3.5
Количество терминалов	110	11	6	2
Навигация	Круглый год	Круглый год	Круглый год	Круглый год
Особенности	Базовый порт для обеспечения перевозок по МТА; база атомного ледокола база атомного ледокольного	Крупнейший центр формирования	Обеспечивает прямой выход к мировому	Подключение к наземным нефтяным резервуарам

Источник: составлено автором по данным [14, 15, 25, 28, 29, 63].

Особое значение в решении проблемы развития портовой инфраструктуры Арктики имеет проект по повышению эффективности Мурманского транспортного узла. В соответствии с проектом на базе порта Мурманск планируется создать глубоководный морской хаб, интегрированный в международные транспортные коридоры «Восток-Запад» и «Север-Юг». Реализация проекта обеспечит горнодобывающим компаниям доступ к новым глобальным рынкам сбыта. Кроме того, в рамках проекта реконструирован участок федеральной трассы «Кола», ведется строительство железнодорожной и энергетической инфраструктуры.

Строительство, модернизация и эксплуатация арктических портов не могут быть эффективными без протяженных железнодорожных линий. Ярким примером такой взаимосвязи является начало развития Северного широтного хода инвестиционного проекта в Ямало-Ненецком автономном округе. Цель проекта – соединить Северный и Свердловский железнодорожные пути. Проект предусматривает строительство железнодорожной линии протяженностью более 700 км, соединяющей станции Обская, Салехард и Надым. Успешная реализация проекта позволит сократить транспортные коммуникации от нефтегазовых месторождений Западной Сибири до морских портов Балтики. Данный проект играет важную роль в освоении минерально-сырьевой базы Западной Сибири и развитии транспортной инфраструктуры как Ямало-Ненецкого автономного округа, так и всей Арктической зоны. Реализация проекта будет способствовать созданию Паяхинского нефтегазового кластера, а также внесет вклад в освоение запасов цветных металлов в Норильском районе.

Прогнозируемый объем перевозок по Северному широтному ходу составляет около 24 млн тонн грузов в год, основную часть грузопотока должны составить наливные нефтяные грузы (сырая нефть, темные и светлые нефтепродукты) и газовый конденсат. Создание такой транспортной артерии имеет большое экономическое значение, так как позволит соединить кратчайшим путем Западно-Сибирский и Северо-Западный регионы страны. В случае комплексного развития территорий, прилегающих к трассе, возможно значительное увеличение промышленного и экспортного потенциала России. Кроме того, близость маршрута к СМП может повысить конкурентоспособность морского пути за счет увеличения его пропускной способности и расширения возможностей для своевременного перераспределения грузопотоков между портами и видами транспорта. На следующем этапе развития транспортной инфраструктуры железнодорожная линия будет продлена от станции Обская до порта Сабетта [62]. Проект Северный широтный ход 2 будет способствовать решению этой проблемы, что даст толчок развитию промышленности в центральной части Арктической зоны России [64]. Проект железной дороги протяженностью 170 км разработан в 2019 году и обеспечивает прямой выход Северной и Свердловской железных дорог к арктическому порту Сабетта, что будет способствовать стабильной загрузке водного коридора.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Очевидно, что реализация этих проектов имеет и большое геополитическое значение. Однако следует отметить, что проект Северного широтного хода, начатый в 2006 году, до сих пор не реализован, а сроки начала строительства неоднократно переносились. Для строительства магистрали было заключено соглашение о государственно-частном партнерстве между правительством Ямало-Ненецкого автономного округа и компанией «ВИС ТрансСтрой», но в 2019 году соглашение было расторгнуто с выплатой концессионеру компенсации. Причины расторжения соглашения следующие:

- Отсутствие комплексной программы социально-экономического развития прилегающих к трассе территорий обеспечило бы полную загрузку железнодорожной магистрали и ее окупаемость.
- Нестабильность курса рубля препятствует реализации промышленных и инфраструктурных проектов.
- Отсутствие проработанного финансового механизма для реализации проектов.
- Сохраняющаяся и растущая зависимость российской промышленности от импорта высокотехнологичного современного оборудования в условиях экономических санкций.

Кроме того, следует отметить значимость проекта «Белкомур» (Белое море-Коми-Урал), который позволит сократить срок окупаемости Северного широтного хода. Проект предусматривает соединение станций Карпогоры и Вендинга железнодорожной веткой, которая свяжет промышленные центры Сыктывкара, Кудымкара и Соликамска с морским портом Архангельска [65]. Такая логистическая схема обеспечит экспорт продукции и добываемых кормов из этих регионов на внешние рынки.

Важно отметить, что новые железнодорожные линии, ведущие к портам Арктического бассейна, могут стать надежной основой для роста грузового потенциала Северного морского пути и способствовать обеспечению прямого выхода на рынки Западной Европы [12,66]. При этом необходимо поддерживать определенный баланс в объемах грузоперевозок морским и железнодорожным транспортом, так как значительное увеличение грузооборота одного порта может снизить возможности других портов.

Основным видом транспорта для транспортировки углеводородов в сухопутной части Арктической зоны являются трубопроводы. В настоящее время в регионе реализуется проект строительства нефтепровода Пурпе-Самотлор для транспортировки нефти с Ванкорского месторождения (Красноярский край) с поставкой ее в трубопроводную систему Восточная Сибирь – Тихий океан и далее на экспорт. На полуострове Ямал «Газпром» и «Транснефть» работают над созданием новых центров газодобычи и газотранспортной системы. К 2030 году планируется ввести в эксплуатацию газопроводы с месторождений Обской и Тазовской губ «Бованенково-Ухта» и «Бованенково-Ухта-2» протяженностью более 2100 км [12].

Поскольку нефтегазовые месторождения арктического шельфа находятся на значительном расстоянии от побережья, имеют крайне сложные природно-климатические условия и требуют реализации дорогостоящих проектов, таких как строительство добывающих комплексов, прокладка подводных трубопроводов, возведение установок по сжижению и переработке газа, можно сделать вывод об особой значимости промышленного потенциала Мурманской области. Мурманская область характеризуется следующими особенностями:

- Физическая близость к разведанным морским месторождениям нефти и газа.
- Наличие и активная деятельность крупных геологоразведочных, судостроительных и научно-исследовательских организаций [66,67].
- Возможность частичной смены крупных предприятий ВПК и использования их уникальных основных фондов в производстве оборудования для нефтегазовой отрасли [68].
- Удобство использования Кольского залива и прилегающих бухт для базирования ледокольного флота.
- Развитая промышленная инфраструктура, позволяющая разместить в регионе предприятия, осуществляющие монтаж и ремонт бурового и горного оборудования [69] и обслуживание флота.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Перечисленные особенности позволяют рассматривать Мурманск, являющийся отправной точкой СМП, как наиболее перспективный транспортный узел для доставки добытого углеводородного сырья на рынки сбыта.

Открытие уникальных ресурсов нефти и газа на арктическом шельфе может кардинально изменить перспективы и направления развития топливно-энергетического комплекса и смежных отраслей промышленности Мурманской области. Разработка месторождений углеводородов и создание нефтегазовой инфраструктуры в Мурманской области может предоставить дополнительные возможности для сервисных компаний в сфере привлечения предприятий-поставщиков товаров и услуг. Реконструкция портовых терминалов, создание баз для ледокольного и спасательного флотов, строительство нефтеперевалочных комплексов создают предпосылки для развития Мурманского транспортного узла и его постепенного превращения в один из крупнейших портов России по перевалке нефти, в том числе добываемой на месторождениях арктического шельфа.

5. Выводы

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Реализация амбициозных проектов по освоению арктических нефтегазовых месторождений требует особого внимания к развитию транспортных коммуникаций и инфраструктуры. Транспортно-логистический сектор становится важной сферой услуг.

2. В настоящее время на территории российской Арктики необходимо создать эффективную транспортно-инфраструктурную систему, обеспечивающую бесперебойную и быструю транспортировку добываемого углеводородного сырья, других грузов и персонала в районы разведки и добычи. При этом будут учитываться суровые природно-климатические условия и удаленность месторождений от береговой линии.

3. Модернизация существующих транспортно-логистических схем в Арктическом регионе, их интеграция в систему мировых транспортных коммуникаций, создание новых высокотехнологичных портовых терминалов и мощностей позволит перенаправить экспортные потоки в российские порты, тем самым снизив риски, возникающие при обострении внешнеполитической ситуации. Из проведенного анализа следует, что использование Мурманского морского порта для транспортировки углеводородного сырья имеет ряд конкурентных преимуществ:

- Географическое и геополитическое положение порта позволяет свободно выходить в Атлантический океан, минуя закрытые проливы.
- Технические характеристики порта позволяют принимать крупные и сверхкрупные нефтерудовозы без предъявления требований к их габаритам и грузоподъемности.
- Практически полное отсутствие ледового покрова в акватории порта позволяет осуществлять круглогодичные перевозки в Атлантический океан без ледокольного сопровождения.
- Развитая система железных дорог обеспечивает регулярные перевозки в порты.
- Высокий промышленный и человеческий потенциал.

4. Северный морской путь вместе с прилегающими железнодорожными линиями, речными коммуникациями, автомобильными дорогами, авиацией и береговой инфраструктурой может стать основой транспортной системы Арктической зоны и способствовать увеличению ее транспортного и инфраструктурного потенциала. В то же время значение СМП велико как кратчайшего транспортного коридора, связывающего Европу и Тихоокеанский регион.

5. Реализация масштабных инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли Арктической зоны России имеет принципиальное геополитическое значение, поскольку является инструментом усиления регионального присутствия России в Арктике, а также способствует развитию процессов регионального развития Арктики, а именно: увеличению грузооборота СМП; повышению транспортного и инфраструктурного потенциала региона; строительству объектов инфраструктуры нефтегазовой отрасли; развитию отечественного судостроения.

6. Промышленное освоение Арктической зоны предполагает увеличение добычи углеводородных ресурсов и перевалки грузов, а значит, требует формирования эффективной транспортной инфраструктуры. В частности, важную роль в развитии региона играет реализация проекта «Ямал СПГ». Создание самого северного завода СПГ, а также полноценного круглогодичного морского порта Сабетта может стать стимулом для развития Северного морского пути.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

7. Необходимость создания транспортной системы на базе Северного морского пути с развитой сетью портов и инфраструктуры, включая навигационные, гидрометеорологические, ремонтные и информационные службы, становится весьма актуальной.

8. В случае устойчивого потепления толщина ледового покрова в Арктике может уменьшиться, что создаст более благоприятные условия для судоходства в арктических морях и дальнейшей интенсификации добычи углеводородов на шельфе. Северный морской путь в этой ситуации может стать одним из важнейших транспортных коридоров в мире.

9. Производство сжиженного природного газа является одним из важнейших факторов развития судоходства в Арктической зоне.

Финансирование: *данное исследование не получало внешнего финансирования.*

Заявление о доступности данных: *не применимо.*

Конфликты интересов: *автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Carayannis, E.G.; Ilinova, A.A.; Cherepovitsyn, A.E. The Future of Energy and the Case of the Arctic Offshore: The Role of Strategic Management. J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 134. http://doi.org/10.3390/jmse9020134
2. Mammadov, S.M. The gas potential development strategy of the Western Arctic Russian shelf. Oil Gas Geol. Theory Pract. 2017, 2, 1–18. Available online: http://www.ngtp.ru/rub/6/20_2017.pdf (accessed on 25 September 2022). (In Russian) http://doi.org/10.17353/2070-5379/20_2017
3. Tolstikov, A.V.; Astaf'ev, D.A.; Shtein, Y.I.; Kabalin, M.Y.; Naumova, L.A. Hydrocarbon reserves and resources, opportunities for Russian offshore subsoil studies and commercial development in 21 century. Oil Gas Geol. Theory Pract. 2018, 4, 73–85. Available online: https://www.oilandgasgeology.ru/tolstikov-info-4s-2018 (accessed on 29 September 2022). (In Russian) http://doi.org/10.31087/0016-7894-2018-4s-73-85
4. Gusev, E.A. Results and prospects of geological mapping of the Arctic shelf of Russia. J. Min. Inst. 2022, 255, 290–298. http://doi.org/10.31897/PMI.2022.50
5. Vasilev, Y.; Tsvetkova, A.; Stroykov, G. Sustainable development in the Arctic region of the Russian Federation. SGEM 2020, 20, 763–769. http://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.096
6. Website of the Federal State Statistics Service of Russia. Available online: https://rosstat.gov.ru (accessed on 20 September 2022).
7. Fadeev, A.M.; Cherepovitsyn, A.E.; Larichkin, F.D. Strategic Management of the Oil and Gas Complex in the Arctic; Kola Science Centre of RAS: Apatity, Russia, 2019. (In Russian) http://doi.org/10.25702/KSC.978.5.91137.407.5
8. On the Development Strategy of the Arctic Zone of the Russian Federation and National Security for the Period Up to 2035. Available online: https://docs.cntd.ru/document/566091182 (accessed on 15 September 2022). (In Russian)
9. Cherepovitsyn, A.E.; Tsvetkov, P.S.; Evseeva, O.O. Critical analysis of methodological approaches to assessing sustainability of arctic oil and gas projects. J. Min. Inst. 2021, 249, 463–478. http://doi.org/10.31897/PMI.2021.3.15
10. Fadeev, A.; Tsukerman, V. Integrated Mechanism for Managing the Development of Offshore Hydrocarbon Deposits in the Arctic. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020, 459, 062023. http://doi.org/10.1088/1755-1315/459/6/062023
11. Ampilov, Y.P. New challenges for the Russian oil and gas industry amid sanctions and low oil prices. Miner. Resour. Russ. Econ. Manag. 2017, 2, 38–50. Available online: https://elibrary.ru/download/elibrary_28966077_25050942.pdf (accessed on 30 September 2022). (In Russian)
12. Berezikov, S.A. Structural changes and innovation economic development of the Arctic regions of Russia. J. Min. Inst. 2019, 240, 716. http://doi.org/10.31897/PMI.2019.6.716
13. Ponomarenko, T.; Marin, E.; Galevskiy, S. Economic Evaluation of Oil and Gas Projects: Justification of Engineering Solutions in the Implementation of Field Development Projects. Energies 2022, 15, 3103. http://doi.org/10.3390/en15093103
14. Zharov, V.S.; Tsukerman, V.A.; Zharov, N.V. Problems of Innovation and Technological Development of Mining Enterprises of the Arctic Zone of the Russian Federation. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2021, 666, 042051. http://doi.org/10.1088/1755-1315/666/4/042051
15. Zharov, V.S.; Tsukerman, V.A.; Zharov, N.V. Target Orientation of Technological Modernization of the Arctic Industrial Companies. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020, 459, 062020. http://doi.org/10.1088/1755-1315/459/6/062020
16. Korchak, E.A.; Skufina, T.P. Welfare of Resource-Extracting Cities in the Russian Arctic: Challenges and Prospects. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020, 539, 012072. http://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012072
17. Skufina, T.P.; Emelyanova, E.E. Socio-Economic Development of the North-Arctic Territories of Russia; Kola Science Center of RAS: Apatity, Russia, 2019. (In Russian) http://doi.org/10.25702/KSC.978.5.91137.408.2
18. Gerasimova, I.G.; Oblova, I.S.; Golovina, E.I. The Demographic Factor Impact on the Economics of the Arctic Region. Resources 2021, 10, 117. http://doi.org/10.3390/resources10110117
19. Serova, N.A.; Serova, V.A. The main trends in the development of the transport infrastructure of the Russian Arctic. Arct. North 2019, 36, 42–56. (In Russian) http://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2019.36.42
20. Serova, N.A.; Serova, V.A. Transport infrastructure of the Russian Arctic: Specific Features and Development Prospects. Stud. Russ. Econ. Dev. 2021, 32, 213–219. http://doi.org/10.1134/S107570072102009X
21. Romasheva, N.V.; Babenko, M.A.; Nikolaichuk, L.A. Sustainable development of the Russian Arctic region: Environmental problems and ways to solve them. MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. 2022, 10-2, 78–87. http://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_102_0_78

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

22. 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. http://doi.org/10.3390/en14248300

23. Dmitrieva, D.; Cherepovitsyna, A.; Stroykov, G.; Solovyova, V. Strategic Sustainability of Offshore Arctic Oil and Gas Projects: Definition, Principles, and Conceptual Framework. J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10, 23. http://doi.org/10.3390/jmse10010023

24. Seithe, G.J.; Bonou, A.; Giannopoulos, D.; Georgopoulu, C.A.; Founti, M. Maritime Transport in a Life Cycle Perspective: How Fuels, Vessel Types, and Operational Profiles Influence Energy Demand and Greenhouse Gas Emissions. Energies 2020, 13, 2739. http://doi.org/10.3390/en13112739

25. Biev, A.A. Formation ofv territorial infrastructure for fuel and energy resources supply in the Russian Arctic zone. North Mark. Form. Econ. Order 2019, 3, 43–51. (In Russian) http://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.2019.65.3.43-51

26. Biev, A.A.; Serova, N.A. Features of the organization of fuel supplies to the Arctic regions of Russia: Assessment of transport conditions. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020, 539, 012017. http://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012017

27. Komkov, N.I.; Selin, B.S.; Tsukerman, V.A.; Goryachevskaya, E.S. Scenario forecast for the development of the Northern Sea Route. Forecast. Probl. 2016, 2, 87–98. Available online: https://ecfor.ru/publication/razvitie-severnogo-morskogo-puti-stsenarnyjprognoz/ (accessed on 5 October 2022).

28. Tsukerman, V.A.; Goryachevskaya, E.S. Innovation development of industry as the basis of socio-economic growth of the regions of the Arctic zone of the Russian Federation. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020, 539, 012085. http://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012085

29. Tsukerman, V.A.; Goryachevskaya, E.S. Management of the Large-Scale Arctic Transport System–the Basis for the Exploitation of the Hydrocarbon Resources of the Northern Seas Shelf. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020, 459, 042068. http://doi.org/10.1088/1755-1315/459/4/042068

30. Matrokhina, K.V.; Trofimets, V.Y.; Mazakov, E.B.; Makhovikov, A.B.; Khaykin, M.M. Development of methodology for scenario analysis of investment projects of enterprises of the mineral resource complex. J. Min. Inst. 2023, 259, 1–13. http://doi.org/10.31897/PMI.2023.3

31. Zhao, Z.; Wang, X.; Wang, H.; Cheng, S.; Liu, W. Fleet Deployment Optimization for LNG Shipping Vessels Considering the Influence of Mixed Factors. J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10, 2034. http://doi.org/10.3390/jmse10122034

32. Zhang, F.; Yu, H.; Li, H.; Peng, L.; Zhou, T. Safety or Efficiency? An ESCO Framework of Traffic Organization Optimization for LNG Carriers Entering and Leaving Port. Math. Probl. Eng. 2021, 2021, e8804219. http://doi.org/10.1155/2021/8804219

33. Rios-Mercado, R.Z.; Borraz-Sánchez, C. Optimization Problems in Natural Gas Transportation Systems: A State-of-the-Art Review. Appl. Energy 2015, 147, 536–555. http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.017

34. Mozakka, M.; Salimi, M.; Hosseinpour, M.; Borhani, T.N. Why LNG Can Be a First Step in East Asia's Energy Transition to a Low Carbon Economy: Evaluation of Challenges Using Game Theory. Energies 2022, 15, 6476. http://doi.org/10.3390/en15176476

35. Richman, J.; Ayyilmaz, N. Can the US and Europe contain Russian power in the European energy market? A game theoretic approach. Energy Strateg. Rev. 2019, 26, 100393. http://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100393

36. Song, D.A. Literature Review, Container Shipping Supply Chain: Planning Problems and Research Opportunities. Logistics 2021, 5, 41. http://doi.org/10.3390/logistics5020041

37. Cheraghchi, F.; Abualhaol, I.; Falcon, R.; Abielmona, R.; Raahemi, B.; Petriu, E. Modelling the speed-based vessel schedule recovery problem using evolutionary multiobjective optimization. Inf. Sci 2018, 448–449, 53–74. http://doi.org/10.1016/j.ins.2018.03.013

38. Website of the State Atomic Energy Corporation Rosatom. Available online: https://www.rosatom.ru (accessed on 26 September 2022).

39. Website of the Ministry of Transport and Road Facilities of the Republic of Sakha (Yakutia). Available online: https://www.mintrans.sakha.gov.ru (accessed on 26 September 2022).

40. Website of the St. Petersburg Committee for Arctic Affairs. Available online: https://gov.spb.ru (accessed on 21 January 2023).

41. The Order of the Government of the Russian Federation "On approval of Plan of Development of the Northern Sea Route Infrastructure for the Period Up to 2035" of 21 December 2019. No. 3120-R. Available online: https://docs.cntd.ru/document/564069513?ysclid=ldymoz0xrr120695159 (accessed on 2 October 2022).

42. Gurlev, I.V.; Makosko, A.A.; Malygin, I.G. Analysis of the state and development of the transport system of the Northern Sea Route. Arkt. Ekol. Ekon. Arct. Ecol. Econ. 2022, 12, 258–270. http://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-2-258-270

43. Kondratov, N.A. Features of the development of transport infrastructure in the Arctic zone of Russia. Geogr. Bull. 2017, 4, 60–68. http://doi.org/10.17072/2079-7877-2017-4-68-80

44. Website of the Northern Sea Route Administration. Available online: https://www.nsra.ru (accessed on 30 September 2022).

45. Carr, J.; Stokes, C.; Vieli, A. Threefold increase in marine-terminating outlet glacier retreat rates across the Atlantic Arctic: 1992–2010. Ann. Glaciol. 2017, 58, 77–91. http://doi.org/10.1017/aog.2017.3

46. Milacovic, A.; Gunnarsson, B.; Balmasov, S.; Hong, S.; Kim, K.; Schütz, P.; Ehlers, S. Current status and future operational model for transit shipping along the Northern Sea Route. Mar. Policy 2018, 94, 53–60. http://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.027

47. Alvarez, J.; Yumashev, D.; Whiteman, G. A framework for assessing the economic impacts of Arctic change. Ambio 2020, 49, 407–418. http://doi.org/10.1007/s13280-019-01211-z, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31236784

48. Francis, J.; Vavrus, S.; Cohen, J. Amplified Arctic warming and mid-latitude weather: New perspectives on emerging connections. WIREs Clim. Change 2017, 8, e474. http://doi.org/10.1002/wcc.474

49. Hjort, J.; Karjalainen, O.; Aalto, J.; Westermann, S.; Romanovsky, V.; Nelson, F.; Etzelmüller, B.; Luoto, M. Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century. Nat. Commun. 2018, 9, 5147. http://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4

50. Ulchenko, M.V.; Bashmakova, E.P. Problems of development of transport infrastructure in regions of the Arctic zone of the Russian Federation. Econ. Manag. Probl. Solut. 2018, 7, 45–52. Available online: https://elibrary.ru/download/elibrary_36834112_21752297.pdf (accessed on 21 October 2022). (In Russian)

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

51. Zelenkov, M.Y. Transport and logistic system of the Northern Sea Route: Prospects, problems and solutions. Arct. Ecol. Econ. 2019, 4, 131–140. (In Russian) http://doi.org/10.25283/2223-4594-2019-4-131-140

52. Smith, L.C.; Stephenson, S.R. New Trans-Arctic Shipping Routes Navigable by Midcentury. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2013, 110, E1191–E1195. Available online: https://www.pnas.org/content/110/13/E1191.full (accessed on 30 September 2022). http://doi.org/10.1073/pnas.1214212110, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23487747

53. Aksenov, V.; Popova, E.E.; Yool, A.; Nurser, A.J.; Williams, T.D.; Bertino, L.; Bergh, J. On the future navigability of Arctic sea routes: High-resolution projections of the Arctic Ocean and sea ice. Mar. Policy 2017, 75, 300–317. http://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.027

54. Website of Norwegian Ministry of Petroleum and Energy. Available online: https://www.norskpetroleum.no/en/ (accessed on 15 January 2023).

55. Hussein, M. The challenge and risks of the arctic passages on the Suez Canal. Intern. J. Mec. Eng. 2015, 4, 101–114. Available online: https://oaji.net/articles/2015/1877-1434625145.pdf (accessed on 15 January 2023).

56. Website of OJSC NOVATEK. Available online: https://www.novatek.ru (accessed on 3 October 2022).

57. Mit'ko, A.V. Prospects for the Development of the Arctic Region Port Infrastructure. Neftegaz.RU. 2021. Available online: https://magazine.neftegaz.ru/articles/shelf/677139-perspektivy-razvitiya-portovoy-infrastruktury-arkticheskogo-regiona/ (accessed on 5 October 2022).

58. Website of the State Commission of the Russian Federation for the Development of the Arctic. Available online: https://arctic.gov.ru (accessed on 12 January 2022). (In Russian)

59. Katysheva, E.G. Developing gas fields in the Yamal Peninsula as a factor of economic development of the Arctic Zone of Russia. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2019, 302, 012127. http://doi.org/10.1088/1755-1315/302/1/012127

60. Balashova, E.; Gromova, E. Arctic shelf development as a driver of the progress of the Russian energy system. MATEC Web Conf. 2017, 106, 06008. http://doi.org/10.1051/matecconf/201710606008

61. Vinogradov, A.N.; Goryachevskaya, E.S.; Kozlov, A.A. Innovative Factors in the Development of the Arctic Shelf and Problems of Import Substitution; Kola Science Center of RAS: Apatity, Russia, 2019. (In Russian) http://doi.org/10.37614/978.5.91137.412.9

62. Kirsanova, N.Y.; Lenkovets, O.M. Influence of railroad industry on social and economic development of Russia. SGEM 2019, 19, 421–428. http://doi.org/10.5593/sgem2019/5.3/S21.053

63. Chvileva, T. Forecasting of Technology Development of the Arctic Hydrocarbon Resources Extraction. E3S Web Conf. 2020, 162, 01008. http://doi.org/10.1051/e3sconf/202016201008

64. Bogachev, V.F.; Alekseeva, M.B.; Gorenburgov, M.A. Systemic Diagnostics of the Arctic Industry Development Strategy. J. Min. Inst. 2019, 238, 450. http://doi.org/10.31897/pmi.2019.4.450

65. Kirsanova, N.Y. Assessment of socio-economic development level of single-industry cities in Arctic zone of Russian Federation. SGEM 2020, 20, 75–81. http://doi.org/10.5593/sgem2020/5.2/s.21.009

66. Ponomarenko, T.V.; Nevskaya, M.A.; Marinina, O.A. An assessment of the applicability of sustainability measurement tools to resource-based economies of the commonwealth of independent states. Sustainability 2020, 12, 596. http://doi.org/10.3390/su12145582

67. Shabalin, N.V.; Khurmatova, G.I. Integrated marine researche in the Arctic region. Neftegaz. RU Offshore 2020, 1, 36–43. Available online: https://magazine.neftegaz.ru/articles/geologorazvedka/524176-kompleksnye-morskie-issledovaniya-v-arkticheskomregione/ (accessed on 5 October 2022).

68. Bazhutova, E.; Skufina, T.; Samarina, V. Entrepreneurial activity of the Russian arctic regions: Quantitative assessments and management. Smart Innov. 2020, 172, 189–200. http://doi.org/10.1007/978-981-15-2244-4_16

69. Tsyglianu, P.P.; Romasheva, N.V.; Fadeeva, M.I.; Petrov, I.V. Engineering projects in the Russian fuel and energy complex: Actual problems, factors and recommendations for development. Ugol' 2023, 3, 45–51. Available online: http://www.ugolinfo.ru/index.php?article=202303045 (accessed on 15 March 2023). (In Russian)

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0