

Арктика и Север. 2024. № 56. С. 128–145.

Научная статья

УДК [004+338.47](985)(045)

DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.56.128>

Цифровая и логистическая инфраструктуры Арктической зоны: современное состояние исследований и пути развития

Лёвина Анастасия Ивановна¹, доктор экономических наук

Дубгорн Алиса Сергеевна², кандидат экономических наук

Фадеев Алексей Михайлович³ ✉, доктор экономических наук, главный научный сотрудник

Калязина София Евгеньевна⁴

^{1, 2, 3, 4} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия

³ Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина — обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра КНЦ РАН, ул. Ферсмана, 24а, Апатиты, Россия

¹ levina_ai@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4822-6768>

² dubgorn@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5012-0831>

³ FadeevTeam@yandex.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3833-3316>

⁴ kalyazina_se@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1455-8534>

Аннотация. Предметом исследования в статье является анализ существующего состояния исследований и практики в области транспортно-логистической и цифровой инфраструктур российской Арктики. Логистическая и цифровая инфраструктуры рассматриваются авторами как ключевые коммуникационные подсистемы, обеспечивающие перемещение материальных ценностей, людей и информации, а значит — служащие обязательной предпосылкой для освоения рассматриваемого макрорегиона. В качестве метода исследования применён литературный обзор научных источников и анализ полученного материала. Было проведено систематическое картирование литературы по базам Scopus, google scholar, elibrary. Аспекты развития Арктического региона, в том числе роль логистической и цифровой инфраструктур в этом процессе, описываются научными школами России, Канады, Норвегии, Китая, США и других стран. Анализ показал сильно варьирующееся в зависимости от конкретного региона состояние рассматриваемых подсистем, а также отсутствие комплексного подхода к их совместному развитию и интеграции. Было констатировано отсутствие подобной постановки задачи о развитии коммуникационных подсистем Арктической зоны. На базе проведённого анализа были сформулированы ключевые направления развития логистической и цифровой инфраструктур Арктической зоны РФ. Рекомендации авторов, помимо очевидных задач по развитию морских путей, строительству и модернизации дорог, железных дорог и аэропортов, расширения доступа к широкополосному интернету и других широко обсуждаемых мер, описывают необходимость интеграции рассматриваемых коммуникационных подсистем и фокусируются на возможностях цифровых технологий в отдельных аспектах заменить и / или дополнить логистическую инфраструктуру.

Ключевые слова: Арктика, Арктическая зона РФ, логистика, цифровые платформы, цифровая инфраструктура, логистическая инфраструктура

* © Лёвина А.И., Дубгорн А.С., Фадеев А.М., Калязина С.Е., 2024

Для цитирования: Лёвина А.И., Дубгорн А.С., Фадеев А.М., Калязина С.Е. Цифровая и логистическая инфраструктуры Арктической зоны: современное состояние исследований и пути развития // Арктика и Север. 2024. № 56. С. 128–145. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.56.128>

For citation: Levina A.I., Dubgorn A.S., Fadeev A.M., Kalyazina S.E. Digital and Logistical Infrastructures of the Arctic Zone: Current State of Research and Ways of Development. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2024, no. 56, pp. 128–145. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.56.128>



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

Благодарности и финансирование

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-78-10190, <https://rscf.ru/project/23-78-10190/>.

Digital and Logistical Infrastructures of the Arctic Zone: Current State of Research and Ways of Development

Anastasia I. Levina¹, Dr. Sci. (Econ.)

Alisa S. Dubgorn², Cand. Sci. (Econ.)

Alexey M. Fadeev³✉, Dr. Sci. (Econ.), Chief Researcher

Sofia E. Kalyazina⁴

^{1, 2, 3, 4} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, ul. Polytechnicheskaya, Saint Petersburg, Russia

³ Luzin Institute for Economic Problems — Subdivision of the Federal Research Center “Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences”, ul. Fersmana, 24a, Apatity, Russia

¹ levina_ai@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4822-6768>

² dubgorn@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5012-0831>

³ FadeevTeam@yandex.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3833-3316>

⁴ kalyazina_se@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1455-8534>

Abstract. The subject of the article is the analysis of the current state of research and practice in the field of transport, logistics and digital infrastructures in the Russian Arctic. The authors consider logistic and digital infrastructures as key communication subsystems that ensure the movement of material values, people and information, and thus serve as a prerequisite for the development of the macro-region under consideration. The research methods used were literature review of scientific sources and analysis of the obtained material. A systematic literature mapping was carried out on Scopus, Google Scholar, Elibrary databases. Aspects of the Arctic region development, including the role of logistics and digital infrastructures in this process, are described by scientific schools of Russia, Canada, Norway, China, USA and other countries. The analysis has shown the highly variable state of the subsystems under consideration depending on the specific region, as well as the lack of a comprehensive approach to their joint development and integration. It was stated that there is no such problem statement about the development of communication subsystems of the Arctic zone. On the basis of the analysis, the key directions for the development of logistics and digital infrastructure of the Arctic zone of the Russian Federation were formulated. The authors' recommendations, apart from the obvious tasks of developing sea routes, building and modernizing roads, railways and airports, expanding access to broadband internet and other widely discussed measures, describe the need to integrate the communication subsystems under consideration and focus on the potential of digital technologies to replace and/or supplement the logistics infrastructure in certain aspects.

Keywords: *Arctic, Arctic zone of the Russian Federation, logistics, digital platforms, digital infrastructure, logistics infrastructure*

Введение

Сочетание следующих особенностей арктических территорий определяет потребность в особых системных научно обоснованных подходах к вопросам освоения и развития этого макрорегиона:

- экстремальные природно-климатические условия жизнедеятельности;
- очаговый характер развития территорий;
- низкая плотность населения, недостаточный объём рабочей силы, отток населения;

- удалённость от основных промышленных центров, недоступность объектов в регионе;
- высокая ресурсоёмкость, зависимость от поставок ресурсов из других регионов;
- низкая устойчивость экосистемы, отходы и загрязнение от деятельности человека;
- богатый ресурсный потенциал.

Коммуникационные системы являются одним из ключевых факторов, обеспечивающих принципиальную возможность освоения любого региона, в особенности такого, как Арктика. Под коммуникациями в настоящей статье подразумевается как возможность перемещения людей и материальных ценностей, так и передача информации. В этой связи проектирование и моделирование эффективных логистической и цифровой инфраструктуры является важным пререквизитом освоения и развития Арктической зоны.

Логистическая и цифровая инфраструктуры — это ключевые подсистемы, обеспечивающие коммуникацию элементов арктического региона, предоставляя возможность перемещения материальных ресурсов, а также передачу и обработку данных и информации. Транспортно-логистическая инфраструктура региона является одним из ключевых факторов экономической, социальной и экологической эффективности освоения Арктики, поскольку определяет принципиальную возможность, доступность и стоимость освоения территорий. В свою очередь современные информационные и цифровые технологии предоставляют уникальные, ранее недоступные возможности для сбора, обработки, анализа, передачи данных и, что наиболее важно, для управления социально-экономическими системами на основе данных.

Устойчивое развитие Арктической зоны невозможно без налаженной транспортной системы региона, основу которой в настоящее время составляет Северный морской путь. Для обеспечения жизнедеятельности арктических регионов необходимо развивать судоходную, автомобильную и железнодорожную сети, увеличивать транзит грузов, обеспечить, разрабатывать месторождения полезных ископаемых, обеспечить возможность доставки и оперативного перемещения трудовых ресурсов. Информационно-коммуникационные и цифровые технологии позволяют обеспечить эффективную и оперативную передачу и обработку данных, а также осуществить управление (вплоть до режима реального времени) на основе данных (в том числе дистанционно). Эти свойства обозначенных коммуникационных систем делают их незаменимыми элементами комплексной системы освоения и развития Арктики.

Целью настоящей статьи является определение современного состояния исследований в области подходов к освоению Арктической зоны РФ за счёт развития её транспортно-логистической и цифровой инфраструктур.

Обзор литературы Состояние научных исследований

Различные аспекты развития Арктического региона описываются научными школами как в циркумполярных странах, так и за их пределами. Это различные университеты и организации России, Канады, Норвегии, Китая, США и других стран.

Было проведено систематическое картирование литературы по базам Scopus, google scholar, elibrary: проведён электронный поиск с целью выявления набора статей по следующим темам:

- Инновационные цифровые технологии в Арктике;
- Цифровые платформы в Арктике;
- Цифровая инфраструктура Арктики;
- Логистическая инфраструктура Арктики;
- Логистика в Арктике.

В результате поиска статей за последние 5 лет в открытом доступе было найдено 248 статей (за исключением статей участников проекта), из которых по результатам ручного отбора наиболее релевантных для данного исследования статей было проанализировано 44. Среди изученных источников преобладают научные статьи авторов из России, поскольку для России вопросы развития Арктической зоны имеют принципиальное значение с экономической, социальной и политической точек зрения [1].

Среди работ по теме логистических систем в Арктике преобладают публикации на русском языке или российских авторов, в том числе авторов настоящей статьи. В работах [2]–[7] рассматриваются перспективы развития логистики в регионе с учётом имеющихся рисков и трендов концепции Индустрии 4.0. Работы [8], [9] посвящены развитию транспортно-логистической инфраструктуры в Арктической зоне России. Исследователи рассматривают вопросы повышения эффективности разработки углеводородов, улучшения коммуникационной насыщенности региона. В частности, исследуется возможность организации логистической поддержки объектов региона с использованием экономико-математического и транспортного моделирования. Также освещается возможность построения новых транспортных маршрутов и логистической системы в Арктике и их потенциальная рентабельность за счёт сокращения расстояния трансконтинентальных перевозок [10]–[12]. В работах [9], [13], [14] рассматриваются условия для скоординированного развития транспортной, энергетической, информационной и телекоммуникационной инфраструктуры арктического региона на основе транспортно-логистических коридоров на базе Северного морского пути.

Вопросам повышения качества и эффективности грузовых перевозок, транспортно-логистических систем как совокупности транспортной инфраструктуры и транспорта посвящён ряд фундаментальных работ как российских, так и зарубежных учёных [15]–[18]. описа-

ны отдельные случаи согласования интересов заинтересованных сторон в регионе, включая защиту окружающей среды и поддержку международного права [19]–[21]. Также исследуется потенциал эффективных стратегий, необходимых для реагирования и адаптации к ряду экологических, социальных, экономических и политических стрессоров [20].

В контексте применения инновационных цифровых технологий в Арктической зоне России можно выделить следующие источники: [4], [22]–[28]. Используя инновационные подходы и различные цифровые технологии в транспортно-технологических процессах, становится возможным добиться минимизации рисков, характерных для Арктического региона, а также приблизиться к обеспечению устойчивого развития Арктической зоны. Исследовательская группа СПбПУ (Санкт-Петербург, Россия) и ТУНН (Гамбург, Германия) представила обзор текущего этапа развития индустрии контейнерных перевозок и дала оценку возможностей реализации технологии блокчейн как инструмента для повышения эффективности взаимодействия участников сектора морской логистики. В работах [21], [29] представлено рассмотрение проекта разработки инновационной цифровой платформы, направленного на создание единой мультимодальной транспортно-логистической среды в Российской Федерации, затронуто использование инновационных подходов для поддержания экологической безопасности региона, выявлены ожидаемые положительные эффекты и возможные угрозы.

Вопрос использования цифровых платформ в Арктике рассматривался исследователями в контексте разработки цифровой платформы для внедрения распределённых систем управления и навигации для подводных робототехнических комплексов, выполняющих технологические операции в Арктике [30], и в контексте управления цепочками поставок нефтегазовых компаний в Арктике [31]. Необходимо провести исследование по разработке цифровой платформы, глобально охватывающей транспортно-логистическую структуру региона.

Цифровая инфраструктура в Арктике становится всё более важной, поскольку регион стал центром интереса для различных стран и организаций. В рассмотренных работах и исследованиях, организованных в том числе Арктическим советом (международной организацией, объединяющей восемь арктических государств), Норвежским исследовательским центром в Ставангере, Международным фондом Арктики, рассматриваются возможности и проблемы, связанные с развитием цифровой инфраструктуры в регионе, её влияние на устойчивое развитие Арктики, национальные политики различных арктических стран в отношении развития цифровой инфраструктуры, предлагаются рекомендации для улучшения ситуации.

Логистическая инфраструктура в Арктике является важным аспектом развития этого региона, особенно в свете изменения климата и увеличения интереса к ресурсам и транспортным маршрутам в Арктике. В проанализированных работах рассматриваются современные морские транспортные маршруты с учётом изменения в ледовых условиях, потенциальные маршруты, препятствия для навигации и необходимость развития логистической инфраструктуры для поддержки безопасной и эффективной транспортировки, инфраструктурные

проекты, такие как строительство новых портов и ледоколов, их роль в поддержке логистической инфраструктуры в Арктике, изменения в политической ситуации и регулировании, экономический потенциал арктического судоходства; проводится сравнительный анализ Северного морского пути и Северо-Западного пути.

Проекты, реализуемые в Арктической зоне РФ

Следует обратить отдельное внимание на крупные проекты, реализуемые в сфере логистики и цифровой трансформации в российской Арктике. Подобные инициативы могут служить индикатором роли, отводимой крупными инвесторами отдельным доменам исследуемого региона. На информационном портале «Инвестиционный портал Арктической зоны России»¹ собрана информация о реализуемых и реализованных проектах разного масштаба в Арктике в самых разных сферах: добывающие отрасли, транспорт, развитие инфраструктуры, сервис, туризм и др. Справедливо отметить, что большая часть представленных проектов касается западной части российской Арктики, которая считается более развитой, в т. ч. вследствие своей большей доступности из европейской части страны [32], [33].

Первым в числе крупнейших региональных проектов можно назвать Северный морской путь (СМП) — как саму транспортную артерию, так и цифровую платформу по её поддержке [32] — развиваемый в рамках федерального проекта «Развитие Северного морского пути»² (рис. 1). Этот транспортный коридор призван стать альтернативным путём между Европой и Азией. Он обладает рядом конкурентных преимуществ по сравнению с давно освоенными маршрутами, но и характеризуется вызовами, определяемыми сложными условиями его пролегания. Обеспечение должной цифровой поддержки навигации по СМП во многом направлено на преодоление этих вызовов [34]–[36].

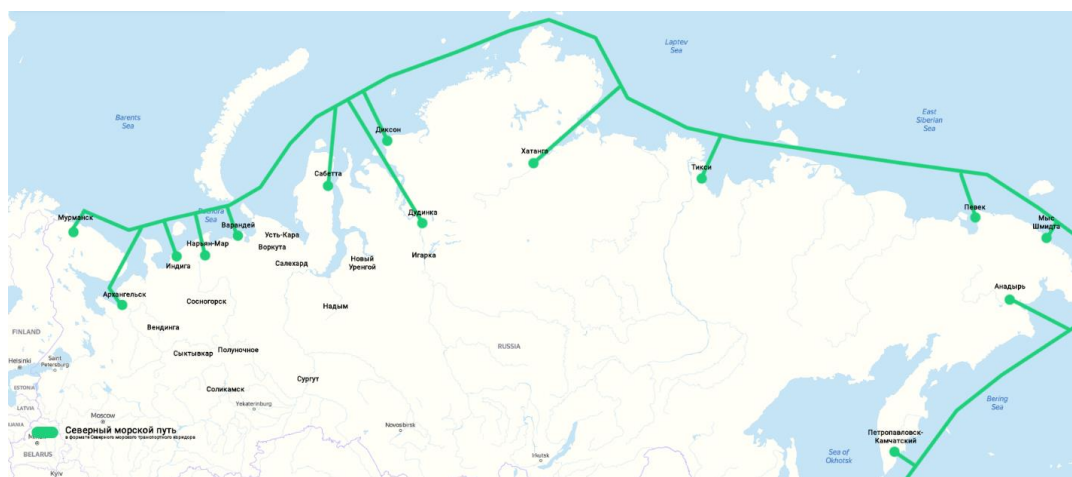


Рис. 1. География СМП³.

¹ Северный морской путь сегодня и завтра. 23 ноября 2023 г. URL: <https://arctic-russia.ru/northsearoute/> (дата обращения: 15.01.2024).

² Министерство транспорта РФ. Паспорт федерального проекта «Развитие Северного морского пути». 2023. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/12714> (дата обращения: 15.01.2024).

³ Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/> (дата обращения: 15.01.2024).

Наиболее амбициозной инициативой, касающейся развития цифровой инфраструктуры, можно считать прокладку оптоволоконного кабеля вдоль арктического побережья России по дну северных морей. К таким проектам можно отнести замороженный в 2021 г. проект Arctic Connect⁴, инициированный консорциумом компании «Мегафон» и финским оператором Cinia Oy. Разрабатывалась инициатива РОТАКС (Российская трансарктическая кабельная система) — проект трансконтинентальной телекоммуникационной трассы, которая должна пролечь по дну Северного Ледовитого океана по маршруту Лондон — Токио. Общая длина линии связи составляет 16 373 км. Пропускная способность магистрали 60 Тбит/с, гарантируемый срок эксплуатации системы — 25 лет⁵. В настоящее время активно развивается проект прокладки кабеля Министерства транспорта РФ и ФГУП «Морсвязьспутник» при поддержке госкорпорации «Росатом» под названием «Полярный экспресс» (рис. 2), нацеленный на развитие портовой инфраструктуры СМП и формирование цифровой экосистемы региона⁶. Помимо целей, связанных с развитием Арктического региона, «Полярный экспресс» реализует и ряд общегосударственных задач в сфере цифровизации, в частности — развитие инфраструктуры центров обработки данных (ЦОД или датацентров) для обработки больших объемов данных на территории РФ. Создание базы датацентров является одним из пререквизитов перехода к экономике данных и полномасштабного внедрения систем искусственного интеллекта во всех сферах.



Рис. 2. Карта прокладки кабеля проекта «Полярный Экспресс»⁷.

Отдельной точкой приложения усилий государственных и частных инвестиций в регионе являются проекты в добывающих отраслях. Добывающая отрасль является одним из

⁴ «Мегафон» решил пересмотреть проект подводной линии связи Arctic Connect. 23 ноября 2023 г. URL: <https://www.interfax.ru/business/769075> (дата обращения: 15.01.2024).

⁵ Россия построит собственную трансарктическую кабельную систему. 17 октября 2011 г. URL: https://www.cnews.ru/news/line/rossiya_postroit_sobstvennuyu_transarkticheskuyu (дата обращения: 15.01.2024).

⁶ «Полярный экспресс». 23 ноября 2023 г. URL: <https://полярныйэкспресс.рф/> (дата обращения: 15.01.2024).

⁷ Там же.

драйверов технологического развития региона: как в отраслевых технологиях, так и в цифровых, логистических, энергетических. Такие крупные игроки нефтегазового сектора, как Газпромнефть, Лукойл, Роснефть, Татнефть, НОВАТЭК, осуществляют создание отраслевой инфраструктуры добычи и транспортировки добываемых ресурсов, в том числе с использованием СМП, и поддержку и развитие региональных энергосистем⁸. Параллельно компании отмечают обязательность цифровизации отрасли и выделяют на это значительные доли в прибыли, в том числе развивая концепцию Умного месторождения^{9,10}. Последняя рассматривается как путь решения ряда задач при добыче ископаемых в сложных условиях Арктики (решения без участия человека, удалённое управление оборудованием и др. [37]). ПАО ГМК «Норильский никель», например, уделяет большое внимание вопросам защиты от киберугроз в российской Арктике [38].

Крупным центром науки и инноваций в регионе стал научно-технологический ИТ-парк «Цифровая Арктика» при Северном Арктическом федеральном университете (САФУ) и правительстве Архангельской области, открытый в ноябре 2022 г. ИТ-парк нацелен на создание межрегиональной ИТ-экосистемы для развития цифровых компетенций, подготовки кадров и реализации технологических проектов цифровой экономики¹¹. Деятельность ИТ-парка способствует цифровизации всей арктической зоны РФ, а его решения применяются в различных отраслях (проекты «Е-Навигация», «Умный лес», «Телемедицина» и др.).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 марта 2021 г. № 484 утверждена Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» (далее — Государственная программа). Президент России Владимир Путин, обращаясь к Федеральному Собранию РФ 29 февраля 2024 г., сделал особый акцент на развитии Северного морского пути и населённых пунктов, находящихся в Арктике. Ранее Президент неоднократно заявлял о том, что освоение и обустройство Арктики является для России приоритетом. Этот регион имеет колоссальные экономические возможности и особое стратегическое значение. Именно с Арктикой во многом связывается укрепление энергетического потенциала нашей страны, расширение логистических возможностей, обеспечение национальной безопасности и обороны.

Также внесены изменения в Основы государственной политики в Арктике на период до 2035 года. Стратегия была обновлена, чтобы подчеркнуть «развитие отношений с иностранными государствами на двусторонней основе в рамках соответствующих многосторонних структур и механизмов». Новые формулировки также предполагают склонность работать с государствами за пределами арктического региона, такими как Китай. Китай получил почти

⁸ Новые нефтегазовые проекты в Арктике. URL: <https://goarctic.ru/work/novye-neftegazovye-proekty-v-arktike/> (дата обращения: 15.01.2024).

⁹ Цифровизация. 23 ноября 2023 г. URL: <https://lukoil.ru/Business/technology-and-innovation/digitalization> (дата обращения: 15.01.2024).

¹⁰ Перспективы развития и стратегия. 23 ноября 2023 г. URL: <https://lukoil.ru/Business/technology-and-innovation/digitalization> (дата обращения: 15.01.2024).

¹¹ ИТ-парк «Digital Arctic». URL: <https://narfu.ru/digital-arctic/> (дата обращения: 15.01.2024).

30% акций проекта «Ямал СПГ» и 20% акций проекта «Арктик СПГ-2». Кроме того, Китай развивает проект «Полярный шёлковый путь» и более широкую инициативу «Пояс и путь» (ранее называлась «Один пояс — один путь»), хотя санкции и недоступность западного страхования российских грузов усложняют расширение морских перевозок в регионе.

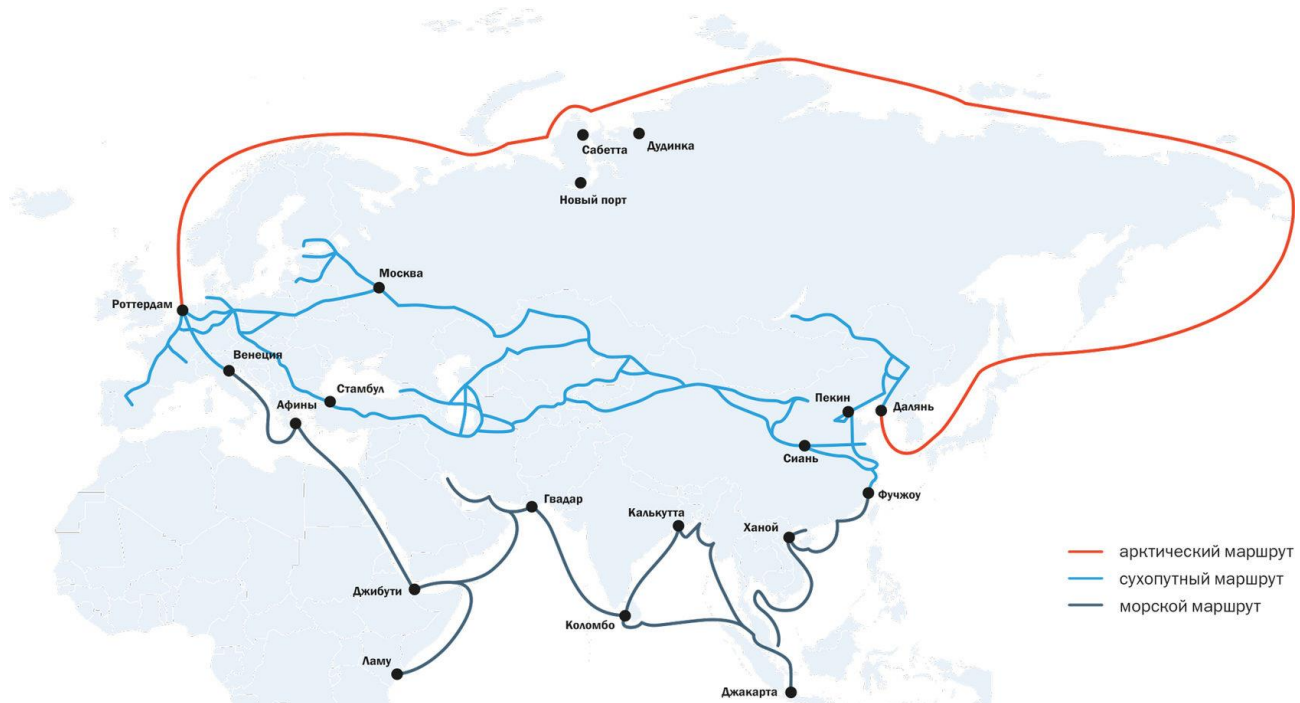


Рис. 3. Карта-схема маршрутов проекта «Один пояс — один путь»¹².

Также обсуждается широкомасштабное сотрудничество в области арктического судоходства между Россией и Индией. Основным предметом обсуждения является развитие и использование Северного морского пути России и предлагаемого прилегающего Восточного морского коридора (ЕМК), который соединяет Дальний Восток России с индийским портовым городом Ченнаи.

¹² Пояс, путь, проекты и проблемы. 02 марта 2019 г. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/6308bea09a7947ff4889b9b6> (дата обращения: 15.01.2024).



Рис. 4. Северный морской путь и Восточный морской коридор (относительно Индии)¹³.

В 2018 г. Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" было поручено развивать инфраструктуру СМП и обеспечивать её устойчивое функционирование. К ним относятся планы по расширению флота ледоколов, улучшению поиска и спасания, связи, портовой инфраструктуры, строительству аэропортов, железнодорожных линий и прогнозированию погоды¹⁴. В российской стратегии развития Арктики до 2035 г. развитие маршрута как «конкурентоспособного национального транспортного коридора на мировом рынке» определено в качестве основного национального интереса в регионе.

Результаты

Современное состояние цифровой и логистической инфраструктур в Арктике может быть охарактеризовано как недостаточно зрелое для тех целей и задач, которые озвучены в отношении данного макрорегиона. Очевидно, ключевыми причинами такого уровня развития инфраструктуры можно считать труднодоступность и экстремальные климатические условия региона, из-за чего возникают технические трудности в создании объектов инфраструктуры, а также финансовые и политические ограничения. С другой стороны, текущее развитие технологий открывает возможности для нового рывка в Арктику.

Дадим краткое описание ключевых элементов логистической и цифровой инфраструктур Арктической зоны РФ, которые были выделены на основе анализа источников.

В настоящее время в регионе основными видами транспорта являются морской и воздушный. Морские пути, такие как Северный морской путь, становятся всё более доступными благодаря таянию льдов. Однако навигация в Арктике всё ещё ограничена времен-

¹³ India Looking to Cooperate with Russia on Development of Arctic Northern Sea Route. 16 декабря 2023 г. URL: <https://www.highnorthnews.com/en/india-looking-cooperate-russia-development-arctic-northern-sea-route> (дата обращения: 15.01.2024).

¹⁴ Russia and the Future of the Arctic. 11 августа 2023 г. URL: https://www.orfonline.org/research/russia-and-the-future-of-the-arctic#_edn54 (дата обращения: 15.01.2024).

ными рамками и требует специализированных судов, оборудования и навигационных систем.

Воздушный транспорт играет важную роль в связи с отсутствием развитой сухопутной инфраструктуры. Аэропорты в Арктике часто являются ключевыми точками для доставки грузов и пассажиров. Есть практика использования беспилотных дронов для доставки грузов, проводились испытания тяжёлых самолётов, рассчитанных на перевозку около 150 кг груза. Несмотря на успешные испытания, авиационная техника в Арктике остаётся нестабильным средством сообщения из-за непредсказуемости погодных условий и того, что затраты на воздушный транспорт значительно выше, чем на наземный. Использование колёсной техники с автоматизированными системами управления позволяет существенно снизить риски для водителей. Кроме того, недостаток аэродромов и ограниченные возможности полётов в условиях сурового климата ограничивают эффективность воздушной логистики в регионе.

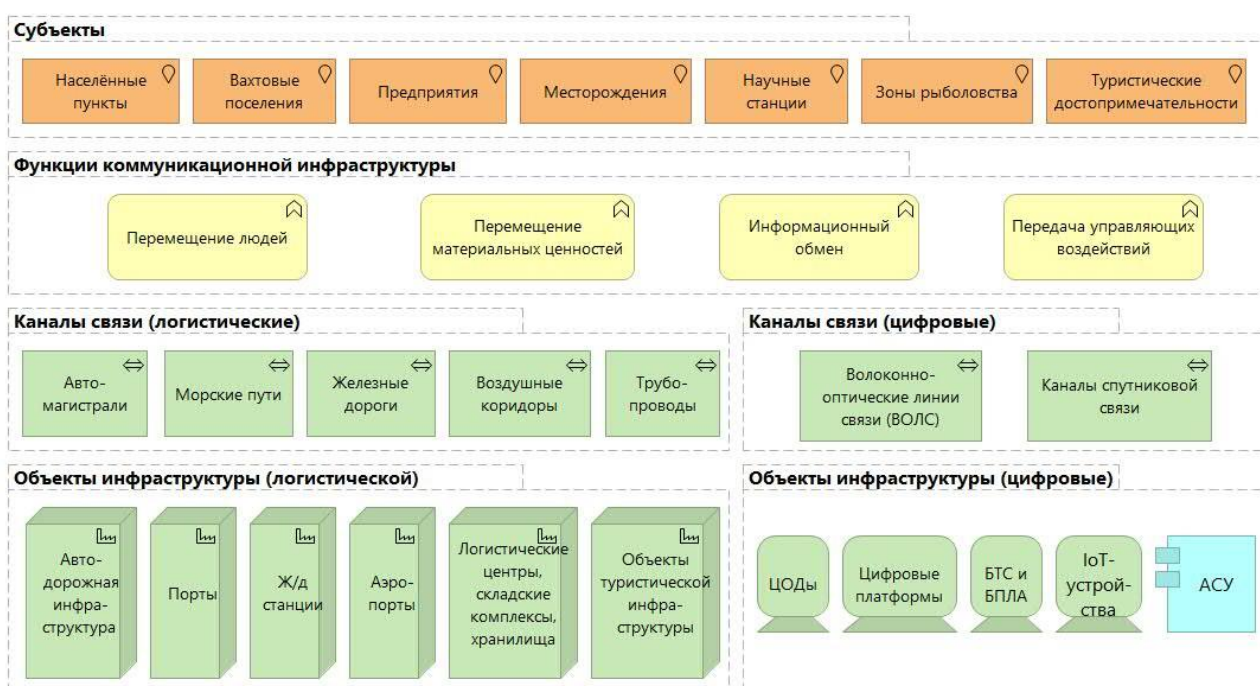
Также в последнее время появилось несколько предложений по использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в качестве средств доставки грузов в отдалённые районы, автономных судов для ледовой разведки и других решений. «Росатом» испытывает морской самолёт для наблюдения за айсбергами и ледяными трещинами, Арктический научный центр построил пилотный проект автоматизированного судна для разведки прибрежных зон и рек, Якутия готова подписать с «Ростехом» контракт на создание системы БПЛА в рамках Северного завоза. Практически решён вопрос создания аппаратуры защиты от помех, позволяющей управлять устройствами в сложных погодных условиях.

Развитие логистической инфраструктуры в Арктике также связано с необходимостью создания базовых станций, портов и складов, которые могут обеспечивать хранение, перевалку и обслуживание грузов. Эти объекты требуют инвестиций и технического обеспечения, чтобы соответствовать требованиям суровых арктических условий. Движения в этом направлении также наблюдаются: например, в рамках государственной программы в Якутии ведётся строительство двух торгово-логистических центров.

Сухопутные транспортные маршруты в Арктике также имеют свои ограничения. Отсутствие развитых дорожных сетей и сложности в поддержании проходимости дорог в условиях сильных морозов и ледяных покровов создают проблемы для доставки грузов по суше. Можно отметить имеющийся опыт использования беспилотных транспортных средств. «Газпром нефть» использует беспилотные грузовики, которые курсируют по 140-километровой дороге между посёлком Тазовский и Восточно-Мессояхским месторождением. Автомобили КАМАЗ оснащены автономной системой спутниковой навигации и многочисленными датчиками, сканирующими дорогу в радиусе 200 метров. Они способны распознавать как стационарные, так и движущиеся препятствия, принимать решения по предотвращению аварий.

Одной из основных проблем цифровизации региона является недостаток физической инфраструктуры, такой как подводные и наземные кабели, спутниковые системы связи и вышки мобильной связи. Строительство и обслуживание такой инфраструктуры в арктических условиях требует больших затрат и специализированных технических решений. В дополнение к сложностям, экстремальные климатические условия и ледовые покровы могут повредить инфраструктуру и затруднить её обслуживание.

Резюмировать информацию о ключевых элементах транспортной и логистической инфраструктур Арктической зоны РФ можно в виде модели на рис. 5. На модели выделены 4 класса элементов, формирующих логистическую и цифровую инфраструктуры: субъекты (пользователи инфраструктурных сервисов), функции инфраструктуры, каналы связи и объекты, позволяющие коммуникационным инфраструктурам реализовать функции.



- ЦОД — центр обработки данных
- БТС — беспилотные транспортные средства
- БПЛА — беспилотные летательные аппараты
- АСУ — автоматизированная система управления

Рис. 5. Элементы логистической и цифровой инфраструктур Арктической зоны РФ.

На представленной на рис. 5 модели не отмечены многочисленные связи между элементами, чтобы не перегружать рисунок: большинство из этих связей очевидны. Предложенная модель может служить для анализа каждого коммуникационного маршрута отдельных субъектов и понимания ситуации о наличии и достаточности логистических и / или цифровых каналов и элементов инфраструктуры для такой коммуникации. Результаты такого анализа и дополнения представленной модели связями могут служить основой для создания онтологии Арктической зоны РФ.

Так, функция перемещения материальных ценностей важна для всех выделенных субъектов, и для её реализации возможно использование конкретных каналов связи, предо-

ставляемых логистической инфраструктурой, в зависимости от конкретной рассматриваемой ситуации. Например, для перемещения продуктов в вахтовые посёлки можно использовать тот вид транспорта, который существует в конкретном месте. В то же время, при отсутствии соответствующих логистических инфраструктурных объектов можно рассмотреть вариант доставки лёгких грузов с помощью БПЛА — в таком случае будет использоваться цифровая инфраструктура. Это пример того, как элементы цифровой инфраструктуры могут заменить элементы логистической в отдельной ситуации. С другой стороны, реализация такого масштабного транспортного коридора, как СМП, в полной мере была бы невозможна без должной поддержки цифровыми сервисами — от эффективной навигации до мониторинга ледовой обстановки.

Подобные рассуждения показывают важность задач интеграции цифровой и логистической инфраструктур Арктической зоны РФ. В этой связи, помимо очевидных выводов о направлениях развития коммуникационных инфраструктур российской Арктики (они изложены в «Заключении»), предлагаем рассмотреть шаги в направлении интеграции этих подсистем, комплексно направленные на развитие макрорегиона:

- создание онтологии Арктической зоны РФ;
- создание и развитие базы знаний Арктической зоны РФ;
- определение требований к сервисам цифровой и логистической инфраструктур со стороны субъектов, а также взаимных требований подсистем к сервисам друг друга;
- разработка дорожной карты развития коммуникационных систем Арктической зоны РФ, содержащей перечень взаимосвязанных содержательно и хронологически мероприятий по планомерному удовлетворению требований к сервисам подсистем;
- в соответствии с дорожной картой и темпами развития физической инфраструктуры региона — создание и внедрение цифровых платформ для отдельных субъектов (групп субъектов) и цифровых двойников для отдельных элементов в соответствии с требованиями, определёнными на предыдущем шаге.

Заключение

Эффективное освоение такого богатого, но труднодоступного региона, как Арктика, невозможно без налаженных путей коммуникаций: физических и информационных. Причём эти две подсистемы должны развиваться параллельно и взаимосвязано.

Анализ текущего состояния коммуникационных инфраструктур региона позволил выделить следующие направления их ближайшего развития:

- развитие морских путей;
- строительство и модернизация дорог, железных дорог и аэропортов;
- создание логистических центров и складских комплексов.

- расширение доступа к широкополосному интернету за счёт использования спутниковых систем связи и прокладки подводных ВОЛС;
- создание базы ЦОДов;
- развитие беспилотных транспортных средств для нужд гражданского населения и промышленности;
- развитие систем дистанционного управления объектами.

Как отдельную задачу авторы выделяют интеграцию логистической и цифровой инфраструктур региона, поскольку две коммуникационные подсистемы связаны между собой, и их взаимосвязанное развитие способно принести синергетический эффект в обеспечение связности региона.

Вне контекста настоящей статьи остались вопросы развития каналов передачи энергоресурсов для снабжения субъектов региона. Этот вопрос требует отдельного исследования и тесно взаимосвязан с развитием рассмотренных в статье коммуникационных подсистем.

В качестве дальнейших исследований по тематике авторы планируют развить пункты плана по интеграции инфраструктур, изложенные в разделе «Результаты».

Список источников

1. Лаженцев В.Н. Север и интеграция социально-экономического пространства (пример Северо-Запада России) // Проблемы прогнозирования. 2020. № 3 (180). С. 48–56.
2. Ilin I., Dubgorn A., Lepekhin A. Towards telemedicine services for the Arctic regions of the Russian Federation / Proc. 31st IBIMA Conference. 25–26 April 2018, Milan, Italy. 2018.
3. Лёвина А., Зайченко И., Скрипнюк Д. Архитектура предприятия как инструмент цифровой трансформации горнодобывающих предприятий Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. № 2. С. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X-2-2018-58-35-43>
4. Fadeev A., Levina A., Esser M., Kalyazina S. Transport and logistic support of oil-and-gas offshore production in the Arctic zone / Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route. Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 45–62. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7_3
5. Jahn C., Weigell J., Levina A., Iliashenko V. The Northern Sea Route as a Factor of Sustainable Development of the Arctic Zone / Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route. Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 261–282. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7_14
6. Fadeev A., Kalyazina S., Levina A., Dubgorn A. Requirements for transport support of offshore production in the Arctic zone // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 54. Pp. 883–889. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.143>
7. Василенок В.Л., Круглова А.И., Алексашкина Е.И., Нереева В.В., Пластунова С.А. Основные тренды цифровой логистики // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2020. № 1. С. 69–78. DOI: <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2020-13-1-69-78>
8. Cramm M.A., Neves B., Manning C.C., et al. Characterization of marine microbial communities around an Arctic seabed hydrocarbon seep at Scott Inlet, Baffin Bay // The Science of The Total Environment. 2020. Vol. 762. Pp. 143961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143961>
9. Akimova I. Northern Sea route as the main driver for the Arctic development: Challenges with infrastructure and opportunities for international cooperation // Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference. SPE, 2018. Pp. D021S058R002. DOI: <https://doi.org/10.2118/192980-MS>

10. Bekkers E., Francois J.F., Rojas-Romagosa H. Melting ice caps and the economic impact of opening the Northern Sea Route // *The Economic Journal*. 2016. Vol. 128. No. 610. Pp. 1095–1127. DOI: <https://doi.org/10.1111/eoj.12460>
11. Lasserre F. Case studies of shipping along Arctic routes. Analysis and profitability perspectives for the container sector // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 66. Pp. 144–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.05.005>
12. Veretennikov N.P., Mikulenok A.S., Bogachev V.F. Management of the system for Russian Arctic region logistics and information support // 2018 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS). IEEE, 2018. Pp. 271–273. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2018.8524986>
13. Petrov I.V., Kharchilava K.P., Pukhova M.M., et al. The Northern Sea Route in the system of international transport corridors as a logistic basis for the development of Arctic resources // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 377. No. 1. Pp. 012063. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/377/1/012063>
14. Tsyganov V. Development of infrastructure in Siberia, the Far East and the Arctic zone of Russia // 2019 Twelfth International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD). IEEE, 2019. Pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1109/MLSD.2019.8910968>
15. Boryaev A., Malygin I., Marusin A. Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport // *Transportation Research Procedia*. 2020. Vol. 50. Pp. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.009>
16. Dygalo V., Keller A., Evtiukov S. Monitoring of vehicles' active safety systems in operation // *Transportation Research Procedia*. 2020. Vol. 50. Pp. 113–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.014>
17. Evtiukov S., Karelina M., Terentyev A. A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle // *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol. 36. Pp. 149–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.057>
18. Walraven E., Spaan M.T.J., Bakker B. Traffic flow optimization: A reinforcement learning approach // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2016. Vol. 52. Pp. 203–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2016.01.001>
19. Sajid Z., Khan F., Veitch B. Dynamic ecological risk modelling of hydrocarbon release scenarios in Arctic waters // *Marine pollution bulletin*. 2020. Vol. 153. P. 111001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111001>
20. Arctic ecology / Ed. by Thomas D.N. John Wiley & Sons, 2021. 443 p.
21. Vlasov V., Kurganov V., Bogumil V., et al. Methodology of freight transport management in the Arctic zone of Russia with account for natural and climatic factors // *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 57. Pp. 735–739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.107>
22. Ilin I., Levina A., Gurzhiy A., Borremans A. Architecture of the Maritime Logistics Ecosystem of the Northern Sea Route: Vision and Gap / *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route*. Cham: Springer International Publishing. 2022. Pp. 63–80. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7_4
23. Biev A. The use of digital technologies for the Russian Arctic energy infrastructure assessment // *Proc. International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019)*. 2019. Pp. 116–119. DOI: <https://doi.org/10.2991/icdtli-19.2019.23>
24. Golubev S.S., Efremov A.A. Development of digital technologies for the Arctic zone of the Russian Federation // *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019. Vol. 10. No. 8. Pp. 2346–2356. DOI: [https://doi.org/10.14505/jarle.v10.8\(46\).13](https://doi.org/10.14505/jarle.v10.8(46).13)
25. Siluanova L., Kuznecova S., Yakhyaev D., Grigorishchin A., Hairnova T., Zadorin M. Ensuring safety of navigation and reducing transportation costs in the Arctic with digital technologies // *POLICY*. 2020. Vol. 2.
26. Ilin I., Kersten W., Jahn C., et al. State of research in arctic maritime logistics // *Data Science in Maritime and City Logistics: Data-driven Solutions for Logistics and Sustainability*. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL). 2020. Vol. 30. Pp. 383–407. DOI: <https://doi.org/10.15480/882.3145>

27. Sergeev V., Ilin I., Fadeev A. Transport and logistics infrastructure of the Arctic zone of Russia // *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 54. Pp. 936-944. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.148>
28. Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route / Ed. by Ilin I., Devezas T., Jahn C. / *Contributions to Management Science*. Cham: Springer International Publishing, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7>
29. Ilin I., Maydanova S., Lepekhin A., et al. Digital platforms for the logistics sector of the Russian Federation / *Technological Transformation: A New Role for Human, Machines and Management: TT-2020*. Springer International Publishing, 2021. Pp. 179–188. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64430-7_15
30. Filaretov V.F., Yukhimets D.A., Zuev A.V., et al. Development of a digital platform for the implementation of distributed control and navigation systems for underwater robotic systems performing technological operations in Arctic // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 816. No. 1. P. 012009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012009>
31. Lyasnikov N.V., Usmanov D.I., Didenko E.N. Digital technology as a platform for the formation of an effective supply chain in the development of the resource base of the Arctic region // *Market Economy Problems*. 2020. Vol. 2. Pp. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2020-2-61-75>
32. Didenko N.I., Cherenkov V.I. Economic and geopolitical aspects of developing the Northern Sea Route // *IOP conference series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 180. No. 1. Pp. 012012. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/180/1/012012>
33. Stroykov G., Cherepovitsyn A.E., Iamshchikova E.A. Powering multiple gas condensate wells in Russia's Arctic: Power supply systems based on renewable energy sources // *Resources*. 2020. Vol. 9. No. 11. P. 130. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources9110130>
34. Журавель В.П. Арктика в 2019 году: международный и национальный аспекты (вопросы международного сотрудничества и безопасности) // *Арктика и Север*. 2020. № 38. С. 105–120. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.38.105>
35. Лукин Ю.Ф. Международные морские пути грузоперевозок в Арктике // *Арктика и Север*. 2020. № 40. С. 225–253. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.40.225>
36. Журавель В.П., Назаров В.П. Северный морской путь: настоящее и будущее // *Вестник Московского государственного областного университета*. 2020. № 2. С. 140–158.
37. Пилясов А.Н., Путилова Е.С. Новые проекты освоения российской Арктики: пространство значимо! // *Арктика и север*. 2020. № 38. С. 21–43. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.38.21>
38. Лукин Ю.Ф. Проблемы обеспечения кибербезопасности России в Арктике // *Евразийская интеграция: экономика, право, политика*. 2020. № 1 (31). С. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2020-1-94-102>

References

1. Lazhentsev V.N. The North and the Integration of Socio-Economic Spaces: An Example in the Russian Northwest. *Studies on Russian Economic Development*, 2020, no. 3 (180), pp. 48–56.
2. Ilin I., Dubgorn A., Lepekhin A. Towards telemedicine services for the Arctic regions of the Russian Federation. *Proc. 31st IBIMA Conference. 25–26 April 2018, Milan, Italy*. 2018.
3. Lyovina A., Zaychenko I., Skripnyuk D. Enterprise Architecture as a Tool for Digital Transformation of Mining Enterprises in the Arctic. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka [The North and the Market: Forming the Economic Order]*, 2018, no. 2, pp. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X-2-2018-58-35-43>
4. Fadeev A., Levina A., Esser M., Kalyazina S. Transport and Logistic Support of Oil-and-Gas Offshore Production in the Arctic Zone. In: *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route*. Cham, Springer International Publishing, 2022, pp. 45–62. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7_3
5. Jahn C., Weigell J., Levina A., Iliashenko V. The Northern Sea Route as a Factor of Sustainable Development of the Arctic Zone. In: *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the North-*

- ern Sea Route. Cham, Springer International Publishing, 2022, pp. 261–282. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7_14
6. Fadeev A., Kalyazina S., Levina A., Dubgorn A. Requirements for Transport Support of Offshore Production in the Arctic Zone. *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 54, pp. 883–889. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.143>
 7. Vasilenok V.L., Kruglova A.I., Aleksashkina E.I., Negreeva V.V., Plastunova S.A. Key Trends in Digital Logistics. *Scientific journal NRU ITMO. Series "Economics and Environmental Management"*, 2020, no. 1, pp. 69–78. DOI: <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2020-13-1-69-78>
 8. Cramm M.A., Neves B., Manning C.C., et al. Characterization of Marine Microbial Communities Around an Arctic Seabed Hydrocarbon Seep at Scott Inlet, Baffin Bay. *The Science of the Total Environment*, 2020, vol. 762, pp. 143961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143961>
 9. Akimova I. Northern Sea Route as the Main Driver for the Arctic Development: Challenges with Infrastructure and Opportunities for International Cooperation. In: *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. SPE, 2018, pp. D021S058R002. DOI: <https://doi.org/10.2118/192980-MS>
 10. Bekkers E., Francois J.F., Rojas-Romagosa H. Melting Ice Caps and the Economic Impact of Opening the Northern Sea Route. *The Economic Journal*, 2016, vol. 128, no. 610, pp. 1095–1127. DOI: <https://doi.org/10.1111/eoj.12460>
 11. Lasserre F. Case Studies of Shipping along Arctic Routes. Analysis and Profitability Perspectives for the Container Sector. *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*, 2014, vol. 66, pp. 144–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.05.005>
 12. Veretennikov N.P., Mikulenok A.S., Bogachev V.F. Management of the System for Russian Arctic Region Logistics and Information Support. In: *2018 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)*. IEEE, 2018, pp. 271–273. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2018.8524986>
 13. Petrov I.V., Kharchilava K.P., Pukhova M.M., et al. The Northern Sea Route in the System of International Transport Corridors as a Logistic Basis for the Development of Arctic Resources. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 377, no. 1, pp. 012063. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/377/1/012063>
 14. Tsyganov V. Development of Infrastructure in Siberia, the Far East and the Arctic Zone of Russia. In: *2019 Twelfth International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD)*. IEEE, 2019, pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1109/MLSD.2019.8910968>
 15. Boryaev A., Malygin I., Marusin A. Areas of Focus in Ensuring the Environmental Safety of Motor Transport. *Transportation Research Procedia*, 2020, vol. 50, pp. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.009>
 16. Dygalo V., Keller A., Evtiukov S. Monitoring of Vehicles' Active Safety Systems in Operation. *Transportation Research Procedia*, 2020, vol. 50, pp. 113–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.014>
 17. Evtiukov S., Karelina M., Terentyev A. A Method for Multi-Criteria Evaluation of the Complex Safety Characteristic of a Road Vehicle. *Transportation Research Procedia*, 2018, vol. 36, pp. 149–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.057>
 18. Walraven E., Spaan M.T.J., Bakker B. Traffic Flow Optimization: A Reinforcement Learning Approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2016, vol. 52, pp. 203–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2016.01.001>
 19. Sajid Z., Khan F., Veitch B. Dynamic Ecological Risk Modelling of Hydrocarbon Release Scenarios in Arctic Waters. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, vol. 153, p. 111001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111001>
 20. Thomas D.N. *Arctic Ecology*. John Wiley & Sons, 2021, 443 p.
 21. Vlasov V., Kurganov V., Bogumil V., et al. Methodology of Freight Transport Management in the Arctic Zone of Russia with Account for Natural and Climatic Factors. *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 57, pp. 735–739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.107>
 22. Ilin I., Levina A., Gurzhiy A., Borremans A. Architecture of the Maritime Logistics Ecosystem of the Northern Sea Route: Vision and Gap. In: *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route*. Cham, Springer International Publishing, 2022, pp. 63–80. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7_4

23. Biev A. The Use of Digital Technologies for the Russian Arctic Energy Infrastructure Assessment. In: *Proc. International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019)*, 2019, pp. 116–119. DOI: <https://doi.org/10.2991/icdtli-19.2019.23>
24. Golubev S.S., Efremov A.A. Development of Digital Technologies for the Arctic Zone of the Russian Federation. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2019, vol. 10, no. 8, pp. 2346–2356. DOI: [https://doi.org/10.14505/jarle.v10.8\(46\).13](https://doi.org/10.14505/jarle.v10.8(46).13)
25. Siluanova L., Kuznecova S., Yakhyaev D., Grigorishchin A., Hairova T., Zadorin M. Ensuring Safety of Navigation and Reducing Transportation Costs in the Arctic with Digital Technologies. *POLICY*, 2020, vol. 2.
26. Ilin I., Kersten W., Jahn C., et al. State of Research in Arctic Maritime Logistics. In: *Data Science in Maritime and City Logistics: Data-Driven Solutions for Logistics and Sustainability. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*. 2020, vol. 30, pp. 383-407. DOI: <https://doi.org/10.15480/882.3145>
27. Sergeev V., Ilin I., Fadeev A. Transport and Logistics Infrastructure of the Arctic Zone of Russia. *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 54, pp. 936-944. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.148>
28. Ilin I., Devezas T., Jahn C. *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route*. Cham, Springer International Publishing, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-92291-7>
29. Ilin I., Maydanova S., Lepekhin A., et al. Digital Platforms for the Logistics Sector of the Russian Federation. In: *Technological Transformation: A New Role for Human, Machines and Management: TT-2020*. Springer International Publishing, 2021, pp. 179–188. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64430-7_15
30. Filaretov V.F., Yukhimets D.A., Zuev A.V., et al. Development of a Digital Platform for the Implementation of Distributed Control and Navigation Systems for Underwater Robotic Systems Performing Technological Operations in Arctic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 816, no. 1, p. 012009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012009>
31. Lyasnikov N.V., Usmanov D.I., Didenko E.N. Digital Technology as a Platform for the Formation of an Effective Supply Chain in the Development of the Resource Base of the Arctic Region. *Market Economy Problems*, 2020, vol. 2, pp. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2020-2-61-75>
32. Didenko N.I., Cherenkov V.I. Economic and Geopolitical Aspects of Developing the Northern Sea Route. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, vol. 180, no. 1, pp. 012012. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/180/1/012012>
33. Stroykov G., Cherepovitsyn A.E., Iamshchikova E.A. Powering Multiple Gas Condensate Wells in Russia's Arctic: Power Supply Systems Based on Renewable Energy Sources. *Resources*, 2020, Vol. 9, no. 11, p. 130. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources9110130>
34. Zhuravel V.P. The Arctic in 2019: International and National Aspects (Issues of International Cooperation and Security). *Arktika i Sever [Arctic and North]*, 2020, no. 38, pp. 105–122. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.38.105>
35. Lukin Yu.F. International Shipping Routes for Cargo Transportation in the Arctic. *Arktika i Sever [Arctic and North]*, 2020, no. 40, pp. 225–253. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.40.225>
36. Juravel V.P., Nazarov V.P. Northern Sea Route: Present and Future. *Bulletin of Moscow Region State University*, 2020, no. 2, pp. 140–158.
37. Pilyasov A.N., Putilova E.S. New Projects for the Development of Russian Arctic: Space Matters! *Arktika i Sever [Arctic and North]*, 2020, no. 38, pp. 20–42. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.38.21>
38. Lukin Yu.F. Problems of Russia's Cyber-Security in the Arctic. *Eurasian Integration: Economics, Law, Politics*, 2020, no. 1 (31), pp. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2020-1-94-102>

Статья поступила в редакцию 16.02.2024; одобрена после рецензирования 18.02.2024;
принята к публикации 20.03.2024

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов