

Научная статья
УДК 004.9
doi:10.37614/2949-1215.2023.14.7.007

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА ПРИ УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ КРИТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Сергей Юрьевич Яковлев¹, Алексей Сергеевич Шемякин²

^{1, 2}*Институт информатики и математического моделирования имени В. А. Путилова
Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия*

¹*yakovlev@iimm.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6433-2096>*

²*shemyakin@iimm.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5308-5456>*

Аннотация

Основное внимание в работе уделено вопросам управления безопасностью социально-экономической и транспортно-логистической инфраструктур Арктической зоны и Северного морского пути. Рассмотрены современные тенденции развития, влияющие на оценки неопределенности и риска. Предлагается планы и перспективы реализации проектов оценивать с точки зрения их уязвимости и реализуемости. Такой рефлексивный анализ должен быть «встроен» в информационную систему управления безопасностью. Грамотный учет неопределенности и риска призван способствовать повышению жизнеспособности критических инфраструктур.

Ключевые слова:

Северный морской путь, риски, неопределенность, чрезвычайные ситуации

Благодарности:

работа выполнена в рамках темы НИР 122022800547-3 «Разработка теоретических и организационно-технических основ информационной поддержки управления жизнеспособностью региональных критических инфраструктур Арктической зоны Российской Федерации».

Для цитирования:

Яковлев С. Ю., Шемякин А. С. Особенности оценки неопределенности и риска при управлении безопасностью критических инфраструктур Северного морского пути // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14, № 7. С. 68–78. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.7.007.

Original article

FEATURES OF UNCERTAINTY AND RISK ASSESSMENT IN SAFETY MANAGEMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE CRITICAL INFRASTRUCTURES

Sergey Yu. Yakovlev¹, Alexey S. Shemyakin²

^{1, 2}*Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia*

¹*yakovlev@iimm.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6433-2096>*

²*shemyakin@iimm.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5308-5456>*

Abstract

The main focus of the work is on the issues of managing the safety of the socio-economic and transport and logistics infrastructures of the Arctic zone and the Northern Sea Route. Current development trends affecting assessments of uncertainty and risk are considered. It is proposed that plans and prospects for project implementation be assessed from the point of view of their vulnerability and feasibility. Such reflective analysis should be “built into” the safety management information system. Proper consideration of uncertainty and risk is intended to help improve the viability of critical infrastructures.

Keywords:

Northern Sea Route, risks, uncertainty, emergency situations

Acknowledgments:

the work was carried out within the framework of research topic 122022800547-3 “Development of theoretical, organizational and technical foundations for information support for managing the viability of regional critical infrastructures in the Arctic zone of the Russian Federation”

For citation:

Yakovlev S. Yu., Shemyakin A. S. Features of uncertainty and risk assessment in safety management of the Northern sea route critical infrastructures // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2023. Vol. 14, No. 7. P. 68–78. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.7.007.

Введение

Оценка неопределенности и риска — неотъемлемый атрибут управления безопасностью промышленно-природных комплексов. Возрастают роль и значение таких объектов исследования и развития, как Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ), и, в особенности, Северный морской путь (СМП). Актуальным направлением изучения систем управления безопасностью являются в последнее время так называемые критические инфраструктуры АЗРФ и СМП [1]. Ранее в работах [2, 3] были освещены нормативная база и основы оценки неопределенности и риска при управлении безопасностью арктических регионов. В настоящей статье основное внимание уделено социально-экономической и транспортно-логистической инфраструктурам АЗРФ и СМП. Рассмотрены современные тенденции развития, влияющие на оценки неопределенности и риска.

Развитие арктических городов

Реализация планов развития АЗРФ и СМП требует укрепления и создания соответствующей социально-экономической инфраструктуры. Важную роль в этой структуре играют поселения — города, порты, хабы, транспортные узлы. Вначале коснемся некоторых инициатив федеральных и региональных властей.

В 2022 г. было принято решение о разработке плана мероприятий по развитию жилищной, энергетической и социальной инфраструктур ЗАТО и населенных пунктов Арктической зоны. 20.07.2023 в Мурманске состоялось совещание по этой теме [4]. Рассмотрен вопрос развития стратегически важных арктических опорных населенных пунктов таких городов, как Мурманск, вокруг которого сейчас развиваются важнейшие для Арктики, для страны очень мощные и важные проекты. Вся территория АЗРФ признана свободной экономической зоной. К 1 октября 2024 г. намечено утвердить комплексные планы долгосрочного развития арктических городов до 2035 г. При этом практическую реализацию мероприятий важно начать уже с 2025 г.

В начале 2023 г. в Мурманской области было проведено заседание рабочей группы по транспортно-логистическому и социально-экономическому развитию АЗРФ [5]. Участниками стали почти 80 экспертов, представляющих федеральные и региональные органы, компании и организации. Отмечено, что в Мурманской области создано 197 резидентов территории опережающего развития, осуществляются новые проекты и приходят новые компании, например, ООО «Пирс» занимается строительством плавпричала и цеха ремонта судов.

Развитию северных городов посвящены и многие научные исследования.

Сегодняшние северяне живут в летних городах, лишь незначительно адаптированных к зимним условиям. Но арктический город должен быть спроектирован иначе и функционировать по-другому [6].

В исследованиях [7] рассматривается понятие «жизнестойкость городов», что прямо коррелирует с понятием «жизнеспособность социально-экономических систем» [1, 8]. Под жизнестойкостью понимается способность поселений к выживанию (устойчивость) в кризисных, критических обстоятельствах, прежде всего в условиях Арктики. Критичность инфраструктур в работе [1], в отличие от исследования [7], понимается главным образом не как активность возможных внешних воздействий на эти структуры, а как важность возможных последствий при нарушении/прекращении функционирования этих структур. В арктических городах России, по статистике 2017 г., проживают почти 9/10 обитающих в АЗРФ людей. Учет вероятности кризисов трактуется как важное отличие от распыленной концепции устойчивого развития. Жизнестойкость достигается, скорее, разнообразием вариантов, нежели единым рецептом.

Влияние потепления в Арктике, таяния мерзлоты рассматривается в работе [9]. Города, дома становятся аварийными, происходит деформация инженерных сооружений и коммуникаций. Надо пересмотреть опыт строительства.

Разворачивание современной инфраструктуры в АЗРФ сталкивается с воздействием космической погоды [10]. Чем шире внедряются передовые технологии, тем чувствительнее сбои из-за негативных природных факторов. Необходим прогноз соответствующих возможных рисков.

Все вызовы арктического региона являются трансграничными [11]. Таким образом, развитие арктических городов является необходимым направлением модернизации АЗРФ, требует учета региональных и международных факторов, а также риск-ориентированных исследований для повышения безопасности функционирования северных городов и арктической зоны в целом.

Развитие СМП

Транспортно-логистическая инфраструктура, СМП — определяющие направления развития АЗРФ. Рассмотрим последние законодательные и исследовательские инициативы в этой области.

Распоряжением [12] утвержден план развития СМП до 2035 г. Охвачены такие направления, как грузовые перевозки, транспортная структура, флот, безопасность, управление судоходством.

Постановлением [13] утверждено Положение о наделении ГК «Росатом» полномочиями учредителя и собственника учреждения, создаваемого для плавания судов в акватории СМП.

Постановлением [14] приняты Правила предоставления субсидии для создания цифровой экосистемы СМП. Намечен ее состав: цифровые сервисы в акватории СМП, бортовые судовые комплексы, летательные аппараты для мониторинга ледовой обстановки, фонд данных о состоянии акватории. Сформулированы требуемые характеристики результатов создания (не позднее 30 июня 2025 г.) системы.

ФГУП «Атомфлот» заключило договор на создание Единой платформы цифровых сервисов Северного морского пути [15]. Исполнителем работ выступает АО «Гринатом».

Перспективы освоения Арктики обсуждались на конференции POLAR 2023, которая прошла в Санкт-Петербурге на площадке ААНИИ [16]. Сеть арктических полярных станций необходимо модернизировать. По линии Росгидромета реализуется национальная система мониторинга многолетней мерзлоты, прогностическая система «Север». Необходимо новое оборудование взамен зарубежного. Природные процессы усложняются, требуется больше усилий для анализа данных о ледовой обстановке. Имеются проблемы с научной инфраструктурой на берегу и в море. Реализация инициативы «Круглогодичный СМП» требует перехода к 2025 г. на зимнее плавание в морях Лаптева, Восточно-Сибирском, Чукотском. Суда стали крупнее, что также необходимо учитывать при планировании маршрутов.

В своем докладе на конференции представители ФГУП «Гидрографическое предприятие» отмечали, что более 2 млн км² воды и прилегающей территории Арктики не изучены достаточно точно. Текущие мощности позволяют исследовать 50–60 тыс. км² в год, эти данные надо обновлять. Требуется модернизация исследовательского флота. Существенное обновление флота и оборудования ведется с 2019 г., выполнена примерно половина работ.

Представители дирекции СМП ГК «Росатом» отметили, что зарубежные организации сокращают перечень данных об арктической зоне со спутников и метеостанций (радиолокация). Частичная компенсация — единая цифровая платформа сервисов СМП, «ледовый навигатор» СМП, она должна быть введена в 2024–2025 гг. и включать ледовую обстановку, загруженность портов СМП, при этом любой участник движения сможет иметь к ней доступ с планшета. Отдельную проблему представляет доступ к актуальным данным спутниковых съемок в различных диапазонах. Наиболее доступными являются снимки спутников оптического диапазона. Однако из-за того, что значительную часть времени в арктических районах присутствует сплошная облачность, использовать подобные снимки затруднительно. Отчасти проблема мониторинга ледовой обстановки решается при помощи беспилотных летательных аппаратов с камерами и локаторами, судовых измерительных комплексов (толщина льда, сжатие за ледоколом). При использовании подобных «локальных» средств возникают сложности: получаемые данные разрозненны и требуются дополнительные усилия для их сбора и централизованной обработки.

В докладе ААНИИ отмечалось, что к 2050 г. не произойдет сезонного исчезновения льда на трассе СМП, хотя его объем (толщина) сократится. На 2030–2050 гг. придется понижение температуры. Ледовые прогнозы для круглогодичной навигации следует улучшить.

В свою очередь, в докладе Центра «Север» ААНИИ сообщалось, что для организации круглогодичной навигации требуется системный подход, т. е. все составляющие (судоходство, связь, ледовая обстановка, порты и т. д.) должны быть увязаны. В настоящее время имеются некоторые несоответствия, например, поперечные размеры ледоколов меньше размеров следующих за ними судов. Состояние группировки спутников ДЗЗ плачевно (нет картирующих радиолокационных спутников, а ранее была система «Океан»). Модернизация системы «Север» началась с задержкой на 3 года, а в 2022 г. приостановлена. Однако представители НИИ космической гидрометеорологии «Планета» утверждают, что спутники в скором времени появятся.

В работе [17] утверждается, что глобальное потепление на территории РФ протекает в 2,5 раза быстрее, чем в среднем на планете. Это может привести к тому, что к середине века СМП будет свободен ото льда, что позволяет обойтись без ледоколов. Между тем в РФ запланировано строительство атомных ледокольных судов.

По данным экспедиции «Арктика-2021», сокращение ледяного покрова наблюдается не только летом, но и зимой [18]. Общее сокращение длится с 1990 г. Однолетнего льда стало больше 50 %. С 1950 г. температура по земному шару выросла на 0,8 °С, а в Арктике — на 2,5–3 °С.

Академик Г. Г. Матишов считает, что глобального потепления нет и климат цикличен [19].

В статье [20] также утверждается, что в XXI в. льды на трассе СМП сохранятся, и России не обойтись без строительства новых ледоколов.

На смену экспедициям «СП-1»–«СП-40» пришла ледовая самодвижущаяся платформа «Северный полюс» [21]. К середине века в отдельные годы арктические моря летом будут полностью освобождаться от морского льда. А к концу века это может стать нормой. За 2021 г. в Арктике превышение нормы составило 2,9 °С. Но отмечаются снижение темпов роста температуры и тенденция к стабилизации.

Далее на основе отечественных научных публикаций последних лет приводится более детальное описание текущего положения дел в актуальной для управления безопасностью СМП области — мониторинга, анализа и прогнозирования ледовой обстановки.

Ледовая обстановка на СМП: методы анализа и мониторинга

Ранее авторами в работе [22] был выполнен анализ использования космического зондирования в интересах управления безопасностью арктических регионов РФ. Коснемся еще раз этой тематики в свете анализа ледовой обстановки.

В исследовании [23] описывается общая проблематика организации спутникового мониторинга АЗРФ. В частности, оценивается текущее состояние дел в области радиолокационного наблюдения как наиболее ценного источника информации. Ввиду существенного отставания России в области создания спутниковых средств наблюдения, в значительной степени возможность организации спутникового мониторинга зависит от доступа к зарубежным спутниковым данным. В НИЦ «Планета» мониторинг Арктической зоны осуществляется в оптическом и инфракрасном диапазонах с использованием данных спутниковых группировок «Метеор», «Канопус», NOAA, Suomi NPP, Metop, Terra, Aqua.

Если говорить о спутниковых группировках, то стоит упомянуть российский космический аппарат «Арктика-М» [24], который предназначен для наблюдений за облачностью и подстилающей поверхностью в арктическом регионе. Наблюдения производятся в видимом и инфракрасном диапазонах.

Процесс обработки спутниковых данных немыслим без средств автоматизации, предназначенных для работы со снимками. В НИЦ «Планета» используются программные комплексы собственной разработки: PlanetaMonitoring [25] и PlanetaMultiSat [26].

PlanetaMonitoring в большей мере ориентирован на первичную обработку спутниковых снимков, например, для геометрической коррекции изображений и подготовку к использованию этих данных в геоинформационных системах. В программном комплексе присутствует функционал для распознавания на снимках объектов окружающей среды.

PlanetaMultiSat предназначена для подготовки ледовых карт, в том числе в векторном формате. Источником для PlanetaMultiSat являются данные видимого, инфракрасного и микроволнового диапазонов. Разработка ледовых карт осуществляется в интерактивном режиме и осуществляется в несколько этапов:

- генерация картографической основы;
- трансформирование спутникового изображения в картографическую основу;
- нанесение границ и символов обобщенных характеристик льда;
- условная раскраска и условные обозначения по российским стандартам. Также на картах отмечается возраст льда.

Значительную роль в процессе составления ледовых карт играет выделение кромки льда, что не всегда возможно, т. к. зачастую из-за сложных метеоусловий во время спутниковой съемки

облачность покрывает значительную часть подстилающей поверхности. Эта проблема становится особенно актуальной, если при их подготовке в качестве источника данных используются спутниковые снимки видимого и инфракрасного диапазонов. Работа составителей ледовых карт может быть существенно облегчена, если для обработки исходных данных использовать различные методы распознавания изображений.

В частности, в исследовании [27] предлагается алгоритм классификации ледового покрытия, а именно, выделения на изображении зон с ледовым покрытием, открытой водой и облачностью. В работе показана возможность получения данных о ледовой обстановке при помощи описанного алгоритма и предлагается провести его усовершенствование по результатам испытаний, в частности, апробировать его на снимках морей Северного морского пути.

Также в России разрабатываются и успешно применяются методы обработки спутниковых изображений с использованием нейронных сетей. Так, в статье [28] при помощи глубокой конволюционной нейронной сети на основе радиолокационных спутниковых изображений создаются карты ледовой обстановки, на которых выделяются кромка льда и дается классификация льдов. Отмечается, что результатом работы нейронной сети является ледовая карта без трудноразличимой детализации, что иногда приводит к загроблению границ льдов различных типов. Однако в целом классификация льдов на изображении представлена довольно четко. Источником данных являлись спутниковые изображения космического аппарата Sentinel-1.

Важным аспектом оперативного мониторинга ледовой обстановки является выявление айсбергов в открытой воде. Даже при использовании высококачественных радиолокационных спутниковых изображений данная проблема является актуальной, поскольку они зачастую сильно зашумлены, а айсберги на этих снимках являются малыми объектами — они могут сливаться с шумами на изображении. Хотя и имеются способы автоматизации выделения айсбергов на снимках, все равно требуется ручная работа оператора. А если учесть то, что на одном снимке может присутствовать несколько сотен айсбергов, очевидно, что существующие средства автоматизации их распознавания с применением ручной работы оператора могут быть недостаточно эффективными. В работе [29] предлагается выделять айсберги на изображении при помощи нейронных сетей, в частности, с использованием глубоких конволюционных нейронных сетей.

В работе [30] для исследования степени разрушенности льда предлагается использовать мультифрактальный анализ. Изучив нескольких десятков фрагментов изображений Новоземельского припая, авторы выделили параметр, на основании которого можно построить интервальную оценку, позволяющую однозначно определить балльность ледового поля.

Если говорить о мониторинге ледовой обстановки с использованием спутниковых снимков, то, очевидно, большую роль здесь играет доступность спутниковых данных. Исследования [31–33] можно рассматривать как методологическую базу для разработки информационных систем мониторинга ледовой обстановки. Так, в статье [31] даются рекомендации по использованию различных видов спутниковых снимков в зависимости от решаемых задач, а в работе [32] приводятся общие принципы обработки спутниковых изображений для построения ледовых карт. В исследовании [33] показано, как можно применять результаты спутниковой съемки в микроволновом диапазоне для предсказания опасных гидрологических явлений. В частности, показано, как изменение яркостной температуры ледового покрова может свидетельствовать о начале фазы активного таяния и быть предвестником паводков.

Мониторинг ледовой обстановки с использованием спутниковых данных — не единственный способ получения информации. Существуют методы получения ледовых карт на основании данных судового оборудования. Например, в работе [34] предложен способ формирования карты ледового поля в радиусе 20–25 км от судна на основе интерферограммы, полученной при помощи радиолокационной станции. В результате обработки данных пользователь получает трехмерное изображение ледовой обстановки в районе судна.

В разработках [35, 36] предлагаются методы автоматизированного составления карты ледового поля из множества разрозненных радиолокационных изображений, полученных от судового

оборудования. Рассмотрены как методы повышения качества самого изображения, так и методы совмещения разрозненных изображений в одно большое изображение, а также повышения четкости результирующего изображения. Вместе с задачей совмещения изображений решается задача уменьшения объема итогового изображения.

Также интересно отметить исследование [37], где предлагается использовать радиомаяки для оперативного мониторинга движения айсбергов. Они устанавливаются при помощи вертолетов. Оборудование успешно применяется в районе моря Лаптевых и Карского моря, где при помощи радиомаяков организована сеть оперативного контроля за движением ледовых образований.

В заключение данного обзора стоит упомянуть работу [38], в которой отмечается важность инструментальных наблюдений «на месте». Спутниковые данные позволяют получить информацию о ледовой обстановке на обширной территории, тем не менее их дешифрирование достаточно трудоемкое, а полностью автоматизировать данный процесс в настоящее время довольно проблематично. Также имеются проблемы экономико-технического характера, связанные с получением спутниковых снимков арктических регионов в различных диапазонах. При таких обстоятельствах особенно важной является возможность их получения при помощи судового оборудования.

Можно отметить, что факторы риска и неопределенности органически присутствуют для различных вариантов анализа ледовой обстановки на трассе СМП.

Заключение

В 2015 г. в Федеральный закон [39] внесена статья, рекомендующая применение риск-ориентированного подхода (РОП). РОП — это метод организации контроля, при котором выбор управляющих воздействий определяется величиной риска и классом опасности объектов управления. Класс опасности определяется тяжестью последствий возможных нарушений (аварий, ЧС), а риск — оценкой вероятности нарушений.

АЗРФ и СМП — важнейшие драйверы экономического развития страны, имеющие как региональное и федеральное измерения, так и глобальную составляющую. При этом реализация проектов осуществляется в условиях неопределенности и риска, обусловленных многими внутренними и внешними факторами.

Как можно увидеть, имеют место противоположные утверждения (растет — не растет) относительно ледовой обстановки на СМП к 2050 и 2100 гг. Аналогично обстоит дело и с другими параметрами, требующими больших периодов прогнозирования: затопление прибрежных городов, таяние мерзлоты, международная обстановка. Несмотря на такие неопределенности, решения принимать надо. Существенную роль сыграли санкции по отношению к РФ в связи с СВО. Особенно это коснулось спутниковых и других данных о гидрометеобстановке на трассе СМП.

Поэтому представляет интерес оценка состояния планов и перспектив с точки зрения их уязвимости и реализуемости. Такой рефлексивный анализ, по мнению авторов, должен быть «встроен» в информационную систему управления безопасностью АЗРФ и СМП. Именно грамотный учет неопределенности и риска, на наш взгляд, способствует повышению жизнеспособности критических инфраструктур.

Отметим, что методы оценки риска и неопределенности при управлении безопасностью хорошо известны, вопрос заключается в выборе инструментария, пригодного для условий решаемой задачи. Например, в максимально упрощенном варианте риск характеризуется вероятностью (частотой) аварий (ЧС) и ущербом от них, а неопределенность — максимальной погрешностью (ошибкой) при определении целевых параметров.

Список источников

1. Халиуллина Д. Н., Быстров В. В. Жизнеспособность критических инфраструктур региональной безопасности // Труды КНЦ РАН. Информационные технологии. Вып. 12. 2021. Т. 12, № 5. С. 104–116.
2. Яковлев С. Ю., Шемякин А. С. Нормативно-правовые основы управления развитием Северного морского пути // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. Вып. 12. 2021. Т. 12, № 5. С. 148–156.

3. Яковлев С. Ю., Шемякин А. С. К оценке неопределенности и риска при обеспечении комплексной безопасности Арктической зоны РФ // Экология промышленного производства. 2023. № 4. В печати.
4. Совещание по развитию ЗАТО и городов в Арктической зоне. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/71711> (дата доступа: 12.10.2023).
5. Арктике — масштаб и развитие // Хибинский вестник. 2023. 2 марта. № 9. С. 2.
6. Как растопить лед (Сибирские университеты искали преимущества зимнего города) // Поиск. 2023. 2 июня. № 22. С. 4.
7. Холодный пазл (Время укреплять жизнестойкость арктических городов) // Поиск. 2022. 22 апр. № 17. С. 8–9.
8. Халиуллина Д. Н., Быстров В. В. Теоретические основы оценки жизнеспособности региональных социально-экономических систем // Труды КНЦ РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 2. С. 78–92.
9. Жаркое дыхание Севера (Чем грозит потепление в Арктике) // Поиск. 2020. 25 сент. № 39. С. 8–9.
10. В авральном режиме (Как уберечь технику в Арктике?) // Поиск. 2021, 26 марта. № 13. С. 10–11.
11. Территория диалога (Притягательность Арктики обсудили на форуме в Питере) // Поиск. 2023. 23 июня. № 25. С. 6–7.
12. Распоряжение Правительства РФ от 01.08.2022 № 2115-р «Об утверждении Плана развития Северного морского пути на период до 2035 года» (ред. от 28.04.2023) // Собрание законодательства РФ, 08.08.2022, № 32, ст. 5862.
13. Постановление Правительства РФ от 23.07.2022 № 1318 «Об утверждении Положения об осуществлении Государственной корпорацией по атомной энергии “Росатом” от имени Российской Федерации функций учредителя и прав собственника имущества в отношении федерального государственного бюджетного учреждения, создаваемого в целях организации плавания судов в акватории Северного морского пути» // Собрание законодательства РФ, 08.08.2022, № 32, ст. 5823.
14. Постановление Правительства РФ от 12.01.2023 № 8 «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на обеспечение создания цифровой экосистемы Северного морского пути» // Собрание законодательства РФ, 23.01.2023, № 4, ст. 636.
15. Луцык А. Ю. Единая платформа цифровых сервисов СМП // Материалы конференции «Арктика — территория цифровизации» (30 ноября – 01 декабря 2022 г.). URL: <https://sppmo.ru/deyatelnost-spp-mo/arktika-territoriya-cifrovizacii/arktika--territoriya-cifrovizacii-2022/materialy-2/>
16. Не беда, что холода (Судоходные маршруты XXI века проложат в Арктике) // Поиск. 2023. 2 июня. № 22. С. 8–9.
17. С долей безумия (РАН встраивается в систему стратегического планирования) // Поиск. 2019. 27 дек. № 52. С. 5.
18. Зимой, как летом? (Арктические льды тают не по графику) // Поиск. 2021. 26 ноября. № 48. С. 4–5.
19. Изучать вдоль и поперек (Академик Геннадий Матишов — о планете, которую необходимо исследовать) // Поиск. 2020. 17 янв. № 1–2. С. 10–11.
20. Водной дорогой (В 21 веке льды на трассе СМП не растают) // Поиск. 23 сент. 2022. № 39. С. 8–9.
21. По дороге к полюсу (Впереди новые исследования Арктики) // Поиск. 2022. 20 мая. № 21. С. 10–11.
22. Вицентий А. В., Яковлев С. Ю., Шемякин А. С. Информационная поддержка обеспечения техносферной безопасности арктических регионов с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Экология промышленного производства. 2022. № 3. С. 49–57.
23. Асмус В. В., Волгутов Р. В., Дерюгина В. В., Кровотынцев В. А., Максимов А. А., Милехин О. Е., Тренина И. С. Использование космических технологий для решения гидрометеорологических задач в Арктике // Метеорология и гидрология. 2019. № 4. С. 54–69.
24. Космический аппарат типа «Арктика-М». URL: <https://russianspacesystems.ru/bussines/dzz/orbitalnaya-gruppirovka-ka-dzz/arktika-m/> (дата доступа: 19.04.2023).
25. Асмус В. В., Бунчев А. А., Кровотынцев В. А., Пяткин В. П. Комплекс программного обеспечения в задачах космического мониторинга опасных гидрометеорологических явлений // Проблемы информатики. 2018. № 4(41). С. 33–48.

26. Волгутов Р. В., Кровотынцев В. А., Максимов А. А., Тренина И. С. Методическое пособие по созданию карт морского ледяного покрова на основе спутниковых данных оптического, инфракрасного и микроволнового диапазонов в многофункциональной программной среде “PlanetaMultiSat” // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. 2021. № 48. С. 89–95.
27. Дегай А. Ю., Андреев М. В., Егоров В. А., Пырков В. Н., Черных В. Н. Развитие методов автоматического распознавания ледового покрытия на основе спутниковых данных оптического и ближнего инфракрасного диапазона для системы мониторинга рыболовства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 4. С. 27–40.
28. Зубков С. А., Липатов М. А., Сальман Д. А., Сальман П. А., Фост И. Д. Система оперативного мониторинга ледовой обстановки на основе нейросетевой обработки радиолокационных спутниковых изображений // Нефть. Газ. Новации. 2021. № 4(245). С. 29–33.
29. Сальман П. А. Нейросетевая система обнаружения опасных ледяных образований на радиолокационных спутниковых изображениях // Нефть. Газ. Новации. 2020. № 9(238). С. 17–20.
30. Малинников В. А., Савиных В. П., Учаев Д. В., Учаев Д. В. Мультифрактальная оценка ледовой обстановки по материалам космической съемки // Идеи и инновации. 2018. Т. 6, № 3. С. 69–74.
31. Мелкий В. А., Пищальник В. М., Романюк В. А., Верхотуров А. А. Задачи мониторинга шельфовой зоны Сахалина по данным космических съемок // Интерэкспо — Геосибирь. 2021. Т. 4, № 1. С. 33–40.
32. Смирнов В. Г., Бычкова И. А., Захваткина Н. Ю. Разработка методов оперативной оценки нарушений сплошности ледяного покрова с использованием спутниковой информации // Российские полярные исследования. 2022. № 1(47). С. 5–7.
33. Хвостов И. В. Микроволновые спутниковые системы для мониторинга гидрологических явлений // Известия Алтайского гос. ун-та. 2020. № 1(111). С. 52–57.
34. Бекишев А., Исаков М., Ремишевский А. Радиолокационная станция АО «НПП “Салют”» для мониторинга ледовой обстановки и обеспечения навигации по Северному морскому пути // Транспортная стратегия — XXI век. 2018. № 38. С. 42–43.
35. Рясина С. Ю., Ситников И. Ю. Повышение качества первичной обработки радиолокационной информации для морской ледовой навигации // Наука настоящего и будущего. 2020. Т. 2. С. 33–36.
36. Маймескул К. В., Рясина С. Ю., Ситников И. Ю. Алгоритм компенсации погрешности курса судовых радарных ледовых изображений // Наука настоящего и будущего. 2021. Т. 2. С. 179–183.
37. Мотыжев С. В., Безгин А. А., Лунев Е. Г., Юркевич Н. Ю. Спутниковые радиомаяки Argos как инструмент мониторинга ледовой обстановки // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2018. № 1. С. 34.
38. Сероветников С. С., Миронов Е. У., Алексеева Т. А., Афанасьева Е. В., Ковчин М. И. Распределенная система оперативных судовых инструментальных наблюдений за ледовыми и метеорологическими параметрами в арктическом бассейне и замерзающих морях // Морское оборудование и технологии. 2021. № 3(28). С. 90–93.
39. Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» (ред. от 24.07.2023) // Собрание законодательства РФ, 29.12.2008, № 52 (ч. 1), ст. 6249.

References

1. Haliullina D. N., Bystrov V. V., Zhiznesposobnost' kriticheskikh infrastruktur regional'noj bezopasnosti [Viability of critical regional security infrastructures]. *Trudy KNC RAN. Informacionnye tehnologii* [Proceedings of the KSC RAS. Information Technology], 2021, vyp. 12, vol. 12, no. 5, pp. 104–116. (In Russ.).
2. Jakovlev S. Ju., Shemjakin A. S. Normativno, pravovye osnovy upravlenija razvitiem Severnogo morskogo puti [Regulatory and legal framework for managing the development of the Northern Sea Route]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. Informacionnye tehnologii* [Proceedings of the KSC RAS. Information Technology], 2021, vyp. 12, vol. 12, no. 5, pp. 148–156. (In Russ.).

3. Jakovlev S. Ju, Shemjakin A. S. K ocenke neopredeljonnosti i riska pri obespechenii kompleksnoj bezopasnosti arkticheskoj zony RF [Towards an assessment of uncertainty and risk when ensuring comprehensive security of the Arctic zone of the Russian Federation]. *Jekologija promyshlennogo proizvodstva* [Ecology of industrial production], 2023, no. 4. (In Russian, unpublished).
4. *Sovesshanie po razvitiju ZATO i gorodov v Arkticheskoj zone* [Meeting on the development of closed administrative towns and cities in the Arctic zone]. (In Russ.). Available at: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/71711>
5. Arktike — masshtab i razvitie [Arctic — scale and development]. *Hibinskij vestnik* [Khibiny Bulletin], 2023, March 2, no. 9, p. 2. (In Russ.).
6. Kak rastopit' l'jod (Sibirskie universitety iskali preimushhestva zimnego goroda) [How to melt the ice (Siberian universities were looking for the advantages of a winter city)]. *Poisk* [Search], 2023, June 2, no. 22, p. 4. (In Russ.).
7. Holodnyj pazl (Vremja ukrepljat' zhiznestojkost' arkticheskikh gorodov) [Cold puzzle (Time to strengthen the resilience of Arctic cities)]. *Poisk* [Search], 2022, no. 17, April 22, pp. 8–9. (In Russ.).
8. Haliullina D. N., Bystrov V. V. Teoreticheskie osnovy ocenki zhiznesposobnosti regional'nyh social'no, jekonomicheskikh sistem [Theoretical foundations for assessing the viability of regional socio-economic systems]. *Trudy KNC RAN, Serija: Tehnicheskie nauki* [Proceedings of the KSC RAS. Series: Technical Sciences], 2022, vol. 13, no. 2, pp. 78–92. (In Russ.).
9. Zharkoe dyhanie Severa (Chem grozit poteplenie v Arktike) [Hot breath of the North (What threatens warming in the Arctic)]. *Poisk* [Search], 2020, September 25, no. 39, pp. 8–9. (In Russ.).
10. V avroral'nom rezhime (Kak uberech' tehniku v Arktike?) [In auroral mode (How to protect equipment in the Arctic?)]. *Poisk* [Search], 2021, March 26, no. 13, pp. 10–11. (In Russ.).
11. Territorija dialoga (Pritjagatel'nost' Arktiki obsudili na forume v Pitere) [Territory of dialogue (The attractiveness of the Arctic was discussed at the forum in St. Petersburg)]. *Poisk* [Search], 2023, June 23, no. 25, pp. 6–7. (In Russ.).
12. Rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 01.08.2022 No.2115,r “Ob utverzhdenii Plana razvitija Severnogo morskogo puti na period do 2035 goda” (red, ot 28,04,2023) [Order of the Government of the Russian Federation dated 01.08.2022 No. 2115-r “On approval of the Development Plan of the Northern Sea Route for the period until 2035”]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collection of legislation of the Russian Federation], 08.08.2022, no. 32, st. 5862. (In Russ.).
13. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.07.2022 No.1318 “Ob utverzhdenii Polozhenija ob osushhestvlenii Gosudarstvennoj korporaciej po atomnoj jenergii "Rosatom" ot imeni Rossijskoj Federacii funkcij uchreditelja i prav sobstvennika imushhestva v otnoshenii federal'nogo gosudarstvennogo bjudzhetnogo uchrezhdenija, sozdavaemogo v celjah organizacii plavanija sudov v akvatorii Severnogo morskogo puti” [Decree of the Government of the Russian Federation dated July 23, 2022 No. 1318 “On approval of the Regulations on the implementation by the State Atomic Energy Corporation Rosatom on behalf of the Russian Federation of the functions of the founder and rights of the owner of property in relation to the federal state budgetary institution created for the purpose of organizing the navigation of ships in the waters of the North Sea ways”]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collection of legislation of the Russian Federation], 08.08.2022, no. 32, st. 5823. (In Russ.).
14. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.01.2023 No.8 “Ob utverzhdenii Pravil predostavlenija subsidii iz federal'nogo bjudzhetna na obespechenie sozdaniya cifrovoj jekosistemy Severnogo morskogo puti” [Decree of the Government of the Russian Federation of January 12, 2023 No. 8 “On approval of the Rules for the provision of subsidies from the federal budget to ensure the creation of a digital ecosystem of the Northern Sea Route”]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collection of legislation of the Russian Federation], 23.01.2023, no. 4, st. 636 (In Russ.).
15. Lucyk A. Ju. *Edinaja platforma cifrovych servisov SMP* [Unified platform for digital services NSR]. *Materialy konferencii “Arktika — territorija cifrovizacii”* (30 nojabrja – 01 dekabrja 2022 g.). (In Russ.). Available at: <https://sppmo.ru/deyatelnost-spp-mo/arktika-territoriya-cifrovizacii/arktika--territoriya-cifrovizacii-2022/materialy-2/>

16. Ne beda, chto holoda (Sudohodnye marshruty HHI veka prolozhat v Arktike) [It doesn't matter that it's cold (Shipping routes of the 21st century will be built in the Arctic)]. *Poisk* [Search], 2023, June 2, no. 22, pp. 8–9. (In Russ.).
17. S dolej bezumija (RAN vstraivaetsja v sistemu strategicheskogo planirovanija) [With a dose of madness (RAS is being integrated into the strategic planning system)]. *Poisk* [Search], 2019, December 27, no. 52, pp. 5. (In Russ.).
18. Zimoj, kak letom? (Arkticheskie l'dy tajut ne po grafiku) [In winter, how in summer? (Arctic ice is not melting on schedule)]. *Poisk* [Search], 2021, November 26, no. 48, pp. 4–5. (In Russ.).
19. Izuchat' vdol' i poperek (Akademik Gennadij Matishov — o planete, kotoruju neobhodimo issledovat') [Study far and wide (Academician Gennady Matishov — about the planet that needs to be explored)]. *Poisk* [Search], 2020, January 17, no. 1–2, pp. 10–11. (In Russ.).
20. Vodnoj dorogoj (V 21 veke l'dy na trasse SMP ne rastajut) [By water (In the 21st century, the ice on the NSR route will not melt)]. *Poisk* [Search], 2022, September 23, no. 39, pp. 8–9.
21. Po doroge k poljusu (Vpered i novye issledovaniya Arktiki) [On the way to the Pole (New Arctic research ahead)]. *Poisk* [Search], 2022, May 20, no. 21, pp. 10–11. (In Russ.).
22. Vicentij A. V., Jakovlev S. Ju., Shemjakin A. S. Informacionnaja podderzhka obespechenija tehnosfernoj bezopasnosti arkticheskikh regionov s ispol'zovaniem dannyh distancionnogo zondirovanija Zemli [Information support for ensuring technospheric security of the Arctic regions using Earth remote sensing data]. *Jekologija promyshlennogo proizvodstva* [Ecology of industrial production], 2022, no. 3, pp. 49–57. (In Russ.).
23. Asmus V. V., Volgutov R. V., Derjugina V. V., Krovotynceva V. A., Maksimov A. A., Milehin O. E., Trenina I. S. Ispol'zovanie kosmicheskikh tehnologij dlja reshenija gidrometeorologicheskikh zadach v arktike [Using space technologies to solve hydrometeorological problems in the Arctic]. *Meteorologija i gidrologija* [Meteorology and hydrology], 2019, no. 4, pp. 54–69. (In Russ.).
24. *Kosmicheskij apparat tipa "Arktika-M"* [Arktika-M type spacecraft]. (In Russ.). Available at: <https://russianspacesystems.ru/bussines/dzz/orbitalnaya-gruppirovka-ka-dzz/arktika-m/>
25. Asmus V. V., Bunchev A. A., Krovotynceva V. A., Pjatkin V. P. Kompleks programmnoho obespechenija v zadachah kosmicheskogo monitoringa opasnykh gidrometeorologicheskikh javlenij [Software package for space monitoring of hazardous hydrometeorological phenomena]. *Problemy informatiki* [Problems of computer science], 2018, no. 4(41), pp. 33–48. (In Russ.).
26. Volgutov R. V., Krovotynceva V. A., Maksimov A. A., Trenina I. S. Metodicheskoe posobie po sozdaniju kart morskogo ledjanogo pokrova na osnove sputnikovyx dannyh opticheskogo, infrakrasnogo i mikrovolnovogo diapazonov v mnogofunkcional'noj programmnoj srede "PlanetaMultiSat" [Methodological manual for creating maps of sea ice cover based on satellite data of the optical, infrared and microwave ranges in the multifunctional software environment "PlanetaMultiSat"]. *Rezultaty ispytaniya novyx i usovershenstvovannykh tehnologij, modelej i metodov gidrometeorologicheskikh prognozov* [Results of testing new and improved technologies, models and methods of hydrometeorological forecasts], 2021, no. 48, pp. 89–95. (In Russ.).
27. Degaj A. Ju., Andreev M. V., Egorov V. A., Pyrkov V. N., Chernyh V. N. Razvitie metodov avtomaticheskogo raspoznavanija ledovogo pokrytija na osnove sputnikovyx dannyh opticheskogo i blizhnego infrakrasnogo diapazona dlja sistemy monitoringa rybolovstva [Development of methods for automatic recognition of ice cover based on satellite data in the optical and near-infrared range for a fisheries monitoring system]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa* [Modern problems of remote sensing of the Earth from space], 2021, vol. 18, no. 4, pp. 27–40. (In Russ.).
28. Zubkov S. A., Lipatov M. A., Sal'man D. A., Sal'man P. A., Fost I. D. Sistema operativnogo monitoringa ledovoj obstanovki na osnove nejrosetevoj obrabotki radiolokacionnykh sputnikovyx izobrazhenij [System for operational monitoring of ice conditions based on neural network processing of radar satellite images]. *Neft', Gaz, Novacii* [Oil. Gas. Innovations], 2021, no. 4(245), pp. 29–33. (In Russ.).
29. Sal'man P. A. Nejrosetevaja sistema obnaruzhenija opasnykh ledjanykh obrazovanij na radiolokacionnykh sputnikovyx izobrazhenijah [Neural network system for detecting dangerous ice formations on radar satellite images]. *Neft', Gaz, Novacii* [Oil. Gas. Innovations], 2020, no. 9(238), pp. 17–20. (In Russ.).

30. Malinnikov V. A., Savinyh V. P., Uchaev D. V., Uchaev D.V. Mul'tifraktal'naja ocenka ledovoj obstanovki po materialam kosmicheskoy s#emki [Multifractal assessment of ice conditions based on satellite imagery]. *Idei i innovacii* [Ideas and innovation], 2018, vol. 6, no. 3, pp. 69–74. (In Russ.).
31. Melkij V. A., Pishhal'nik V. M., Romanjuk V. A., Verhoturov A. A. Zadachi monitoringa shel'fovoj zony sahalina po dannym kosmicheskikh s#emok [Objectives of monitoring the Sakhalin shelf zone based on satellite imagery data]. *Interjekspo, Geosibir'* [Interexpo – Geosibir], 2021, vol. 4, no. 1, pp. 33–40. (In Russ.).
32. Smirnov V. G., Bychkova I. A., Zahvatkina N. Ju. Razrabotka metodov operativnoj ocenki narushenij sploshnosti ledjanogo pokrova s ispol'zovaniem sputnikovoj informacii [Development of methods for rapid assessment of disturbances in the continuity of ice cover using satellite information]. *Rossijskie poljarnye issledovaniya* [Russian polar research], 2022, no. 1(47), pp. 5–7. (In Russ.).
33. Hvostov I. V. Mikrovolnovye sputnikovye sistemy dlja monitoringa gidrologicheskikh javlenij [Microwave satellite systems for monitoring hydrological phenomena]. *Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta* [News of Altai State University], 2020, no. 1(111), pp. 52–57.
34. Bekishev A., Isakov M., Remishevskij A. Radiolokacionnaja stancija AO "NPP "Saljut" dlja monitoringa ledovoj obstanovki i obespechenija navigacii po Severnomu morskemu puti [Radar station of JSC NPP Salyut for monitoring ice conditions and providing navigation along the Northern Sea Route]. *Transportnaja strategija, XXI vek* [Transport strategy — XXI century], 2018, no. 38, pp. 42–43. (In Russ.).
35. Rjaskina S. Ju., Sitnikov I. Ju. Povyshenie kachestva pervichnoj obrabotki radiolokacionnoj informacii dlja morskoy ledovoj navigacii [Improving the quality of primary processing of radar information for sea ice navigation]. *Nauka nastojashhego i budushhego* [Science of the present and future], 2020, vol. 2, pp. 33–36. (In Russ.).
36. Majmeskul K. V., Rjaskina S. Ju., Sitnikov I. Ju. Algoritm kompensacii pogreshnosti kursa sudovyh radarnykh ledovykh izobrazhenij [Algorithm for compensation of course errors in ship radar ice images]. *Nauka nastojashhego i budushhego* [Science of the present and future], 2021, vol. 2, pp. 179–183. (In Russ.).
37. Motyzhev S. V., Bezgin A. A., Lunev E. G., Jurkevich N. Ju. Sputnikovye radiomajaki Argos kak instrument monitoringa ledovoj obstanovki [Argos satellite radio beacons as a tool for monitoring ice conditions]. *Sovremennye problemy radioelektroniki i telekommunikacij* [Modern problems of radio electronics and telecommunications], 2018, no. 1, pp. 34. (In Russ.).
38. Serovetnikov S. S., Mironov E. U., Alekseeva T. A., Afanas'eva E. V., Kovchin M. I. Raspredeleonnaja sistema operativnykh sudovykh instrumental'nykh nabljudenij za ledovymi i meteorologicheskimi parametrami v arkticheskom bassejne i zamerzajushhih morjah [Distributed system of operational ship instrumental observations of ice and meteorological parameters in the Arctic basin and freezing seas]. *Morskoe oborudovanie i tehnologii* [Marine equipment and technology], 2021, no. 3(28), pp. 90–93. (In Russ.).
39. Federal'nyj zakon ot 26.12.2008 No. 294-FZ "O zashhite prav juridicheskikh lic i individual'nykh predprinimatelej pri osushhestvlenii gosudarstvennogo kontrolja (nadzora) i municipal'nogo kontrolja" (red, ot 24.07.2023) [Federal Law of December 26, 2008 No. 294-FZ "On the protection of the rights of legal entities and individual entrepreneurs in the exercise of state control (supervision) and municipal control"]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collection of legislation of the Russian Federation], 29.12.2008, no. 52 (ch. 1), st. 6249. (In Russ.).

Информация об авторах

С. Ю. Яковлев — кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

А. С. Шемякин — младший научный сотрудник.

Information about the authors

S. Yu. Yakovlev — Candidate of Science (Tech.), Senior Researcher;

A. S. Shemyakin — Junior Researcher.

Статья поступила в редакцию 16.10.2023; одобрена после рецензирования 01.11.2023; принята к публикации 08.11.2023.

The article was submitted 16.10.2023; approved after reviewing 01.11.2023; accepted for publication 08.11.2023.