

УДК 656.073:004.9

DOI: 10.37890/jwt.vi87.700

Анализ подходов к выбору цифровых инструментов для складской логистики производственно-транспортных комплексов Северного морского пути

В. Н. Костров¹

ORCID: 0000-0002-8703-6713

В. Н. Бутченко¹

Н.А. Барина¹

ORCID: 0009-0009-2378-6425

Д.Н. Сухарев²

ORCID:0000-0002-8255-3017

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия*

²*АО «Русатом Оверсиз», г. Москва, Россия*

Аннотация. В работе исследованы особенности складской логистики производственно-транспортных комплексов Северного морского пути (СМП), функционирующих в экстремальных арктических условиях и выполняющих двойственную функцию: обеспечение непрерывности промышленного производства и перевалку грузов в качестве транспортно-логистических хабов. На основе анализа грузопотоков Арктического бассейна за 2025 год установлено доминирование портов Мурманск и Сабетта (83% совокупного грузооборота) и углеводородного сырья в структуре перевозок (83%). Выявлены ключевые арктические факторы, определяющие требования к цифровым инструментам: экстремальные климатические условия (температуры до -50°C), удаленность и логистическая изоляция, двойственная функция складов материально-технического обеспечения, повышенные требования к надежности и безопасности. Критический обзор существующих подходов к выбору цифровых решений — финансовых методов, многокритериальных моделей, риск-ориентированных подходов и отраслевых корпоративных методик — выявил их фрагментарность и отсутствие механизмов учета арктической специфики. Оценена применимость универсальной методологии цифровой трансформации складской логистики, установлены ее ограничения для условий СМП. Сформулированы требования к перспективной методике экономического обоснования выбора цифровых инструментов, включающие двухконтурную систему критериев (обязательные технологические требования и сравнительные экономические показатели), учет арктических рисков через количественную оценку надежности оборудования и корректировку ставки дисконтирования, прозрачный алгоритм сравнительной оценки, а также адаптацию общей методологии цифровой трансформации. Полученные результаты создают теоретическую основу для разработки прикладного инструментария, адаптированного к условиям Северного морского пути.

Ключевые слова: Северный морской путь, производственно-транспортный комплекс, складская логистика, цифровые технологии, арктические риски, цифровая трансформация, методика выбора, Арктика.

Analysis of approaches to the selection of digital tools for warehouse logistics of production and transport complexes of the Northern Sea Route

Vladimir N. Kostrov¹

ORCID: 0000-0002-8703-6713

Viktor N. Butchenko¹

Natalya A. Barinova¹

ORCID: 0009-0009-2378-6425

Dmitry N. Sukharev²

ORCID:0000-0002-8255-3017

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Rusatom Overseas, Moscow, Russia*

Abstract. The paper examines the features of warehouse logistics of the production and transport complexes of the Northern Sea Route (NSR), operating in extreme Arctic conditions and performing a dual function: ensuring the continuity of industrial production and cargo transshipment as transport and logistics hubs. Based on the analysis of cargo flows in the Arctic basin for 2025, the dominance of the ports of Murmansk and Sabetta (83% of total cargo turnover) and hydrocarbons in the structure of transportation (83%) has been established. The key Arctic factors determining the requirements for digital tools have been identified: extreme climatic conditions (temperatures up to -50°C), remoteness and logistical isolation, the dual function of logistics warehouses, increased reliability and safety requirements. A critical review of existing approaches to the choice of digital solutions - financial methods, multi-criteria models, risk-oriented approaches and industry-specific corporate techniques - revealed their fragmentation and lack of mechanisms that factor in Arctic specifics. The applicability of the universal methodology of digital transformation of warehouse logistics is assessed, its limitations for the conditions of the NSR are established. The requirements for a promising methodology for the economic justification of the choice of digital instruments are formulated, including a two-circuit system of criteria (mandatory technological requirements and comparative economic indicators), consideration of Arctic risks through a quantitative assessment of equipment reliability and discount rate adjustment, a transparent comparative assessment algorithm, as well as the adaptation of the general methodology of digital transformation. The results obtained provide a theoretical basis for the development of applied tools adapted to the conditions of the Northern Sea Route.

Keywords: Keywords: Northern Sea Route, industrial and transport complex, warehouse logistics, digital technologies, Arctic risks, digital transformation, methodology of choice, Arctic.

Введение

События, происходящие на территории стран Ближнего Востока (в т.ч. Аравийский полуостров и Персидский залив) в текущий период, еще больше увеличивают стратегическое значение Северного морского пути (СМП) для экономики России и мировой логистики. Развитие арктических месторождений и увеличение грузопотока по СМП требуют создания надежной и эффективной береговой инфраструктуры, ключевым элементом которой являются производственно-транспортные комплексы. В состав таких комплексов входят склады материально-технического обеспечения (МТО), выполняющие двойственную функцию: они обеспечивают бесперебойную работу промышленных предприятий (добыча, переработка) и одновременно выступают в роли транспортно-логистических хабов, консолидируя грузы для дальнейшей отправки морем [1].

Специфика работы в Арктике, а именно экстремально низкие температуры, полярная ночь, удаленность от центров ремонта и поставок, чувствительность экосистемы, предъявляет особые требования к складской логистике. Цифровизация и автоматизация являются ключевыми драйверами повышения надежности и эффективности в этих условиях, позволяя минимизировать «человеческий фактор», оптимизировать запасы и обеспечить сохранность грузов.

В предыдущей работе Кострова В. Н., Бариновой Н.А. и Сухарева Д.Н. [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] была отражена комплексная методология цифровой трансформации складской логистики, однако она носит универсальный характер и не учитывает арктическую специфику и двойственную функцию складов МТО.

Это формирует научную проблему: отсутствие методики, позволяющей на этапе диагностики и планирования (Этап 1 общей методологии) [2] не просто выявить узкие места, но и произвести количественное и качественное обоснование выбора между альтернативными цифровыми инструментами, интегрирующее технологические требования, климатическую устойчивость и экономическую эффективность в условиях повышенных рисков СМП, а также оценить системный эффект при внедрении результатов исследования.

Цель настоящей работы заключается в систематизации и анализе факторов, определяющих специфику функционирования складов производственно-транспортных комплексов СМП, а также в критической оценке существующих подходов к обоснованию выбора цифровых инструментов для выявления требований, которым должна отвечать перспективная методика оценки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ современного состояния грузопотоков Арктического бассейна и определить роль производственно-транспортных комплексов в обеспечении перевозок по СМП.

2. Выявить и систематизировать ключевые особенности и ограничения функционирования складской логистики в условиях Арктики, включая двойственную функцию складов МТО.

3. Провести критический анализ существующих научных и методических подходов к оценке и выбору цифровых инструментов в логистике, определив их применимость и ограничения для объектов СМП.

4. Сформулировать требования к методике экономического обоснования выбора цифровых инструментов, адаптированной к условиям производственно-транспортных комплексов СМП.

Научная новизна работы заключается в комплексной систематизации арктических факторов, влияющих на эффективность складской логистики, и в выявлении на этой основе ограничений существующих методических подходов к выбору цифровых инструментов. В отличие от известных исследований, рассматривающих арктические риски изолированно либо фокусирующихся на отдельных аспектах цифровизации, в настоящей работе для складов МТО производственно-транспортных комплексов СМП обоснована необходимость интеграции технологических, климатических и экономических критериев в единый алгоритм выбора, что создает теоретическую основу для последующей разработки прикладного инструментария.

Методы исследования

Теоретико-методологическую основу исследования составили фундаментальные положения теории логистики, теории принятия решений, инвестиционного анализа, а также научные труды в области освоения Арктической зоны и развития Северного морского пути. Для решения поставленных задач применялся комплекс общенаучных и специальных методов, обеспечивающих системность и достоверность полученных результатов.

На этапе анализа грузопотоков Арктического бассейна и особенностей производственно-транспортных комплексов Севморпути использовались методы статистического анализа и синтеза. Обработка данных грузооборота портов за 2025 год позволила выявить структуру перевозок, доминирование портов Мурманск и Сабетта, а также соотношение западного и восточного направлений. С помощью синтеза обобщены закономерности и сформировано целостное представление о конфигурации арктической транспортной системы.

Метод синтеза применен для обобщения выявленных закономерностей и формирования целостного представления о современной конфигурации арктической транспортной системы.

Для систематизации специфических условий функционирования складов материально-технического обеспечения в составе производственно-транспортных комплексов СМП использовались методы классификации и типологизации. Это позволило выделить ключевые группы факторов (климатические, инфраструктурные, логистические, кадровые), определяющие особенности складской логистики в Арктике, а также структурировать двойственную функцию складов МТО (обеспечение производства и перевалка грузов).

Критический анализ существующих подходов к выбору цифровых инструментов в логистике выполнен с применением методов сравнительного анализа и классификации.

При разработке методики выбора цифровых инструментов для складов СМП с помощью декомпозиции и структуризации выделены обязательные технологические требования (климатическое исполнение, надёжность, автономность, интеграционный потенциал) и сравнительные экономические показатели (инвестиции, эксплуатационные расходы, влияние на эффективность). Для структурирования требований по составляющим устойчивости использован функционально-компонентный подход, адаптированный от оценки портовых операторов к задачам складской логистики.

Результаты исследования

Производственно-транспортный комплекс на СМП — это сложный объект, объединяющий промышленное производство и транспортную инфраструктуру. Склад МТО в таком комплексе выполняет функции «буфера» и «распределительного центра».

Для понимания контекста и обоснования актуальности разрабатываемой методики необходимо рассмотреть современную структуру грузопотоков в Арктической зоне Российской Федерации. Согласно данным, опубликованным в начале 2026 года, грузооборот морских портов Арктического бассейна за 2025 год составил 91,7 млн тонн (с учетом портов Мезень, Диксон и отгрузок с МЛСП «Приразломная»), что на 5% выше официальной статистики, не учитывающей данные объекты [2, рис.1].

Доминирующее положение занимают два порта:

- Мурманск — ключевой логистический хаб для арктических углеводородов, обеспечивающий перевалку грузов с арктических танкеров на обычные суда для дальнейшего экспорта;
- Сабетта — специализируется на отгрузке углеводородов: СПГ, нефти и газового конденсата.

Совокупный грузооборот Мурманска и Сабетты в 2025 году достиг 73 млн тонн, что составляет 83% от общего грузооборота Арктического транспортно-технологического комплекса (АТТК).

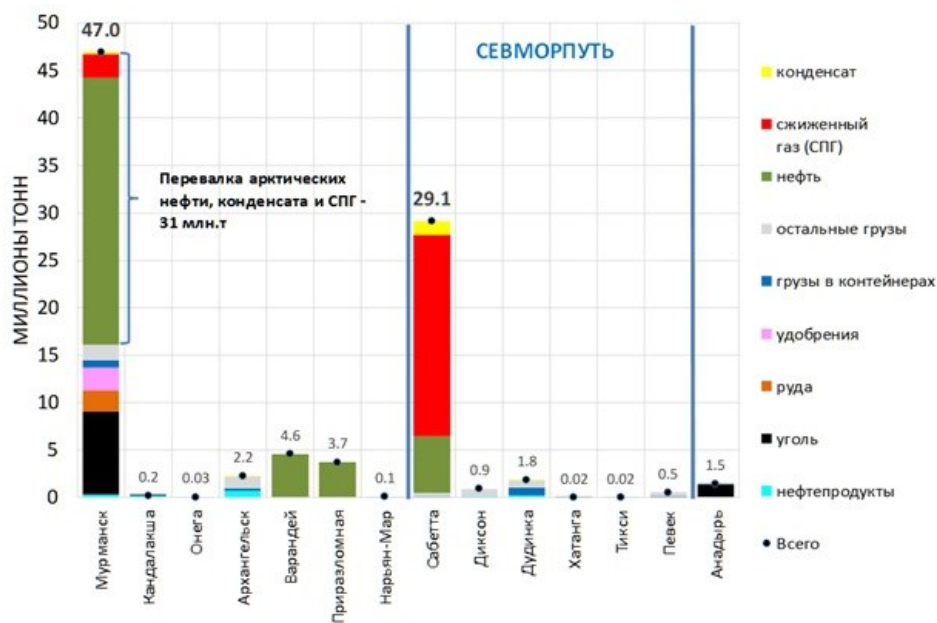


Рис. 1. Грузооборот морских портов арктического сегмента ТТК (АТТК, Арктический бассейн) в 2025 году

Западная акватория обеспечила 57,8 млн т (63%), на акваторию СМП пришлось 32,5 млн т (35%), из которых 90% (29,1 млн т) обработал порт Сабетта. Восточная акватория — лишь 1,5 млн т (2%).

В структуре международных перевозок сложились два основных маршрута:

- западное направление (через Атлантику) — 51 млн тонн (88%);
- восточное направление (через СМП) — 7 млн тонн (12%).

Основу грузопотока (83%) составляют углеводороды. Внешнеторговые грузы занимают 86%, из которых 60% — прямой экспорт, 25% — каботаж [Рис. 2].

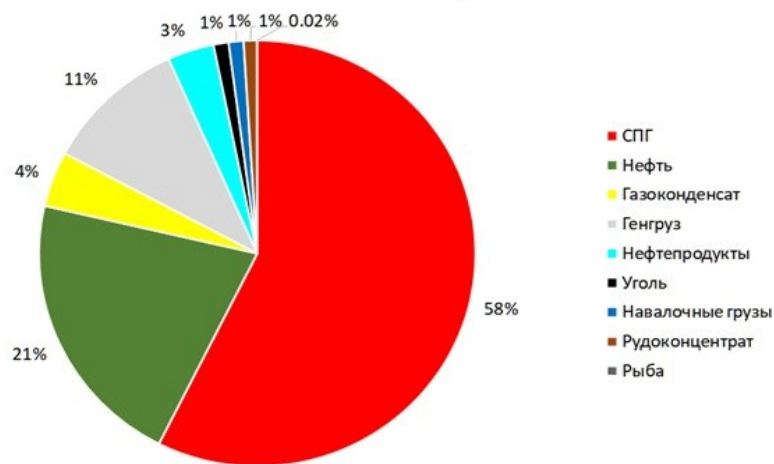


Рис. 2. Структура грузопотока Севморпути в 2025 году по видам грузов

Представленные данные свидетельствуют о высокой концентрации грузопотоков в западном секторе Арктики и доминировании углеводородного сырья в структуре перевозок, что необходимо учитывать при выборе объектов для апробации разработанной методики.

Функционирование складского комплекса в составе производственно-транспортного узла Арктической зоны характеризуется рядом принципиальных отличий от аналогичных объектов в умеренных широтах. К числу ключевых особенностей относятся:

1. Экстремальные климатические условия.

Диапазон температур до -50°C , высокая влажность, снежные заносы, полярная ночь. Это требует от оборудования (включая цифровое — датчики, считыватели, роботы) специального арктического исполнения.

2. Удаленность и логистическая изоляция.

Транспортное сообщение с основной территорией страны возможно только в период навигации или по дорогостоящему авиасообщению. Это диктует необходимость создания повышенных страховых запасов и требует высочайшей надежности оборудования, так как оперативная замена или ремонт затруднены [3].

3. Двойственная функция склада:

С одной стороны, он обеспечивает бесперебойность производства. С другой — занимается перевалкой грузов, проходящих через порт. Причем номенклатура самая разная: от генеральных грузов до крупнотоннажных контейнеров и навалочных.

4. Повышенные требования к надежности и безопасности.

Сбои в поставках или работе склада могут парализовать весь производственно-транспортный комплекс, что приведет к колоссальным убыткам. Экологическая безопасность также критична из-за хрупкости арктической природы.

5. Специфика материальных потоков.

В текущий период развития СМП преобладает значительная доля грузов, связанных с обеспечением производства и строительства (трубы, цемент, металл, техника), а также генеральные грузы и тарно-штучные товары для вахтовых поселков.

Эти особенности трансформируют общие проблемы цифровизации [2] в специфические вызовы для СМП:

– Высокая стоимость внедрения многократно возрастает из-за «северного» исполнения технологий.

– Трудность интеграции усугубляется необходимостью связывать системы управления складом (WMS) с производственными (ERP) и портовыми (TOS) системами в единый контур.

– Дефицит кадров здесь является критическим, поэтому уровень автоматизации должен быть максимально высоким, а интерфейсы — интуитивно понятными.

– Ограниченность инфраструктуры (связь, энергоснабжение) требует автономных и энергоэффективных решений.

Таким образом, для СМП требуется не просто внедрение цифровых инструментов, а их тщательный отбор по жестким, специфическим критериям, где цена ошибки (выбора неподходящей технологии) многократно возрастает.

Обоснование необходимости разработки специализированной методики требует анализа существующих научных и методических подходов к оценке и выбору цифровых инструментов в логистике для их последующей адаптации к условиям СМП.

Подходы, основанные на оценке эффективности вложений (финансовые методы).

Традиционные финансовые методы (расчёт чистой приведённой стоимости, внутренней нормы доходности, срока окупаемости) позволяют получить точные количественные оценки и сравнить варианты по единому критерию, однако в условиях Северного морского пути они не учитывают нефункциональные требования (холодостойкость, надёжность) и специфические арктические риски — ледовую обстановку, транспортную изоляцию, ускоренный износ оборудования [4].

Однако если речь идет о таком масштабном проекте как развитие СМП, то его нельзя рассматривать и оценивать только через критерии инвестиционного проекта, поскольку он обладает всеми признаками инфраструктурного проекта, с оценкой по таким критериям как безопасность, надежность и долговечность, развитие территорий, повышение мобильности, улучшение условий жизни, минимизация ущерба природе, энергоэффективность, технологичность, создание новых рабочих мест, управление рисками, мультипликативный эффект, вклад в стратегические цели и многие другие.

Методы многокритериальной оценки.

В научной литературе таких подходов немало. Они позволяют учитывать при выборе логистических решений самые разные критерии — и количественные, и качественные. Классический пример — метод анализа иерархий. Плюс таких методов в том, что они дают возможность рассматривать разнородные факторы в комплексе.

Wan с соавторами применили нечеткий метод анализа иерархий (FAHP - Fuzzy Analytic Hierarchy Process) для оценки приоритетных инвестиций в безопасность на Северном морском пути. Их исследование показало: на первом месте — «инфраструктура и оборудование», затем — «персонал», «технологии», «меры» и «управление». Причём ледовый мониторинг и прогноз погоды, усиление арктической квалификации моряков, а также ледоколы — три самых важных направления для будущих вложений в регионе [5].

Однако существующие модели, как справедливо отмечают исследователи, в большинстве своём заточены под «стандартные», умеренные условия. Обычные модели не включают такие важные для Севера параметры, как способность оборудования работать при экстремально низких температурах, возможность починить его силами местных специалистов или энергоэффективность в условиях автономного снабжения.

Подходы, ориентированные на учет рисков.

Значимость учёта рисков при выборе технологических решений обоснована в ряде исследований. В рамках этих работ предлагаются такие инструменты, как сценарный анализ, построение «деревьев отказов» и оценка потенциальных потерь.

Для арктических условий подобные методы приобретают особую актуальность. Однако, как справедливо отмечают Козлов, Тамер и Лаптева [6], стандартные подходы к оптимизации транспортно-логистических услуг здесь недостаточно эффективны. Авторы обосновывают необходимость разработки специальных организационно-методических подходов, учитывающих природно-климатические, инфраструктурные и технологические ограничения Арктической зоны.

Вместе с тем существующие подходы имеют два существенных ограничения. Во-первых, они фокусируются либо на финансовых, либо на операционных рисках изолированно, не интегрируя их в единую оценочную процедуру. Во-вторых, в них отсутствует механизм, позволяющий напрямую связать выявленные риски с корректировкой экономических показателей (ставки дисконтирования, ожидаемых

денежных потоков) и с итоговым выбором альтернативы. Как следствие, говорить о полноценной системе управления рисками (СУР) в рамках таких моделей не приходится.

Отраслевые и корпоративные методики.

Крупные компании, работающие в Арктике, разрабатывают собственные стандарты к оборудованию. Пилясов и Цукерман [7] выделяют три типа рисков: ресурсные, институциональные и экосистемные. Каждая компания формирует свои стратегии адаптации.

Параллельно развивается государственная нормативная база. С 1 апреля 2019 года действует ГОСТ Р 58214–2018, устанавливающий требования к морским логистическим операциям в Арктике — доставке грузов, погрузочно-разгрузочным работам в море и информационной поддержке [8, 9].

Такие методики содержат жёсткие технические требования, но не предлагают универсального алгоритма для экономического сравнения вариантов. Существующие подходы разобщены: финансовые методы игнорируют нефункциональные арктические требования; многокритериальные модели не учитывают специфику СМП; отраслевые методики ориентированы на нормативное регулирование, а не на экономическое обоснование выбора.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о фрагментарности существующих подходов. Каждый из них решает лишь отдельные задачи: финансовые методы игнорируют нефункциональные арктические требования; многокритериальные модели не учитывают специфику СМП; риск-ориентированные подходы существуют обособленно от алгоритмов выбора; отраслевые методики (как корпоративные, так и государственные) ориентированы на нормативное регулирование, а не на экономическое обоснование выбора между альтернативами.

В предшествующем исследовании [2] была разработана комплексная методология цифровой трансформации складской логистики, включающая пять последовательных этапов: аналитика и диагностика, внедрение цифровых технологий, обучение и изменение культуры персонала, оптимизация складской логистики, постоянный мониторинг и улучшение. Данная методология носит универсальный характер и предназначена для широкого круга предприятий, функционирующих в стандартных (умеренных) климатических и инфраструктурных условиях.

Выполненный анализ позволяет выявить следующие ограничения общей методологии применительно к условиям СМП:

1. Отсутствие учета климатических факторов

В методологии отсутствуют критерии отбора технологий по климатическому исполнению. Для СМП это критично: оборудование должно работать при температурах до -50°C . Без этого требования сама эксплуатация становится невозможной.

2. Недостаточная формализация требований к надежности в условиях логистической изоляции

Универсальная методология не даёт количественных оценок надёжности. Между тем в Арктике быстрая замена или ремонт оборудования часто невозможны. Как отмечают Ветрова и соавторы [10], природно-климатические, энергетические и инфраструктурные факторы напрямую влияют на эффективность хозяйственной деятельности в Арктической зоне и формируют повышенный уровень рисков для компаний, работающих в регионе.

3. Отсутствие дифференциации по функциям склада

Методология ориентирована на объекты с одной основной функцией. Однако склады материально-технического обеспечения (МТО) в составе производственно-транспортных комплексов СМП решают две задачи одновременно: обеспечивают непрерывность производства и выполняют перевалку грузов.

4. Отсутствие механизма количественного обоснования выбора

На этапе диагностики и планирования методология не содержит инструментов для сравнительной оценки альтернативных цифровых решений с учётом специфических рисков. Как отмечают Новоселов, Новоселова и Желтенков [11], для арктических проектов необходим формализованный механизм, связывающий идентификацию рисков с корректировкой экономических показателей.

Указанные ограничения, наряду с фрагментарностью существующих подходов (финансовые методы, многокритериальные модели, риск-ориентированные подходы, отраслевые стандарты), делают очевидной необходимость создания интегрированной методики. Она должна быть специально адаптирована для складской логистики производственно-транспортных комплексов СМП. Такая методика должна отвечать следующим требованиям:

Требование 1. Двухконтурная система критериев

В методике предусмотрены два взаимосвязанных контура оценки:

– *Контур А (обязательные технологические требования)* — критерии, определяющие принципиальную возможность эксплуатации цифрового инструмента в арктических условиях: климатическое исполнение (работоспособность при температурах до -50°C и ниже), надёжность и ремонтпригодность (с возможностью количественной оценки), автономность и энергоэффективность, интеграционный потенциал с Единой платформой цифровых сервисов СМП (ЕПЦС) и национальной цифровой транспортно-логистической платформой.

– *Контур Б (сравнительные экономические показатели)* — критерии, позволяющие провести экономическое сравнение альтернатив, прошедших фильтрацию по контуру А: первоначальные вложения (с учетом удорожания «северного завоза»), ежегодные эксплуатационные расходы, влияние на ключевые показатели эффективности склада (с дифференциацией по производственной, ресурсно-технологической и бизнес-составляющим), чистая приведенная стоимость с поправкой на арктические риски.

Требование 2. Учет арктических рисков

Интеграция риск-ориентированного подхода достигается через три механизма.

Первый — количественная оценка надёжности оборудования. Используется коэффициент надёжности. Он учитывает отклонение фактических характеристик от арктических эталонов.

Второй — корректировка ставки дисконтирования. Величина премии за арктические риски определяется на основе матрицы и карты рисков [11].

Третий — формализация процедур. На этапе диагностики нужно идентифицировать, оценить и ранжировать специфические риски: технологические, инфраструктурные, логистические, кадровые.

Требование 3. Прозрачный алгоритм сравнительной оценки

Процедура выбора включает пять шагов:

1. Фильтрацию альтернатив по обязательным технологическим требованиям (контур А) с исключением заведомо непригодных для Арктики решений.

2. Нормализацию разнородных показателей контура Б для приведения их к единому безразмерному виду.

3. Расчет интегрального показателя эффективности на основе метода аддитивной свертки с весовыми коэффициентами, отражающими приоритеты цифровой трансформации в арктических условиях.

4. Углубленный финансовый анализ лучших альтернатив с использованием риск-скорректированной ставки дисконтирования.

5. Принятие окончательного решения на основе двухкритериальной схемы (техничко-экономическая предпочтительность + положительная чистая приведенная стоимость).

Требование 4. Адаптация общей методологии цифровой трансформации

Разрабатываемая методика должна не заменять, а конкретизировать и дополнять универсальную методологию [2] применительно к условиям СМП, фокусируясь на адаптации первых двух этапов («Аналитика и диагностика» и «Внедрение цифровых технологий») и обеспечивая интеграцию предложенного инструментария в общий управляющий контур цифровой трансформации складской логистики.

Сформулированные требования создают теоретическую основу для разработки прикладного инструментария, изложение которого составляет содержание второй части настоящего исследования.

Заключение

Проведенное в рамках настоящего исследования системное изучение факторов, определяющих специфику функционирования складов материально-технического обеспечения в составе производственно-транспортных комплексов Северного морского пути, позволяет сформулировать следующие выводы и результаты.

Анализ современной структуры грузопотоков Арктического бассейна за 2025 год подтвердил критическую роль портов Мурманск и Сабетта, обеспечивающих 83 процента совокупного грузооборота региона, а также доминирование углеводородного сырья в структуре перевозок. Выявленные закономерности свидетельствуют о высокой концентрации логистической активности в западном секторе Арктики, что требует учета данной специфики при формировании подходов к цифровизации складской инфраструктуры, ориентированной на обслуживание крупных углеводородных проектов.

Систематизация условий эксплуатации складов в Арктике позволила не только выделить ключевые группы факторов (климатические, инфраструктурные, логистические, кадровые), но и установить причинно-следственные связи между ними и требованиями к цифровым инструментам. Доказано, что экстремальные климатические условия, удаленность от центров ремонта и поставок, а также двойственная функция складов материально-технического обеспечения не просто усложняют внедрение цифровых решений, но и трансформируют саму логику выбора технологий, смещая акцент с минимизации стоимости приобретения на обеспечение надежности, автономности и ремонтпригодности в условиях логистической изоляции.

Критический анализ существующих подходов к выбору цифровых инструментов выявил их принципиальную недостаточность для объектов СМП. Установлено, что финансовые методы, многокритериальные модели, риск-ориентированные подходы и отраслевые корпоративные методики, каждый в отдельности, не могут обеспечить комплексного учета арктической специфики, поскольку решают лишь отдельные задачи, не образуя целостного механизма, связывающего технические требования, экономическую эффективность и управление рисками. Особое значение для настоящего исследования имела оценка применимости универсальной методологии цифровой трансформации складской логистики. Несмотря на ее комплексный характер, охватывающий все этапы преобразований, установлено, что она не содержит механизмов учета климатических факторов, количественной оценки

надежности в условиях изоляции, дифференциации по функциям склада и алгоритмов сравнительного обоснования выбора альтернатив с учетом специфических рисков.

Научная новизна выполненного исследования заключается в том, что для складов МТО производственно-транспортных комплексов СМП осуществлена комплексная систематизация арктических факторов и на этой основе выявлены ограничения существующих методических подходов к выбору цифровых инструментов. В отличие от известных работ, рассматривающих арктические риски изолированно либо фокусирующихся на отдельных аспектах цифровизации, в настоящем исследовании обоснована необходимость интеграции технологических, климатических и экономических критериев в единый алгоритм выбора, что создает теоретическую основу для последующей разработки прикладного инструментария.

Практическая значимость работы состоит в том, что сформулированные в исследовании требования к методике выбора цифровых инструментов могут быть использованы при модернизации существующих и проектировании новых производственно-транспортных комплексов СМП. Предложенный подход позволяет на этапе диагностики и планирования осуществлять обоснованный отбор цифровых решений, учитывающий как обязательные технологические требования к оборудованию, работающему в экстремальных условиях, так и экономическую эффективность с поправкой на арктические риски.

Дальнейшие исследования в данном направлении предполагают практическую реализацию сформулированных требований в виде конкретной методики, включающей математический аппарат для количественной оценки надежности оборудования, алгоритм расчета интегрального показателя эффективности и процедуру риск-скорректированного дисконтирования денежных потоков. Апробация разработанного инструментария на примере реальных объектов Северного морского пути, в первую очередь порта Сабетта как наиболее значимого элемента арктической транспортной системы, позволит подтвердить его работоспособность и оценить практический эффект от внедрения.

Список литературы

1. Барина Н.А., Бутченко В.В., Костров В.Н. Оптимизация процессов на производственных складах мультимодальных логистических центров. // Транспорт. Горизонты развития. 2025: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2025. – URL: http://вф-река-море.рф/2025/7_24.pdf (Дата обращения: 20.02.2026)
2. Костров Владимир Николаевич, В. Н., Барина, Н. А., & Сухарев, Д. Н. (2026). Научно-методический подход к управлению цифровой трансформацией складской логистики. *Научные проблемы водного транспорта*, (86), 140-153. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi86.680>
3. Грузовая динамика Арктики: анализ грузоперевозок арктического сегмента ТТК за 2025 год // *PortNews*. – 2026. – URL: <https://portnews.ru/comments/3631/> (дата обращения: 20.02.2026).
4. Taarup-Esbensen J. Arctic supply chain reliability in Baffin Bay and Greenland // *Polar Geography*. – 2022. – Vol. 45, No. 2. – P. 77-94.
5. Wan J., Baumler R., Dalaklis D. Identifying key safety investments needed for arctic shipping via a fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach // *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*. 2024. Vol. 8, No. 4. DOI: 10.1080/25725084.2024.2422710
6. Козлов А. В., Тамер О. С., Лаптева С. В. Организационно-методические подходы по оптимизации системы транспортно-логистических услуг компаний, осуществляющих деятельность в арктических условиях // *Вестник ВУиТ*. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-metodicheskie-podhody-po-optimizatsii-sistemy-transportno-logisticheskikh-uslug-kompaniy-osuschestvlyayuschih> (дата обращения: 07.04.2026).

7. Пилиасов А.Н., Цукерман В.А. Арктические корпорации и освоенческие риски: вызов и ответ // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. – URL: https://narfu.ru/aan/article_index_years.php?ELEMENT_ID=359538 (дата обращения: 07.04.2026).
8. Вестник Росстандарта. 2019. № 2. Арктика и стандартизация. – URL: <https://gostinfo.ru/News/Details/848> (дата обращения: 07.04.2026).
9. ГОСТ Р 58214-2018. Нефтяная и газовая промышленность. Арктические операции. Морские логистические операции (введён 01.04.2019). – URL: <https://base.garant.ru/72674416/> (дата обращения: 07.04.2026).
10. Ветрова Елена Николаевна, Хакимова Галия Ринатовна, Хакимов Рамиль Тагирович, Даус Юлия Владимировна Условия и риски устойчивого развития горнопромышленных компаний арктической зоны Российской Федерации // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2025. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/usloviya-i-riski-ustoychivogo-razvitiya-gornopromyshlennyh-kompaniy-arkticheskoy-zony-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 07.04.2026).
11. Новоселов Андрей Леонидович, Новоселова Ирина Юрьевна, Желтенков Александр Владимирович Механизм оценки рисков при реализации проектов развития арктического региона // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Экономика. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizm-otsenki-riskov-pri-realizatsii-proektov-razvitiya-arkticheskogo-regiona> (дата обращения: 30.03.2026).

References

1. Barinova N.A., Butchenko V.V., Kostrov V.N. Optimizatsiya protsessov na proizvodstvennykh skladakh mul'timodal'nykh logisticheskikh tsentrov [Optimization of processes in production warehouses of multimodal logistics centers]. *Transport. Gorizonty razvitiya. 2025: Materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma* [Transport. Development Horizons. 2025: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum]. FSBEI HE «VSUWT». 2025. Available at: http://вф-река-море.рф/2025/7_24.pdf (accessed 20.02.2026). (In Russ.)
2. Kostrov V.N., Barinova N.A., Sukharev D.N. Nauchno-metodicheskiy podkhod k upravleniyu tsifrovoy transformatsiyey skladskey logistiki [Scientific and methodological approach to managing the digital transformation of warehouse logistics]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Scientific Problems of Water Transport]. 2026. No. 86. P. 140-153. DOI: 10.37890/jwt.vi86.680 (In Russ.)
3. Gruzovaya dinamika Arktiki: analiz gruzoperevozok arkticheskogo segmenta TTK za 2025 god [Arctic cargo dynamics: analysis of cargo transportation in the Arctic segment of the transport and technology corridor for 2025]. PortNews. 2026. Available at: <https://portnews.ru/comments/3631/> (accessed 20.02.2026). (In Russ.)
4. Taarup-Esbensen J. Arctic supply chain reliability in Baffin Bay and Greenland. Polar Geography. 2022. Vol. 45, No. 2. P. 77-94.
5. Wan J., Baumler R., Dalaklis D. Identifying key safety investments needed for arctic shipping via a fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach. Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping. 2024. Vol. 8, No. 4. DOI: 10.1080/25725084.2024.2422710
6. Kozlov A.V., Tamer O.S., Lapteva S.V. Organizatsionno-metodicheskie podkhody po optimizatsii sistemy transportno-logisticheskikh uslug kompaniy, osushchestvlyayushchikh deyatelnost' v arkticheskikh usloviyakh [Organizational and methodological approaches to optimizing the system of transport and logistics services of companies operating in the Arctic]. Vestnik VUiT. 2019. No. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-metodicheskie-podhody-po-optimizatsii-sistemy-transportno-logisticheskikh-uslug-kompaniy-osushchestvlyayushchih> (accessed 07.04.2026). (In Russ.)
7. Pilyasov A.N., Tsukerman V.A. Arkticheskie korporatsii i osvoencheskie riski: vyzov i otvet [Arctic corporations and development risks: challenge and response]. Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University]. Available at: https://narfu.ru/aan/article_index_years.php?ELEMENT_ID=359538 (accessed 07.04.2026). (In Russ.)

8. Vestnik Rosstandarta [Bulletin of Rosstandart]. 2019. No. 2. Arktika i standartizatsiya [Arctic and standardization]. Available at: <https://gostinfo.ru/News/Details/848> (accessed 07.04.2026). (In Russ.)
9. GOST R 58214-2018. Neftyanaya i gazovaya promyshlennost'. Arkticheskie operatsii. Morskie logisticheskie operatsii [Petroleum and natural gas industries. Arctic operations. Offshore logistics operations]. Available at: <https://base.garant.ru/72674416/> (accessed 07.04.2026). (In Russ.)
10. Vetrova E.N., Khakimova G.R., Khakimov R.T., Daus Yu.V. Usloviya i riski ustoychivogo razvitiya gornopromyshlennykh kompaniy Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Conditions and risks of sustainable development of mining companies in the Arctic zone of the Russian Federation]. Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle [News of Tula State University. Earth Sciences]. 2025. No. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/usloviya-i-riski-ustoychivogo-razvitiya-gornopromyshlennykh-kompaniy-arkticheskoy-zony-rossiyskoy-federatsii> (accessed 07.04.2026). (In Russ.)
11. Novoselov A.L., Novoselova I.Yu., Zheltenkov A.V. Mekhanizm otsenki riskov pri realizatsii proektov razvitiya Arkticheskogo regiona [A mechanism for risk assessment in the implementation of development projects in the Arctic region]. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta prosveshcheniya. Seriya: Ekonomika [Bulletin of the State University of Education. Series: Economics]. 2021. No. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mekhanizm-otsenki-riskov-pri-realizatsii-proektov-razvitiya-arkticheskogo-regiona> (accessed 30.03.2026). (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Костров Владимир Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Vladimir N. Kostrov, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Logistics and Marketing, Volzhsky State University of Water Transport, 5 Nesterova Street, Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Бутченко Виктор Николаевич, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры транспортного права, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: butchenko.vn@vsuwt.ru

Viktor N. Butchenko, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Transport Law, Volga State University of Water Transport, 5 Nesterova Street, Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: butchenko.vn@vsuwt.ru

Барина Наталья Александровна, магистрант, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: natka.barinova.04@mail.ru

Natalya A. Barinova, master's student, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, st. Nesterova, 5, e-mail: natka.barinova.04@mail.ru

Сухарев Дмитрий Николаевич, руководитель службы, АО «Русатом Оверсиз», 115280, Москва, ул. Ленинская Слобода, д. 26., e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Dmitry N. Sukharev, Head of Service, Rusatom Overseas JSC, 115280, Moscow, Leninskaya Sloboda str., 26., e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 31.03.2026; принята к публикации 20.04.2026; опубликована онлайн 20.06.2026. Received 31.03.2026; published online 20.06.2026.