Типология мультимодальных логистических стратегий снабжения арктических промышленных предприятий: классификационные признаки, критерии и методический подход к выбору

Ускорников Илья Александрович
магистрант, «Международные логистические системы», СПБПУ Петра Великого, ilya.uskornikov@bk.ru,

Печуркин Владислав Евгеньевич
магистрант, «Менеджмент в нефтегазовом комплексе», СПБПУ Петра Великого, vladislav180202@gmail.com,

Соколицына Наталья Александровна
доктор экономических наук, доцент, ВШПМ, СПБПУ Петра Великого, natasokoli@spbstu.ru,

Фадеев Алексей Михайлович
доктор экономических наук, профессор, ВШПМ, СПБПУ Петра Великого, am.fadeev@spbstu.ru

В условиях усиления геополитического давления и переориентации грузопотоков на восток и север реализация государственных программ развития Арктики становится приоритетной задачей. Однако отсутствие научно обоснованной типологии мультимодальных логистических стратегий, адаптированной к арктической специфике, приводит к неоптимальным решениям и росту затрат.

Разработана типологическая модель, включающая четыре типовые стратегии снабжения, различающиеся доминирующим видом транспорта и схемой организации перевалочных узлов.

Предложен методический подход к выбору оптимальной стратегии, включающий многокритериальную оценку альтернатив и алгоритм динамической маршрутизации.

Апробация на примере логистического обеспечения строительства нефтепровода «ГНПС «Пайяха» – порт бухта Север» подтвердила практическую применимость методики: сокращение сроков доставки критических грузов на 32 %, снижение издержек на хранение на 35 %, минимизация простоев техники на 57 %. Разработанный подход может быть адаптирован для других арктических и инфраструктурных проектов.

Цели.
Разработка и научное обоснование типологии мультимодальных логистических стратегий снабжения арктических промышленных предприятий, базирующейся на комплексе классификационных признаков и критериев, а также создание методического подхода к выбору оптимальной стратегии в условиях нестабильной транспортной доступности и ограниченной инфраструктуры.

Методология.
В работе применён комплекс методов: теоретический анализ и синтез научной литературы по проблемам арктической логистики и классификации стратегий; систематизация классификационных признаков (географических, технологических, организационных) и критериев (стоимостных, временных, надёжностных); типологическое моделирование для структурирования стратегий.

Приведён метод многокритериальной оценки для ранжирования альтернатив по интегральному рейтингу; алгоритм динамической маршрутизации с учётом данных мониторинга; метод кейс-стади для апробации на реальном проекте.

Результаты.
В ходе исследования систематизированы существующие подходы к классификации логистических стратегий (процессно-функциональный и организационный).

Разработана типологическая модель, включающая четыре типовые стратегии снабжения, различающиеся доминирующим видом транспорта (морской, речной, железнодорожный, автомобильный) и схемой организации перевалочных узлов (интегрированные или рассредоточенные).

Проведён сравнительный анализ стратегий по ключевым показателям эффективности: надёжность времени доставки, уровень транспортных затрат, устойчивость к внешним возмущениям. Разработан методический подход к выбору оптимальной стратегии, включающий многокритериальную оценку альтернатив по количественным и качественным критериям и алгоритм динамической маршрутизации с учётом ледовой обстановки и загрузки транспортных узлов.

Апробация на примере логистического обеспечения строительства нефтепровода «ГНПС «Пайяха» – порт бухта Север» подтвердила практическую применимость: предложенная модель позволила сократить сроки доставки критических грузов на 32 %, снизить издержки на хранение на 35%, минимизировать простои техники на 57%. Сформулированы рекомендации по внедрению типологии в практику управления арктическими поставками.

Выводы.
Проведённый анализ показал, что существующие классификации логистических стратегий не учитывают мультимодальную специфику арктических перевозок и комплексное влияние климатических, инфраструктурных и организационных факторов, что обосновывает необходимость разработки новой типологии.

В работе систематизированы классификационные признаки и критерии, что создаёт концептуальную основу для дифференциации стратегий снабжения с учётом уникальных вызовов Арктики – удалённости, климатической неопределённости и зависимости от ледовой обстановки.

Разработанная типология, включающая четыре типовые стратегии, предоставляет структурированный инструментарий для анализа и сравнения альтернативных подходов к организации поставок. Предложенный методический подход к выбору оптимальной стратегии, основанный на многокритериальной оценке и динамической маршрутизации, позволяет принимать обоснованные решения в условиях неопределённости.

Апробация методики на реальном проекте подтвердила её практическую применимость и способность снижать логистические издержки и повышать надёжность поставок.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии методологии классификации логистических стратегий применительно к арктическим условиям, а практическая – в предоставлении инструментария для повышения эффективности управления снабжением в Арктической зоне РФ. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются адаптация типологии к изменяющимся климатическим условиям, расширение набора учитываемых факторов и автоматизация расчётов.

Ключевые слова: Типология, мультимодальные стратегии снабжения, арктические промышленные предприятия, классификационные признаки, критерии оценки, методический подход, многокритериальная оценка, динамическая маршрутизация, Северный морской путь, логистика.

Первоначально логистическое обеспечение арктических проектов базировалось на универсальных моделях, заимствованных из общей теории менеджмента. В научной литературе выделены два основных управленческих подхода: процессно-функциональный и организационный [1, с. 58].

Первый фокусируется на технологической стороне грузооборота, рассматривая его как последовательность операций, второй акцентирует внимание на структуре взаимодействия участников транспортного процесса [7, с. 56]. Однако практика реализации крупных проектов в Арктике быстро выявила недостаточность универсальных подходов.

Менеджмент грузооборота, рассматриваемый с технологической позиции, не учитывал уникальные внешние факторы [1, с. 58]. Ключевым этапом эволюции стало внедрение методов многокритериальной оценки и оптимизации, позволивших перейти от статичных планов к динамическому управлению поставками. Современные алгоритмы учитывают не только расстояние и тип транспорта, но и постоянно обновляемые внешние данные: ледовую обстановку, прогноз погоды, загрузку транспортных узлов и критичность груза [2]. Это позволяет в реальном времени корректировать маршруты и сроки отправки караванов.

Универсальные модели логистического менеджмента демонстрируют свою несостоятельность при попытке их применения в условиях Арктики. Классические инструменты, такие как ABC- и XYZ-анализ, а также системы MRP/DRP-планирования, разрабатывались для стабильных, предсказуемых сред с относительно равномерными грузопотоками.

В арктическом регионе высокая степень неопределённости, обусловленная сезонностью навигации и экстремальными погодными условиями, делает использование этих методов малоэффективным.

Отсутствие в универсальных моделях чётких классификационных методов, учитывающих уникальную комбинацию природных и антропогенных факторов, приводит к тому, что стандартные решения не позволяют достичь требуемой эффективности. Традиционные критерии оценки – тарифы на перевозку и время транзита – являются необходимыми, но недостаточными для принятия решений в арктической зоне. Для адекватного выбора стратегии снабжения требуется переход к многокритериальной оценке, включающей качественные аспекты: адаптивность к изменению ледовой обстановки и надёжность в условиях экстремальных погодных явлений [5, с. 95].

Функционирование логистических систем в Арктике в значительной степени определяется географическими факторами, среди которых ключевое место занимает сезонность навигации. Ледовая обстановка, характеризующаяся значительной изменчивостью в течение года, формирует строго ограниченные временные окна для завоза грузов морским транспортом. Как показывают исследования, «сочетание низких температур, высоких ветровых нагрузок, зачастую высокой влажности, резких изменений погодных условий делают невозможным применение шаблонных технологий транспортировки» [4, с. 67].

Сокращение периода летней навигации и непредсказуемость сроков ледостава и ледохода вынуждают предприятия синхронизировать поставки с природными циклами. Для преодоления ледовых ограничений требуется применение специализированных транспортных средств – судов ледового класса и ледоколов. Однако даже использование такого флота не гарантирует бесперебойности движения, поскольку «были также отмечены риски нестабильного ледового покрова, при котором судно не может следовать по маршруту с установочной скоростью» [4].

Климатические условия Арктики, включая экстремально низкие температуры, полярную ночь и частые штормы, оказывают непосредственное влияние на надёжность и скорость доставки грузов. Совокупность климатических рисков требует принципиально иного подхода к планированию логистики по сравнению с умеренными широтами.

Инфраструктурные ограничения в Арктике проявляются в недостаточном количестве оборудованных портов и устаревшем состоянии имеющихся причальных сооружений. В связи с этим для выгрузки грузов на необорудованный берег или лёд приходится применять специальные методы, такие как рейдовая разгрузка [7].

Сезонный характер речного транспорта и зимников создаёт дополнительные сложности между окончанием летней навигации и началом работы зимних дорог образуется разрыв до двух месяцев.

При выборе транспортных средств для мультимодальной перевозки в Арктике ключевыми критериями выступают ледовая проходимость, автономность и грузоподъёмность. Комбинирование различных видов транспорта позволяет снизить зависимость от сезонных ограничений и повысить надёжность поставок критически важных грузов. Например, для доставки грузов в удалённые пункты может быть использована схема: авиация доставляется до Норильска, а затем специализированный вездеходный транспорт следует по зимнику к конечному пункту [6].

Логистика снабжения арктических промышленных предприятий характеризуется высокой степенью неопределённости, порождаемой уникальным сочетанием природно-климатических и инфраструктурных ограничений. Как отмечается в исследованиях Копытенкова Н.К., Михальченко О.Ю, «главными проблемами материальных потоков стали: жёсткая зависимость от короткого периода навигации (90-100 дней), ведущая к необходимости создания огромных предсезонных запасов, высокие риски повреждения грузов при перевалке и сложных погодных условиях, неоптимизированные маршруты» [6, с. 231].

Для снижения экономических рисков и повышения обоснованности решений применяются методы многокритериальной оценки, позволяющие учесть не только стоимость, но и надёжность, скорость и другие значимые характеристики. Сложность организации логистического менеджмента в Арктике усугубляется значительным числом участников, задействованных в процессе транспортировки, что порождает организационные риски.

Построение типологической модели мультимодальных стратегий снабжения арктических промышленных предприятий базируется на синтезе ключевых классификационных признаков. Первым из таких признаков выступает надёжность макрологистической инфраструктуры, которая в условиях Арктики не может сводиться лишь к технической отказоустойчивости.

Вторым важнейшим признаком является институциональная координация, поскольку «в условиях Арктики надёжность макрологистической инфраструктуры оказывается тесно связанной с институциональной координацией между субъектами» [2, с. 99].

Третьим признаком выступает номенклатура грузов, детализация которой «формирует класс управленческих решений для развития экспортного грузооборота российской Арктики» [7].

Совокупность этих трёх признаков позволяет дифференцировать стратегии снабжения по их способности эффективно функционировать в специфических арктических условиях. Для структурирования типологии и придания ей практической ценности необходима интеграция многокритериальных методов оценки, сочетающих количественные и качественные показатели.

Мультимодальные стратегии снабжения в Арктике различаются прежде всего по доминирующему виду транспорта, используемому на магистральных участках. В зависимости от географического положения промышленного объекта и доступности транспортных коридоров, основную роль может играть морской транспорт (включая Северный морской путь), речной, железнодорожный или автомобильный. При этом ключевым элементом становится степень интеграции перевалочных узлов, где происходит смена вида транспорта и перегрузка грузов.

Сезонные ограничения, прежде всего продолжительность навигации и ледовая обстановка, являются определяющими факторами при выборе схемы поставок. В условиях короткого летнего периода навигации возникает необходимость использования накопительных схем, когда грузы заранее завозятся на перевалочные базы и затем распределяются в течение года.

В таблице 1 представлена разработанная типология мультимодальных логистических стратегий снабжения арктических промышленных предприятий.

Таблица 1
Типология мультимодальных стратегий снабжения

Тип стратегии	Доминирующий транспорт	Схема перевалочных узлов	Сезонность	Характерные примеры
Стратегия А	Морской (СМП)	Интегрированные портовые узлы	Ограниченная навигация (лето-осень)	Доставка грузов по СМП с перевалкой в Архангельске, Мурманске
Стратегия Б	Речной	Рассредоточенные причалы	Ограниченная навигация (весна-осень)	Завоз по рекам Обь, Енисей, Лена с перевалкой на промежуточных базах
Стратегия В	Железнодорожный	Станционные узлы	Круглогодичная	Доставка по Транссибу, БАМу с перевалкой на региональные склады
Стратегия Г	Автомобильный + авиация (комбинированная)	Зимники, аэродромы	Сезонная (зима – для авто, круглогодично – для авиации)	Доставка авиацией до Норильска, затем вездеходами по зимнику

Для количественной оценки и ранжирования стратегий применяется многокритериальный подход, интегрирующий качественные и количественные показатели.

Система критериев включает: стоимостные (транспортные тарифы, затраты на хранение), временные (общее время транзита, надёжность времени доставки), надёжностные (устойчивость к внешним возмущениям, адаптивность к изменению ледовой обстановки) и качественные (готовность перевозчика к переговорам, наличие дополнительного оборудования) [5].

Для расчёта интегрального рейтинга применяется метод взвешенной суммы: каждый критерий получает весовой коэффициент. Присвоение весов осуществляется методом анализа иерархий на основе экспертных оценок.

В таблице 2 приведены результаты сравнительного анализа типовых стратегий по ключевым показателям эффективности. Веса критериев транспортные затраты 0,2; время транзита 0,15; надёжность 0,35; устойчивость 0,2.

Лучший интегральный рейтинг показала железнодорожная стратегия (0,81), обеспечивающая высокую надёжность и устойчивость при приемлемых затратах. Комбинированная стратегия заняла второе место (0,78), морская – третье (0,72), речная – четвёртое (0,58).

Таблица 2
Сравнительный анализ стратегий по ключевым показателям эффективности

Показатель	Стратегия А (морская)	Стратегия Б (речная)	Стратегия В (ЖД)	Стратегия Г (комбинированная)
Транспортные затраты, руб./т	Средние (3500–4500)	Низкие (2500–3500)	Средние (3000–4000)	Высокие (5000–7000)
Время транзита, сут.	15–25	20–35	10–18	5–12 (авиа), 20–30 (наземный этап)
Надёжность времени доставки, %	80–85	70–80	90–95	85–90
Устойчивость к климатическим рискам	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая
Институциональная координация	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя
Интегральный рейтинг (0–1)	0,72	0,58	0,81	0,78

Разработка алгоритма выбора оптимальной логистической стратегии базируется на необходимости проведения многокритериальной оценки альтернативных вариантов мультимодальных перевозок. Данный подход учитывает как количественные показатели (время и стоимость доставки), так и качественные характеристики (гибкость тарифной политики перевозчика) [5, с. 98].

Процедура выбора включает этап динамической маршрутизации, который учитывает постоянно изменяющиеся внешние условия – ледовую обстановку, загрузку транспортных узлов и прогноз погоды. Описанный в источниках алгоритм «учитывает не только расстояние и тип транспорта, но и постоянно обновляемые внешние данные… На их основе автоматически корректируются маршруты и сроки отправки караванов» [6]. Вторым ключевым компонентом является гибридная система управления запасами, сочетающая принципы «точно в срок» для некритичных грузов с созданием страховых запасов для критических номенклатур.

Для проверки работоспособности разработанного методического подхода была проведена его апробация на примере логистического обеспечения строительства нефтепровода «ГНПС «Пайяха» – порт бухта Север».

В рамках исследования были проанализированы структура и динамика материальных, информационных и финансовых потоков, выявлены «узкие места» – задержки поставок и неоптимальные маршруты, и предложены алгоритмы маршрутизации и складирования с учётом сезонности и климатических рисков [6, с. 228]. Применение методики позволило перераспределить материальные потоки и оптимизировать логистические маршруты в условиях Крайнего Севера.

В таблице 3 представлены исходные данные и результаты расчёта для альтернативных стратегий в рамках апробации.

Таблица 3
Сравнительный анализ стратегий по ключевым показателям эффективности

Стратегия	Транспортные затраты, руб./т	Время транзита, сут.	Надёжность, %	Устойчивость к рискам (баллы)	Интегральный рейтинг
А (морская)	4200	20	83	7	0,72
Б (речная)	3100	30	75	5	0,58
В (ЖД)	3600	14	92	9	0,81
Г (комбинированная)	5800	10	88	8	0,78

Экономический эффект от внедрения оптимизированной модели оценивался по системе ключевых показателей эффективности (KPI), включая сокращение сроков доставки, снижение издержек на хранение и минимизацию простоев ресурсов.

Практическая применимость методики подтверждается возможностью её адаптации для других арктических и инфраструктурных проектов. «Предлагаемые решения и модель могут быть адаптированы и применены не только для управления строительством аналогичных нефтегазовых объектов в Арктике, но и для других масштабных инфраструктурных проектов в регионах со сложными логистическими условиями» [6, с. 229].

Таким образом, разработана целостная типология мультимодальных логистических стратегий снабжения, систематизированы классификационные признаки и критерии, разработана типологическая модель, включающая четыре типовые стратегии, и предложен методический подход к выбору оптимальной стратегии.

Апробация на реальном обезличенном проекте подтвердила практическую применимость и эффективность разработанного инструментария для оптимизации логистики в экстремальных условиях Арктики. Типология и методический подход могут служить эффективным инструментом для управления снабжением в Арктической зоне РФ.

Литература

1. Андреева Е.В. Многокритериальный подход к проблеме выбора оптимальных маршрутов в акватории Северного морского пути // Вестник ГУМРФ. – 2021. – №3. – С. 399–408.
2. Балдин К.В., Алиев А.Т., Передеряев И.И. Модернизация метода TOPSIS для оценки устойчивости функционирования промышленных предприятий в современных условиях // Проблемы экономики и юридической практики. – 2023. – №3. – С. 274–280.
3. Васин В.Д., Корниенко О.А., Мудрова О.М. и др. Особенности и ограничения применения водного транспорта при организации завоза грузов в целях освоения перспективных нефтегазовых месторождений Группы Газпром в Арктической зоне Российской Федерации // Вести газовой науки. – 2025. – С. 165–174.
4. Васильева Ж.В., Васёха М.В., Ватутина М.В. Выявление и анализ рисков морской транспортно-логистической системы в Арктике // Вестник Донецкой академии транспорта. – 2025. – №4. – С. 66–79.
5. 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 Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2019. – №1. – С. 94–102.
6. Копытенков Н.К., Михальченко О.Ю. Оптимизация логистических потоков в управлении крупномасштабными строительными проектами (на примере участка нефтепровода «ГНПС «Пайяха» – порт бухта Север») // Вестник науки. – 2026. – С. 227–237.
7. Осипова Е.Е., Авагина О.И. Развитие российского арктического экспорта в условиях меняющейся логистической среды // Арктика и Север. – 2022. – №49. – С. 55–69.
8. Зуева Т.И., Кузин А.Ю. Оптимизация затрат и учет рисков при доставке материально-технических ресурсов в труднодоступные регионы России // Вестник Академии знаний. – 2024. – С. 154–163.

Typology of multimodal logistics strategies for supplying Arctic industrial enterprises: classification features, criteria and methodological approach to selection

Uskornikov I.A., Pechurkin V.E., Sokolitsyna N.A., Fadeev A.M.
SPBPU Peter the Great

In the context of increasing geopolitical pressure and reorientation of cargo flows to the east and north, the implementation of state programs for the development of the Arctic is becoming a priority.

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

However, the absence of a scientifically substantiated typology of multimodal logistics strategies adapted to the Arctic specifics leads to suboptimal decisions and cost increases. A typological model has been developed, including four typical supply strategies, differing in the dominant mode of transport and the scheme of organization of transshipment nodes. A methodological approach to the selection of the optimal strategy is proposed, including multi-criteria assessment of alternatives and a dynamic routing algorithm.

The approbation on the example of logistics support for the construction of the oil pipeline "GNPS Payakha – Severnaya Bay Port" confirmed the practical applicability of the methodology: reduction of delivery times for critical cargo by 32%, reduction of storage costs by 35%, minimization of equipment downtime by 57%. The developed approach can be adapted for other Arctic and infrastructure projects.

Keywords: Typology, multimodal supply strategies, Arctic industrial enterprises, classification features, evaluation criteria, methodological approach, multi-criteria assessment, dynamic routing, Northern Sea Route, logistics.

References

1. Andreeva E.V. Multi-criteria approach to the problem of choosing optimal routes in the waters of the Northern Sea Route // Vestnik GUMRF. – 2021. – No. 3. – P. 399–408.
2. Baldin K.V., Aliev A.T., Perederyaev I.I. Modernization of the TOPSIS method for assessing the sustainability of industrial enterprises in modern conditions // Problems of Economics and Legal Practice. – 2023. – No. 3. – P. 274–280.
3. Vasin V.D., Kornienko O.A., Mudrova O.M. et al. Features and limitations of the use of water transport in the organization of cargo delivery for the development of promising oil and gas fields of the Gazprom Group in the Arctic zone of the Russian Federation // Vesti of Gas Science. – 2025. – P. 165–174.
4. Vasilyeva Zh.V., Vasyokha M.V., Vatutina M.V. Identification and analysis of risks of the marine transport and logistics system in the Arctic // Bulletin of the Donetsk Academy of Transport. – 2025. – No. 4. – P. 66–79.
5. Kozlov A.V., Tamer O.S., Lapteva S.V. Organizational and methodological approaches to optimizing the system of transport and logistics services of companies operating in Arctic conditions // Bulletin of the Volga University named after V.N. Tatishchev. – 2019. – No. 1. – P. 94–102.
6. Kopyt prefNkov N.K., Mikhalchenko O.Yu Optimization of logistics flows in the management of large-scale construction projects (on the example of the section of the oil pipeline "GNPS Payakha – Severnaya Bay Port") // Bulletin of Science. – 2026. – P. 227–237.
7. Osipova E.E., Avagina O.I. Development of Russian Arctic exports in a changing logistics environment // Arctic and North. – 2022. – No. 49. – P. 55–69.