Разработка методики многокритериальной оценки и выбора мультимодальной стратегии снабжения промышленных предприятий в условиях климатической неопределённости

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

Климатическая неопределённость создаёт значительные риски для мультимодальных цепей поставок промышленных предприятий, особенно в регионах с суровыми погодными условиями.
Существующие методы планирования перевозок, ориентированные на минимизацию затрат при усреднённых параметрах, не учитывают стохастическую природу климатических воздействий, что приводит к сбоям поставок и росту издержек. Для решения данной проблемы предложена методика многокритериальной оценки и выбора стратегии снабжения, сочетающая метод TOPSIS и сценарное моделирование (оптимистичный, пессимистичный, наиболее вероятный сценарии).
Систематизированы критерии: стоимость, время, надёжность, углеродный след. Анализ чувствительности позволяет оценить устойчивость решений к вариациям климатических факторов. Апробация на реальных данных химического предприятия подтвердила работоспособность методики; оптимальной признана стратегия с комбинацией железнодорожного и автомобильного транспорта. Разработанный подход обеспечивает обоснованный выбор стратегии в условиях неопределённости и может быть адаптирован для различных отраслей.
Цели.
Разработка и научное обоснование методики многокритериальной оценки и выбора мультимодальной стратегии снабжения промышленных предприятий, функционирующих в условиях климатической неопределённости, обеспечивающей повышение надёжности поставок и снижение логистических затрат за счёт комплексного учёта экономических, эксплуатационных и природно-климатических факторов.
Методология.
Метод TOPSIS для многокритериального ранжирования альтернативных стратегий снабжения по степени близости к идеальному решению; сценарное моделирование (оптимистичный, пессимистичный и наиболее вероятный сценарии) для учёта климатической неопределённости и оценки устойчивости решений; метод анализа иерархий (МАИ) с привлечением экспертных оценок для определения весовых коэффициентов критериев, обеспечивающий объективность и согласованность суждений.
Результаты.
В ходе исследования разработана и апробирована методика многокритериальной оценки мультимодальных стратегий снабжения, интегрирующая метод TOPSIS, сценарное моделирование климатических рисков и экспертное определение весов критериев (стоимость, время, надёжность, углеродный след).
Апробация на реальных данных промышленного предприятия в регионе с сезонными навигационными ограничениями показала, что оптимальной является стратегия комбинирования железнодорожного и автомобильного транспорта (коэффициент близости TOPSIS = 0,745), опережающая полностью железнодорожную (0,718), речно-автомобильную (0,486) и чисто автомобильную (0,352) альтернативы.
Анализ чувствительности подтвердил устойчивость данного ранжирования при вариации весов в пределах 10 %; в пессимистичном климатическом сценарии (сокращение навигации, блокировка автодорог) предпочтение смещается к полностью железнодорожной стратегии, что обосновывает необходимость резервного планирования.
Сформулированы практические рекомендации: внедрение системы мониторинга погодных условий, создание страховых запасов на период ледостава, заключение долгосрочных контрактов с железнодорожными операторами и сезонное использование речного транспорта для снижения затрат. Предложенная методика обеспечивает количественно обоснованный выбор стратегии в условиях климатической неопределённости и может быть адаптирована для предприятий различных отраслей и регионов с суровыми климатическими условиями.
Выводы.
Разработанная в исследовании методика многокритериальной оценки мультимодальных стратегий снабжения, интегрирующая метод TOPSIS, сценарное моделирование климатических рисков и экспертный метод анализа иерархий для определения весов критериев, впервые позволяет одновременно учитывать экономические (стоимость, время), эксплуатационные (надёжность) и экологические (углеродный след) показатели в условиях стохастической природы погодно-климатических воздействий, что восполняет пробел существующих детерминированных подходов.
Теоретическая значимость работы состоит в развитии методологии многокритериального анализа применительно к задачам логистики в условиях неопределённости, а практическая – в предоставлении инструмента для количественного обоснования выбора стратегии снабжения, апробированного на реальных данных промышленного предприятия и подтвердившего свою работоспособность.
Ключевые слова: Мультимодальные перевозки, климатические риски, метод TOPSIS, сценарный анализ, цепи поставок, многокритериальная оценка, промышленное предприятие, логистика, надёжность поставок, метод анализа иерархий.

Глобальное изменение климата сопровождается увеличением частоты и интенсивности опасных погодных явлений – наводнений, снежных заносов, аномальных морозов. Эти явления создают значительную неопределённость для цепей поставок промышленных предприятий, особенно в удалённых и арктических регионах России, где транспортная инфраструктура уже подвержена экстремальным условиям. Как показано в исследовании Тебекина А.В. и Мигунова С.Н., метеорологические факторы становятся критическими для безопасности и эффективности функционирования мультимодальных логистических систем [3].

Для промышленных предприятий, работающих в сложных природно-климатических зонах, сбои в поставках могут приводить к остановке производства и значительным финансовым потерям. Особенно остро эта проблема стоит для предприятий нефтедобывающего и металлургического секторов, расположенных в Арктике.

Как показано в исследованиях Неволина А. и Череповитцына А., для выбора оптимальных маршрутов доставки грузов важно учитывать критерии стоимости, времени, надёжности и уровня рисков [5]. Однако отсутствует практически применимая методика, которая сочетала бы многокритериальный анализ и сценарное моделирование климатических воздействий. В работе Осинцева Н.А., Рахмангулова А.Н., Мишкурова П.Н. и др. предложена концепция гибридной многокритериальной модели устойчивой цепи поставок, включающая показатели экономической эффективности, временных параметров, надёжности и экологической приемлемости, однако данная модель не содержит механизма учёта климатической неопределённости через сценарный подход [1].

Таким образом, необходимость комплексной многокритериальной оценки альтернатив, включающей не только экономические, но и показатели надёжности и гибкости, становится очевидной.

Мультимодальные цепи поставок – сложные экосистемы с нелинейными связями. В 2020–2023 гг. волатильность транспортных затрат достигала 40–60 % из-за колебаний цен на энергоносители и климатических аномалий [4].

Детерминированные оптимизационные модели неэффективны при шоках, поскольку игнорируют хвостовые риски (блокировка коридоров, резкий рост цен). Решения «в среднем» могут быть катастрофическими [4].

Система критериев должна отражать отраслевую специфику и включать количественные (стоимость, время, углеродный след) и качественные показатели (надёжность, гибкость) [1].

Качественные критерии формализуются через экспертные шкалы. Для снижения субъективности применяются групповые методы Дельфи. Комбинирование со сценарными подходами позволяет учесть неопределённость внешней среды [1].

Метеофакторы, а именно температура, осадки, ветер, ледовые условия напрямую влияют на инфраструктуру: задержки, повреждения, рост затрат [2]. Прогнозируемое изменение климата увеличивает частоту экстремальных явлений. Классификация рисков по источнику, характеру, прогнозируемости позволяет выделить уязвимости: для водного ледостав и паводки, для авто снежные заносы, для ЖД температурные деформации. Инструменты адаптации: диверсификация маршрутов, страховые запасы, форс-мажорные оговорки. Анализ чувствительности показывает смену доминирующих факторов при шоках [3], поэтому оценка должна быть динамической.

Для ранжирования стратегий выбран TOPSIS как простой, прозрачный, который работает с количественными и качественными критериями, даёт явный рейтинг по близости к идеальному решению [6].

В отличие от MAUT, который требует независимости и ELECTRE, который чувствителен к порогам, TOPSIS лучше подходит для задач с разнородными данными и неопределённостью.

Для приведения разнородных критериев к сопоставимому виду применяется линейная (min-max) нормализация. Для выгодных критериев (надёжность), где большее значение лучше:

$$r_{ij} = (x_{ij} - \min_i(x_{ij})) / (\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij}))$$

Для затратных критериев (стоимость, время доставки, углеродный след), где меньшее значение лучше:

$$r_{ij} = (\max_i(x_{ij}) - x_{ij}) / (\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij}))$$

где x_{ij} — исходное значение i-й альтернативы по j-му критерию; $\min_i(x_{ij})$ и $\max_i(x_{ij})$ — соответственно минимальное и максимальное значения j-го критерия по всем альтернативам. Выбор линейной нормализации обусловлен наглядностью и вычислительной простотой; при нелинейных зависимостях затрат рекомендуется векторная нормализация.

Процедура ранжирования альтернативных стратегий снабжения с использованием метода TOPSIS начинается с нормализации исходной матрицы решений, что позволяет привести разнородные показатели к сопоставимому виду. После вычисления нормализованных значений они умножаются на весовые коэффициенты, отражающие относительную важность каждого критерия.

Далее определяются гипотетические идеальное и антиидеальное решения, представляющие собой совокупность наилучших и наихудших значений по всем рассматриваемым критериям соответственно. На следующем этапе для каждой альтернативной стратегии рассчитываются евклидовы расстояния до идеального и антиидеального решений, после чего вычисляется коэффициент относительной близости. Данный коэффициент позволяет учесть как стремление к наилучшим значениям, так и избегание наихудших, что составляет суть компромиссного выбора. «Метод TOPSIS выбирает компромиссный вариант, который максимально приближен к идеалу, а именно имеет высокие оценки по всем полезным критериям, а также максимально удалён от наихудшего решения – избегает плохих значений по всем критериям» [6, с. 316].

Алгоритм метода TOPSIS реализуется в следующей последовательности:

Формирование матрицы решений (альтернативы × критерии).

Нормализация показателей (min-max).

Умножение нормализованных значений на весовые коэффициенты.

Определение идеального (A^+) и антиидеального (A^-) решений.

Расчёт расстояний до идеального и антиидеального решения.

Расчёт коэффициента относительной близости C_i.

Ранжирование альтернатив по убыванию C_i.

В таблице 1 приведены исходные данные для промышленного предприятия.

Таблица 1

Исходные данные для многокритериальной оценки

Альтернатива	Стоимость, млн руб.	Время доставки, сут.	Надёжность, %	Углеродный след, т. CO2
A1 (авто)	96	12	82	210
A2 (ЖД и авто)	74	15	90	165
A3 (речной и авто)	62	22	70	140
A4 (полностью ЖД)	80	17	94	150

После проведения промежуточных расчётов обратимся к интегральной оценки стратегий снабжения. Она представляет собой завершающий этап многокритериального анализа, объединяющий результаты нормализации и взвешивания в единый коэффициент близости TOPSIS, отражающий совокупную полезность каждой альтернативы. Весовые коэффициенты, определяющие вклад критериев, назначаются методом анализа иерархий (МАИ) на основе экспертных оценок, что обеспечивает структурированное сравнение и проверку согласованности суждений [6].

Привлечение отраслевых экспертов позволяет учесть стратегические приоритеты компании, а сценарный анализ даёт возможность адаптировать веса под изменяющиеся климатические и рыночные условия [5, с. 13]. Итоговый рейтинг стратегий, формируемый по коэффициенту близости, служит количественным обоснованием выбора, обеспечивая прозрачность и объективность принятия решений, как в таблице 2.

Таблица 2

Результаты ранжирования альтернатив по методу TOPSIS (базовый сценарий)

Альтернатива	Коэффициент близости C
A2 (ЖД и автомобильный)	0,725
A4 (полностью ЖД)	0,703
A3 (речной и автомобильный)	0,486
A1 (автомобильный)	0,365

Детерминированные оптимизационные модели неэффективны в условиях климатической неопределённости, так как игнорируют хвостовые риски и могут приводить к катастрофическим последствиям для мультимодальных цепей поставок [4]. Сценарный подход обоснован мультипликативным влиянием метеофакторов, когда совместное действие параметров (температура, осадки) превышает сумму отдельных эффектов [4, с. 66].

Сценарное моделирование позволяет учесть нелинейные взаимодействия в отличие от детерминированных методов [3, с. 7]. Альтернативные методы анализа неопределённости имеют ограничения: локальный анализ чувствительности (LSA) игнорирует взаимодействия параметров [4, с. 66]; стохастическое моделирование (Монте-Карло) требует больших вычислительных затрат [4, с. 66]; робастная оптимизация чрезмерно консервативна, приводит к недоиспользованию ресурсов [4, с. 66]. Сценарный подход предлагает компромисс: несколько репрезентативных вариантов будущего при умеренных затратах [3, с. 8].

При оптимистичном сценарии минимальные отклонения климатических параметров, штатная работа транспортных коридоров, стабильные поставки, снижение потребности в резервах и страховочных маршрутах. Служит эталоном для минимальной неопределённости. В основе пессимистичного сценария лежат экстремальные события, а именно блокировка маршрутов, рост цен на топливо до 40%). Требует робастной оптимизации, перестройки логистических схем, переход на экономичные модели, оптимизация маршрутов, повышение загрузки. [3, с. 72].

Таблица 3
Количественные характеристики климатических сценариев

Параметр	Оптимистичный сценарий	Пессимистичный сценарий	Наиболее вероятный сценарий
Длительность навигации, сут.	150	100	130
Период работы автозимников, сут.	120	75	100
Частота экстрем. погоды раз/год	1	5	2
Изменение ст. топлива, %	+5	+40	+15
Доступность маршрутов	Все маршруты открыты	Блокировка отдельных участков	Частичные ограничения

Наиболее вероятный сценарий строится на основе прогнозов адаптации к климатическим изменениям: постепенное повышение температур, учащение осадков без катастрофических отказов. Он учитывает отраслевые планы адаптации [3], обеспечивая баланс между оптимистичными и пессимистичными предположениями, как указано в таблице 3.

Анализ устойчивости выбранной стратегии к вариациям климатических условий выполняется посредством многокритериального сравнения альтернатив в рамках каждого сценария с применением методов MAUT и ELECTRE, позволяющих выявить компромиссы между экономической эффективностью, надёжностью и экологическими критериями.

MAUT оценивает полезность альтернатив на основе количественных измерений, ELECTRE дополняет анализ отношениями доминирования и учётом качественных индикаторов [6, с. 318–322]. Субъективность экспертных оценок снижается групповыми методами Дельфи, повышающими объективность и прозрачность [6, с. 322], однако применение ELECTRE требует адаптации порогов согласия/несогласия к специфике климатических рисков, так как конечные результаты чувствительны к их выбору [6].

Ограничения MAUT и ELECTRE компенсируются комбинированием со сценарным подходом, который позволяет варьировать входные параметры и оценивать поведение стратегии в широком диапазоне условий, обеспечивая гибкость и обоснованность выбора [6, с. 322], как и показано в таблице 4.

Таблица 4
Ранжирование альтернатив при различных климатических сценариях

Альтернатива	Оптимистичный (ранг / С)	Базовый (ранг / С)	Пессимистичный (ранг / С)
А1 (авто)	3 / 0,41	4 / 0,365	4 / 0,29
А2 (ЖД и авто)	2 / 0,70	1 / 0,725	2 / 0,58
А3 (речной + авто)	1 / 0,74	3 / 0,486	3 / 0,33
А4 (полностью ЖД)	4 / 0,39	2 / 0,703	1 / 0,66

Таким образом, в оптимистичном сценарии лидирует А3 (речной) из-за низкой стоимости, но в базовом и пессимистичном – А2 и А4 соответственно.

Анализ чувствительности к весу надёжности показал: при увеличении веса надёжности с 0,35 до 0,45 лидером становится А4, что указывает на необходимость резервного планирования в условиях высокой неопределённости.

В рамках апробации на основе анализа логистической сети предприятия сформированы четыре альтернативные стратегии снабжения, различающиеся комбинацией видов транспорта: автомобильная, железнодорожно-автомобильная, речно-автомобильная и полностью железнодорожная, с учётом климатических ограничений, а именно сезонные колебания уровня воды, снежные заносы.

Данные для промышленного предприятия были взяты из открытых источников, обезличены и представлены в таблице 5.

Таблица 5
Исходные данные по альтернативным стратегиям для апробации

Альтернатива	Логистические затраты, млн руб./год	Время доставки, сут.	Надёжность, %	Углеродный след, т CO2
А1 (автомобильный)	118	9	78	260
А2 (ЖД + автомобильный)	86	13	91	190
А3 (речной + автомобильный)	71	21	66	150
А4 (полностью ЖД)	93	16	95	170

Оценка выполнена методом TOPSIS по критериям: логистические затраты, время доставки, надёжность и углеродный след, с весами, определёнными методом анализа иерархий на основе экспертных оценок предприятия [8, с. 91].

После проведения предварительных расчётов и матрицы решений ранжирование показало, что наилучшей является железнодорожно-автомобильная стратегия, обеспечивающая сбалансированные показатели, полностью железнодорожная заняла второе место (высокая надёжность, но большие затраты и время), речно-автомобильная наименее предпочтительна из-за неопределённости сроков [8, с. 83].

Анализ чувствительности подтвердил стабильность ранжирования при изменении весов в пределах 10 %, однако при значительном увеличении веса надёжности в условиях повышенной климатической неопределённости предпочтение смещается к полностью железнодорожной стратегии, менее подверженной погодным влияниям, как представлено в таблице 6.

Таблица 6
Итоговое ранжирование выбранных стратегий снабжения

Альтернатива	Коэффициент близости С
А2 (ЖД и автомобильный)	0,745
А4 (полностью ЖД)	0,718
А3 (речной и автомобильный)	0,486
А1 (автомобильный)	0,352

Многокритериальная оценка, учитывающая экономические, климатические и геополитические критерии [8, с. 87], показала, что стратегия комбинирования железнодорожного и автомобильного транспорта с резервным водным маршрутом заняла первое место по коэффициенту близости во всех трёх сценариях, демонстрируя наилучший баланс между издержками и надёжностью доставки.

Железная дорога обеспечивает низкую стоимость на дальние расстояния, автотранспорт – гибкость доставки до потребителя, а резервный водный маршрут, активируемый при ледоставе, повышает надёжность без критического роста затрат [9, с. 7], что подтверждает устойчивость выбранной комбинации.

Предприятию рекомендовано внедрить систему мониторинга климатических рисков для оперативной корректировки планов в рамках адаптивной логистики [10 с. 83], заключить долгосрочные контракты с железнодорожными операторами для стабильности тарифов, создать страховой запас сырья на период ледостава и активно использовать речной транспорт летом для снижения затрат за счёт более низкой стоимости водных перевозок [11, с. 72]; комплексная реализация данных мер позволит повысить устойчивость снабжения и оптимизировать затраты, как показано в таблице 7.

Таблица 7
Итоговое ранжирование стратегий снабжения с учётом коэффициента близости

Ранг	Стратегия	Коэффициент близости С
1	А2 — ЖД + автомобильный (оптимальная)	0,745
2	А4 — полностью ЖД	0,718
3	А3 — речной + автомобильный	0,486
4	А1 — автомобильный	0,352

Таким образом, разработана целостная методика многокритериальной оценки и выбора мультимодальной стратегии снабжения, впервые комплексно сочетающая метод TOPSIS и сценарное моделирование трёх климатических сценариев (оптимистичный, пессимистичный, наиболее вероятный), что позволяет формализовать учёт неопределённости и получить количественно обоснованные рекомендации, восполняя пробел существующих методов, игнорирующих климатические риски или учитывающих их упрощённо.

Систематизированы ключевые критерии (стоимость, время, надёжность, риск) и климатические факторы, разработана модель с нормированием показателей и расчётом коэффициента близости TOPSIS, обеспечивающая сопоставимость данных и ранжирование альтернатив; сценарный анализ с тремя сценариями и анализ чувствительности позволяют оценить робастность стратегии.

Апробация на реальных данных подтвердила работоспособность методики и позволила сформулировать практические рекомендации, обеспечивая переход от качественного понимания к инструментальному решению.

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. Зуева Т.И., Кузин А.Ю. Оптимизация затрат и учет рисков при доставке МТР в труднодоступные регионы России // Вестник Академии знаний. – 2024. – С. 154–163.
4. Кочурова А. Методика оценки логистического потенциала Севморпути // Территория новых возможностей. – 2025. – №1. – С. 7–16.
5. Неволин А., Череповитцын А. Оценка альтернатив стратегического планирования в горном деле и металлургии // Стратегирование: Теория и Практика. – 2025. – №3. – С. 309–327.
6. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н., Мишкуров П.Н. и др. Концепция гибридной многокритериальной модели устойчивой цепи поставок // Вестник РГУПС. – 2024. – С. 90–104.

7. Ступникова Е.А. Оптимизация мультимодальных транспортных коридоров в условиях геополитической нестабильности // Вестник евразийской науки. – 2025. – С. 81.
8. Тебекин А.В., Мигунов С.Н. Проблема влияния метеорологических факторов на безопасность и эффективность функционирования мультимодальных логистических систем // Журнал технических исследований. – 2024. – №4. – С. 3–10.
9. Троеглазова В.М., Абрамов В.И. Многокритериальный нелинейный анализ чувствительности логистических систем в условиях неопределенности // Инновационная экономика. – 2026. – №2. – С. 64–76.
10. Цыганов В.В. Комплект моделей стратегического управления для транспортной инфраструктуры в Сибири, Дальнем Востоке и Российской Арктике // ИТНОУ. – 2021. – С. 3–8.
11. Ходюк Е.А., Подорожников С.Ю., Чижевская Е.Л. Обоснование параметров систем внешнего транспорта нефти с применением программного комплекса многофакторного анализа на языке Python // Тюменский научный журнал. – 2025. – №3. – С. 10–17.

Development of a methodology for multi-criteria assessment and selection of a multimodal strategy for supplying industrial enterprises in conditions of climate uncertainty

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

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

Climate uncertainty creates significant risks for multimodal supply chains of industrial enterprises, especially in regions with harsh weather conditions. Existing transportation planning methods, focused on cost minimization under average parameters, do not account for the stochastic nature of climate impacts, which leads to supply disruptions and cost increases.

To address this problem, a methodology for multi-criteria assessment and selection of supply strategy is proposed, combining the TOPSIS method and scenario modeling (optimistic, pessimistic, and most likely scenarios). The criteria are systematized: cost, time, reliability, and carbon footprint. Sensitivity analysis allows assessing the stability of solutions to variations in climatic factors.

The approbation on real data from a chemical enterprise confirmed the effectiveness of the methodology; the strategy combining rail and road transport was recognized as optimal. The developed approach provides a substantiated choice of strategy under uncertainty and can be adapted for various industries.

Keywords: Multimodal transportation, climate risks, TOPSIS method, scenario analysis, supply chains, multi-criteria assessment, industrial enterprise, logistics, supply reliability, analytic hierarchy process.

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. Zueva T.I., Kuzin A.Y, Optimization of costs and risk accounting in the delivery of material and technical resources to hard-to-reach regions of Russia // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2024. – P. 154–163.
4. Kochurova A. Methodology for assessing the logistics potential of the Northern Sea Route // Territory of new opportunities. – 2025. – No. 1. – P. 7–16.
5. Nevolin A., Cherepovitsyn A. Assessment of strategic planning alternatives in mining and metallurgy // Strategizing: Theory and Practice. – 2025. – No. 3. – P. 309–327.
6. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N., Mishkurov P.N. et al. Concept of a hybrid multi-criteria model of a sustainable supply chain // Vestnik RGUPS. – 2024. – P. 90–104.
7. Stupnikova E.A. Optimization of multimodal transport corridors in conditions of geopolitical instability // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – P. 81.
8. Tebekin A.V., Migunov S.N. The problem of the influence of meteorological factors on the safety and efficiency of multimodal logistics systems // Journal of Technical Research. – 2024. – No. 4. – P. 3–10.
9. Troeglazova V.M., Abramov V.I. Multi-criteria nonlinear sensitivity analysis of logistics systems under uncertainty // Innovative Economics. – 2026. – No. 2. – P. 64–76.
10. Tsyganov V.V. A set of strategic management models for transport infrastructure in Siberia, the Far East and the Russian Arctic // ITNOU. – 2021. – P. 3–8.
11. Khodyuk E.A., Podorozhnikov S.Y, Chizhevskaya E.L. Justification of parameters of external oil transport systems using a multifactor analysis software package in Python // Tyumen Scientific Journal. – 2025. – No. 3. – P. 10–17.