

Методология анализа функционирования и прогнозирования развития региональной транспортной сети (на примере Европейской и Приуральской Арктики)

А. Н. Киселенко, П. А. Малащук, Е. Ю. Сундуков, И. В. Фомина, Н. А. Тарабукина, А. А. Шевелева

ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

kiselenko@iespn.komisc.ru
translab@iespn.komisc.ru
nadandtar@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена разработке теоретических и методологических подходов по основам анализа функционирования и прогнозирования текущей и перспективной транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики в современных экономических условиях, учитывающих расположение перспективных источников грузо- и пассажиропотоков на рассматриваемой территории, данных о провозных и пропускных способностях сети и перспективы ее развития. Учитывая неполноту временных рядов статистических показателей, характеризующих работу транспортной сети, в исследовании, наряду с классическими методами прогнозирования объемов перевозок, значительное внимание уделено сценариям ее развития. В работе дано описание транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики РФ, показана важность анализа функционирования транспортной сети региона. Получены прогнозы объемов перевозок, их оценка и составлены сценарии развития транспортной сети с использованием комбинированной системы прогнозирования. Разработана методология анализа функционирования и прогнозирования развития транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики.

Ключевые слова:

транспортная сеть, Европейская и Приуральская Арктика, Арктическая транспортная система, анализ, прогноз, сценарии

Введение

Новизна работы заключается в необходимости прогнозирования развития транспортной сети Российской Федерации (далее – РФ) и ее регионов. На современном

Analysis methodology of functioning and forecasting the development of the regional transport network (on the example of the European and Cisural Arctic)

A. N. Kiselenko, P. A. Malashchuk, E. Yu. Sundukov, I. V. Fomina, N. A. Tarabukina, A. A. Sheveleva

Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North,
Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar

kiselenko@iespn.komisc.ru
translab@iespn.komisc.ru
nadandtar@mail.ru

Abstract

The article is devoted to the development of theoretical and methodological approaches to the fundamentals of analyzing the functioning and forecasting of the current and future transport network of the European and Cisural Arctic in modern economic conditions, taking into account: the location of promising sources of freight flows in the territory under consideration, data on the carrying and capacity of the network and its development prospects. Considering the incompleteness of time series of statistical indicators characterizing the operation of the transport network, the study, along with classical methods of forecasting traffic volumes, pays significant attention to scenarios for its development. The paper describes the transport network of the European and Cisural Arctic of the Russian Federation, defines strategic planning, and shows the importance of analyzing the functioning of the transport network of the region. Forecasts of traffic volumes have been obtained, their assessment and scenarios for the development of the transport network have been compiled using a combined forecasting system. A methodology has been developed for analyzing the functioning and forecasting the development of the transport network of the European and Cisural Arctic.

Keywords:

transport network, European and Cisural Arctic, Arctic transport system, analysis, forecast, scenarios

этапе это требует применения как математических, так и экспертных методов анализа функционирования и прогнозирования развития. Учитывая неполноту временных

рядов статистических показателей, характеризующих работу транспортной сети региона, в исследовании наряду с классическими методами прогнозирования объемов перевозок используются сценарии развития транспортной сети, данные о провозных и пропускных способностях сети и перспективах ее развития. Отсутствие научных основ анализа функционирования и прогнозирования развития транспортной сети подчеркивает актуальность исследования.

Материалы и методы

Объектом исследования является транспортная сеть Европейской и Приуральской Арктики (далее – ЕиПА).

Цель работы – разработка научных основ анализа функционирования и прогнозирования развития транспортной сети ЕиПА.

В ходе исследования использованы методы системного и сравнительного анализов, теория графов, классические формализованные регрессионные и неформализованные (экспертные оценки и т. п.) методы прогнозирования, сценарного и программно-целевого прогнозирования. Теоретической базой исследования являются научные работы отечественных и зарубежных авторов. Информационной базой – открытые данные Росстата, Ассоциации морских и торговых портов, Росморречфлота и др.

Значимость работы определяется возможностью составления перспективных планов развития транспортной сети ЕиПА по причине, что транспортные проблемы в Арктике могут быть решены только при согласованном развитии всей Арктической транспортной системы, включающей авиационный, автомобильный, железнодорожный, речной и морской виды транспорта ЕиПА. В Российской Арктике на развитие транспортных систем оказывает влияние гораздо большее количество факторов, чем в центральных районах страны, также выше степень их воздействия.

Подходы и методы анализа функционирования транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики

Территория ЕиПА (табл. 1) характеризуется большой площадью, малой численностью населения, суровыми природно-климатическими условиями и в то же время значительным объемом осваиваемых и потенциальных запасов природных ресурсов. Реализация проектов социально-экономического развития ЕиПА тесно связана с функционированием и развитием Арктической транспортной системы Российской Федерации.

В ЕиПА входят территории [1]:

- 1) Мурманской области;
- 2) Ненецкого автономного округа (далее – НАО);
- 3) части территорий:
 - а) Ямало-Ненецкого автономного округа (далее – ЯНАО) – два городских округа (Сале-

хард, Лабытнанги) и два муниципальных района (далее – МР): Ямальский, Приуральский – назовем эти территории Приуральской Арктикой;

б) Республики Карелия – пять МР (Беломорский, Калевальский, Кемский, Лоухский, Сегежский) и городской округ (Костомукшский);

в) Республики Коми – три городских округа (Воркута, Усинск, Инта) и Усть-Цилемский МР;

г) Архангельской области – три городских округа (Архангельск, Новодвинск, Северодвинск) и пять МР (Мезенский, Онежский, Приморский, Пинежский, Лешуконский).

Транспортная сеть ЕиПА является частью Арктической транспортной системы (далее – АТС) России. Основные магистральные подсистемы АТС – Северный морской путь (далее – СМП) со всей его инфраструктурой и системы трубопроводов Российской Арктики [2].

К магистральным подсистемам также относятся железнодорожные, автомобильные, воздушные, водные пути, соединяющие транспортную систему РФ с арктическими морскими портами и экономическими центрами Российской Арктики. К локальным транспортным подсистемам АТС относятся все другие транспортные системы, функционирующие в Российской Арктике.

Важнейшим элементом транспортной инфраструктуры Арктической транспортной системы, обеспечивающим функционирование транспортной сети ЕиПА, взаимодействие видов транспорта, являются арктические морские порты [3].

Подходы и методы, применимые для анализа функционирования транспортной сети ЕиПА, представлены на рис. 1.

Центральное место занимает системный подход, который дополняется экспертными и другими методами. Слева представлены общеупотребительные подходы и методы. Справа – подходы и методы, по которым можно определить авторство.

Таблица 1
Площадь и численность населения субъектов Европейской и Приуральской Арктики*

Table 1
Area and population number of the constituent entities of the European and Cisural Arctic regions*

Субъект Европейской и Приуральской Арктики	Площадь территории, тыс. км ²	Численность населения на 1 января 2023 г., чел.
Архангельская область (три городских округа и пять муниципальных районов)	166,96	576 190
Мурманская область	144,90	658 698
Ненецкий автономный округ	176,80	41 385
Приуральская Арктика – Ямало-Ненецкий автономный округ (два городских округа и два муниципальных района)	214,85	105 831
Республика Карелия (пять муниципальных районов и городской округ)	71,41	99 629
Республика Коми (три городских округа и муниципальный район)	127,40	135 297
Итого по ЕиПА	902,32	1 617 030

Примечание. * составлено и рассчитано авторами на основе данных Росстата и муниципальных образований.

Note. *prepared and calculated by the authors according to the data of the Federal State Statistics Service and municipal formations.

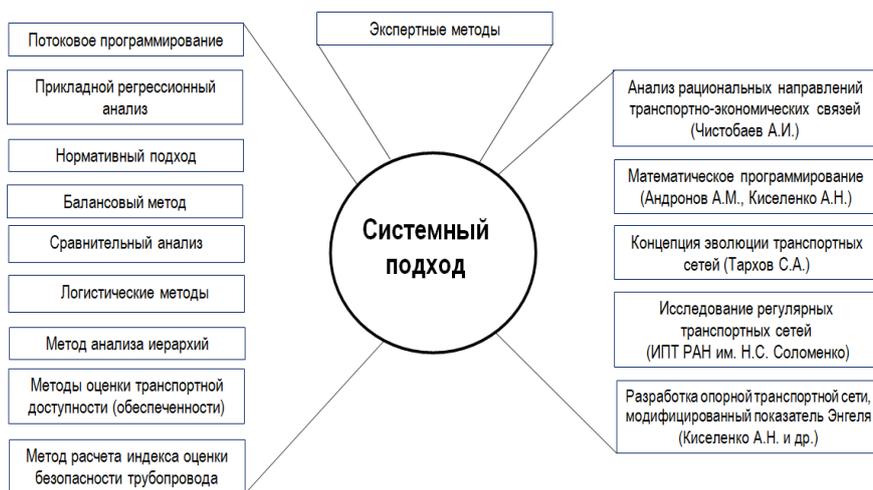


Рисунок 1. Подходы и методы анализа функционирования транспортной сети.
Figure 1. Analysis approaches and methods of transport network performance.

В целом, анализ функционирования транспортной сети региона рассмотрен как самостоятельный процесс и как одна из стадий процесса прогнозирования, где на основе данных проведенного анализа оцениваются предпосылки и разрабатываются прогнозы дальнейшего развития транспортной сети.

Методология анализа функционирования и прогнозирования развития транспортной сети региона [4] включает в себя:

- определение (конкретизации) цели и задач исследования;
- уточнение объектов анализа текущей и перспективной транспортной сети;
- определение и отбор исходной информации, необходимой для осуществления анализа текущей и перспективной деятельности транспортной сети;
- определение основных показателей, характеризующих деятельность текущей и перспективной транспортной сети рассматриваемого региона;
- выбор методов и алгоритмы осуществления аналитических расчетов анализа текущей и перспективной деятельности транспортной сети;
- формулирование выводов и рекомендаций по результатам проведения анализа;
- составление прогнозов развития транспортной сети и их интерпретация.

С использованием методов, представленных на рис. 1, была разработана методология анализа функционирования и прогнозирования развития транспортной сети ЕиПА [5].

В качестве входной информации для анализа функционирования транспортной сети региона использованы материалы официальной статистики (Росстат и его территориальные органы), данные отраслевых министерств и ведомств (Минтранс РФ, Росморречфлот, Росавиация и др.), материалы годовых отчетов, бухгалтерской и иной отчетности транспортных предприятий и т. п.

Важным этапом является определение основных показателей и характеристик функционирования транспортной сети ЕиПА, таких как:

1. конфигурация транспортной сети (схема расположения транспортных коммуникаций на сети);
 2. географическая привязка и расположение на сети основных транспортных объектов;
 3. количественные, качественные, эксплуатационно-технологические показатели деятельности транспорта и транспортной сети;
 4. показатели и характеристики деятельности основных источников грузо- и пассажиропотоков.
- В ходе исследования определены источники грузопотоков ЕиПА.

Прогнозирование развития транспортной сети региона

Основными показателями прогнозирования развития транспортной сети региона являются объемы перевозок пассажиров и грузов. Кроме того, при прогнозировании развития транспортной сети региона необходимо учитывать показатели промышленного производства, характеризующие источники и потребителей грузопотоков.

Использование информационных систем позволяет снизить временные затраты на получение выборки данных и анализ адекватности этой выборки для поставленной задачи, а также на расчет числовых параметров по выборочным данным; позволяет повысить точность расчетов за счет применения прогнозных моделей.

На сегодняшний день существует большое количество программно-инструментальных средств, позволяющих строить прогнозы. Они могут быть подвергнуты классификации по следующим признакам: по сфере применения, реализуемым методам, квалификации пользователя, степени готовности к эксплуатации [6].

Турбулентность современных экономических и политических процессов актуализирует разработку методов получения прогнозных значений социально-экономических показателей при нестабильных временных рядах [7, 8]. Их основу составляют регрессионные и интеллектуальные модели (экспертные системы, искусственные нейронные сети и др.), которые дополняются сценарным прогнозированием (рис. 2).

Прогнозирование объемов перевозок транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики

Перевозки на территории ЕиПА осуществляются по опорной транспортной сети (далее – ОТС), которая обеспечивает взаимосвязь населенных пунктов, экономических центров и транспортных объектов, объединяя все виды транспорта. Ее основу составляют: СМП со всей инфраструктурой, система магистральных трубопроводов, железнодорожные, автомобильные, воздушные и водные пути, соединяющие транспортную сеть РФ с морскими портами и экономическими центрами ЕиПА.

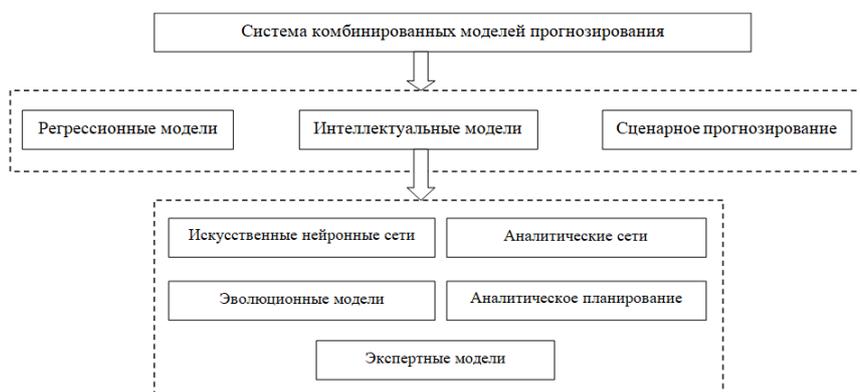


Рисунок 2. Система комбинированных моделей прогнозирования [8], дополнено авторами.
Figure 2. System of combined forecasting models [8], supplemented by the authors.

Результаты исследования моделей прогнозирования перевозок грузов железнодорожным транспортом Мурманской области

Таблица 2

Table 2

Study results of the of forecasting models for rail-freight traffic in the Murmansk Region

Функция	Оценка адекватности модели		Оценка точности прогноза		
	Коэффициент детерминации (R-квадрат), %	Расчетный критерий Фишера (F)	MAPE, %	WAPE, %	SEoE, тыс. т
Линейная	52,42	15,43	4,44	4,39	3358,96
Полиномиальная полином 2-й степени)	52,81	7,27	4,45	4,23	3471,65
Полиномиальная (полином 3-й степени)	53,42	4,59	4,33	4,29	3589,70
Скользкая средняя (p=2)	84,67	77,35	2,14	2,16	1716,06
Скользкая средняя (p=3)	67,84	29,54	3,73	3,77	2790,22
Экспоненциальное сглаживание =0,7	46,45	12,15	5,37	5,48	4220,51

Условные обозначения. MAPE – Mean Absolute Percent Error (средняя процентная ошибка прогнозирования); SEoE – Standard Error of Estimate (стандартная ошибка прогноза); WAPE – Weighted Absolute Percent Error (взвешенная абсолютная процентная ошибка прогнозирования).
Note. MAPE – Mean Absolute Percent Error; SEoE – Standard Error of Estimate; WAPE – Weighted Absolute Percent Error.

При прогнозировании объемов перевозок грузов железнодорожным транспортом ЕиПА применены методы прямой экстраполяции. Используя статистику по объемам перевозок грузов железнодорожным транспортом Мурманской области, разработано шесть моделей прогнозирования. Проведены оценки адекватности моделей и точности прогнозов (табл. 2). По моделям скользящей средней рассчитан прогноз на 2022 г., определены до-

верительные интервалы для математического ожидания и истинного значения при уровне значимости 5 % (табл. 3).
Определяющую роль в развитии опорной транспортной сети ЕиПА играет СМП. Плановые значения целевых показателей объемов перевозок по СМП уточняются прогнозированием на основе системы комбинированных моделей, которые представляют собой сочетание регрессионных моделей и искусственных нейронных сетей (см. рис. 2).
Прогнозирование объемов перевозок по СМП осуществлено квадратичными регрессионными моделями (рис. 3). Построены полиномиальные регрессионные модели со степенью 2 для разных временных рядов. Определены прогнозные значения объемов перевозок по СМП на 2023 г. (45 млн т) и 2024 г. (55 млн т).
Фактическое значение объема перевозок по СМП в 2023 г. составило 36,3 млн т, в том числе транзит 2,13 млн т.
Видно, что по результатам оценок регрессионных моделей можно сделать предположение о достижимости или недостижимости целевого показателя при наличии выявленных тенденций динамических рядов, поскольку схема таких исследований направлена «из прошлого в будущее».

При использовании искусственной нейронной сети (далее – ИНС) исследования направлены «из будущего к настоящему», т. е. сначала определяются основные факторы, которые могут оказывать влияние на функционирование системы в перспективе, а затем разрабатываются несколько сценариев текущего развития.
Искусственные нейронные сети составлены из множества процессоров, которые называются блоками обработки данных (далее – БОД) [9]. Каждому входу БОД приписан некоторый вес. Веса анализируются с учетом значимости воздействия различных факторов, что имеет сходство с методом анализа иерархий.

Выделены факторы, оказывающие негативное влияние на функционирование СМП (политико-экономические риски, природно-климатические риски, недостаточная грузообразующая база), которые являются входными переменными для базового БОД_1 и определены их веса (табл. 4).
Выходная переменная y_1 показывает: достигнут («1») или не достигнут («0») целевой показатель в отчетном году (например, в 2024 г.).

Прогнозные значения и доверительные интервалы объемов перевозок грузов железнодорожным транспортом Мурманской области

Таблица 3

Table 3

Forecast values and confidence intervals of rail-freight traffic volumes in the Murmansk Region

Прогнозная модель	Прогноз		
	Перевозка грузов, Y_T^* тыс. т	Доверительный интервал ($\alpha=0,05$)	
		Математическое ожидание, тыс. т	Толерантный интервал, тыс. т
Модель скользящей средней $p=2$	62592	±1372	±4908
Модель скользящей средней $p=3$	63922	±1917	±6284

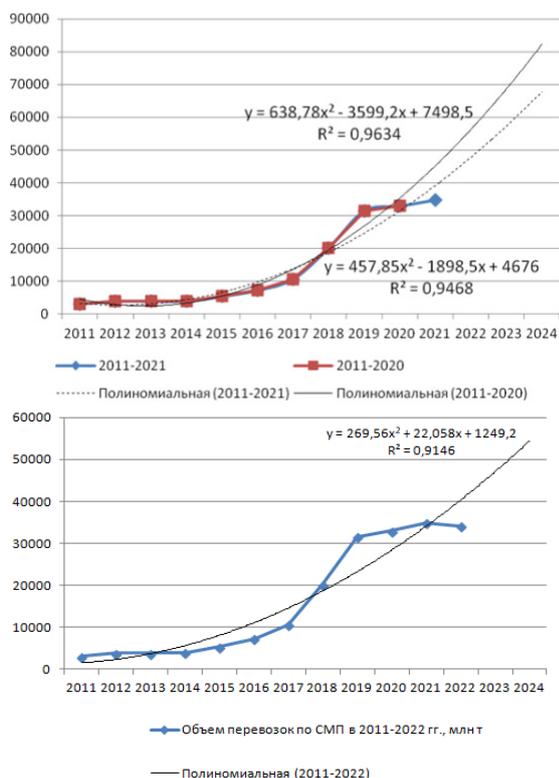


Рисунок 3. Квадратичные регрессионные модели прогнозирования объемов перевозок по СМП.
Figure 3. Quadratic regression models for forecasting transport volumes by the Northern Sea Route.

Таблица 4
Входные и выходные переменные и их веса для базового БОД_1
Table 4
Input and output variables and their weights for basic BOD_1 (data-processing unit_1)

Обозначение переменных	Смысловое значение переменных, x_i	«Вес» переменной, w_i
x_1	Политико-экономические риски	0,13
x_2	Природно-климатические риски	0,11
x_3	Недостаточная грузообразующая база	0,7
y_1	Целевой показатель достигнут	

Для анализа достаточности грузовой базы перевозок по СМП разработан БОД_2 (рис. 4).

Сценарии развития транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики

Предварительные прогнозные значения показателей, полученные при использовании регрессионных моделей, корректируются посредством применения интеллектуальных моделей и сценарного прогнозирования.

Т. Саати и К. Кернс дают следующее определение сценарию: «В самом общем виде сценарий – это гипотетический исход, который определяется с помощью некоторых предположений о текущей и будущих тенденциях» [10].

М. Линдгрэн и Х. Бандхольд отмечали, что «сценарий не является прогнозом, то есть описанием сравнительно предсказуемого развития событий настоящего. Не является он и видением – желаемым будущим. Сценарий – это

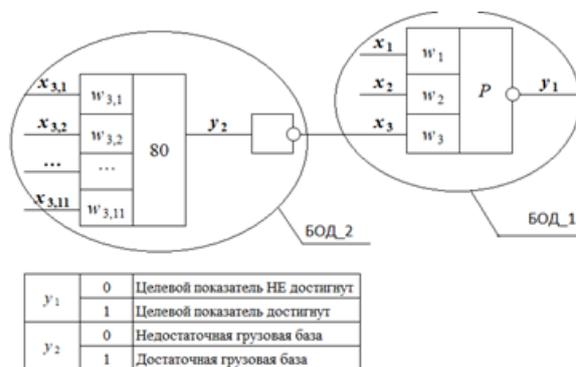


Рисунок 4. Схема входных и выходных данных БОД для прогнозирования достижимости целевого показателя объема грузовых перевозок по СМП.
Figure 4. Diagram of input and output data from the data-processing unit for forecasting the achievability of the target indicator of cargo traffic volume by the Northern Sea Route.

тщательно продуманный ответ на вопрос: «Что случится предположительно?» или: «Что произойдет, если...?» [11]. Соотношение (различие) сценария, прогноза и видения приводится в табл. 5.

Разработка сценариев развития транспортной сети региона представляет выработку нескольких траекторий достижения цели функционирования сети в будущем. Чтобы сценарное прогнозирование приносило желаемый результат (прогнозные значения, близкие к реальным), необходимо учесть все наиболее влияющие на объект прогнозирования факторы и использовать программно-целевой подход [12–14].

Используя программно-целевое прогнозирование при разработке сценариев развития транспортной сети региона, необходимо учитывать реализацию мероприятий Государственной программы РФ «Развитие транспортной системы» [15], документов стратегического планирования Российской Федерации и субъектов.

Центры развития ЕиПА представляют собой места сосредоточения крупных источников грузопотоков на рассматриваемой территории. Они определены в границах

Таблица 5
Соотношение сценария, прогноза, видения [11]
Table 5
Correlation of scenario, forecast, vision [11]

Сценарий	Прогноз	Видение
Возможные, наиболее вероятные варианты будущего	Вероятные варианты будущего	Желаемые варианты будущего
Основан на неопределенности	Основан на определенных связях	Основано на ценности
Показывает риски	Скрывает риски	Скрывает риски
Качественный или количественный	Количественный	Обычно качественный
Необходим, чтобы знать, какое решение принять	Необходим, чтобы осмелиться принять решение	Побуждает к действию
Редко применяется	Применяется ежедневно	Применяется относительно часто
Эффективен в средней долгосрочной перспективе и при средней или высокой степени неопределенности	Эффективен в краткосрочной перспективе и при низкой степени неопределенности	Играет роль пусковых механизмов для сознательных преобразований

субъектов ЕиПА. Выделены пять центров развития на рассматриваемой территории и их специализация (рис. 5).

При прогнозировании развития транспортной сети региона необходимо учитывать возможности перспективных видов транспорта.

К перспективным видам транспорта, которые применимы в развитии транспортной сети ЕиПА, относятся:

- новые летательные аппараты, в том числе беспилотные;
- суда с малой осадкой, новые надводные и подводные аппараты, в том числе беспилотные;
- транспортные модули, перемещающиеся относительно эстакад;
- транспортные средства, работающие на нетрадиционных видах топлива.

Ограничения по электрификации железнодорожной сети территории ЕиПА, повышение экологических требований, наличие и доступность природного газа вызывают необходимость более широкого применения локомотивов, работающих на газовом топливе [17]. Результаты подконтрольной эксплуатации (на участке Сургут – Лимбей – Коротчаево) показывают, что использование магистрального газотурбовоза позволяет снизить на 30 % расходы на перевозку одной тонны груза и получить экономию текущих расходов на топливо до 35 %.

Разработаны четыре сценария прироста мощностей основных морских портов ЕиПА на период до 2035 г. Сценарий 1 предполагает реализацию только проекта по развитию Мурманского транспортного узла. При реализации сценария 2 к этому проекту добавляется проект «Белкомур» совместно со строительством нового глубоководного порта в районе Архангельска, а при реализации сценария 3 – проект «Баренцкомур» со строительством нового глубоководного порта в бухте Индига. Сценарий 4 предполагает создание благоприятных условий для реализации всех названных проектов, а также восстановление функционирования порта Витино вблизи г. Кандалакша.

Целью разработки сценариев развития железнодорожной транспортной сети является определение перспективы (среднесрочная, долгосрочная) реализации проектов строительства новых железнодорожных линий на территории ЕиПА с учетом различных факторов.

По базовому сценарию в среднесрочной перспективе предполагается реализация про-

ектов Северный широтный ход (далее – СШХ) и строительство железнодорожной ветки Выходной – Лавна в рамках проекта Комплексного развития Мурманского транспортного узла.

Основой выполнения проектов Баренцкомур (Баренцево море – Коми – Урал) и СШХ-2 в оптимистическом сценарии будет политический фактор, так как новые железнодорожные линии должны обеспечить связь железнодорожной сети России с портами, имеющими выход в Мировой океан.

Перспективы развития трубопроводного транспорта на ЕиПА связаны с реализацией проектов строительства ма-

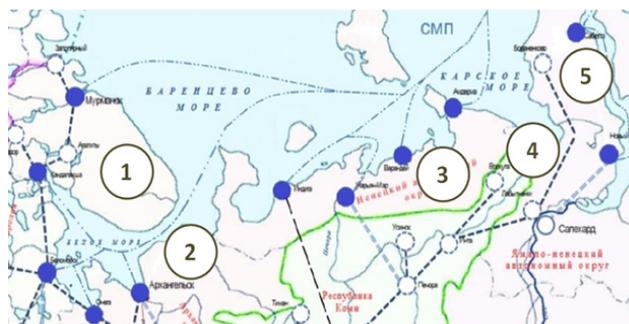


Рисунок 5. Центры развития Европейской и Приуральской Арктики: 1 – Кольский; 2 – Архангельский; 3 – Ненецкий; 4 – Воркутинский; 5 – Ямало-Ненецкий [16].

Figure 5. Development Centres of the European and Cisural Arctic: 1 – Kola; 2 – Arkhangelsk; 3 – Nenets; 4 – Vorkuta; 5 – Yamalo-Nenets [16].

Таблица 6
Проекты по производству сжиженного природного газа на территории Европейской и Приуральской Арктики и связанных с ней крупных источников грузопотоков [18]
Table 6
Liquefied natural gas production projects in the European and Cisural Arctic region and related major sources of cargo traffic [18]

№ п/п	Проект	Компания	Проектная мощность, млн т в год	Месторождение (запасы)	Статус проекта (сроки реализации)
1	Ямал СПГ	ПАО «Новатэк»	17,4	Южно-Тамбейское месторождение (1,25 трлн м ³)	действующий
2	Обский СПГ	ПАО «Новатэк»	5–6	Верхнетиутейское (93,6 млрд м ³), Западно-Сеяхинское (266,1 млрд м ³) месторождения	после 2024 г.
3	СПГ на Тамбейском месторождении	ПАО «Газпром»	20	Тамбейское месторождение (5,5 трлн м ³)	2030 г.
4	Арктик СПГ-2	ПАО «Новатэк»	19,8	Салмановское (Утреннее) месторождение (2,2 трлн м ³)	строящийся
5	Арктик СПГ-1	ПАО «НОВАТЭК»	19,8	Солетско-Ханавейское, Геофизическое и Трехбугорное месторождения (суммарно 357,7 млрд м ³)	после 2027 г.
6	Арктик СПГ-3	ПАО «НОВАТЭК»	19,8	Северо-Обское месторождение (273,59 млрд м ³)	изучение ресурсной базы проекта
7	Печора СПГ	ООО «Печора СПГ»	4,3	Кумжинское (146,5 млрд м), Коровинское (48,5 млрд м ³) месторождения	заморожен
8	Штокман	ПАО «Газпром»	30	Штокмановское месторождение (3,9 трлн м ³)	после 2035 г.
9	Кара-СПГ	ПАО «НК «Роснефть»	30	на базе имеющихся запасов и ресурсов газа Карского моря, лицензионный участок Восточно-Приновоземельский-1 (запасы не указаны)	2030–2035 гг.

гистральных газопроводов: «Волхов – Мурманск», «Сила Сибири-2», «Харасавэй – Бованенково» и др. (табл. 6).

Дальнейшие перспективы развития сети авиалиний на территории ЕиПА связаны с необходимостью модернизации инфраструктуры воздушного транспорта (аэропортов, аэродромов), расширения маршрутной сети и использования более современных отечественных воздушных судов на местных и региональных авиаперевозках, способных работать в условиях Севера и Арктики [19]. В деятельности воздушного транспорта ЕиПА на краткосрочную перспективу возможны изменения, связанные с существующей маршрутной сетью авиасообщения.

Наличие действующих аэропортов и аэродромов позволяет их использовать как наземную базу для возрождения Полярной авиации, необходимой базой которой являются аэропорты и аэродромы ЕиПА: Амдерма, Апатиты, Архангельск, Бованенково, Варандей, Воркута, Инта, Мурманск, Усинск, Усть-Цильма, Нарьян-Мар, Сабетта, Салехард, а также действующие в Российской Арктике аэропорты, например – Диксон, Игарка, Норильск. Основная проблема возрождения Полярной авиации состоит в отсутствии воздушных судов, которые могут эксплуатироваться в условиях Арктики.

Заключение

Научные основы анализа функционирования и прогнозирования развития транспортных сетей регионов в настоящее время недоработаны отечественными и зарубежными исследователями, особенно это касается транспортной сети такого интенсивно осваиваемого в промышленном отношении региона, как Европейская и Приуральская Арктика. Воздействия факторов внешней среды (санкционное давление западных стран, изменения климата, природные катаклизмы и др.) порождают неопределенность в определении перспектив развития экономических систем в Российской Арктике, в том числе транспортных систем, для которых должно обеспечиваться опережающее развитие.

Даны описание региона Европейская и Приуральская Арктика и характеристика его транспортной сети. Рассмотрены существующие подходы и методы анализа функционирования транспортной сети исследуемого региона. Определены этапы, источники грузопотоков, состав исходной информации для анализа функционирования транспортной сети ЕиПА. Разработана методология анализа функционирования и прогнозирования развития названной транспортной сети.

При прогнозировании развития транспортной сети региона выполнена классификация прогнозируемых показателей и задач прогнозирования, составлена схема прогнозирования объемов перевозок, рассмотрены программные решения и информационные аспекты прогнозирования. Неопределенность в достижении прогнозных значений показателей транспортной работы на сети ЕиПА в условиях нестабильности экономики стимулирует использование комбинированных систем моделей прогнозирования. Их основу составляют регрессионные модели, интеллек-

туальные модели (экспертные системы, искусственные нейронные сети и др.), которые дополняются сценарным прогнозированием.

Выполнено прогнозирование объемов перевозок по опорной транспортной сети ЕиПА (за основу взят грузооборот основных морских портов региона), железнодорожных перевозок (на примере Мурманской области), перевозок по СМП (посредством комбинированных моделей). В результате получены варианты прогнозов, которые использовались при разработке сценариев развития транспортной сети.

Определена последовательность сценарного прогнозирования на основе программно-целевого подхода с учетом:

- реализации мероприятий Государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» и связанных с ней проектов транспортного строительства;
- перспектив центров развития ЕиПА;
- возможностей применения перспективных видов транспорта и транспортных средств, работающих на нетрадиционных видах топлива.

Разработаны сценарии развития транспортной сети региона на основе прироста мощностей основных морских портов, с учетом реализации проектов строительства новых железнодорожных линий и магистральных трубопроводов, расширения сети авиалиний.

Все это необходимо для НИР «Разработка методологии создания магистральной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники и литература

1. О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации. Федеральный закон № 193-ФЗ от 13.07.2020 (ред. от 14.07.2022) // Справочно-правовая система «Консультант плюс».
2. Киселенко, А. Н. Оптимистический и пессимистический сценарии формирования транспортных подходов к арктической транспортной системе на основе достижения целевых показателей / А. Н. Киселенко, Е. Ю. Сундуков // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18, № 6. – С. 46–62.
3. Киселенко, А. Н. Мощностные характеристики (сценарии развития) морских портов Европейской и Приуральской Арктики / А. Н. Киселенко, Е. Ю. Сундуков // Региональная экономика: теория и практика. – 2022. – Т. 20, № 9. – С. 1608–1630.
4. Андронов, А. М. Прогнозирование развития транспортной системы региона / А. М. Андронов, А. Н. Киселенко, Е. В. Мостивенко. – Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 1991. – 178 с.
5. Киселенко, А. Н. Методологические основы анализа функционирования транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики / А. Н. Киселенко, И. В. Фоми-

- на, А. А. Шевелёва // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2022: сборник статей Восьмой Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) (21–23 сентября 2022 г., Сыктывкар): в 2-х ч. – Иркутск : ООО «Максима», 2022. – Ч. 2. – С. 42–50.
6. Об утверждении рекомендуемой формы по основным показателям, представляемым органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в Минэкономразвития России для разработки прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период, и методических рекомендаций по разработке, корректировке, мониторингу среднесрочных прогнозов социально-экономического развития субъектов Российской Федерации. Приказ Минэкономразвития России от 13.03.2019 № 124 (ред. от 13.04.2020) // Справочно-правовая система «Консультант-Плюс».
 7. Петров, М. Б. Новые подходы к прогнозированию в целях управления развитием больших систем территориальной инфраструктуры / М. Б. Петров, К. Б. Кожов // Инновационный транспорт. – 2017. – № 2 (24). – С. 3–10..
 8. Китова, О. В. Система гибридных моделей прогнозирования для ситуационных центров региональных органов управления и их применение в образовании / О. В. Китова, Л. П. Дьяконова, В. М. Савинова // Вестник РЭУ им. Г. В. Плеханова. – 2017. – № 5 (95). – С. 126–134. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30554038>. (дата обращения: 27.02.2024).
 9. Брушир, Дж. Информатика и вычислительная техника / Дж. Брушир. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 620 с.
 10. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – Москва : Радио и связь, 1991. – 224 с. – URL: https://www.studmed.ru/saati-t-kerns-l-analiticheskoe-planirovanie-organizaciya-sistem_62e9f43e1af.html (дата обращения: 27.02.2024).
 11. Линдгрэн, М. Сценарное планирование: связь между будущим и стратегией / М. Линдгрэн, Х. Бандхольд. – Москва : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. – 233 с. – URL: <https://www.cfin.ru/management/strategy/plan/scenario.shtml> (дата обращения: 13.03.2024).
 12. Райзберг, Б. А. Целевые программы в системе государственного управления экономикой / Б. А. Райзберг. – Москва : Лаборатория книги, 2012. – 332 с.
 13. Поспелов, Г. С. Проблемы программно-целевого планирования и управления / Г. С. Поспелов. – Москва : ИНТРО, 2001. – 206 с.
 14. Чистобаев, А. И. Территориальные комплексные программы / А. И. Чистобаев, Ю. Н. Баженов. – Ленинград, 1984. – 228 с.
 15. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы». Постановление Правительства РФ от 20.12.2017 № 1596 (ред. от 16.01.2023) // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
 16. Киселенко, А. Н. О методологии функционирования и прогнозирования развития транспортной сети Европейской и Приуральской Арктики / А. Н. Киселенко // Проблемы развития транспортной инфраструктуры северных территорий. Вып. 4: сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции 23–24 апреля 2021 г. – Котлас : Котласский филиал ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2021. – С. 8–14.
 17. Бобков, Ю. В. Газомоторное топливо для подвижного состава / Ю. В. Бобков, Д. И. Прохор // Нефтегаз. – 2021. – № 9. – С. 32–38.
 18. О долгосрочной программе развития производства сжиженного природного газа в Российской Федерации». Распоряжение Правительства РФ от 16.03.2021 № 640-р // Справочно-правовая система «Консультант плюс».
 19. Шевелева, А. А. Аэропорты Европейской и Приуральской Арктики – основа возрождения Полярной авиации Российской Федерации / А. А. Шевелева // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2022: материалы Международной научно-практической конференции. 9–10 ноября 2022 г. – Санкт-Петербург : ИПТ РАН, 2022. – С. 17–19.

References

1. O gosudarstvennoj podderzhke predprinimatel'skoj deyatelnosti v Arkticheskoj zone Rossijskoj Federacii. Federal'nyi zakon № 193-FZ ot 13.07.2020 (red. ot 14.07.2022) [On the state support of the entrepreneurial activities in the Arctic zone of the Russian Federation. Federal law № 193-FZ dated to 3.07.2020 (as amended on 14.07.2022)] // Consultant Plus Reference Legal System.
2. Kiselenko, A. N. Optimisticheskij i pessimisticheskij scenarij formirovaniya transportnyh podhodov k arkticheskoj transportnoj sisteme na osnove dostizheniya celevyh pokazatelej [Optimistic and pessimistic scenarios for the formation of transport approaches to the Arctic transport system based on the achievement of target goals] / A. N. Kiselenko, E. Yu. Sundukov // Mir transporta [Transport World]. – 2020. – Vol 18. – № 6. – P. 46–62.
3. Kiselenko, A. N. Moshchnostnye harakteristiki (scenarii razvitiya) morskikh portov Evropejskoj i Priural'skoj Arktiki [Transshipment capacity (development scenarios) of seaports of the European and Cisural Arctic] / A. N. Kiselenko, E. Yu. Sundukov // Regional'naya ekonomika: teorija i praktika [Regional Economics: Theory and Practice]. – 2022. – Vol. 20. – № 9. – P. 1608–1630.
4. Andronov, A. M. Prognozirovanie razvitiya transportnoj sistemy regiona [Forecasting the development of the transport system of the region] / A. M. Andronov, A. N. Kiselenko, E. V. Mostivenko. – Syktyvkar : Komi SC UB RAS, 1991. – 178 p.
5. Kiselenko, A. N. Metodologicheskie osnovy analiza funkcionirovaniya transportnoj seti Evropejskoj i Priural'skoj Arktiki [Methodological analysis basis for functioning the transport network of the European and Cisural Arctic] / A. N. Kiselenko, I. V. Fomina, A. A. Sheveleva // Aktual'nye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditel'nyh sil Severa – 2022 [Current Problems, Direc-

- tions and Mechanisms for the Development of the Productive Forces of the North – 2022]: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific-Practical Conference (with Int. Part.) (September, 21-23, 2022, Syktyvkar): in 2 volumes. – Irkutsk : OOO Maksima, 2022. – Vol. 2. – P. 42–50.
6. Ob utverzhdenii rekomenduemoj formy po osnovnym pokazatelyam, predstavlyaemym organami ispolnitel'noj vlasti subyektov Rossijskoj Federacii v Minekonomrazvitiya Rossii dlya razrabotki prognoza social'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na srednesrochnyj period, i metodicheskikh rekomendacij po razrabotke, korrrektirovke, monitoringu srednesrochnyh prognozov social'no-ekonomicheskogo razvitiya subyektov Rossijskoj Federacii. Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii ot 13.03.2019 № 124 (red. ot 13.04.2020) [On the approval of the recommended form about the main indicators submitted by the executive authorities of the constituent entities of the Russian Federation to the Ministry of Economic Development of Russia for the forecast of the socio-economic development of the Russian Federation for the medium-term period, and methodological recommendations for the development, adjustment, monitoring of medium-term forecasts of the socio-economic development of the constituent entities of the Russian Federation. Order of the Ministry of Economic Development of Russia dated to 13.03.2019 № 124 (as amended on 13.04.2020)] // Consultant Plus Reference Legal System.
 7. Petrov, M. B. Novye podhody k prognozirovaniyu v celyah upravleniya razvitiem bol'shih sistem territorial'noj infrastruktury [New approaches to forecasting to manage the development of large territorial infrastructure systems] / M. B. Petrov, K. B. Kozhov // Innovacionnyj transport [Innovative Transport]. – 2017. – № 2 (24). – P. 3–10.
 8. Kitova, O. V. Sistema gibridnyh modelej prognozirovaniya dlya situacionnyh centrov regional'nyh organov upravleniya i ih primenenie v obrazovanii [System of hybrid forecasting models for situational centres of regional governing bodies and their application in education] / O. V. Kitova, L. P. Dyakonova, V. M. Savinova // Bulletin of the Russian University of Economics anmed after G. V. Plekhanov. – 2017. – № 5 (95). – P. 126–134. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30554038> (date of access: February 27, 2024) (date of access: 27.02.2024).
 9. Brushir, J. Informatika i vychislitel'naya tekhnika [Computer Science and Computing] / J. Brushir. – Saint-Petersburg : Piter, 2004. – 620 p.
 10. Saati, T. Analiticheskoe planirovanie. Organizaciya sistem [Analytical planning. Organization of systems] / T. Saati, K. Kerns. – Moscow : Radio i svyaz', 1991. – 224 p. – URL: https://www.studmed.ru/saati-t-kerns-l-analiticheskoe-planirovanie-organizaciya-sistem_62e9f43e1af.html (date of access: February 27, 2024).
 11. Lindgren, M. Scenarnoe planirovanie: svyaz' mezhdubushchim i strategij [Scenario planning: Relationship between the future and strategy] / M. Lindgren, H. Bandhold. – Moscow : ZAO Olimp-Biznes, 2009. – 233 p. – URL: <https://www.cfin.ru/management/strategy/plan/scenario.shtml> (date of access: March 13, 2024).
 12. Raizberg, B.A. Celevye programmy v sisteme gosudarstvennogo upravleniya ekonomikoj [Targeted program in the system of public administration of the economy] / B. A. Raizberg. – Moscow : Laboratoriya knigi. – 2012. – 332 p.
 13. Pospelov, G. S. Problemy programmno-celevogo planirovaniya i upravleniya [Problems of software-targeted planning and management] / G. S. Pospelov. – Moscow : INTRO, 2001. – 206 p.
 14. Chistobaev, A. I. Territorial'nye kompleksnye programmy [Territorial integrated programs] / A. I. Chistobaev, Yu. N. Bazhenov. – Leningrad, 1984. – 228 p.
 15. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Razvitie transportnoj sistemy». Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 20.12.2017 № 1596 (red. ot 16.01.2023) [On the approval of the State Program of the Russian Federation “Transport System Development”. Decree of the Government of the Russian Federation dated to 20.12.2017 № 1596 (as amended on 16.01.2023)] // Consultant Plus Reference Legal System.
 16. Kiselenko, A. N. O metodologii funkcionirovaniya i prognozirovaniya razvitiya transportnoj seti Evropejskoj i Priural'skoj Arktiki [On the methodology for functioning and forecasting the transport network development of the European and Cisural Arctic] / A. N. Kiselenko // Problemy razvitiya transportnoj infrastruktury severnyh territorij [Development Issues of Transport Infrastructure of the Northern Territories]. Iss. 4: Proceedings of the IV All-Russian Scientific-Practical Conference (April 23–24, 2021). – Kotlas : Kotlas Branch of the State University of the Sea and River Fleet named after Admiral S. O. Makarov. – 2021. – P. 8–14.
 17. Bobkov, Yu.V. Gazomotornoe toplivo dlya podvizhnogo sostava [Gas engine fuel for rolling stock] / Yu.V. Bobkov, D.I. Prohor // Neftegaz. – № 9. – 2021. – P. 32–38.
 18. O dolgosrochnoj programme razvitiya proizvodstva szhizhennogo prirodnogo gaza v Rossijskoj Federacii. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 16.03.2021 № 640- r [On the long-term development program of liquefied natural gas production in the Russian Federation. Decree of the Government of the RF dated to 16.03.2021 № 640- r] // Consultant Plus Reference Legal System.
 19. Sheveleva, A. A. Aeroporty Evropejskoj i Priural'skoj Arktiki – osnova vozrozhdeniya Polyarnoj aviacii Rossijskoj Federacii [Airports of the European and Cisural Arctic are the basis for the revival of the Polar Aviation of the Russian Federation] / A. A. Sheveleva // Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2022 [Transport of Russia: Problems and Prospects – 2022]. Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. November 9–10, 2022. – Saint-Petersburg : IPT RAN. – 2022. – P. 17–19.

Благодарность (госзадание):

Статья подготовлена в рамках НИР «Разработка методологии создания магистральной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России» (№ государственной регистрации 124013000710-5).

Acknowledgements (state task)

The article was prepared within the framework of the research project "Development of the methodology for creating the trunk transport network of the European and Cisural North of Russia» (state registration number 124013000710-5).

Информация об авторах:

Киселенко Анатолий Николаевич – доктор экономических наук, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57802640000 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: kiselenko@iespn.komisc.ru).

Сундуков Евгений Юрьевич – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57802640100, <https://orcid.org/0000-0003-0141-8292> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: jek-sun@mail.ru).

Малашук Петр Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57802871400 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: translab@iespn.komisc.ru).

Фомина Ирина Валерьевна – научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57803109600 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: appmin@yandex.ru).

Шевелёва Анна Анатольевна – младший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: translab@iespn.komisc.ru).

Тарабукина Надежда Андреевна – старший инженер лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 55203632500 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: nadandtar@mail.ru).

About the authors:

Anatoly N. Kiselenko – Doctor of Sciences (Economics), Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 57802640000 (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: kiselenko@iespn.komisc.ru).

Evgeny Yu. Sundukov – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 57802640100, <https://orcid.org/0000-0003-0141-8292> (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: jek-sun@mail.ru).

Petr A. Malashchuk – Candidate of Sciences (Engineering), Senior Researcher at the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 57802871400 (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: translab@iespn.komisc.ru).

Irina V. Fomina – Researcher at the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 57803109600 (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: appmin@yandex.ru).

Anna A. Sheveleva – Junior Researcher at the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: translab@iespn.komisc.ru).

Nadezhda A. Tarabukina – Senior Engineer at the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 55203632500 (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: nadandtar@mail.ru).

Nadezhda A. Tarabukina – Senior Engineer at the Laboratory of Transport Problems, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Sciences Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 55203632500 (26 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: nadandtar@mail.ru).

Для цитирования:

Киселенко, А. Н. Методология анализа функционирования и прогнозирования развития региональной транспортной сети (на примере Европейской и Приуральской Арктики) / А. Н. Киселенко, П. А. Малащук, Е. Ю. Сундуков, И. В. Фомина, Н. А. Тарабукина, А. А. Шевелева // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Экономические науки». – 2024. – № 4 (70). – С. 77–87.

For citation:

Kiselenko, A. N. Metodologiya analiza funkcionirovaniya i prognozirovaniya razvitiya regionalnoj transportnoj seti (na primere Evropejskoj i Priuralskoj Arktiki) [Analysis methodology of functioning and forecasting the development of the regional transport network (on the example of the European and Cisural Arctic)] / A. N. Kiselenko, P. A. Malashchuk, E. Yu. Sundukov, I. V. Fomina, N. A. Tarabukina, A. A. Sheveleva // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Economic Sciences". – 2024. – № 4 (70). – P. 77–87.

Дата поступления статьи: 15.05.2024

Прошла рецензирование: 17.05.2024

Принято решение о публикации: 21.05.2024

Received: 15.05.2024

Reviewed: 17.05.2024

Accepted: 21.05.2024