

Научная статья
УДК 332.1; 338.47
doi:10.37614/2220-802X.3.2024.85.012

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В ДОПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД

Наталья Александровна Серова¹, Валентина Анатольевна Серова²

^{1, 2}Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия

¹ORCID 0000-0001-8064-1251

Аннотация. Реализация задач государственной политики по формированию единой национальной опорной транспортной сети определяет актуальность исследования пространственной организации транспортной инфраструктуры, включающего оценку транспортной освоенности (обеспеченности) отдельных регионов страны. Одним из них является уникальный по своим характеристикам макрорегион — Арктическая зона Российской Федерации. Цель данного исследования заключалась в определении межрегиональных различий в развитии инфраструктуры наземного транспорта арктических регионов страны и уровне транспортной обеспеченности текущего и потенциального спроса на перевозку грузов в Арктике в допандемийный период. Проведен ретроспективный анализ динамики изменения протяженности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием и эксплуатационной длины железнодорожной сети арктических регионов и уровня их транспортной обеспеченности. Временной диапазон исследования составил 2000–2020 гг. В качестве ключевых индикаторов транспортной обеспеченности использовались нелинейные параметры оценки: коэффициенты Энгеля, Успенского и Василевского. Научная новизна работы заключается в выявлении основных тенденций и закономерностей развития наземной транспортной инфраструктуры в регионах российской Арктики, а также уровня их транспортной обеспеченности в допандемийный период. Результаты исследования подтвердили сохраняющиеся территориальные диспропорции в развитии наземной транспортной инфраструктуры и межрегиональную дифференциацию в темпах и масштабах строительства новых автомобильных и железных дорог в Арктике. Основные положения и выводы статьи могут быть использованы органами государственной власти при подготовке территориальных стратегий и программ арктических регионов по развитию транспортной инфраструктуры, а также в качестве учебных материалов при обучении государственных и муниципальных служащих. Дальнейшие исследования авторов будут сосредоточены на изучении тенденций и особенностей развития наземного транспорта в современных геополитических условиях с целью оценки эффективности реализации задач государственной политики по формированию опорной транспортной сети в Арктике в кризисный период.

Ключевые слова: транспорт, транспортная инфраструктура, транспортная обеспеченность, Арктическая зона РФ, коэффициент Энгеля, коэффициент Успенского, коэффициент Василевского

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания по теме FMEZ-2023-0006 «Трансформация социально-экономического пространства российского Севера и Арктики: фундаментальные закономерности, новые вызовы, обеспечение развития».

Для цитирования: Серова Н. А., Серова В. А. Основные тенденции развития инфраструктуры наземного транспорта в регионах российской Арктики в допандемийный период // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2024. № 3. С. 183–197. doi:10.37614/2220-802X.3.2024.85.012.

Original article

KEY TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF LAND TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN RUSSIA'S ARCTIC REGIONS DURING THE PRE-PANDEMIC PERIOD

Natalia A. Serova¹, Valentina A. Serova²

^{1, 2}Lusin Institute for Economic Studies of the Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

¹ORCID 0000-0001-8064-1251

Abstract. The implementation of national projects for establishing a unified national transport network determines the relevance of studying the spatial organization of transport infrastructure, including the assessment of transport development across individual regions. One such region is the Arctic zone of the Russian Federation, a macro-region with unique characteristics. This study aims to identify interregional differences in the development of land transport infrastructure in Russia's Arctic regions and assess the adequacy of transport provisions in meeting current and potential cargo transportation demands during the pre-pandemic period. The authors conducted a retrospective analysis of changes

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

in the length of paved public roads and the operational railway network in the Arctic regions, focusing on the period from 2000 to 2020. Key indicators of transport security, such as the Engel, Uspensky, and Vasilevsky coefficients, were used for nonlinear evaluation. The scientific novelty of this research lies in uncovering key trends and patterns in land transport infrastructure development and assessing the level of transport security in the Russian Arctic during the pre-pandemic era. The study's findings confirm persistent territorial imbalances in land transport infrastructure development and interregional disparities in the pace and scale of new road and railway construction. The main insights and conclusions of this article can inform public authorities when preparing territorial strategies and transport infrastructure development programs for the Arctic regions, as well as in the training of state and municipal officials. The authors' future research will focus on exploring trends and specificities of land transport development under current geopolitical conditions, aiming to evaluate the effectiveness of public policy in developing a backbone transport network in the Arctic during times of crisis.

Keywords: transport, transport infrastructure, transport security, Russian Arctic, Engel coefficient, Uspensky coefficient, Vasilevsky coefficient

Acknowledgments: This research was conducted within the framework of the state-funded research project FMEZ-2023-0006 titled "Transformation of the Socio-Economic Space of the Russian North and the Arctic: Fundamental Regularities, New Challenges, and Development."

For citation: Serova N. A., Serova V. A. Key trends in the development of land transport infrastructure in Russia's Arctic regions during the pre-pandemic period. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2024, no. 3, pp. 183–197. doi:10.37614/2220-802X.3.2024.85.012.

Введение

Принятая в конце 2021 г. новая редакция национальной Транспортной стратегии до 2030 г. (с прогнозом до 2035 г.)¹ (далее — Транспортная стратегия) связывает реализацию задач государственной политики по повышению темпов экономического роста, улучшению качества жизни населения, развитию внешнеэкономических связей и интеграции российской экономики в глобальную хозяйственную систему с формированием единой опорной транспортной сети, объединяющей инфраструктуру всех видов транспорта по всей стране. Необходимость создания такой транспортной сети обусловлена крайней несбалансированностью национальной транспортной системы, существующими в ней диспропорциями в темпах и масштабах развития различных видов транспорта, недостаточным уровнем развития транспортной инфраструктуры и территориальной неравномерностью ее размещения [1, с. 11]. Это, в свою очередь, обуславливает слабую связанность географического и экономического пространства нашей страны, ее нереализованный транзитный потенциал и значительное отставание от развитых стран в уровне обеспеченности транспортной сетью.

Таким образом, практическая реализация Транспортной стратегии определяет актуальность исследования пространственной организации различных видов транспортной инфраструктуры, включающего оценку транспортной освоенности (обеспеченности) отдельных регионов страны. Одним из них, призванным стать гарантом долгосрочного

экономического роста России, ее территориальной целостности и обеспечения национальной безопасности, является уникальный по своим характеристикам макрорегион — Арктическая зона Российской Федерации (далее — АЗРФ). По данным Росстата², в 2022 г. удельный вес транспортной отрасли в валовом региональном продукте АЗРФ составил 6,0 %; в разрезе регионов наиболее высокую долю, превышающую среднероссийское значение (6,9 %), продемонстрировали Республика Карелия (9,7 %) и Архангельская область (11,1 %). Объем инвестиций в транспорт в целом по АЗРФ составил 752,2 млрд рублей, или 21,1 % в общем объеме инвестиций в основной капитал (в среднем по стране — 15,6 %), из которых почти 75,0 % пришлось всего на два региона — 269,8 млрд рублей на Якутию (41,8 % в общем объеме инвестиций региона) и 290,8 млрд рублей на Ямал (20,5 % в общем объеме инвестиций региона). Размер основных фондов организаций транспорта АЗРФ превысил 11107,3 млрд рублей, или 24,7 % от общей стоимости основных фондов (в среднем по стране — 15,7 %). Численность занятых в транспортной сфере АЗРФ по итогам 2020 г. составила 355,6 тыс. человек, или 9,4 % от общей численности занятых в экономике (в среднем по стране — 7,8 %), а в ряде регионов — Республике Коми, Мурманской области, Ненецком и Ямало-Ненецком автономных округах — этот показатель превысил 10 %. Таким образом, транспорт, выполняя важнейшую функцию обеспечения мобильности и качества жизни населения, также является и одной из наиболее стратегически значимых отраслей экономики АЗРФ.

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/>

187/191/documents (дата обращения: 25.12.2023).

² Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 1126 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf (дата обращения: 09.08.2024).

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

Согласно Транспортной стратегии необходимыми условиями для формирования опорной транспортной сети в АЗРФ станет: комплексное развитие морских судоходных путей в акваториях Северного морского пути, Баренцева, Белого и Печорского морей, а также примыкающих к ним внутренних водных путей, железнодорожных подходов и портовой инфраструктуры; создание на береговой линии баз снабжения и обслуживания компаний, реализующих проекты в Арктике; развитие автомобильных дорог, имеющих исключительную важность для обеспечения постоянного наземного сообщения арктических регионов с другими регионами страны (наиболее перспективными проектами в этом направлении является строительство двухполосной трассы Колыма — Омсукан — Омолон — Анадырь общей протяженностью 1863 км, которая в перспективе свяжет Чукотский автономный округ с общероссийской автодорожной сетью, а также строительство автодороги Сыктывкар — Ухта — Печора — Усинск — Нарьян-Мар протяженностью 255 км, которая свяжет более 170 удаленных населенных пунктов Республики Коми и Ненецкого автономного округа); развитие железнодорожной сети (в частности, реализация проекта «Северный широтный ход»³, в рамках которого на Ямале строится железнодорожный коридор Обская — Коротчаево (в 2022 г. из-за объективных изменений товаропотоков проект был приостановлен в пользу восточного направления)) [2, с. 147–149]. Однако необходимо помнить, что создание опорной транспортной сети в Арктике крайне затруднено в силу ее природно-географических особенностей и высокой чувствительности экосистемы к внешним воздействиям. Это накладывает целый ряд ограничений на применение в АЗРФ отдельных видов транспорта, увеличивает затраты на строительство и эксплуатацию транспортной инфраструктуры, повышает уровень транспортной дискриминации местного населения и в целом усложняет промышленно-хозяйственное освоение

³ «Северный широтный ход» (СШХ) — совместный проект Правительства России, Ямало-Ненецкого автономного округа, ПАО «Газпром», ОАО «РЖД» и АО «Корпорация развития» (ранее — ОАО «Корпорация Урал промышленный — Урал полярный») по транспортно-логистическому сопровождению освоения месторождений полезных ископаемых Ямала и прилегающих акваторий. Проект включен в Стратегию развития железнодорожного транспорта в России до 2030 года и предполагает строительство и реконструкцию железнодорожной магистрали Обская — Салехард — Надым — Пангоды — Новый Уренгой — Коротчаево протяженностью 707 км (в ценах 2017 г. ориентировочная стоимость реализации проекта составляла 262 млрд рублей). В перспективе планируется продолжить железную дорогу до портов Северного морского пути — от Бованенково к порту Саббета (СШХ-2), а также от Коротчаево на восток к портам Дудинка и Игарка Красноярского края (восточное плечо СШХ) [2]. В настоящее время из-за ухудшения внешнеэкономической и геополитической обстановки (в том числе ограничений экспортных поставок газа в Европу) проект «Северный широтный ход» приостановлен в пользу реализации двух других приоритетных проектов — развитие Мурманского транспортного узла и модернизация

этого макрорегиона [3, с. 43; 4, с. 1345].

Цель настоящего исследования заключалась в определении межрегиональных различий в развитии инфраструктуры наземного транспорта арктических регионов страны и уровне транспортной обеспеченности текущего и потенциального спроса на перевозку грузов в Арктике в допандемийный период. Для ее достижения были поставлены и решены следующие задачи: во-первых, проведен ретроспективный анализ динамики изменения протяженности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием и эксплуатационной длины железнодорожной сети за 2000–2020 гг. в разрезе регионов, чьи территории полностью или частично входят в состав АЗРФ⁴; во-вторых, выполнена оценка уровня транспортной обеспеченности рассматриваемых регионов. Научная новизна работы заключается в выявлении основных тенденций и закономерностей развития наземной транспортной инфраструктуры в регионах российской Арктики и уровня их транспортной обеспеченности в допандемийный период.

Информационную базу исследования составили научные публикации зарубежных и отечественных авторов, программные документы и нормативно-правовые акты, регулирующие отношения в сфере транспорта; материалы периодических изданий и информационной сети Интернет; авторские электронные базы данных «Показатели обеспеченности регионов Арктической зоны Российской Федерации наземными путями сообщения за 2000–2019 гг.»⁵, «Основные тенденции экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации в постсоветский период (1990–2018 гг.)»⁶ и «Динамика показателей обеспеченности субъектов и федеральных округов Российской Федерации автомобильными дорогами общего пользования за период 2006–2022 гг.»⁷; официальная информация Федеральной службы государственной статистики.

инфраструктуры Восточного полигона РЖД (Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей) для обеспечения железнодорожной логистики между Китаем и Россией по материке.

⁴ Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201405050030.pdf> (дата обращения: 06.05.2024).

⁵ База данных «Показатели обеспеченности регионов Арктической зоны Российской Федерации наземными путями сообщения за 2000–2019 гг.»: свидетельство о государственной регистрации № 2021622063 от 01.10.2021 / Н. А. Серова.

⁶ База данных «Основные тенденции экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации в постсоветский период (1990–2018 гг.)»: свидетельство о государственной регистрации № 2020622088 от 28.10.2020 / Н. А. Серова.

⁷ База данных «Динамика показателей обеспеченности субъектов и федеральных округов Российской Федерации автомобильными дорогами общего пользования за период 2006–2022 гг.»: свидетельство о государственной регистрации № 2023624975 от 25.12.2023 / Н. А. Серова.

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

Теоретико-методологические аспекты

Проблематика транспортной освоенности (обеспеченности) территорий как «важнейшего условия связанности глобального (межстранового), межрегионального и внутрирегионального экономического пространства» [5, с. 490–491] затрагивается во множестве научных работ ведущих российских и зарубежных авторов.

В зарубежных публикациях эти вопросы рассматриваются, как правило, в контексте развития транспортной инфраструктуры во взаимосвязи с устойчивым экономическим ростом [6–10] и/или качеством жизни населения [11; 12]. Так, например, D. Şahan и O. Tuna [13], оценивая долгосрочные выгоды от инвестиций в транспортную сеть Турции, обнаружили, что инвестиции в транспорт в целях расширения торговли могут положительно повлиять на рост импорта, для чего их следует осуществлять на основе долгосрочного планирования с особым вниманием к автомобильной и железнодорожной инфраструктуре. Z. Dehghan и S. Safaie [14], изучая влияние транспортной инфраструктуры на экономический рост в провинциях Ирана, выявили, что инфраструктура автомобильного и железнодорожного транспорта в каждой провинции оказывает косвенное положительное влияние на экономический рост других провинций. С. Wu, N. Zhang и L. Xu [15], анализируя влияние железных дорог на экономический рост и развитие развлекательного туризма в Китае, выявили, что инвестиции в железнодорожный транспорт способствуют экономическому росту как напрямую, так и косвенно за счет увеличения объемов частного туризма (эффект потребления услуг). Результаты масштабного опроса, проведенного американскими учеными J. Mattson, J. Brooks и др. [16], продемонстрировали прямую взаимосвязь между транспортом и общей удовлетворенностью жизнью — одним из «субъективных показателей качества жизни» [17]. Эти выводы согласуются с результатами целого ряда других исследований, которые доказывают, что удовлетворение от поездок (качество и доступность транспортных услуг, дорожные условия, удобство и легкость передвижения, безопасность дорожного движения и пр.) напрямую влияет на удовлетворенность жизнью и субъективное благополучие индивидов в целом [18–20]. В частности, в работе A. Delbosc [21] обосновывается влияние транспорта на субъективное благополучие через транспортную доступность к важным сферам жизни (работа, образование, здоровье, отдых, общение), транспортную мобильность и внешние эффекты от транспортной инфраструктуры и транспортных средств (загрязнение воздуха, шум и пр.). В исследовании австралийских экономистов J. K. Stanley, D. A. Hensher и др. [22] прямая связь

между транспортной мобильностью и субъективным благополучием не подтвердилась, однако ученые обнаружили, что, совершая меньшее количество поездок в день, люди подвергаются большему риску социальной изоляции, которая, в свою очередь, связана с более низким благополучием. Также за рубежом существует большое количество работ, сосредоточенных на выявлении взаимосвязей между уровнем развития транспортной инфраструктуры и качеством жизни социально уязвимых групп граждан (пожилых людей, лиц с ограниченными возможностями и др.) [23–25]. Главный вывод этих исследований заключается в том, что предоставление транспортных услуг социально уязвимым группам населения снижает риск их социальной изоляции и улучшает качество жизни.

В отечественной научной литературе анализ транспортной освоенности территорий чаще всего базируется на линейных показателях транспортной сети (протяженность, плотность путей сообщения) и нелинейных параметрах оценки уровня транспортной обеспеченности (коэффициенты Энгеля, Гольца, Успенского и Василевского), учитывающих экономическую активность и пространственную организацию исследуемых территорий (см., например: [26–30]). Для измерения степени развития транспортной инфраструктуры также часто используются интегральные показатели (индексы) транспортной доступности. Например, в работе А. М. Делуховой [31] представлены результаты расчета индекса транспортной доступности арктических населенных пунктов Республики Саха (Якутия), основанного на показателях сезонности, сложности (многозвенности) и вариативности (возможности изменить транспортную схему завоза грузов) использования транспортной инфраструктуры. Д. М. Радченко и Ю. Ю. Пономаревым [32] разработан и рассчитан индекс транспортной доступности авто- и железнодорожной инфраструктуры для 85 регионов и более 22 тыс. российских муниципалитетов, учитывающий основные пространственные и экономические характеристики зоны «притяжения» исследуемой инфраструктуры (удельные показатели численности населения этой зоны в общей численности региона/муниципалитета и др.). В методике, разработанной П. А. Лавриненко и др. [33], оценка транспортной доступности осуществляется с учетом совокупных транспортных затрат, которые включают как стоимостные (тарифы, расходы на бензин и т. д.), так и временные (время в пути) расходы. В масштабном исследовании уровня социальной устойчивости регионов российского Севера и Арктики [34], проведенном коллективом ученых Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН в 2018 г., используется разработанный Е. Е. Торопушиной поправочный

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

коэффициент территориально-транспортной доступности услуг здравоохранения и образования [35].

В настоящем исследовании в качестве ключевых индикаторов транспортной обеспеченности регионов АЗРФ были использованы широко применяемые в отечественной научной среде коэффициенты Энгеля, Успенского и Василевского:

1. Коэффициент Энгеля основан на взаимосвязи показателей численности населения и плотности дорожной сети и отражает «уровень обслуживания транспортной сетью населения рассматриваемой территории» [36]. Расчет коэффициента производится по следующей формуле:

$$k_e = \frac{L}{\sqrt{S \times N}}, \quad (1)$$

где k_e — коэффициент Энгеля; L — протяженность путей сообщения, км; S — площадь территории, км²; N — численность населения, чел.

2. Коэффициент Успенского является модификацией коэффициента Энгеля и рассчитывается с учетом уровня развития хозяйственной деятельности в регионе, выраженного в общем объеме перевезенных грузов. Использование коэффициента Успенского позволяет оценить обеспеченность транспортной инфраструктурой «текущего спроса на перевозку грузов в регионе» [36]. Расчет коэффициента производится по следующей формуле:

$$k_y = \frac{L}{\sqrt[3]{S \times N \times V_{Gr}}}, \quad (2)$$

где k_y — коэффициент Успенского; V_{Gr} — объем перевезенных грузов, тонн.

3. Коэффициент Василевского является модификацией коэффициента Успенского и рассчитывается с учетом всей производимой на территории региона продукции. Использование коэффициента Василевского позволяет оценить обеспеченность транспортной инфраструктурой «потенциального спроса на перевозку грузов» [36]. Расчет коэффициента производится по следующей формуле:

$$k_v = \frac{L}{\sqrt[3]{S \times N \times Q}}, \quad (3)$$

где k_v — коэффициент Василевского; Q — объем валовой продукции, млн рублей.

Для расчета вышеуказанных коэффициентов нами использовались стандартные статистические данные об эксплуатационной длине железнодорожных путей и протяженности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием регионов АЗРФ, а также соответствующие данные о площади указанных территорий в среднегодовом выражении и численности населения (на 1 января) за период 2000–2020 гг.

Результаты и обсуждение

Ретроспективный анализ развития наземной транспортной инфраструктуры АЗРФ

За 2000–2020 гг. протяженность автодорог в целом по АЗРФ увеличилась более чем в 2,2 раза, однако их доля в общероссийской сети автомобильных дорог сократилась с 8,5 до 7,2%, что свидетельствует о значительном отставании арктических регионов в темпах развития автодорожной инфраструктуры от других регионов страны. Это же характерно и для автодорог с твердым покрытием, протяженность которых в АЗРФ увеличилась в 1,7 раза, а их доля в общероссийской сети сократилась с 8,2 до 6,8 % (табл. 1). При этом следует отметить, что непосредственно в арктических регионах (то есть полностью входящих в состав АЗРФ) масштабы дорожного строительства были незначительны, а протяженность автодорог на Чукотке и вовсе сократилась. Увеличение протяженности автодорожной сети в целом по АЗРФ было обеспечено только благодаря строительству новых дорог в южных районах Красноярского края, Республики Саха (Якутия) и Архангельской области.

Аналогичную тенденцию продемонстрировала динамика развития железнодорожной сети. Несмотря на то что почти 95 % железных дорог, появившихся в стране за последние двадцать лет, было построено в АЗРФ (табл. 2), непосредственно в арктических регионах протяженность железнодорожной сети уменьшилась. Наибольшее развитие получила железнодорожная инфраструктура Якутии, где строится Амуро-Якутская железнодорожная магистраль (АЯМ), связывающая регион с Транссибом и БАМом. Первый участок АЯМ от Транссиба до Нерюнгри был сооружен еще в 1979 г., но затем строительство было приостановлено и возобновилось только в начале 2000-х гг. В частности, в 2004 г. был построен участок от Нерюнгри-Грузовая до Томмота, а в 2014 г. — участок Томмот — Нижний Бестях, соединяющий центральные районы региона и город Якутск с железнодорожной сетью страны, который, однако, эксплуатировался по временной схеме с возможностью лишь грузового движения. В 2019 г., когда на участке достроили пассажирские платформы и вокзал в Нижнем Бестяхе, он был сдан в эксплуатацию с пуском пассажирского движения. В перспективе железнодорожную линию протяженностью 1866 км планируется продлить от Нижнего Бестяха до Магадана (строительство включено в Стратегию развития железнодорожного транспорта в России до 2030 года⁸), что в еще более дальней перспективе создаст возможность продлить ее до Чукотки.

⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.06.2008 г. № 877-р «Об утверждении Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030» [Электронный ресурс].

URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010> (дата обращения: 17.03.2024).

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

Таблица 1

Динамика изменения протяженности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием регионов АЗРФ за 2000–2020 гг.

	Протяженность а/д сети, на конец года, км		Абсолютный прирост, км (+/-)	Темп прироста к 2000 г., %	Доля в общероссийской а/д сети, %	
	2000 г.	2020 г.			2000 г.	2020 г.
Арктическая зона РФ	43834,0	74559,7	+30725,7	+70,1	8,23	6,80
Справочно: РФ	532394,0	1096731,8	+564337,8	+106,0	–	–
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	150,0	285,0	+135,0	+90,0	0,03	0,03
Мурманская область	2503,0	3423,8	+920,8	+36,8	0,47	0,31
Ямало-Ненецкий АО	830,0	2718,7	+1888,7	+227,6	0,16	0,25
Чукотский АО	1279,0	894,1	-384,9	-30,1	0,24	0,08
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	6567,0	8464,7	+1897,7	+28,9	1,23	0,77
Республика Коми	5253,0	6744,7	+1491,7	+28,4	0,99	0,61
Архангельская область	7118,0	12126,5	+5008,5	+70,4	1,34	1,11
Красноярский край	12842,0	27452,2	+14610,2	+113,8	2,41	2,50
Республика Саха (Якутия)	7292,0	12449,9	+5157,9	+70,7	1,37	1,14

Примечание. Источник: Рассчитано авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

Таблица 2

Динамика изменения эксплуатационной длины железных дорог общего пользования регионов АЗРФ за 2000–2020 гг.

	Протяженность ж/д сети, на конец года, км		Абсолютный прирост, км (+/-)	Темп прироста к 2000 г., %	Доля в общероссийской ж/д сети, %	
	2000 г.	2020 г.			2000 г.	2020 г.
Арктическая зона РФ	9180	10076,3	+896,3	+9,8	10,67	11,58
Справочно: РФ	86075,0	87020,4	+945,4	+1,1	–	–
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	–	–	–	–	–	–
Мурманская область	891,0	870,3	-20,7	-2,3	1,04	1,00
Ямало-Ненецкий АО	495,0	480,9	-14,1	-2,9	0,58	0,55
Чукотский АО	–	–	–	–	–	–
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	2105,0	2225,6	+120,6	+5,7	2,45	2,56
Республика Коми	1692,0	1690,3	-1,7	-0,1	1,97	1,94
Архангельская область	1764,0	1766,7	+2,7	+0,2	2,05	2,03
Красноярский край	2068,0	2078,4	+10,4	+0,5	2,40	2,39
Республика Саха (Якутия)	165,0	964,1	+799,1	+484,3	0,19	1,11

Примечание. Источник: Рассчитано авторами по данным Федеральной службы государственной статистики.

Следует также отметить Красноярский край, где реализуется проект по увеличению пропускной способности железнодорожного участка Южного хода Транссибирской магистрали, с которого начинается Восточный полигон РЖД — проект «Комплексное развитие участка Междуреченск — Тайшет». Его реализация включает строительство новых железнодорожных путей и двухпутных вставок общей протяженностью 180 км, удлинение и строительство новых платформ, работы по усилению устройств электроснабжения и др. Всего за период реализации инвестпроекта с 2015 г. введено в эксплуатацию

167 км вторых путей, реконструированы десятки инженерных сооружений, объектов энергетического хозяйства, систем автоматики и телемеханики, модернизированы значимые инфраструктурные объекты, среди которых 2-й Джебский тоннель и Козинский виадук, по которому впервые открыто двухпутное движение поездов⁹.

В целом ретроспективная динамика развития инфраструктуры наземного транспорта в АЗРФ имеет разнонаправленный характер изменений, продиктованный межрегиональными различиями в скорости и масштабах строительства новых

⁹ Рябинина Т. Пять самых крупных проектов Красноярской железной дороги // Комсомольская правда. 2023. 28 фев. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.krsk.kp.ru/daily/27471/4726894/> (дата обращения: 13.08.2024).

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

автомобильных и железных дорог. Наблюдаются значительные расхождения темпов развития автодорожной и железнодорожной транспортных сетей как между регионами, так и по сравнению с общероссийским уровнем. Сохраняются территориальные диспропорции развития наземной транспортной инфраструктуры: большая часть российской Арктики, особенно ее восточные территории, почти не имеет наземных путей сообщения, поэтому даже между существующими на сегодняшний день транспортными коммуникациями, созданными еще в советские времена, отсутствует полноценная круглогодичная связь, а доступ к отдаленным поселениям ряда регионов и внутри них осуществляется только воздушным транспортом, по рекам (в летний период) и/или ежегодно возобновляемым автозимникам, часть из которых введена в разряд региональных дорог.

Оценка уровня транспортной обеспеченности регионов АЗРФ

Наши расчеты комплексных показателей транспортной обеспеченности за 2000–2020 гг. свидетельствуют о приросте коэффициента Энгеля (k_e) во всех регионах АЗРФ (табл. 3). Однако отметим, что, поскольку k_e оценивает уровень транспортной обеспеченности территорий с учетом численности населения, можно предположить, что рост этого показателя во многом обусловлен не только строительством новых наземных путей сообщения, но и значительным оттоком населения из Арктики (см., например, [37]). Косвенным подтверждением этого служит то, что при росте значений коэффициентов обеспеченности автодорожной сетью с твердым покрытием во всех рассматриваемых регионах (кроме Чукотского автономного округа, где протяженность автодорог сократилась почти на треть) наблюдается нарастание их отрыва от среднероссийского значения: если в 2000 г. k_{eA} в среднем по стране превышал аналогичный показатель по АЗРФ в 2 раза, то на конец 2020 г. это соотношение составило 2,3.

Исключением является Ямало-Ненецкий автономный округ, где отрыв между значением k_{eA} региона со среднероссийским показателем k_{eA} существенно сократился (с 7,8 раз до 5,2). Главным образом, это обусловлено тем, что за время реализации крупномасштабного проекта СШХ и государственной программы «Сотрудничество», направленной на развитие интеграционных процессов в экономике и социальной сфере Тюменской области, на Ямале было построено и введено в эксплуатацию более 2000 км автомобильных дорог, в том числе 1888 км дорог с твердым покрытием. Среди них: автодорога Новый Уренгой — Надым протяженностью 41,4 км (2007 г.); магистраль Пангоды — Правоохтинский протяженностью 65,5 км (2009–2013 гг.); объездная

дорога в Надыме (2020 г.); участок Надым — Салехард протяженностью 344 км (2020 г.), строительство которого позволяет соединить западную и восточную части Ямала, а «в дальнейшей перспективе свяжет поселения региона с автодорожной сетью страны» [38].

Что касается железнодорожной сети, то в первую очередь следует отметить сохраняющиеся территориальные диспропорции в ее развитии. Наши расчеты показали, что обеспеченность регионов европейской части АЗРФ железными дорогами общего пользования ($k_{eжд}$) по-прежнему, как и в начале века, существенно превышает не только аналогичный показатель регионов восточных территорий Арктики, но и среднероссийский уровень. Строительство новых дорог обеспечило некоторое сокращение отрыва $k_{eжд}$ большинства регионов со среднероссийским показателем, но не изменило существующую ситуацию.

Исключением вновь составил Ямало-Ненецкий автономный округ, где за анализируемый период увеличилась как площадь территории, так и численность населения (показатели, учитываемые при расчете $k_{eжд}$), а протяженность железнодорожной сети, наоборот, уменьшилась. В итоге регион стал единственным в АЗРФ, где уровень обеспеченности железными дорогами общего пользования сократился. Однако, в то же время, в округе существенно возросла протяженность железных дорог необщего пользования (для Ямала характерно большое количество ведомственных дорог, большая часть которых принадлежат ОАО «Ямальская железнодорожная компания» и ПАО «Газпром»). В частности, в рамках мегапроекта «Ямал», реализуемого ПАО «Газпром», в 2011 г. была построена железнодорожная магистраль Обская (город Лабытнанги) — Бованенково — Карская (Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение). Дорога протяженностью 572 км используется для доставки грузов, предназначенных для освоения газовых месторождений полуострова и включает в себя 5 станций, 12 разъездов и 70 мостов, в том числе «самый протяженный в мире за Полярным кругом мост через реку Юрибей, не имеющий аналогов в практике мостостроения, как по особенностям конструкции, так и по климатическим и геокриологическим условиям строительства и эксплуатации»¹⁰. Кроме того, несмотря на приостановку реализации проекта СШХ, в 2023 г. началась реконструкция одного из участков данного проекта — железнодорожной ветки Надым — Пангоды (окончание работ планируется к 2027 г.).

Иную динамику с k_e продемонстрировали рассчитанные нами коэффициенты Успенского (k_u) и Василевского (k_v), учитывающие произведенный и отправленный совокупный объем грузов и товаров собственного производства (табл. 4, 5).

¹⁰ Самая северная железная дорога в мире / ПАО «Газпром». 6 мая 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazprom.ru/press/>

news/reports/2024/northernmost-railway/ (дата обращения: 11.08.2024)

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

Таблица 3

Динамика изменения коэффициентов транспортной обеспеченности регионов АЗРФ за 2000–2020 гг. (коэффициент Энгеля)

	Коэффициент Энгеля k_e		Абсолютный прирост (+/-)	Темп прироста к 2000 г., %	Отношение к среднероссийскому k_e , раз	
	2000 г.	2020 г.			2000 г.	2020 г.
Автомобильные дороги общего пользования с твердым покрытием (k_{eA})						
АЗРФ	0,165	0,295	+0,130	+79,1	2,0	2,3
Справочно: РФ	0,337	0,693	+0,356	+105,6	1,0	1,0
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	0,056	0,102	+0,046	+82,3	6,0	6,8
Мурманская область	0,216	0,332	+0,116	+53,5	1,6	2,1
Ямало-Ненецкий АО	0,043	0,133	+0,090	+208,7	7,8	5,2
Чукотский АО	0,196	0,150	-0,046	-23,8	1,7	4,6
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	0,586	0,807	+0,221	+37,7	0,6	0,9
Республика Коми	0,252	0,366	+0,114	+45,2	1,3	1,9
Архангельская область	0,305	0,573	+0,269	+88,1	1,1	1,2
Красноярский край	0,153	0,334	+0,181	+117,9	2,2	2,1
Республика Саха (Якутия)	0,134	0,226	+0,092	+69,1	2,5	3,1
Железные дороги общего пользования ($k_{eЖД}$)						
АЗРФ	0,035	0,040	+0,005	+15,6	1,6	1,4
Справочно: РФ	0,054	0,055	+0,001	+1,0	1,0	1,0
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	–	–	–	–	–	–
Мурманская область	0,077	0,084	+0,007	+9,6	0,7	0,7
Ямало-Ненецкий АО	0,026	0,023	-0,002	-8,4	2,1	2,3
Чукотский АО	–	–	–	–	–	–
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	0,188	0,212	+0,024	+13,0	0,3	0,3
Республика Коми	0,081	0,092	+0,011	+13,0	0,7	0,6
Архангельская область	0,076	0,084	+0,008	+10,6	0,7	0,7
Красноярский край	0,025	0,025	+0,001	+2,4	2,2	2,2
Республика Саха (Якутия)	0,003	0,018	+0,014	+478,8	18,0	3,1

Примечание. Источник: расчеты авторов.

Таблица 4

Динамика изменения коэффициентов транспортной обеспеченности регионов АЗРФ за 2000–2020 гг. (коэффициент Успенского)

1	Коэффициент Успенского, k_y		Абсолютный прирост (+/-)	Темп прироста к 2000 г., %	Отношение к среднероссийскому k_y , раз	
	2000 г.	2020 г.			2000 г.	2020 г.
	2	3	4	5	6	7
Автомобильные дороги общего пользования с твердым покрытием (k_{yA})						
АЗРФ	0,139	0,320	+0,181	+131,0	1,6	1,4
Справочно: РФ	0,217	0,460	+0,243	+111,7	1,0	1,0
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	0,084	0,107	+0,023	+28,0	2,6	4,3
Мурманская область	0,230	0,575	+0,345	+149,7	0,9	0,8
Ямало-Ненецкий АО	0,032	0,130	+0,099	+311,1	6,9	3,5
Чукотский АО	0,395	0,313	-0,083	-20,9	0,6	1,5

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	0,286	0,904	+0,617	+215,6	0,8	0,5
Республика Коми	0,195	0,328	+0,134	+68,6	1,1	1,4
Архангельская область	0,281	0,474	+0,193	+68,5	0,8	1,0
Красноярский край	0,130	0,326	+0,196	+151,3	1,7	1,4
Республика Саха (Якутия)	0,118	0,365	+0,248	+210,5	1,8	1,3
<i>Железные дороги общего пользования (к_{жд})</i>						
АЗРФ	0,044	0,047	+0,003	+6,3	1,4	1,2
Справочно: РФ	0,062	0,058	-0,004	-7,4	1,0	1,0
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	–	–	–	–	–	–
Мурманская область	0,060	0,058	-0,002	-2,8	1,0	1,0
Ямало-Ненецкий АО	0,054	0,028	-0,025	-47,5	1,2	2,1
Чукотский АО	–	–	–	–	–	–
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	0,172	0,151	-0,021	-12,1	0,4	0,4
Республика Коми	0,077	0,099	+0,022	+29,3	0,8	0,6
Архангельская область	0,104	0,096	-0,008	-7,5	0,6	0,6
Красноярский край	0,030	0,030	-0,000	-0,0	2,1	1,9
Республика Саха (Якутия)	0,006	0,033	+0,027	+475,7	11,1	1,8

Примечание. Источник: расчеты авторов.

Таблица 5

Динамика изменения коэффициентов транспортной обеспеченности регионов АЗРФ за 2000–2020 гг. (коэффициент Василевского)

	Коэффициент Василевского k _v		Абсолютный прирост (+/-)	Темп прироста к 2000 г., %	Отношение к среднероссийскому k _v , раз	
	2000 г.	2020 г.			2000 г.	2020 г.
<i>Автомобильные дороги общего пользования с твердым покрытием (k_{ва})</i>						
АЗРФ	0,132	0,158	+0,026	+19,7	1,8	2,6
Справочно: РФ	0,233	0,403	+0,170	+73,0	1,0	1,0
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	0,041	0,046	+0,005	+12,2	5,7	8,8
Мурманская область	0,134	0,177	+0,043	+32,1	1,7	2,3
Ямало-Ненецкий АО	0,027	0,069	+0,042	+155,6	8,6	5,8
Чукотский АО	0,277	0,101	-0,176	-63,5	0,8	4,0
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	0,447	0,485	+0,038	+8,5	0,5	0,8
Республика Коми	0,184	0,231	+0,047	+25,5	1,3	1,7
Архангельская область	0,249	0,326	+0,077	+30,9	0,9	1,2
Красноярский край	0,115	0,190	+0,075	+65,2	2,0	2,1
Республика Саха (Якутия)	0,126	0,166	+0,040	+31,7	1,8	2,4
<i>Железные дороги общего пользования (к_{жд})</i>						
АЗРФ	0,028	0,021	-0,006	-22,5	1,37	1,50
Справочно: РФ	0,038	0,032	-0,006	-15,1	1,0	1,0
<i>Регионы, полностью входящие в АЗРФ</i>						
Ненецкий АО	–	–	–	–	–	–
Мурманская область	0,048	0,045	-0,003	-5,5	0,8	0,7
Ямало-Ненецкий АО	0,016	0,012	-0,004	-25,3	2,3	2,6
Чукотский АО	–	–	–	–	–	–
<i>Регионы, частично входящие в АЗРФ</i>						
Республика Карелия	0,143	0,128	-0,016	-10,9	0,3	0,3
Республика Коми	0,059	0,058	-0,001	-2,4	0,6	0,6
Архангельская область	0,062	0,048	-0,014	-23,0	0,6	0,7
Красноярский край	0,018	0,014	-0,004	-22,1	2,0	2,2
Республика Саха (Якутия)	0,003	0,013	0,010	+348,9	13,2	2,5

Примечание. Источник: расчеты авторов.

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

Анализ показал, что за 2000–2020 гг. обеспеченность текущего спроса на перевозку грузов автомобильным транспортом (k_{yA}) возросла во всех регионах АЗРФ, при этом в большинстве из них темпы роста превышали среднероссийский уровень. Исключение составил Чукотский автономный округ, где из-за сокращения протяженности автодорожной сети обеспеченность текущего спроса региона на перевозку грузов автотранспортом существенно снизилась, а отставание от среднероссийского значения k_{yA} увеличилось в 2,7 раза. В ряде регионов (Республике Коми, Архангельской области и Ненецком автономном округе) значения k_{yA} , наряду с положительной динамикой, также продемонстрировали увеличение отрыва от среднероссийского показателя.

Обеспеченность текущего спроса на перевозку грузов железнодорожным транспортом ($k_{yЖД}$) уменьшилась практически во всех регионах АЗРФ, что во многом объясняется значительным ростом грузооборота, прежде всего, за счет увеличения объемов производства в основных грузообразующих отраслях арктических регионов (см. подробнее: [39–41]). Исключение составили республики Коми и Саха (Якутия), где обеспеченность текущего спроса на грузоперевозки железнодорожным транспортом значительно возросла, но, однако, за счет разных факторов: в первом случае — из-за падения добычи каменного угля и металлических руд, занимающих ведущее место в структуре грузоперевозок региона; во втором — из-за значительного увеличения протяженности железнодорожной сети.

Расчеты коэффициентов транспортной обеспеченности потенциального спроса на перевозку грузов (k_v) показали схожую динамику: повышение обеспеченности грузоперевозок инфраструктурой автомобильного транспорта (k_{vA}) наряду с уменьшением обеспеченности потенциальных грузоперевозок железнодорожным транспортом ($k_{vЖД}$).

Заключение

В целом анализ развития инфраструктуры наземного транспорта в регионах российской Арктики показал, что динамика изменения протяженности автомобильной и железнодорожной транспортных сетей регионов АЗРФ в допандемийный период имеет разнонаправленный характер, обусловленный межтерриториальными различиями в скорости и масштабах строительства новых автомобильных и железных дорог общего пользования. Так, в регионах, полностью входящих в состав АЗРФ, в двух из которых отсутствуют железнодорожные пути сообщения, протяженность эксплуатационной длины железных дорог сократилась, а масштабы автодорожного строительства были весьма незначительны (за исключением Ямало-Ненецкого автономного

округа, где реализовался приостановленный на сегодняшний день проект «Северный широтный ход»). Среди регионов, частично входящих в АЗРФ, новые автомобильные и железные дороги строились в основном в южных районах Восточной Сибири, а именно: в Республике Саха (Якутия), где продолжается строительство Амуро-Якутской железнодорожной магистрали, и Красноярском крае — одном из участников проекта модернизации Восточного полигона РЖД. Расчеты комплексных показателей транспортной обеспеченности также продемонстрировали в этих регионах прирост значений коэффициентов Энгеля, существенно превышающий среднероссийский уровень. В остальных регионах АЗРФ, несмотря на рост показателей транспортной обеспеченности, наблюдается их заметное отставание по темпам строительства новых автомобильных и железных дорог от других регионов страны. Таким образом, очевидно, что ключевым фактором развития инфраструктуры наземного транспорта в АЗРФ в допандемийный период стала реализация крупных транспортных мегапроектов лишь в некоторых регионах, что, впрочем, существенно не изменило существующую топологию автомобильной и железнодорожной транспортных сетей в Арктике.

Анализ уровня транспортной обеспеченности спроса на перевозки грузов показал, что обеспеченность как текущего, так и потенциального спроса на грузоперевозки автомобильным транспортом возросла практически во всех регионах АЗРФ, при этом в большинстве из них темпы роста превышали среднероссийский уровень. В то же время в условиях неуклонного увеличения объемов добычи полезных ископаемых, составляющих основу грузоперевозок в Арктике, транспортная обеспеченность и текущего, и потенциального спроса на грузоперевозки железнодорожным транспортом сократилась практически во всех регионах АЗРФ, прежде всего на Ямале. Исключение составили республики Коми и Саха (Якутия), где обеспеченность спроса на перевозки за рассматриваемый период несколько возросла: в первом случае — из-за падения объемов добычи угля и, соответственно, снижения грузооборота; во втором — в связи со значительным увеличением протяженности железнодорожной сети.

Авторский вклад в теоретико-методологические представления о транспортной освоенности (обеспеченности) регионов российской Арктики заключается в подтверждении сохраняющихся диспропорций в развитии наземной транспортной инфраструктуры и усиления межрегиональной дифференциации в темпах строительства новых автомобильных и железных дорог. Практическое значение настоящего исследования состоит в выполнении задачи научного наблюдения за

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

процессами развития арктических территорий страны. Дальнейшие изыскания авторов будут сосредоточены на изучении тенденций и особенностей развития инфраструктуры наземного транспорта регионов АЗРФ в современных геополитических условиях (пандемия COVID-19, оказавшая крайне негативное влияние на все сферы мировой экономики, в том числе и на транспортную,

ужесточение санкционного давления на Россию в связи с началом СВО на Украине, закрытие воздушного пространства с государствами Евросоюза, взаимные ограничения движения морского и автомобильного транспорта и др.) с целью оценки эффективности реализации задач государственной политики по формированию опорной транспортной сети в Арктике в кризисный период.

Список источников

1. Ускова Т. В. Транспортная инфраструктура как фактор развития территорий и связанности экономического пространства // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25, № 3. С. 7–22. <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.3.113.1>.
2. Серова Н. А., Серова В. А. Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2 (185). С. 142–151. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-185-142-151>.
3. Серова Н. А., Серова В. А. Основные тенденции развития транспортной инфраструктуры российской Арктики // Арктика и Север. 2019. № 36. С. 42–56. <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2019.36.42>.
4. Агарков С. А. На пути к устойчивому развитию энергоресурсного потенциала Российской Арктики: геоэкономическое измерение (проблемы, тенденции, решения) // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 3. С. 1339–1364. <https://doi.org/10.18334/vines.13.3.119173>.
5. Погосян М. А., Стрелец Д. Ю., Владимиров В. Г. Связанность территории Российской Федерации: от постановки комплексных задач к формированию комплексных научно-технических проектов // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89, № 5. С. 489–495.
6. Alotaibi S., Quddus M., Morton C., Imprialou M. Transport investment, railway accessibility and their dynamic impacts on regional economic growth // Research in Transportation Business & Management. 2021. Vol. 43. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100702>.
7. Deng T. Impacts of Transport Infrastructure on Productivity and Economic Growth: Recent Advances and Research Challenges // Transport Reviews. 2013. Vol. 33 (6). P. 686–699. <https://doi.org/10.1080/01441647.2013.851745>.
8. Yousif G. The Impact of Transportation Infrastructure on Economic Growth: Empirical Evidence from Saudi Arabia // Journal of Economics, Management and Trade. 2019. Vol. 23 (4). P. 1–13. <https://doi.org/10.9734/jemt/2019/v23i430138>.
9. Syadullah M., Setyawan D. The Impact of Infrastructure Spending on Economic Growth: A Case Study of Indonesia // Communications — Scientific letters of the University of Zilina. 2021. Vol. 23 (3). P. A184–A192. <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.3.A184-A192>.
10. Zhang Y., Cheng L. The role of transport infrastructure in economic growth: Empirical evidence in the UK // Transport Policy. 2023. Vol. 133 (4). P. 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.017>.
11. Venkataram P., Flynn J., Bhuiya M., Barajas J., Handy S. Framing availability and usability of transportation for people with disabilities // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2023. Vol. 22. 100961. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100961>.
12. Kussl S., Wald A. Smart Mobility and its Implications for Road Infrastructure Provision: A Systematic Literature Review // Sustainability. 2023. Vol. 15 (1). 210. <https://doi.org/10.3390/su15010210>.
13. Şahan D., Tuna O. Trade Benefits of Transport Network Expansion Policy in Türkiye // Fiscaeconomia. 2023. Vol. 7 (2). P. 1005–1027. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1216970>.
14. Dehghan Z., Safaie S. Do transport infrastructure spillovers matter for economic growth? Evidence on road and railway transport infrastructure in Iranian provinces // Regional Science Policy & Practice. 2018. Vol. 10 (2). P. 49–63. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12114>.
15. Wu C., Zhang N., Xu L. Travelers on the Railway: An Economic Growth Model of the Effects of Railway Transportation Infrastructure on Consumption and Sustainable Economic Growth // Sustainability. 2021. Vol. 13 (12). 6863. <https://doi.org/10.3390/su13126863>.
16. Mattson J., Brooks J., Godavarthy R., Quadrifoglio L., Jain J., Simek C., Sener I. Transportation, community quality of life, and life satisfaction in metro and non-metro areas of the United States // Wellbeing, Space and Society. 2021. Vol. 2. 100056. <https://doi.org/10.1016/j.wss.2021.100056>.
17. Васильева О. В. Измерение качества жизни населения: субъективный и объективный подходы // Векторы благополучия: экономика и социум. 2021. № 4 (43). С. 65–80. [https://doi.org/10.18799/26584956/2021/4\(43\)/1127](https://doi.org/10.18799/26584956/2021/4(43)/1127).
18. De Vos J. Analysing the effect of trip satisfaction on satisfaction with the leisure activity at the destination of the trip, in relationship with life satisfaction // Transportation. 2019. Vol. 46. P. 623–645. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9812-0>.

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

19. Friman M., Gärling T., Ettema D., Olsson L. How does travel affect emotional well-being and life satisfaction? // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 106. P. 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.024>.
20. Lättman K., Olsson L., Friman M., Fujii S. Perceived Accessibility, Satisfaction with Daily Travel, and Life Satisfaction among the Elderly // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16 (22). 4498. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224498>.
21. Delbosc A. The role of well-being in transport policy // *Transport Policy*. 2012. Vol. 23. P. 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.06.005>.
22. Stanley J. K., Hensher D. A., Stanley J. R., Vella-Brodrick D. Mobility, social exclusion and well-being: Exploring the links // *Transportation Research*. 2011. Vol. 45. P. 789–801. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.06.007>.
23. Metz D. Mobility of older people and their quality of life // *Transport Policy*. 2000. Vol. 7 (2). P. 149–152. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(00\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(00)00004-4).
24. Freund K., Bayne A., Beck L., Siegfried A., Warren J., Nadel T., Natarajan A. Characteristics of ride share services for older adults in the United States // *Journal of Safety Research*. 2020. Vol. 72. P. 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.12.008>.
25. Gössling S., Freytag T., Humpe A., Scuttari A. Keeping older people mobile: Autonomous transport services in rural areas // *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. 2023. Vol. 18. 100778. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100778>.
26. Саргина А. В., Седова Н. В. Оценка транспортной обеспеченности Уральского федерального округа // *Региональная экономика. Юг России*. 2023. Т. 11, № 2. С. 128–136. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.2.12>.
27. Бережная Л. Ю. К вопросу о применении коэффициента обеспеченности регионов транспортной инфраструктурой (на примере ПФО) // *Азимут научных исследований: экономика и управление*. 2018. Т. 7, № 3 (24). С. 39–42.
28. Лебедева Н. А. Оценка транспортной обеспеченности Северо-Западного федерального округа // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент*. 2021. № 2. С. 47–54. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2021-14-2-47-54>
29. Береснев А. Е., Морачевская К. А., Шендрик А. В. Оценка обеспеченности транспортной сетью районов Красноярского края // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2017. Т. 3 (69), № 3–1. С. 12–22.
30. Федорова А. С., Саввинова А. Н., Захаров М. И. Оценка обеспеченности транспортной сетью районов республики Саха (Якутия) // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2022. Т. 28, № 1. С. 105–114. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-1-28-105-114>.
31. Делыхова А. М. Методический подход к оценке транспортной доступности территорий северного региона // *Теоретическая и прикладная экономика*. 2023. № 2. С. 11–27. <https://doi.org/10.25136/2409-8647.2023.2.39462>.
32. Радченко Д. М., Пономарев Ю. Ю. О способах измерения степени развития транспортной инфраструктуры // *Пространственная экономика*. 2019. Т. 15, № 2. С. 37–74. <https://doi.org/10.14530/se.2019.2.037-074>.
33. Лавриненко П. А., Ромашина А. А., Степанов П. С., Чистяков П. А. Транспортная доступность как индикатор развития региона // *Проблемы прогнозирования*. 2019. № 6 (177). С. 136–146.
34. Социальная устойчивость регионов российского Севера и Арктики: оценка и пути достижения. Апатиты: КНЦ РАН, 2018. 169 с. <https://doi.org/10.25702/KSC.978-5-91137-384-9>.
35. Торопушина Е. Е. Методические подходы к оценке уровня развития социальной инфраструктуры регионов Севера и Арктики России // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2018. № 4 (60). С. 101–111. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.4.2018.60.101-111>.
36. Чернышев А. А. Анализ взаимосвязи экономического развития регионов и показателей их обеспеченности железнодорожной инфраструктурой // *Транспортное дело России*. 2017. № 2. С. 141–143.
37. Корчак Е. А. Долгосрочная динамика социального пространства арктических территорий России // *Арктика и Север*. 2020. № 38. С. 121–139. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.38.121>.
38. Филина В. Н. Транспортное обеспечение арктических территорий // *Проблемы развития территории*. 2021. № 25 (2). С. 24–43.
39. Серова Н. А., Готов С. В. Ключевые тенденции развития инвестиционных процессов в Арктической зоне РФ в 2008–2017 гг. // *Арктика и Север*. 2019. № 34. С. 77–89. <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2019.34.7>.
40. Серова Н. А., Скуфьина Т. П. Анализ структурного развития промышленного производства в регионах российской Арктики // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2023. Т. 26, № 1 (79). С. 108–119. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.007>.
41. Васильев В. В. Структурные изменения в экономике зоны Севера в современный период // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2021. № 4 (74). С. 56–70. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.4.2021.74.005>.

References

1. Uskova T. V. Transportnaya infrastruktura kak faktor razvitiya territorii i svyazannosti ekonomicheskogo prostranstva [Transport infrastructure as a factor of territories' development and connectedness of economic space]. *Problemy razvitiya territorii* [Problems of Territory's Development], 2021, vol. 25, no 3, pp. 7–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/ptd.2021.3.113.1>.
2. Serova N. A., Serova V. A. Transport Infrastructure of the Russian Arctic: Specifics Features and Development Prospects. *Studies on Russian Economic Development*, 2021, vol. 32, no. 2, pp. 213–219. <https://doi.org/10.1134/S107570072102009X>.
3. Serova N. A., Serova V. A. Osnovnye tendentsii razvitiya transportnoi infrastruktury rossiiskoi Arktiki [Critical tendencies of the transport infrastructure development in the Russian Arctic]. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2019, no. 36, pp. 42–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2019.36.42>.
4. Agarkov S. A. Na puti k ustoichivomu razvitiyu energoresursnogo potentsiala Rossiiskoi Arktiki: geoeconomicheskoe izmerenie (problemy, tendentsii, resheniya) [Towards sustainable development of the energy resource potential of the Russian Arctic: Geoeconomic dimension (problems, trends, and solutions)]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* [Russian Journal of Innovation Economics], 2023, vol. 13, no 3, pp. 1339–1364. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.3.119173>.
5. Pogosyan M. A., Strelets D. Yu., Vladimirova V. G. Svyazannost' territorii Rossiiskoi Federatsii: ot postanovki kompleksnykh zadach k formirovaniyu kompleksnykh nauchno-tekhnicheskikh proektov [Territorial connectivity of the Russian Federation: from the statement of complex problems to drawing up integrated scientific and technical projects]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], 2019, vol. 89, no. 5, pp. 489–495. (In Russ.).
6. Alotaibi S., Quddus M., Morton C., Imprialou M. Transport investment, railway accessibility and their dynamic impacts on regional economic growth. *Research in Transportation Business & Management*, 2021, vol. 43. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100702>.
7. Deng T. Impacts of Transport Infrastructure on Productivity and Economic Growth: Recent Advances and Research Challenges. *Transport Reviews*, 2013, vol. 33 (6), pp. 686–699. <https://doi.org/10.1080/01441647.2013.851745>.
8. Yousif G. The Impact of Transportation Infrastructure on Economic Growth: Empirical Evidence from Saudi Arabia. *Journal of Economics, Management and Trade*, 2019, vol. 23 (4), pp. 1–13. <https://doi.org/10.9734/jemt/2019/v23i430138>.
9. Syadullah M., Setyawan D. The Impact of Infrastructure Spending on Economic Growth: A Case Study of Indonesia. *Communications — Scientific letters of the University of Zilina*, 2021, vol. 23 (3), pp. A184–A192. <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.3.A184-A192>.
10. Zhang Y., Cheng L. The role of transport infrastructure in economic growth: Empirical evidence in the UK. *Transport Policy*, 2023, vol. 133 (4), pp. 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.017>.
11. Venkataram P., Flynn J., Bhuiya M., Barajas J., Handy S. Framing availability and usability of transportation for people with disabilities. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2023, vol. 22, 100961. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100961>.
12. Kussl S., Wald A. Smart Mobility and its Implications for Road Infrastructure Provision: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 2023, vol. 15 (1), 210. <https://doi.org/10.3390/su15010210>.
13. Şahan D., Tuna O. Trade Benefits of Transport Network Expansion Policy in Türkiye. *Fiscoeconomia*, 2023, vol. 7 (2), pp. 1005–1027. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1216970>.
14. Dehghan Z., Safaie S. Do transport infrastructure spillovers matter for economic growth? Evidence on road and railway transport infrastructure in Iranian provinces. *Regional Science Policy & Practice*, 2018, vol. 10 (2), pp. 49–63. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12114>.
15. Wu C., Zhang N., Xu L. Travelers on the Railway: An Economic Growth Model of the Effects of Railway Transportation Infrastructure on Consumption and Sustainable Economic Growth. *Sustainability*, 2021, vol. 13 (12), 6863. <https://doi.org/10.3390/su13126863>.
16. Mattson J., Brooks J., Godavarthy R., Quadrifoglio L., Jain J., Simek C., Sener I. Transportation, community quality of life, and life satisfaction in metro and non-metro areas of the United States. *Wellbeing, Space and Society*, 2021, vol. 2, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.wss.2021.100056>.
17. Vasileva O. V. Izmerenie kachestva zhizni naseleniya: sub"ektivnyi i ob"ektivnyi podkhody [Measuring the quality of life of the population: Subjective and objective approaches]. *Vektory blagopoluchiya: ekonomika i sotsium* [Vectors of well-being: Economy and society], 2021, no. 4 (43), pp. 65–80. (In Russ.). [https://doi.org/10.18799/26584956/2021/4\(43\)/1127](https://doi.org/10.18799/26584956/2021/4(43)/1127).
18. De Vos J. Analysing the effect of trip satisfaction on satisfaction with the leisure activity at the destination of the trip, in relationship with life satisfaction. *Transportation*, 2019, vol. 46, pp. 623–645. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9812-0>.

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

19. Friman M., Gärling T., Ettema D., Olsson L. How does travel affect emotional well-being and life satisfaction? *Transportation Research*, 2017, vol. 106, pp. 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.024>.
20. Lättman K., Olsson L., Friman M., Fujii S. Perceived Accessibility, Satisfaction with Daily Travel, and Life Satisfaction among the Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, vol. 16 (22), 4498. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224498>.
21. Delbosc A. The role of well-being in transport policy. *Transport Policy*, 2012, vol. 23, pp. 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.06.005>.
22. Stanley J. K., Hensher D. A., Stanley J. R., Vella-Brodrick D. Mobility, social exclusion and well-being: Exploring the links. *Transportation Research*, 2011, vol. 45, pp. 789–801. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.06.007>.
23. Metz D. Mobility of older people and their quality of life. *Transport Policy*, 2000, vol. 7 (2), pp. 149–152. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(00\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(00)00004-4).
24. Freund K., Bayne A., Beck L., Siegfried A., Warren J., Nadel T., Natarajan A. Characteristics of ride share services for older adults in the United States. *Journal of Safety Research*, 2020, vol. 72, pp. 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.12.008>.
25. Gössling S., Freytag T., Humpe A., Scuttari A. Keeping older people mobile: Autonomous transport services in rural areas. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2023, vol. 18, 100778. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100778>.
26. Sargina A. V., Sedova N. V., Otsenka transportnoi obespechennosti Ural'skogo federal'nogo okruga [Assessment of transport provision of the Ural Federal District]. *Regional'naya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economics. South of Russia], 2023, vol. 11, no. 2, pp. 128–136. (In Russ.). <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.2.12>.
27. Berezhnaya L. Yu. K voprosu o primenении koeffitsienta obespechennosti regionov transportnoi infrastrukturoi (na primere PFO) [To the issue of applying the coefficient of provision of regions with transport infrastructure (by the example of the Volga Federal District)]. *Azimut nauchnyh issledovaniy: ekonomika i upravlenie* [Azimut Scientific Research: Economics and Management], 2018, vol. 7, no. 3 (24), pp. 39–42. (In Russ.).
28. Lebedeva N. A. Otsenka transportnoi obespechennosti Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga [Assessment of transport provision of the North-West Federal District]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i ekologicheskij menedzhment* [Scientific Journal of NIU ITMO. Series: Economics and Environmental Management], 2021, no. 2, pp. 47–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2021-14-2-47-54>.
29. Beresnev A. E., Morachevskaya K. A., Shendrik A. V. Otsenka obespechennosti transportnoi set'yu raionov Krasnoyarskogo kraja [An assessment of transport network provision in the districts of Krasnoyarsk Krai]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya* [Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology], 2017, vol. 3 (69), no. 3–1, pp. 12–22. (In Russ.).
30. Fedorova A. S., Savvinova A. N., Zakharov M. I. Otsenka obespechennosti transportnoi set'yu raionov respubliky Sakha (Yakutiya) [Assessment of transport network provision of the districts of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *InterKarto. InterGIS* [InterKarto. InterGIS], 2022, vol. 28, no. 1, pp. 105–114. (In Russ.). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-1-28-105-114>.
31. Delakhova A. M. Metodicheskii podkhod k otsenke transportnoi dostupnosti territorii severnogo regiona [A methodical approach to the assessment of transportation accessibility of territories of a northern region]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika* [Theoretical and Applied Economics], 2023, no. 2, pp. 11–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.25136/2409-8647.2023.2.39462>.
32. Radchenko D. M., Ponomarev Yu. Yu. O sposobakh izmereniya stepeni razvitiya transportnoi infrastruktury [About the measurement of transport infrastructure development]. *Prostranstvennaya ekonomika* [Spatial Economics], 2019, vol. 15, no. 2, pp. 37–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.14530/se.2019.2.037-074>.
33. Lavrinenko P. A., Romashina A. A., Stepanov P. S., Chistyakov P. A. Transportnaya dostupnost' kak indikator razvitiya regiona [Transport accessibility as an indicator of regional development]. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development], 2019, no. 6 (177), pp. 136–146. (In Russ.).
34. *Sotsial'naya ustoichivost' regionov rossiiskogo Severa i Arktiki: otsenka i puti dostizheniya* [Social sustainability of the regions of the Russian North and the Arctic: Assessment and ways to achieve]. Apatity, KSC RAS, 2018, 169 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.25702/KSC.978-5-91137-384-9>.
35. Toropushina E. E. Metodicheskie podkhody k otsenke urovnya razvitiya sotsial'noi infrastruktury regionov Severa i Arktiki Rossii [Methodological approaches to assessing the level of social infrastructure development in the regions of the North and Arctic of Russia]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka* [North and Market: Forming the economic order], 2018, no 4 (60), pp. 101–111. (In Russ.). <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.4.2018.60.101-111>.
36. Chernyshev A. A. Analiz vzaimosvyazi ekonomicheskogo razvitiya regionov i pokazatelei ikh obespechennosti zheleznodorozhnoi infrastrukturoj [Analysis of the interdependence of economic development of regions and indexes of their security by railway infrastructure]. *Transportnoe delo Rossii* [Transport business of Russia], 2017, no. 2, pp. 141–143. (In Russ.).

СУЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИКЕ

37. Korchak E. A. Dolgosrochnaya dinamika sotsial'nogo prostranstva arkticheskikh territorii Rossii [Long-term dynamics of the social space of the Arctic territories of Russia]. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2020, no. 38, pp. 121–139. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2020.38.121>.
38. Filina V. N. Transportnoe obespechenie arkticheskikh territorii [Transport provision of the Arctic territories]. *Problemy razvitiia territorii* [Problems of territory development], 2021, no. 25 (2), pp. 24–43. (In Russ.).
39. Serova N. A., Gutov S. V. Klyuchevye tendentsii razvitiya investitsionnykh processov v Arkticheskoi zone RF v 2008–2017 gg. [Key trends in the development of investment processes in the Arctic zone of the Russian Federation in 2008–2017]. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2019, no. 34, pp. 77–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2019.34.77>.
40. Serova N. A., Skuf'ina T. P. Analiz strukturnogo razvitiya promyshlennogo proizvodstva v regionakh rossiiskoi Arktiki [Analyzing the structural development of industrial production in the regions of the Russian Arctic]. *Sever i rynek: formirovanie jekonomicheskogo porjadka* [The North and the Market: Forming the economic order], 2023, vol. 26, no. 1 (79), pp. 108–119. (In Russ.). <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.007>.
41. Vasil'ev V. V. Strukturnye izmeneniya v ekonomike zony Severa v sovremennyyi period [Structural changes in the economy of the North zone in the modern period]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka* [The North and the Market: Forming the economic order], 2021, no. 4 (74), pp. 56–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.37614/2220-802X.4.2021.74.005>.

Об авторах:

Н. А. Серова — канд. экон. наук, старший научный сотрудник;

В. А. Серова — научный сотрудник.

About the authors:

N. A. Serova — PhD (Economics), Senior Researcher;

V. A. Serova — Researcher.

Статья поступила в редакцию 19 марта 2024 года.

Статья принята к публикации 5 сентября 2024 года.

The article was submitted on March 19, 2024.

Accepted for publication on September 5, 2024.