

ISSN 2221-2698

сетевой научный журнал
«Арктика и Север»

А И С

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический)
федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

**№ 53
2023**

Архангельск

DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.53

© Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2023

© Редакция сетевого научного журнала «Арктика и Север», 2023

«Арктика и Север» зарегистрирован в Роскомнадзоре как сетевое издание на русском и английском языках, свидетельство Эл № ФС77-78458 от 08 июня 2020 г.; в Научной электронной библиотеке eLIBRARY, РИНЦ, лицензионный договор № 96-04/2011R (2011); научной электронной библиотеке «КиберЛенинка» (2016); в базах данных: EBSCO Publishing, США (2012), Directory of Open Access Journals — DOAJ (2013); Global Serials Directory Ulrichsweb, США (2013); NSD, Норвегия (2015); InfoBase Index, Индия (2015); ERIH PLUS, Норвегия (2016); MIAR, Испания (2016); OAJI (2017); RSCI на платформе Web of Science (2018). Журнал включен в перечень авторитетных научных изданий («**Белый список**»), во **2й квартиль (Q2)** в сводном рейтинге журналов RSCI и во **2й квартиль (Q2)** в рейтинге журналов RSCI по тематике OECD 507. Social and Economic Geography. Выходит в свет не менее 4 раз в год.

Учредитель — ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск. Главный редактор — Кудряшова Елена Владимировна, доктор философских наук, профессор, ректор Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Все номера издания находятся в свободном доступе (CC BY-SA) в сети Интернет на русском и английском языках. Правила направления, рецензирования и опубликования научных статей, декларация об этике размещены на сайте: <http://www.arcticandnorth.ru/rules/>

Издание публикует статьи, в которых объектом исследования являются Арктика и Север, по следующим группам специальностей: 5.2 (08.00.00) Экономические науки; 5.4 (22.00.00) Социологические науки; 5.5 (23.00.00) Политология. Плата с авторов, в том числе с аспирантов и студентов, за публикацию статей не взимается. Гонорары не выплачиваются. Все рукописи подвергаются двойному слепому рецензированию. Редакция рассматривает факт направления и получения авторских рукописей как передачу авторами своих прав на публикацию статей в издании «Арктика и Север» и их размещение в базах данных, что способствует продвижению публикационной активности авторов и отвечает их интересам.

“Arctic and North” (also known as “Arktika i Sever”) is registered at Roskomnadzor (Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications) as an online media published in Russian and English: Registration certificate Эл No. ФС77- 78458, issued on the 8th of June 2020; at the system of eLIBRARY, license contract no. 96-04/2011R (2011); Scientific Electronic Library "CyberLeninka" (2016); and in the catalogs of international databases: EBSCO Publishing, USA (2012), Directory of Open Access Journals — DOAJ (2013), Global Serials Directory Ulrichsweb, USA (2013), NSD, Norway (2015), InfoBase Index, India (2015), ERIH PLUS, Norway (2016), MIAR, Spain (2016), OAJI (2017), RSCI based on Web of Science (2018). The journal is included in the List of authoritative scientific publications ("**The White List**"), in the List of **Q2** RSCI Journals, and in the List of **Q2** RSCI Journals on the Subject of OECD 507. Social and Economic Geography. The journal is issued not less than 4 times a year.

The Founder is Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia. Editor-in-Chief is Elena V. Kudryashova, Dr. Sci. (Phil.), Professor, Rector of Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. All journal issues are available free of charge (CC BY-SA) in Russian and English at the webpage of the journal. Rules and regulations of submission, peer reviews, publication and the Declaration of Ethics are available at <http://www.arcticandnorth.ru/en/requirements/>

The Journal publishes the scientific articles focused on the Arctic and the North relevant for the following professional degrees: 5.2 (08.00.00) Economics; 5.4 (22.00.00) Social science; 5.5 (23.00.00) Political science.

No publication fees are charged. Honorariums are not paid. All manuscripts are reviewed using double blind peer review system. The fact of submitting manuscripts is considered as the assignment of copyright to publish an article in the Arctic and North journal and to place it in databases, which contributes to the promotion of the publication activity of the authors and meets their interests.

Арктика и Север. 2023. № 53. С. 260–272.

Научная статья

УДК [314.02+314.114](985)(045)

doi: 10.37482/issn2221-2698.2023.53.260

«Цифровой двойник» населения Арктики в демографических исследованиях и управлении развитием территорий

Смирнов Андрей Владимирович ^{1✉}, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

¹ Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Коммунистическая, 26, Сыктывкар, Россия

¹ av.smirnov.ru@gmail.com [✉], ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6952-6834>

Аннотация. В статье цифровые двойники населения рассматриваются как инструмент социально-демографических исследований и управления территориями. Систематизирован опыт создания цифровых двойников населения и интерактивных веб-сайтов, посвящённых демографической проблематике. Предложена методика создания «цифрового двойника» населения Арктики, основанная на трёх методологических принципах: учёте иерархии территорий, пространственном представлении данных, сочетании демографической статистики с новыми цифровыми источниками данных. Разработан «Цифровой двойник населения Арктики» — интерактивный веб-сайт, содержащий детальные данные об арктическом населении, включая данные муниципального и поселенческого уровней. Сайт содержит демографическую статистику, итоги переписей и данные цифровых платформ. «Цифровой двойник населения Арктики» охватывает такую проблематику, как численность, динамика и состав населения, расселение, естественное и миграционное движение, труд и занятость, транспортные перемещения, наука и образование, влияние пандемии на демографические процессы. Для исследователей реализованы инструменты ранжирования, многомерного анализа, кластеризации и прогнозирования значений показателей. С точки зрения государственного и муниципального управления главный интерес представляют демографические профили регионов и территорий, отражающие подробную информацию о демографической ситуации. С помощью «Цифрового двойника населения Арктики» сделаны выводы о пространственных закономерностях демографического развития российской Арктики.

Ключевые слова: население, демография, цифровые двойники, дашборды, источники данных, государственное управление, Арктика

Благодарности и финансирование

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда, проект № 21-78-00081 «Разработка инструментария для изучения демографических процессов в условиях цифровизации общества (на примере российской Арктики)».

“Digital Twin” of the Arctic Population in Demographic Research and Territorial Development Management

Andrey V. Smirnov ^{1✉}, Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher

* © Смирнов А.В., 2023

Для цитирования: Смирнов А.В. «Цифровой двойник» населения Арктики в демографических исследованиях и управлении развитием территорий // Арктика и Север. 2023. № 53. С. 260–272. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.53.260

For citation: Smirnov A.V. “Digital Twin” of the Arctic Population in Demographic Research and Territorial Development Management. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2023, no. 53, pp. 260–272. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.53.260

 Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

¹ Institute of Socio-Economic and Energy Problems of the North, Federal Research Centre “Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS”, ul. Kommunisticheskaya, 26, Syktyvkar, Russia
¹av.smirnov.ru@gmail.com ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6952-6834>

Abstract. The article considers “digital twins” of the population as a tool for socio-demographic research and territorial management. The experience of creating digital twins of the population and interactive web-sites devoted to demographic issues is systematized. A methodology for creating a digital twin of the Arctic population is proposed, based on three methodological principles: consideration of the hierarchy of territories, spatial representation of data, and combining demographic statistics with new digital data sources. The author has developed the Digital twin of the Arctic population — an interactive website (dashboard) containing detailed data on the Arctic population, including municipal and settlement levels. It includes demographic statistics, census results and data from digital platforms. The Digital twin of the Arctic population covers such issues as the size, dynamics and composition of the population, resettlement, natural and migration movement, labor and employment, transport movements, science and education, and the impact of the pandemic on demographic processes. Tools of ranking, multivariate analysis, clustering and forecasting of indicator values are implemented for researchers. From the viewpoint of state and municipal management, the main interest is the demographic profiles of regions and territories, reflecting up-to-date information about the demographic situation. Using the Digital twin of the Arctic population, the author draws conclusions about the spatial patterns of the demographic development of the Russian Arctic.

Keywords: *population, demography, digital twins, dashboard, data source, governance, Arctic*

Введение

В современном мире цифровые технологии оказывают большое влияние на все сферы жизни людей [1, Lundgren A., Randall L., Norlén G. et al., с. 52]. Благодаря высокой удалённости и урбанизации арктические территории занимают лидирующие позиции по показателям проникновения интернета и использования цифровых технологий [2, Смирнов А.В., с. 260]. В государственных и частных информационных системах сегодня накапливается огромное количество информации о населении [3, Китчин Р., с. 62], которую можно применять в научных исследованиях и государственном управлении. Однако применительно к российской Арктике эта информация носит разрозненный характер, фрагментарна, требует систематизации и обработки [4, Дмитриева Т.Е., Чупрова И.А.]. Одним из подходов к решению проблемы может стать создание цифрового двойника населения — подробного электронного профиля, отражающего характеристики населения Арктики и позволяющего их анализировать без применения дополнительного инструментария.

Объект исследования — население российской и мировой Арктики. Цель статьи состоит в разработке и апробации интерактивного веб-приложения «Цифровой двойник населения Арктики». Первая часть статьи посвящена обзору существующего опыта создания цифровых двойников населения и интерактивных веб-сайтов, содержащих детальные демографические данные. Во второй части предложена методика создания цифрового двойника населения Арктики, основанная на трёх методологических принципах: учёте иерархии территорий, пространственном представлении данных, сочетании демографической статистики с новыми цифровыми источниками данных. Третья часть статьи посвящена описанию возможностей созданного в рамках исследования «Цифрового двойника населения Арктики»¹.

¹ Цифровой двойник населения Арктики. URL: <https://digital-arctic.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).

В работе делаются некоторые выводы о социально-демографических проблемах российской Арктики, а также представлены детальные демографические профили арктических территорий.

Цифровые двойники населения и демографические дашборды

Цифровой двойник — развивающийся цифровой профиль исторического, текущего и перспективного поведения физического объекта или процесса, который помогает оптимизировать эффективность управления². Чаще всего этот термин применяется в отношении физических систем и процессов. Например, существует «Цифровой двойник северного завоза», разработанный в Восточном центре государственного планирования. Это информационная система для оптимизации стоимости, сроков и логистики поставки жизненно важных грузов в труднодоступные районы Дальневосточного федерального округа и Арктической зоны Российской Федерации³. В последнее время термин «цифровой двойник» применяется и в отношении социальных систем.

«Цифровой двойник» населения характеризует население стран, регионов, городов или районов, рассматривает население через призму академических исследований, бизнеса или государственного управления с использованием больших геопространственных данных, методов пространственного анализа, науки о данных, искусственного интеллекта⁴. Пример цифрового двойника населения — модель QUANT, разработанная в Институте Алана Тьюринга. Она моделирует городское развитие, включая демографию, расположение рабочих мест и транспортные взаимодействия в Великобритании [5, Batty M., Milton R.]. Модель создана для поддержки принятия управленческих решений, в том числе в условиях эпидемий.

Технически «цифровые двойники» населения чаще всего создаются в форме интерактивных веб-приложений — дашбордов (от англ. dashboard — приборная панель). Использование диаграмм, таблиц, картограмм, инфографики в сочетании с различными элементами управления позволяет анализировать данные различными способами, упорядочивать их [6, Wickham H.]. Дашборд — это рабочий инструмент для специалистов, позволяющий получить необходимые данные в удобном виде. В государственном управлении дашборды городов и регионов нацелены на увеличение безопасности, прозрачности и подотчётности деятельности органов власти [7, Matheus R., Janssen M., Maheshwari D.], а также на повышение качества и обоснованности принимаемых решений [8, Nocht T., Wan L., Schooling J.M., Parlikad A.K.].

К числу наиболее детализированных демографических дашбордов можно отнести интерактивные карты переписи населения Великобритании 2021 г.⁵. Карты позволяют визу-

² Industry 4.0 and the digital twin. Deloitte. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html> (дата обращения: 01.03.2023).

³ «Цифровой двойник» Северного завоза. Восточный центр государственного планирования. URL: <https://vostokgosplan.ru/projects/cifrovoj-dvojn timer-severnogo-zavoza/> (дата обращения: 01.03.2023).

⁴ M. Birkin. Demographic Twins for 'What if?' Scenario Planning. URL: <https://digitaltwinhub.co.uk/media/dt-talks-2/demographic-twins-for-%E2%80%98what-if%E2%80%99-scenario-planning-r18/> (дата обращения: 01.03.2023).

⁵ Census maps. Office for National Statistics. URL: <https://www.ons.gov.uk/census/maps> (дата обращения: 01.03.2023).

ализировать данные о демографии, образовании, здоровье, жилищных условиях и занятости в Англии и Уэльсе не только на уровне районов и населённых пунктов, но и для отдельных участков статистического наблюдения, состоящих всего из несколько домов. Численность населения почти каждого из 189 тыс. участков находится в пределах от 100 до 625 человек, что позволяет предоставлять пользователям сверхдетализированные данные. Сайт City Population⁶, созданный Томасом Бринкхоффом, профессором Института прикладной фотографии и геоинформатики из Ольденбурга, содержит регулярно обновляемые дашборды о численности населения городов и территорий по всем странам мира.

Другая сфера применения демографических дашбордов — демонстрация результатов моделирования и прогнозирования. Так, в австрийском Центре демографии и глобального человеческого капитала Витгенштейна разработан дашборд⁷, позволяющий строить прогнозы динамики и образовательного состава населения стран мира до 2100 г. по пяти прогнозным сценариям. Доступны половозрастные пирамиды с детализацией по уровням образования и картограммы [9, Lutz W., Goujon A., K.C. S., Stonawski M., Stilianakis N.].

В России к интерактивным базам демографических данных, содержащим некоторые элементы дашбордов (например, возможность строить графики), можно отнести Единую межведомственную информационно-статистическую систему⁸ и приложение сайта Демоскоп Weekly⁹. Более широким функционалом, включая построение карт, обладает VI-портал Росстата¹⁰, на котором в будущем планируется размещать итоги переписей населения. Интересен проект «Виртуальное население России»¹¹, представляющий собой своеобразную цифровую перепись населения России [10, Замятина Н.Ю., Яшунский А.Д.]. На основе данных профилей пользователей социальной сети «ВКонтакте» авторы отразили в интерактивном атласе на региональном и муниципальном уровнях сведения о половозрастном составе, популярных именах, образовании, миграции и сетях дружбы.

Наибольшее развитие демографические дашборды получили в период пандемии COVID-19, когда стала особенно цениться оперативность распространения информации. В первые месяцы пандемии внимание средств массовой информации всего мира было приковано к дашборду Университета Джона Хопкинса¹², где публиковались данные о заражениях и смертях по странам. В дальнейшем были разработаны дашборды с более подробными данными. Например, Эдвард Паркер из Лондонской школы гигиены и тропической медици-

⁶ City Population. URL: <https://www.citypopulation.de/> (дата обращения: 01.03.2023).

⁷ Wittgenstein Centre Human Capital Graphic Explorer. URL: <http://dataexplorer.wittgensteincentre.org/wcde-v2/> (дата обращения: 01.03.2023).

⁸ ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).

⁹ Демоскоп Weekly. Приложение. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> (дата обращения: 01.03.2023).

¹⁰ VI-портал. Росстат. URL: <http://bi.gks.ru/biportal/contourbi.jsp?allsol=1&solution=Dashboard> (дата обращения: 01.03.2023).

¹¹ Виртуальное население России. URL: <http://webcensus.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).

¹² COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering at Johns Hopkins University. URL: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (дата обращения: 01.03.2023).

ны разработал дашборд¹³, где отражены и другие крупные эпидемии XXI в.: SARS-2003, H1N1-2009, Ebola-2014. В Университете Северной Айовы на платформе ArcGIS были разработаны дашборды [11, Petrov A.N., Welford M., Golosov N. et al.] о заражениях и смертях от коронавируса в арктических странах и регионах. В России наибольшую известность приобрёл дашборд Яндекса¹⁴, где данные представлены на уровне стран и субъектов РФ. Помимо заражений и смертей там публиковались данные о соблюдении самоизоляции по городам России и о популярности поисковых запросов, связанных с коронавирусом. Статистика поисковых запросов о лечении коронавируса, потере обоняния или вызове скорой помощи может применяться для прогнозирования вспышек заражений [12, Ahmad I., Flanagan R., Staller K.].

Несмотря на большой опыт создания демографических дашбордов, отсутствуют примеры достаточно проработанных решений, охватывающих различные аспекты демографического развития Арктики.

Методы и данные

При разработке «Цифрового двойника населения Арктики» использовались три методологических принципа.

Во-первых, учитывалась иерархия территорий. Арктическая зона Российской Федерации состоит из территорий разных уровней: муниципальных образований, субъектов РФ, макроуровня (АЗРФ в целом). Пять субъектов РФ и одно муниципальное образование (Эвенкийский район) входят в Арктическую зону частично, что усложняет формирование единой информационной базы. Поэтому практически вся статистика при создании цифрового двойника собиралась на местном муниципальном уровне, затем агрегировалась на более высокие уровни. Такой подход согласуется с принципами освоения арктического пространства. «Из “атомов” локального освоения собирается региональное и зональное. “Большое” освоение мегапроектов и федеральных трасс-коридоров развития может быть успешным только при опоре на “малое”, на освоение “снизу” усилиями местных сообществ и предпринимателей» [13, Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н., с. 17]. На муниципальном уровне удалось собрать статистику по более чем 50 показателям, характеризующим численность и состав населения, естественное и миграционное движение, занятость и экономическую активность, образование и качество жизни.

Во-вторых, все данные имеют пространственное представление. Это важно, поскольку в Арктике практически все аспекты жизни зависят от удалённости территорий от основных центров расселения. Эти закономерности лучше всего демонстрирует «Атлас населения, общества и экономики в Арктике» [14, Jungsberg L., Turunen E., Heleniak T. et al.]. В «Цифровом двойнике населения Арктики» ключевая роль также отводится картографическим материа-

¹³ COVID-19 tracker by Edward Parker. URL: <https://shiny.rstudio.com/gallery/covid19-tracker.html> (дата обращения: 01.03.2023).

¹⁴ Коронавирус: дашборд. Yandex DataLens. URL: <https://datalens.yandex/7o7is1q6ikh23?tab=X1> (дата обращения: 01.03.2023).

лам: каждый район или округ представлен своими границами на картах-схемах. Населённые пункты отражаются как точки с определёнными координатами. В картограммах использовалась равновеликая коническая проекция Альберса, центрированная в точке с координатами (71°N, 107°E) на севере Красноярского края. Эта проекция удобна для изображения территорий, вытянутых в широтном направлении, подобно Арктической зоне. В дашборде находит отражение не только географическое, но и социальное пространство. В визуализации миграционных сетей с помощью графов территории находятся тем ближе друг к другу, чем большее число людей переместилось между ними.

В-третьих, сочетались традиционные и новые источники данных, возникшие благодаря цифровой трансформации — цифровые следы. Под цифровыми следами понимают результаты социального взаимодействия с помощью цифровых инструментов и пространств, а также цифровые записи других культурно значимых материалов [15, Cesare N., Lee H., McCormick T., Spiro E., Zagheni E., с. 1980; 16, Смирнов А.В., с. 60]. Они позволяют получать более детальные и оперативные данные о демографических процессах. Главными источниками традиционных статистических данных «Цифрового двойника населения Арктики» стали База данных показателей муниципальных образований Росстата¹⁵ и итоги переписей населения 1939–2021 гг. Среди используемых новых цифровых источников можно отметить данные упоминавшегося выше проекта «Виртуальное население России» (миграция), сервиса по продаже билетов Туту.ру¹⁶ (перемещения людей на поездах и самолётах, число пассажиров рейсов восстановлено до 100%), Яндекса (заболеваемость, смертность, самоизоляция и поисковые запросы в период пандемии), проекта «Инфраструктура научно-исследовательских данных»¹⁷ (расселение). Эти данные дополняют традиционную статистику, более полно раскрывают различные аспекты демографических проблем.

Все наборы данных приведены к упорядоченному формату. Упорядоченный или аккуратный (от англ. — tidy) формат данных организован таким образом, что каждой переменной соответствует свой столбец определённого типа, каждому наблюдению — своя строка, каждому значению — своя ячейка, а каждому типу наблюдения — своя таблица [17, Wickham H., с. 10]. Столбцы одной таблицы имеют равный размер, но могут содержать пропущенные значения. Приведение данных к такому формату обеспечивает единообразный подход для обращения к данным. К примеру, оно позволяет представить любой маркер на графике или карте в виде отдельно взятой независимой строки, что упрощает определение цвета, размера и других атрибутов точек данных [18, Dabbas E.]. В нашем случае каждая строка представляет собой сочетание территории и года (например, городской округ Архангельск в

¹⁵ База данных показателей муниципальных образований. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Munst.htm> (дата обращения: 01.03.2023).

¹⁶ Датасет Туту.ру и данные модели Open Data Science. <https://story.tutu.ru/dataset-tutu-ru-i-dannye-modeli-open-data-science/> (дата обращения: 01.03.2023).

¹⁷ Инфраструктура научно-исследовательских данных. URL: <https://www.data-in.ru/data-catalog/> (дата обращения: 01.03.2023).

2019 г.). Каждой переменной соответствует ровно один столбец (численность населения, число рождений, миграционный прирост и др.).

Дашборд «Цифровой двойник населения Арктики» имеет клиент-серверную браузерную архитектуру. Основные использованные технологии отражены на схеме (рис. 1). Прежде всего это веб-фреймворк Dash на языке программирования Python. Большинство графиков и картограмм создано с помощью пакета Plotly, а визуализации сетей миграции — с помощью Cytoscape. Для кластеризации и прогнозирования использовались пакеты scikit-learn, NumPy и pandas, для анализа сетевых структур данных — NetworkX, пространственных данных — GeoPy. Взаимодействие пользователя с дашбордом осуществляется через веб-сервер Nginx и WSGI-сервер Gunicorn. Исходный код проекта и файлы данных опубликованы в свободном доступе в репозитории проекта на GitHub ¹⁸.

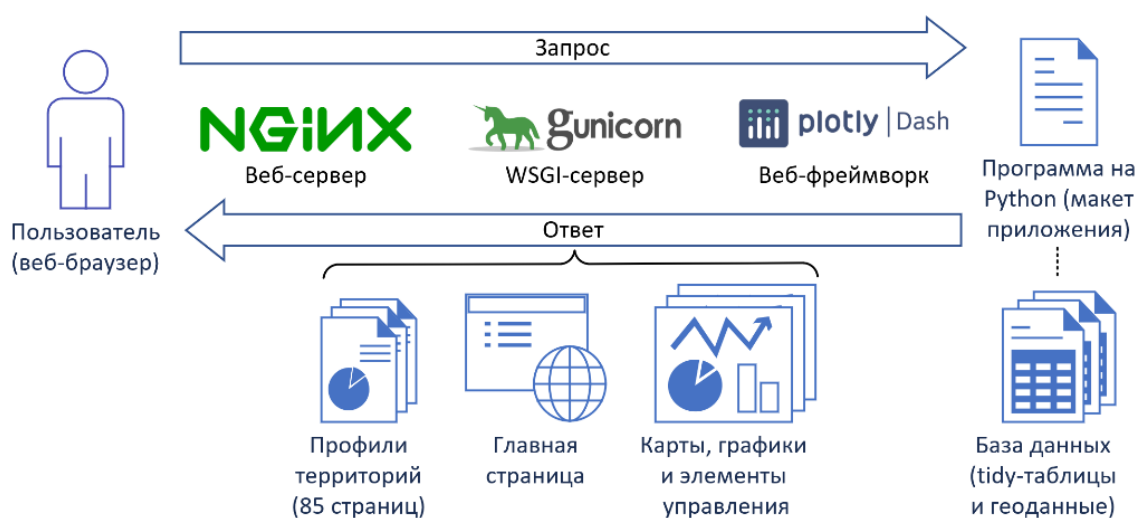


Рис. 1. Архитектура дашборда «Цифровой двойник населения Арктики».

Применение цифрового двойника населения Арктики

Рассмотрим некоторые задачи, которые могут быть решены с помощью разработанного инструментария. Дашборд позволяет определять пространственные границы социально-демографических проблем на определённый момент времени, т. е. выполнить проблемное районирование Арктики [19, Лаженцев, В.Н., с. 40]. В табл. 1 представлены наиболее и наименее благополучные территории по некоторым социально-демографическим показателям за 2019–2021 гг. По большинству показателей (рождаемость, смертность, миграция, демографическая нагрузка, заработная плата, объём производства) лучшие значения демонстрируют территории нового освоения в азиатской части Арктики. С худшими значениями ситуация не столь однозначна. По части показателей аутсайдерами являются сельские территории и города старого освоения европейской части Арктики (рождаемость, половозрастной состав, заработная плата), по другим — некоторые азиатские территории (смертность, миграция внутри региона). Пандемия COVID-19 менее всего отразилась на смертности в удалённых и изолированных территориях. Единственный показатель, по которому лидируют

¹⁸ Digital Arctic. GitHub. URL: <https://github.com/av-smirnov/digital-arctic> (дата обращения: 01.03.2023).

крупнейшие города европейской части Арктики (Архангельск и Мурманск) — удельный вес студентов в населении.

Таблица 1

Территории-лидеры и аутсайдеры по социально-демографическим показателям, 2019–2021 гг.¹⁹

Показатель	Лучшие значения	Худшие значения
Специальный коэффициент рождаемости	МО Ямальский, МР Оленекский, МР Чукотский	ГО Инта, ГО Архангельск, ГО Анадырь
Стандартизованный коэффициент смертности	ГО Губкинский, МО Надымский, ГО Новый Уренгой	МР Чукотский, МР Жиганский, ГО Провиденский
Избыточная смертность в период пандемии	ЗАТО Островной, МР Красноселькупский, МР Усть-Цилемский	МР Абыйский, МР Беломорский, МР Кемский
Коэффициент миграционного прироста внутри региона	ГО Эгвекинот, МР Приморский, ГО Нарьян-Мар	МР Чукотский, МР Среднеколымский, МР Красноселькупский
Коэффициент межрегионального миграционного прироста	ГО Певек, МР Анадырский, МО Надымский	ГО Анадырь, ГО Воркута, ГО Усинск
Коэффициент международного миграционного прироста	ГО Певек, МР Билибинский, МР Анадырский	ГО Губкинский, МО Приуральский, МР Ловозерский
Соотношение полов (оптимальным считается равенство численности)	МР Среднеколымский, МР Верхоянский, МР Анабарский	ГО Певек, ГО Новодвинск, ГО Архангельск
Общая демографическая нагрузка	ГО Норильск, ГО Анадырь, ГО Губкинский	МР Лешуконский, МР Мезенский, МР Лоухский
Отношение зарплаты к стоимости набора товаров и услуг	МО Надымский, ГО Норильск, ГО Новый Уренгой	МР Онежский, МР Калевальский, МР Ловозерский
Отгружено товаров, выполнено работ, услуг на 1 человека	МО Ямальский, МО Тазовский, МР Туруханский	МР Лешуконский, МР Калевальский, МР Усть-Цилемский
Число студентов вузов и учреждений СПО на 1000 жителей	ГО Архангельск ГО Салехард ГО Мурманск	в 33 муниципальных образованиях нет учреждений ВО и СПО

Более подробное представление о пространственной дифференциации территорий по каждому из рассмотренных показателей можно получить, построив соответствующие картограммы (рис. 2а). Дашборд автоматически ранжирует все территории по выбранному показателю на выбранный год. Для выявления закономерностей между различными показателями разработан инструмент многомерного анализа. Он позволяет на основе пузырьковой диаграммы сравнивать территории Арктики одновременно по четырём переменным: значение первой отражается по оси X, второй — по оси Y, третьей — через размер кружка, четвертой — через его цвет (рис. 2б). Инструмент позволяет выявлять самые разные закономерности, комбинируя переменные, используя логарифмические шкалы и линии тренда. Для более детального анализа внешними инструментами файлы данных могут быть загружены из репозитория проекта.

¹⁹ Источник: Цифровой двойник населения Арктики. URL: <https://digital-arctic.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).

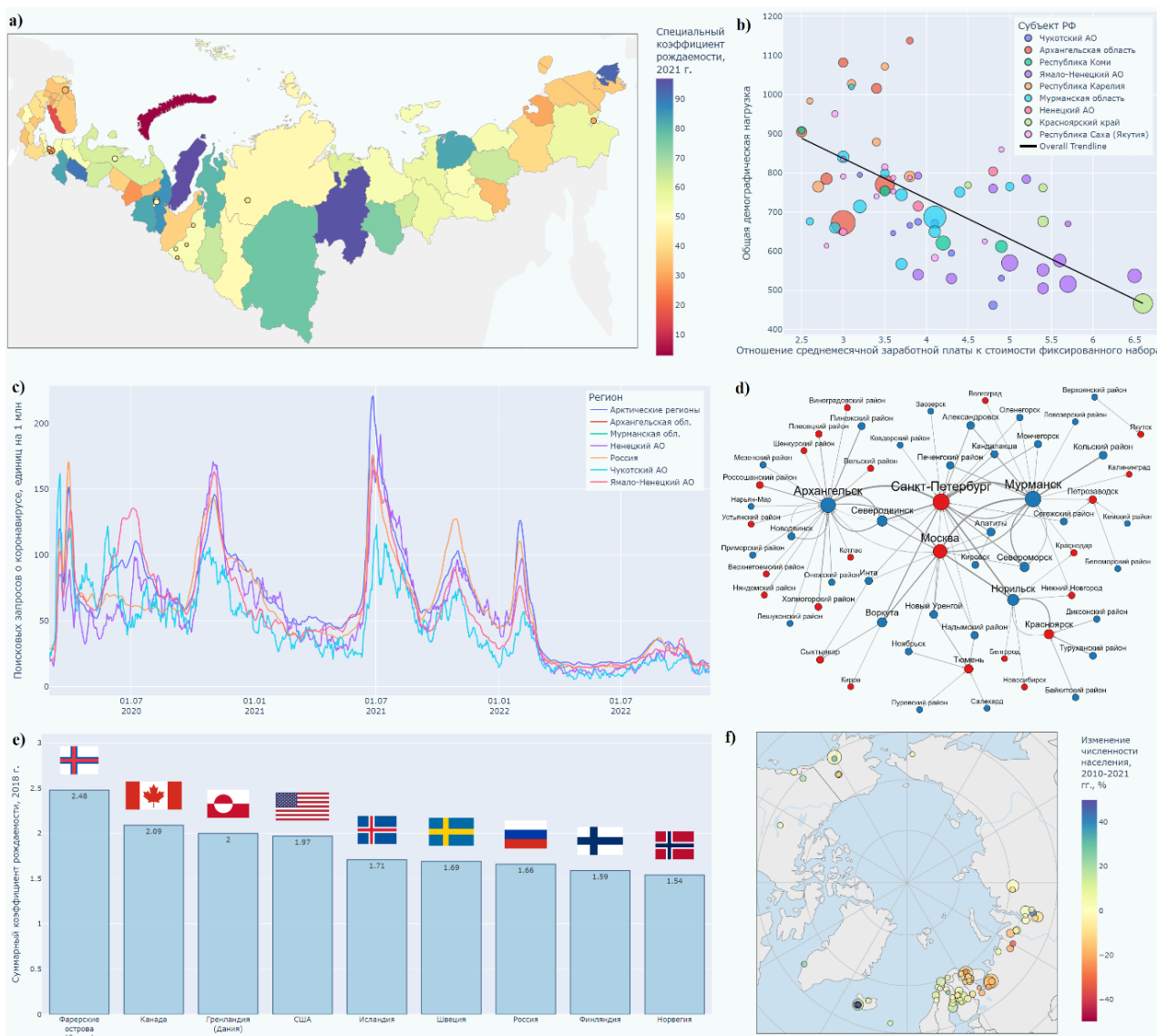


Рис. 2. Некоторые элементы дашборда: а) районирование по показателю; б) многомерный анализ; в) динамика поисковых запросов о пандемии; д) крупнейшие потоки сети миграций; е) рейтинг стран по уровню рождаемости; ф) карта расселения мировой Арктики²⁰.

Дашборд позволяет выполнять кластеризацию территорий, в том числе многомерную, методом k-средних; прогнозировать значения показателей; анализировать систему расселения, например, оценивать численность населения в определённом радиусе от населённого пункта; визуализировать временные ряды показателей пандемии (рис. 2с), включая динамику поисковых запросов и индекс самоизоляции [2, Смирнов А.В.]; изучать сети миграций [20, Danchev V., Porter M.A.] (рис. 2д) и транспортные пассажиропотоки в Арктике [16, Смирнов А.В.]; анализировать показатели научных и образовательных организаций, расположенных в пределах Арктической зоны. Отдельное внимание в «цифровом двойнике» уделяется мировой Арктике. Реализовано сравнение арктических стран по основным демографическим показателям (рис. 2е). Доступна интерактивная карта расселения населения мировой Арктики (рис. 2ф)²¹.

²⁰ Мировая Арктика. Цифровой двойник населения Арктики URL: <https://digital-arctic.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).

²¹ Мировая Арктика. Цифровой двойник населения Арктики. URL: <https://digital-arctic.ru/Мировая%20Арктика> (дата обращения: 01.03.2023).

«Цифровой двойник населения Арктики» содержит демографические профили всех 75 городских округов, муниципальных округов и муниципальных районов, а также 9 регионов Арктической зоны РФ. Выбор территории осуществляется в меню в правом верхнем углу дашборда. Профиль включает краткую характеристику территории, графики динамики демографических показателей с возможностью сравнения с другими территориями, информацию о численности населения всех городов и поселков городского типа с 1939 г., возрастную пирамиду на 2021 г., образовательный состав населения и значения основных демографических показателей. В качестве примера на рис. 3 продемонстрирован фрагмент профиля городского округа Воркута — одного из самых быстро убывающих муниципальных образований российской Арктики [21, Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н., с. 47].

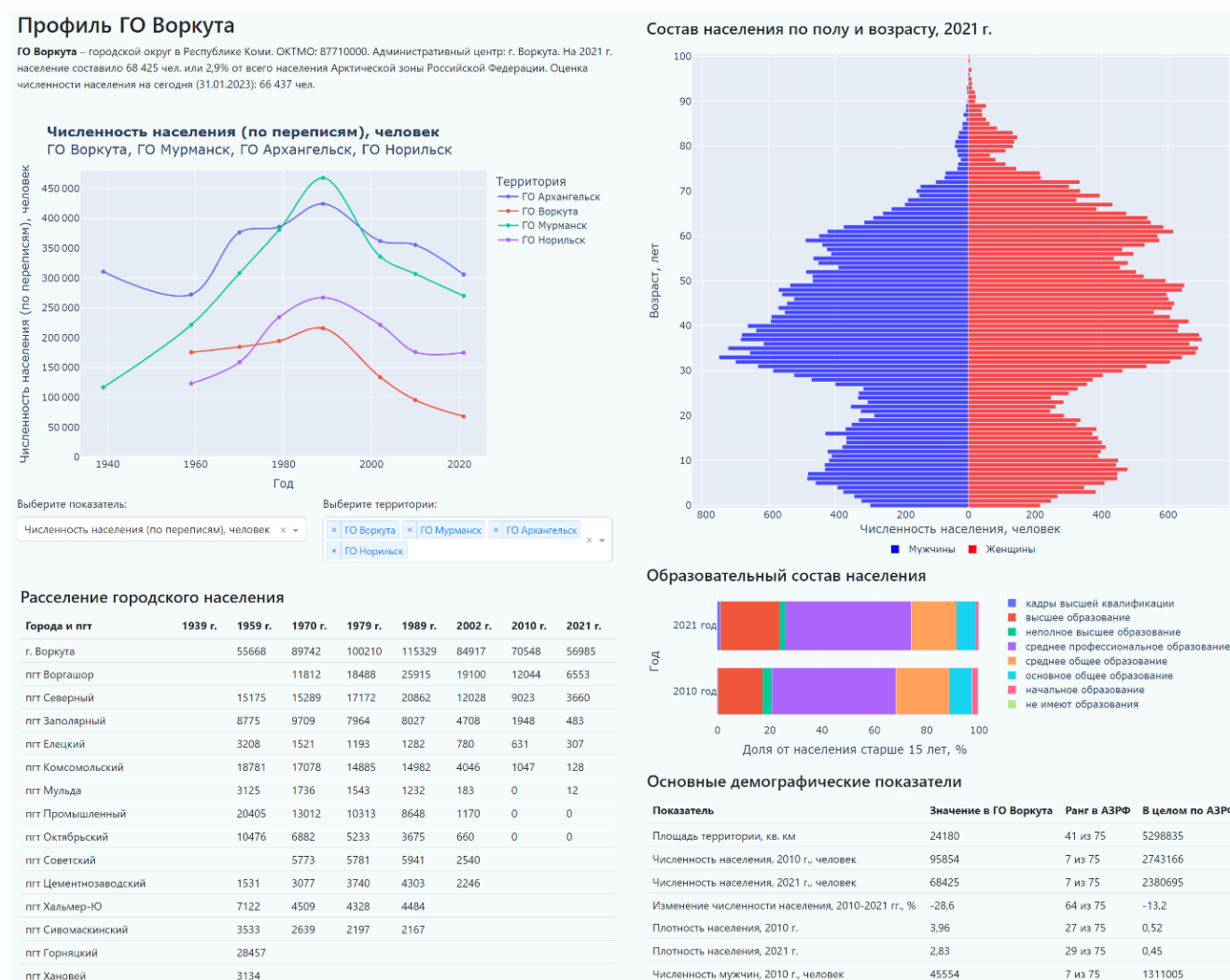


Рис. 3. Фрагмент демографического профиля ГО Воркута: краткие сведения, динамика численности в сравнении с другими территориями, расселение в 1939–2021 гг., возрастная пирамида, образовательный состав, основные показатели²².

Заключение

В рамках исследования реализован дашборд «Цифровой двойник населения Арктики» — интерактивный веб-сайт, содержащий детальные — вплоть до муниципального и по-

²² ГО Воркута — Цифровой двойник населения Арктики. URL: <https://digital-arctic.ru/ГО%20Воркута> (дата обращения: 01.03.2023).

селенческого уровней — данные о населении Арктики. «Цифровой двойник» охватывает такую проблематику, как численность, динамика и состав населения, расселение, естественное и миграционное движение, труд и занятость, транспортные перемещения, наука и образование, влияние пандемии. Для исследователей реализованы инструменты ранжирования, многомерного анализа, кластеризации и прогнозирования значений показателей. С точки зрения государственного и муниципального управления, а также местного бизнеса, главный интерес представляют демографические профили регионов и территорий, отражающие информацию об имеющейся демографической ситуации.

В будущем планируется совершенствование цифрового двойника в нескольких направлениях. Во-первых, путём добавления новых показателей и актуализации данных. Во-вторых, на основе итогов переписи населения 2021 г. планируется разработка детального демографического прогноза, учитывающего в том числе образовательный состав населения, что позволит прогнозировать численность и качественный состав трудовых ресурсов арктических территорий.

Список источников

1. Lundgren A., Randall L., Norlén G. State of the Nordic Region 2020: Wellbeing, Health and Digitalisation Edition. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2020. 71 p. DOI: 10.6027/nord2020-052
2. Смирнов А.В. Влияние пандемии на демографические процессы в Российской Арктике // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14. № 6. С. 258–274. DOI: 10.15838/esc.2021.6.78.15
3. Китчин Р. Сетевой урбанизм, основанный на данных // Сети города: Люди. Технологии. Власти. / Под ред. В.Е. Лапиной-Кратасюк, О. Запорожец, А. Возьянова. Москва: Новое литературное обозрение, 2021. С. 58–80.
4. Дмитриева Т.Е., Чупрова И.А. Информационная основа социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // Наука в региональном пространстве современной России и зарубежья: сборник научных статей. Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 141–147.
5. Batty M., Milton R. A new framework for very large-scale urban modelling // Urban Studies. 2021. Vol. 58 (15). Pp. 3071–3094. DOI: 10.1177/0042098020982252
6. Wickham H. Mastering Shiny: Build Interactive Apps, Reports, and Dashboards Powered by R. CA: O'Reilly, 2021. 369 p.
7. Matheus R., Janssen M., Maheshwari D. Data science empowering the public: Data-driven dashboards for transparent and accountable decision-making in smart cities // Government Information Quarterly. 2018. Vol. 37. Iss. 3. 101284. DOI: 10.1016/j.giq.2018.01.006
8. Nochta T., Wan L., Schooling J.M., Parlikad A.K. A Socio-Technical Perspective on Urban Analytics: The Case of City-Scale Digital Twins // Journal of Urban Technology. 2020. Vol. 28 (4). Pp. 263–287. DOI: 10.1080/10630732.2020.1798177
9. Lutz W., Goujon A., Kc S., Stonawski M., Stilianakis N. Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century: 2018 assessment for 201 countries. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. 595 p. DOI: 10.2760/41776
10. Замятина Н.Ю., Яшунский А.Д. Виртуальная география виртуального населения // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2018. № 1. С. 117–137. DOI: 10.14515/monitoring.2018.1.07
11. Petrov A.N., Golosov N., Degai T., Welford M., Degroote J., Devlin M., Savelyev A. The “second wave” of the COVID-19 pandemic in the Arctic: Regional and temporal dynamics // International

- Journal of Circumpolar Health. 2021. Vol. 80 (1). Pp. 1925446. DOI: 10.1080/22423982.2021.1925446
12. Ahmad I., Flanagan R., Staller K. Increased internet search interest for GI symptoms may predict COVID-19 cases in US hotspots // *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2020. Vol. 18. Iss. 12. Pp. 2833–2834. DOI: 10.1016/j.cgh.2020.06.058
 13. Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. Новая теория освоения (пространства) Арктики и Севера: полимасштабный междисциплинарный синтез // *Арктика и Север*. 2018. № 31. С. 5–27. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.31.5
 14. Jungsberg L., Turunen E., Heleniak T., Wang S., Ramage J., Roto J. Atlas of population, society and economy in the Arctic. Stockholm: Nordregio, 2019. 78 p. DOI: 10.30689/WP2019:3.1403-2511
 15. Cesare N., Lee H., McCormick T., Spiro E., Zagheni E. Promises and pitfalls of using digital traces for demographic research // *Demography*. 2018. Vol. 55 (5). Pp. 1979–1999. DOI: 10.1007/s13524-018-0715-2
 16. Смирнов А.В. Цифровые следы населения как источник данных о миграционных потоках в российской Арктике // *Демографическое обозрение*. 2022. Т. 9. № 2. С. 42–64. DOI: 10.17323/demreview.v9i2.16205
 17. Wickham H. Tidy Data // *Journal of Statistical Software*. 2014. Vol. 59 (10). Pp. 1–23. DOI: 10.18637/jss.v059.i10
 18. Dabbas E. Interactive Dashboards and Data Apps with Plotly and Dash: Harness the power of a fully fledged frontend web framework in Python – no JavaScript required. Birmingham: Packt, 2021. 364 p.
 19. Лажнецов В.Н. Концепция программного решения проблем формирования и развития территориально-хозяйственных систем // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2017. Т. 10. № 5. С. 37–50. DOI: 10.15838/esc/2017.5.53.3
 20. Danchev V., Porter M.A. Migration networks: applications of network analysis to macroscale migration patterns // *Research handbook on international migration and digital technology* / Ed. by M. McAuliffe. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2021. Pp. 70–90. DOI: 10.4337/9781839100611
 21. Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. Особенности расселения населения в Арктической зоне России // *Арктика: экология и экономика*. 2016. № 2 (22). С. 40–50.

References

1. Lundgren A., Randall L., Norlén G. *State of the Nordic Region 2020 – Wellbeing, Health and Digitalisation Edition*. Copenhagen, Nordic Council of Ministers, 2020, 71 p. DOI: 10.6027/nord2020-052
2. Smirnov A.V. Vliyanie pandemii na demograficheskie protsessy v Rossiyskoy Arktike [The Impact of the Pandemic on Demographic Processes in the Russian Arctic]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], 2021, vol. 14, no. 6, pp. 258–274. DOI: 10.15838/esc.2021.6.78.15
3. Kitchin R. Setevoy urbanizm, osnovanny na dannykh [Data-Driven, Networked Urbanism]. In: *Seti goroda: Lyudi. Tekhnologii. Vlasti* [City Networks. People. Technologies. Authorities]. Moscow, New Literary Observer Publ., 2021, pp. 58–80. (In Russ.)
4. Dmitrieva T.E., Chuprova I.A. Informatsionnaya osnova sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Information Basis for Socio-Economic Development of the Arctic Zone of Russian Federation]. In: *Nauka v regional'nom prostranstve sovremennoy Rossii i zarubezh'ya: sbornik nauchnykh statey* [Science in the Regional Space of Modern Russia and Foreign Countries]. Syktyvkar, KSC UB RAS Publ., 2019, pp. 141–147. (In Russ.)
5. Batty M., Milton R. A New Framework for Very Large-Scale Urban Modelling. *Urban Studies*, 2021, vol. 58 (15), pp. 3071–3094. DOI: 10.1177/0042098020982252
6. Wickham H. *Mastering Shiny: Build Interactive Apps, Reports, and Dashboards Powered by R*. CA: O'Reilly, 2021. 369 p.
7. Matheus R., Janssen M., Maheshwari D. Data Science Empowering the Public: Data-Driven Dashboards for Transparent and Accountable Decision-Making in Smart Cities. *Government Information Quarterly*, 2018, vol. 37, iss. 3. 101284. DOI: 10.1016/j.giq.2018.01.006

8. Nochta T., Wan L., Schooling J.M., Parlikad A.K. A Socio-Technical Perspective on Urban Analytics: The Case of City-Scale Digital Twins. *Journal of Urban Technology*, 2020, vol. 28 (4), pp. 263–287. DOI: 10.1080/10630732.2020.1798177
9. Lutz W., Goujon A., Kc S., Stonawski M., Stilianakis N. *Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century: 2018 Assessment for 201 Countries*. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2018, 595 p. DOI: 10.2760/41776
10. Zamyatina N.Yu., Yashunsky A.D. Virtual'naya geografiya virtual'nogo naseleniya [Virtual Geography of Virtual Population]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny* [Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes], 2018, no. 1, pp. 117–137. DOI: 10.14515/monitoring.2018.1.07
11. Petrov A.N., Golosov N., Degai T., Welford M., Degroote J., Devlin M., Savelyev A. The “second wave” of the COVID-19 pandemic in the Arctic: Regional and temporal dynamics. *International Journal of Circumpolar Health*, 2021, vol. 80 (1), pp. 1925446. DOI: 10.1080/22423982.2021.1925446
12. Ahmad I., Flanagan R., Staller K. Increased Internet Search Interest for GI Symptoms May Predict COVID-19 Cases in US Hotspots. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 2020, vol. 18, iss. 12, pp. 2833–2834. DOI: 10.1016/j.cgh.2020.06.058
13. Zamyatina N.Yu., Pilyasov A.N. The New Theory of the Arctic and Northern Development: Multi-Scale Interdisciplinary Synthesis. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2018, no. 31, pp. 4–21. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.31.5
14. Jungsberg L., Turunen E., Heleniak T., Wang S., Ramage J., Roto J. *Atlas of Population, Society and Economy in the Arctic*. Stockholm, Nordregio, 2019, 78 p. DOI: 10.30689/WP2019:3.1403-2511
15. Cesare N., Lee H., McCormick T., Spiro E., Zaghni E. Promises and Pitfalls of Using Digital Traces for Demographic Research. *Demography*, 2018, vol. 55 (5), pp. 1979–1999. DOI: 10.1007/s13524-018-0715-2
16. Smirnov A.V. Tsifrovye sledy naseleniya kak istochnik dannykh o migratsionnykh potokakh v rossiyskoy Arktike [Digital Traces of the Population as a Data Source on Migration Flows in the Russian Arctic]. *Demograficheskoe obozrenie* [Demographic Review], 2022, vol. 9, no. 2, pp. 42–64. DOI: 10.17323/demreview.v9i2.16205
17. Wickham H. Tidy Data. *Journal of Statistical Software*, 2014, vol. 59 (10), pp. 1–23. DOI: 10.18637/jss.v059.i10
18. Dabbas E. *Interactive Dashboards and Data Apps with Plotly and Dash: Harness the power of a fully fledged frontend web framework in Python – no JavaScript required*. Birmingham: Packt, 2021. 364 p.
19. Lazhentsev V.N. Kontseptsiya programmnogo resheniya problem formirovaniya i razvitiya territorial'no-khozyaystvennykh system [A Concept for Program Solution to the Issues of Formation and Development of Territorial-Economic Systems]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], 2017, vol. 10, no. 5, pp. 37–50. DOI: 10.15838/esc/2017.5.53.3
20. Danchev V., Porter M.A. Migration Networks: Applications of Network Analysis to Macroscale Migration Patterns. In: *Research Handbook on International Migration and Digital Technology*. Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2021, pp. 70–90. DOI: 10.4337/9781839100611
21. Fauzer V.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N. Osobennosti rasseleniya naseleniya v Arkticheskoy zone Rossii [Features of Population Settlement in the Arctic Zone of Russia]. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [Arctic: Ecology and Economy], 2016, no. 2 (22), pp. 40–50.

Статья поступила в редакцию 10.03.2023; одобрена после рецензирования 14.03.2023;
принята к публикации 27.03.2023.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Выходные данные Output data

АРКТИКА и СЕВЕР. 2023. № 53

DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.53

Главный редактор — Кудряшова Елена Владимировна
Заместитель главного редактора — Зайков Константин Сергеевич
Ответственный секретарь — Кузнецова Елена Геннадьевна; e-mail: e.g.kuznetsova@narfu.ru
Редактор — Грошева Татьяна Евгеньевна; e-mail: t.grosheva@narfu.ru
Художественный редактор (английская версия) — Ковалёва Мария Николаевна;
e-mail: m.kovaleva@narfu.ru
Размещение на сайте — Кузнецова Е.Г.

Свидетельство о регистрации — Эл № ФС77-78458 от 08 июня 2020 года
Учредитель, издатель — ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
Адрес учредителя, издателя: Россия, 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17
Адрес для корреспонденции: Россия, 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17, редакция журнала «Арктика и Север»
Электронный адрес редакции: aan@narfu.ru

Подписано «в печать» для размещения на сайте <http://www.arcticandnorth.ru> — 26.12.2023

ARCTIC and NORTH, 2023, no. 53

DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.53

Editor-in-chief — Kudryashova E.V.
Deputy Editor-in-chief — Zaikov K.S
Executive secretary — Kuznetsova E.G.; e-mail: e.g.kuznetsova@narfu.ru
Editor — Grosheva T.E.; e-mail: t.grosheva@narfu.ru
Art editor (English version) — Kovaleva M.N.; e-mail: m.kovaleva@narfu.ru

Registration certificate Эл No. ФС77-78458 dated June 08, 2020
Founder, publisher — Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
Address of the founder, publisher: Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
Address for correspondence: “Arctic and North” journal, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
E-mail address of the editorial office: aan@narfu.ru

The date of publication on the website <http://www.arcticandnorth.ru> on December 26, 2023