

REFERENCES

- Administrative-territorial division of the Tyumen region (17th–20th centuries). Tyumen: Ltd TSC “TyumenNIIGiprogaz”, FSI IMF “Tyumen”, 2003. 304 p. Web resource: http://archiv.72to.ru/images/data/image/atd_to.pdf (accessed 20.02.2023) (in Russian).
- Arkhipov Yu.R.* Modelling of territorial settlement systems. Kazan: KSU, 1988. 121 p. (in Russian).
- Atlas Geography of the Perm Region: A reference book. 2nd revised supplemented. Perm: Perm State National Research University, 2021. 48 p. (in Russian).
- Atlas of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Yugra. In 2 volumes. Khanty-Mansiysk, Moscow: Roscartography: Monitoring, 2004. V. 1–2. 152 p. (in Russian).
- Atlas of the Tyumen Region. Moscow: The Main Geodetics and Cartography Directorate at the USSR Council of Ministers, 1976. Iss. 2. 228 p. (in Russian).
- Atlas of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug. Omsk: Omsk Cartographic Factory, 2004. 303 p. (in Russian).
- Brewer C.* Designing better maps: A guide for GIS Users ESRI Press, 2015. 269 p.
- Dobryakova V.A.* Cartographical providing section “Population” of the ecological atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous Region. Proceedings of International conference “InterCarto. InterGIS”, 2018. V. 24. Part 1. P. 123–130. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-123-130 (in Russian).
- Dobryakova V.A.* Geoinformational mapping of spatial-temporal changes of the population of the Tyumen Region. Geographical Exploration of Siberia and Adjacent Territories. Irkutsk: V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 2019. P. 488–490 (in Russian).
- Field K.* Cartography. The definitive guide to making maps ESRI Press, 2018. 576 p.
- Ivanov A.G., Zagrebin G.I.* Atlas of cartographic projections on large regions of the Russian Federation. Moscow: MIIGAiK (Moscow State University of Geodesy and Cartography), 2012. 19 p. (in Russian).
- National Atlas of Russia in four volumes. Population. Economy. Moscow: Roscartography, 2008. V. 3. 496 p. Web resource: <http://xn--80aaaalbhnlccilcl5c4ep.xn--p1ai/cd3/territory.html> (accessed 20.02.2023) (in Russian).
-

А.Н. Огурцов¹, В.В. Дмитриев²

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНЫХ ДЕТЕРМИНАНТ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В КОНТЕКСТЕ ПАНДЕМИИ COVID-19 (МУНИЦИПАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ)

АННОТАЦИЯ

Оценка последствий влияния коронавирусной инфекции (COVID-19) на мировое сообщество, ее распространение в разных странах и регионах далеки до завершения, что подтверждается масштабом исследования причин и факторов заболеваемости в разных странах. Статья посвящена вопросам интегральной оценки и анализу пространственных особенностей неравенства социальных детерминант общественного здоровья. Цель исследования состояла в выявлении влияния социальных условий на пространственные особенности распространения пандемии коронавирусной инфекции на основе интегральной оценки влияния на заболеваемость социальных факторов на примере муниципальных образований Калининградской области. Авторами были собраны данные по отдельным муниципалитетам о заболеваемости COVID-19 и социальным факторам за 2021 г. В перечень социальных факторов были включены: 1 — уровень регистрируемой безработицы; 2 — охват детей дошкольным образованием от численности детей соответствующего возраста; 3 — число условного (минимального) набора продуктов питания; 4 — доля семей, нуждающихся в улучшении жилищных условий; 5 — доля граждан в общей численности населения, пользующихся социальной поддержкой по ЖКХ; 6 — число зарегистрированных преступлений на 1 000 чел.; 7 — открытость и доступность информации по предоставлению медицинских услуг в амбулаторных условиях; 8 — комфортность условий предоставления медицинских услуг и доступность их получения в амбулаторных условиях. В качестве интегрального критерия оценки влияния социальных детерминант на заболеваемость рассматривается композитный показатель, характеризующий уровень заболеваемости населения (КП). В качестве основного метода используется моделирование аддитивной свертки критериев на принципах АСПИД-методологии. Это позволяет учитывать нечисловую, неточную и неполную информацию о критериях и их приоритетности в оценочных исследованиях. Картографические модели на основе географических информационных систем (ГИС) используются для выполнения пространственного анализа, визуализации уровня заболеваемости и оценки влияния социальных детерминант на заболеваемость. В ходе исследования выявлены пространственные тенденции развития COVID-19 в регионе и отмечено повышение уровня заболеваемости населения. Для большей части муниципалитетов показатели уровня заболеваемости превышают 60 случаев на 1 000 чел. На фоне повышения уровня заболеваемости особенностью его пространственного распределения стало выравнивание характера заболеваемости в пределах региона, сопровождающееся сглаживанием в пространстве социальных неравенств. Анализ и оценка влияния различных социальных факторов на пространственную изменчивость заболевания коронавирусной инфекцией

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-я линия Васильевского острова, д. 33-35, Санкт-Петербург, Россия, 199178, e-mail: aogurcov@yandex.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-я линия Васильевского острова, д. 33-35, Санкт-Петербург, Россия, 199178, e-mail: v.dmitriev@spbu.ru

подтвердили ранее сделанные авторами выводы о том, что весомость социальных детерминант, влияющих на COVID-19, изменяется с течением времени и в пространстве. Главными факторами, обуславливающими неравенство в отношении общественного здоровья в 2021 г. наряду с жилищными условиями — состояние преступности и занятость населения. Результаты корреляционного анализа подтверждают наличие отрицательной корреляционной связи между композитным показателем (КП) и уровнем заболеваемости COVID-19. В целом, в 2021 г. сохраняется умеренный по силе характер ($0,30 < r < 0,49$) выявленных ранее корреляционных связей. Как показали результаты исследования, использование АСПИД-метода может дать важную информацию государственным органам всех уровней для принятия решений и разработки необходимых мер в условиях чрезвычайных ситуаций эпидемического характера и управления здравоохранением в регионах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социальные детерминанты, композитный показатель, COVID-19, АСПИД, ГИС

Aleksandr N. Ogurtsov¹, Vasiliy V. Dmitriev²

INTEGRAL ASSESSMENT OF SOCIAL DETERMINANTS OF PUBLIC HEALTH OF THE KALININGRAD REGION POPULATION IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC (MUNICIPAL LEVEL)

ABSTRACT

Assessment of the impact of coronavirus infection (COVID-19) on the world community, its spread in different countries and regions is far from complete, which is confirmed by the scale of the study of the causes and factors of morbidity in different countries. The article is devoted to the issues of integral assessment and analysis of spatial features of inequality of social determinants of public health. The aim of the study was to identify the influence of social conditions on the spatial features of the spread of the coronavirus pandemic on the basis of an integral assessment of the impact on the incidence of social factors on the example of municipalities of the Kaliningrad Region. The authors collected data on individual municipalities on the incidence of COVID-19 and social factors for 2021. The list of social factors included: 1 — the level of registered unemployment; 2 — coverage of children with preschool education from the number of children of the appropriate age; 3 — the number of conditional (minimum) set of food; 4 — the proportion of families in need of improved housing conditions; 5 — the proportion of citizens in the total population who enjoy social support for housing and communal services; 6 — the number of registered crimes per 1 000 people; 7 — openness and accessibility of information on the provision of medical services in outpatient settings; 8 — the comfort of the conditions for providing medical services and the availability of receiving them on an outpatient basis. As an integral criterion for assessing the impact of social determinants on morbidity, a composite indicator characterizing the level of morbidity of the population (CI) is considered. Modeling of additive convolution of criteria based on the principles of ASPID methodology is used as the main method. This makes it possible to take into account non-numerical, inaccurate and incomplete information about criteria and their priority in evaluation studies. Cartographic models based on geographic information systems (GIS) are used to perform spatial analysis, visualize the level of morbidity and assess the impact of social determinants on morbidity. The

¹ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 33-35, 10th line of Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199178, Russia, *e-mail*: aogurcov@yandex.ru

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 33-35, 10th line of Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199178, Russia, *e-mail*: v.dmitriev@spbu.ru

study revealed spatial trends in the development of COVID-19 in the region and noted an increase in the incidence of the population. For most municipalities, the incidence rates exceed 60 cases per 1 000 people. Against the background of an increase in the level of morbidity, a feature of its spatial distribution was the leveling of the nature of morbidity within the region, accompanied by smoothing in the space of social inequalities. The analysis and assessment of the influence of various social factors on the spatial variability of coronavirus infection confirmed the conclusions previously made by the authors that the weight of the social determinants affecting COVID-19 changes over time and in space. The main factors contributing to inequality in public health in 2021, along with housing conditions, were the state of crime and employment of the population. The results of the correlation analysis confirm the presence of a negative correlation between the composite indicator (KP) and the incidence of COVID-19. In general, in 2021, the correlation relationships previously identified remain moderate in strength ($0.30 < p < 0.49$). As the results of the study have shown, the use of the ASPID method can provide important information to public authorities at all levels for decision-making and the development of necessary measures in emergency situations of an epidemic nature and health management in the regions.

KEYWORDS: social determinants, composite indicator, COVID-19, ASPID, GIS

ВВЕДЕНИЕ

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рассматривает проблему неравенства социальных условий как основную причину диспропорции в состоянии общественного здоровья. Эта проблема стала более актуальной в последние годы и как никогда раньше обострилась в наши дни. Причиной этому стало появление и развитие эпидемии COVID-19, распространение которой приняло характер пандемии, и изменение социальных неравенств во многих странах в связи с усилением международной напряженности. Эпидемия COVID-19 затронула все слои населения в странах, как с низким уровнем социально-экономического развития, так и высокоразвитых, и легла тяжелым бременем на их системы здравоохранения. По версии журнала *Lancet* [The Lancet, 2023], тяжелое бремя пандемии далеко до завершения, а масштабы проблемы дали основание одним говорить о «пандемическом кризисе» [Coccia, 2021], а другим [Панин и др., 2021] — отмечать преждевременность выводов о характере распространения пандемии, масштабах и видах ее последствий. Как правило, в публикациях начального периода пандемии [Ehlert, 2021] освещались результаты эпидемиологических и клинических исследований, а вопросы социального неравенства оставались без внимания. Ряд исследователей [Abrams, Szefler, 2020] считает, что, возможно, влияние социальных детерминант на здоровье населения в этот период, недооценивалось. За рамками обсуждения находились и вопросы пространственной изменчивости заболеваемости COVID-19, выяснения ее возможных причин. В последующем, параллельно с медицинскими исследованиями, отмечен рост публикаций, освещающих решение и этих вопросов. Ученые как за рубежом [Bontempi et al., 2020; Mansour et al., 2021; Coker et al., 2023], так и в Российской Федерации [Драпкина и др., 2020; Сизикова и др., 2022] отмечают многофакторный характер формирования и распространения заболеваемости коронавирусной инфекцией. Обзор информации, сделанный [Alidadi, Sharifi, 2022] по публикациям 2020–2021 гг., свидетельствует не только о разнообразном характере влияния различных факторов на распространение COVID-19, но и о последствиях их воздействия, которые напрямую зависят от времени и пространства. Сложный и многовариантный характер связей социальных детерминант и COVID-19, в свою очередь, проявился в предрасположенности исследователей к проведению традиционного покомпонентного анализа с использованием регрессионных и корреляционных методов. Например, исследуя

различные факторы окружающей среды в муниципалитетах Ломбардии в контексте пандемии COVID-19, исследователи [Coker et al., 2023] пришли к выводу о том, что в районах с низкими доходами населения, наряду с более высоким соотношением числа мужчин и женщин, наблюдается значительная пространственная неоднородность тяжелых исходов COVID-19. В ходе аналогичных исследований на уровне штатов Нигерии [Bayode et al., 2022] были получены данные о том, что плотность населения, уровень грамотности и транспортная доступность (наличие международного аэропорта) являются значимыми предикторами распространения COVID-19 в стране. Пространственные различия и взаимосвязи между показателями заболеваемости, социально-демографическими и медицинскими факторами были выявлены в ходе исследований на субнациональном уровне в Омане [Mansour et al., 2021]. В работе [Dutta et al., 2021] обсуждаются факторы, способствующие распространению COVID-19 на территории 640 районов Индии. Авторы в качестве предикторов заболеваемости предлагают использовать переменные, связанные с демографической и социально-экономической средой и системой здравоохранения. В отдельных работах, например в [Suligowski, Ciupa, 2023], анализируются пространственно-временные взаимосвязи одного из факторов и уровня заболеваемости COVID-19. Авторы публикации выявили взаимосвязь между количеством «зелено-голубых» пространств на одного жителя и среднесуточным числом случаев заболевания и смертей во всех графствах Польши. В будущем они планируют сосредоточить усилия на поиске более сложных взаимосвязей, которые учитывали бы и другие факторы окружающей среды.

В других исследованиях рассматриваются вопросы влияния факторов в пространстве городской среды. В частности, [Mishra et al., 2022] в ходе исследования пришли к выводу, что увеличение случаев заболеваемости коронавирусом связано с социальными детерминантами общественного здоровья (SDOH) населения г. Торонто. В географическом плане в большей степени бремя COVID-19 затронуло население, проживающее в районах с низким уровнем доходов, низким качеством жилья и высокой плотностью домохозяйств. В ходе аналогичного исследования в г. Чикаго [Kashem et al., 2021] также отмечено, что социальные факторы играют важную роль в распространенности COVID-19. Характерно, что районы с более высокими показателями заболеваемости также всегда характеризовались и наиболее низким уровнем образования.

Не случайно, что социальные науки в перечне публикаций в базе данных Science Direct в вопросе освещения факторов окружающей среды в контексте эпидемии коронавируса стоят на первом месте (рис. 1).

К наиболее значимым факторам, формирующим здоровье населения в России¹ в период пандемии, также относят социально-экономические факторы.

Наряду с традиционными методами ряд исследователей [Kianfar et al., 2022; Zhang et al., 2022] в качестве инструментов пространственно-временного анализа успешно использовали модели на основе алгоритмов искусственных нейронных сетей. В ходе одного из таких исследований [Kianfar et al., 2022] пришли к выводу, что относительная важность факторов, влияющих на заболеваемость коронавирусной инфекцией, изменяется с течением времени, а безработица и плотность населения являются одними из наиболее влиятельных характеристик.

Не менее важной задачей в условиях многофакторного влияния окружающей среды на заболеваемость COVID-19 остается решение вопроса разработки и использования методов интегральной оценки на основе агрегирования данных и построения модельных индексов. Ряд исследователей [Mansour et al., 2021] рассматривают их в качестве ценной

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.

информационной поддержки для анализа социальных условий и эпидемической обстановки при принятии решений. Среди исследовательских работ особый интерес представляет публикация [Figueira et al., 2023], в которой авторы предложили инновационную с их точки зрения аддитивную модель MAVT свертки для построения композитного показателя (PACI) и системы порядковой классификации для оказания помощи в управлении пандемией COVID-19 в Португалии. Наиболее важным моментом при свертке показателей по мнению авторов является субъективность в оценке приоритетности (весомости) учитываемых критериев.

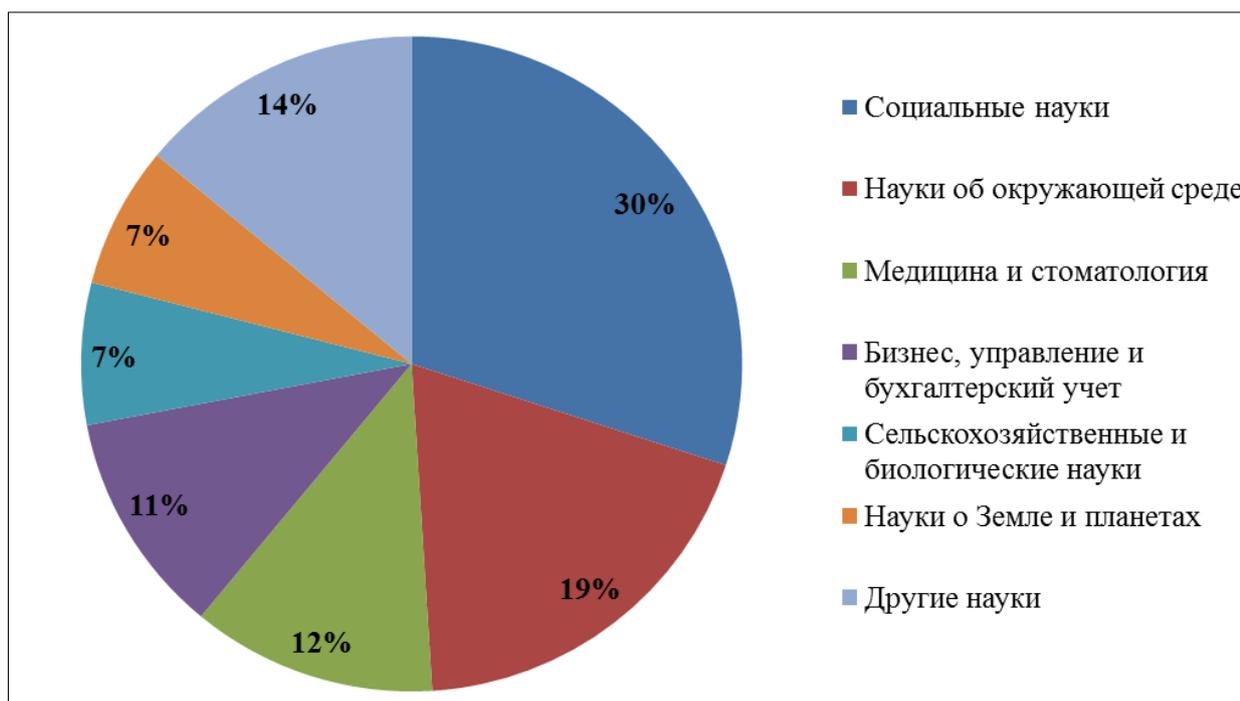


Рис. 1. Распределение публикаций по тематике распространения коронавирусной инфекции по предметным областям наук
Fig. 1. Distribution of publications on the topic of the spread of coronavirus infection by subject areas of science

В тоже время необходимость учета разнокачественной информации делает процесс интегральной оценки весьма непростым. Перспективным направлением в решении вопроса учета разнокачественной информации и в выборе инструмента для интегральной оценки социальных детерминант общественного здоровья рассматривается метод рандомизированных сводных показателей (МРСП) в версии «АСПИД» [Хованов, 1996].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования состояла в выявлении влияния социальных условий на пространственные особенности распространения пандемии коронавирусной инфекции на основе интегральной оценки влияния на заболеваемость социальных факторов на примере муниципальных образований Калининградской обл.

Поскольку большинство исследований и публикаций по их результатам традиционно базируется на исходных данных органов государственной статистики, то акцент был сделан на муниципальной статистике. В качестве объектов оценки и

картографирования авторы выбрали население административно-территориальных образований 22 муниципальных городских округов Калининградской обл.

По заболеваемости коронавирусом использованы совокупные данные Роспотребнадзора по муниципальным образованиям Калининградской обл. за 2021 г. Для сравнения и пространственного анализа по муниципалитетам совокупное число случаев заболевания было пересчитано в уровень заболеваемости из расчета числа заболевших на 1 000 чел. населения.

При выборе социальных факторов, обуславливающих уровень неравенства социальных условий и заболеваемости COVID-19, авторами на уровне муниципалитетов в работе [Огурцов, Дмитриев, 2020] был обоснован и приведен перечень из 8 характеристик (табл. 1), которые рассматриваются в настоящей статье в качестве критериев-предикторов состояния общественного здоровья.

Выбор этих характеристик обусловлен результатами международных исследований по проблеме оценки социальных детерминант общественного здоровья, опубликованными в библиографических базах данных. Не последнюю роль в вопросе выбора характеристик сыграла доступность данных. Данный перечень не является исчерпывающим и может быть в дальнейшем расширен за счет других социально обоснованных критериев.

Исходные характеристики, определяющие уровень состояния общественного здоровья, могут быть весьма многочисленны и образовывать весьма сложные системы, структурированные множеством функциональных и корреляционных взаимосвязей. Это обуславливает выбор методики агрегирования данных и этапов выполнения интегральной оценки. В решении данного вопроса в методическом плане авторы сделали выбор на использованную ими в большом количестве публикаций систему математических моделей, позволяющих учитывать нечисловую, неточную и неполную информацию для учета приоритетов и определения весов учитываемых параметров и возможности расчета точности результатов интегрального оценивания. Основу теоретической базы моделей составляет методология анализа и синтеза показателей при информационном дефиците (АСПИД-методология) [Хованов, 1996].

Процедура проведения интегральной оценки социальных детерминант в рамках АСПИД-метода состояла в последовательности следующих этапов.

На первом этапе формировался вектор исходных характеристик.

На втором этапе предварительно все исходные характеристики, имеющие разные оценочные шкалы, для сопоставимости проходили процедуру нормирования и преобразования к единой шкале от 0 до 1. В результате этой процедуры формировался вектор отдельных (нормированных) показателей (q_i), характеризующих благоприятность социальных условий для здоровья населения с точки зрения величины i -ой исходной характеристики. Значение $q_i = 0$ ($q_i = 1$) характеризует наиболее неблагоприятные (наиболее благоприятные) социальные условия соответственно. Вектор значений отдельных показателей формирует многокритериальную оценку j -го муниципалитета. Однако, многокритериальная оценка не решает вопроса сопоставимости социальных условий различных муниципалитетов в целом, поскольку существует проблема несравнимости результатов многокритериального оценивания. Несравнимость многокритериальных оценок проявляется не только в том, что по разным исходным характеристикам «наилучшими» и «наихудшими» с точки зрения социальных условий являются разные муниципалитеты, но и в том, что один и тот же муниципалитет может быть «наилучшим» по одним характеристикам и «наихудшим» — по другим. Также могут иметь место случаи, когда по каким-то показателям один муниципалитет лучше другого, а по каким-то хуже.

Табл. 1. Список исходных характеристик и источников данных
Table 1. List of initial characteristics and data sources

№ п/п	Характеристика ¹	Информационный источник	Описание
1	Уровень регистрируемой безработицы	Интерактивный портал Центра занятости населения Калининградской области	Определяется как отношение численности безработных, зарегистрированных в органах службы занятости населения, к численности экономически активного населения, в %
2	Охват детей дошкольным образованием от численности детей соответствующего возраста	Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области	Определяется отношением численности детей, посещающих дошкольные образовательные организации, к общей численности детей в возрасте 1–6 лет, скорректированной на численность детей в возрасте 5–6 лет, обучающихся в общеобразовательных организациях, в %
3	Число условного (минимального) набора продуктов питания;	Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области	Определяется отношением общего объема всех продовольственных товаров, реализованных в границах муниципального образования, в денежном выражении за финансовый год к объему условного (минимального) набора продуктов питания в денежном выражении за тот же период
4	Доля семей, нуждающихся в улучшении жилищных условий	Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области	Определяется как отношение числа семей, не получивших жилье и не улучшивших жилищные условия к концу года к общему числу семей, состоявших на учете в качестве нуждающихся в жилых помещениях в течении года, в %
5	Доля граждан в общей численности населения, пользующихся социальной поддержкой по ЖКХ, %	Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области	Определяется как отношение числа по всем категориям граждан, которым предоставляются льготы по оплате жилья и коммунальных услуг к общей численности населения, в %
6	Число зарегистрированных преступлений на 1000 чел.	Управление МВД РОССИИ по Калининградской области. Прокуратура Калининградской области	Определяется числом зарегистрированных преступлений на 1000 чел. населения
7	Открытость и доступность информации по предоставлению медицинских услуг в амбулаторных условиях	Министерство здравоохранения Калининградской области	Определяется как результат независимого социологического исследования по оценке качества условий оказания услуг организациями в сфере охраны здоровья населения Калининградской области, баллы
8	Комфортность условий предоставления медицинских услуг и доступность их получения в амбулаторных условиях	Министерство здравоохранения Калининградской области	Определяется как результат независимого социологического исследования по оценке качества условий оказания услуг организациями в сфере охраны здоровья населения Калининградской области, баллы

¹ Характеристики получены расчетным способом в рамках ведения федерального государственного статистического наблюдения и отчетности согласно ЕМИСС и мониторингового опроса по вопросу качества медицинских услуг и отражают информацию за 2021 г. Периодичность сбора (разработки) и временной ряд характеристик — год

Для решения указанной проблемы несравнимости многокритериальных оценок на следующем этапе отдельные показатели синтезируются в композитный показатель. В качестве синтезирующей функции используется линейная аддитивная модель свертки вида (1):

$$Q^{(j)} = q_1^{(j)} \times w_1 + q_2^{(j)} \times w_2 + \dots + q_i^{(j)} \times w_i, \quad (1),$$

где $Q^{(j)}$ — композитный показатель (КП) социальных условий j -го муниципального образования (МО);
 $q_i^{(j)}$ — отдельный показатель, характеризующий благоприятность социальных условий для здоровья населения j -го МО с точки зрения величины i -го критерия, т. е. он является функцией социальных детерминант здоровья, а его важность характеризуется весовым коэффициентом (w_i) i -го социального критерия.

Расчет весовых коэффициентов является самым ответственным моментом в процедуре построения композитных показателей из-за дефицита информации о численных значениях весовых коэффициентов. Для расчета весовых коэффициентов используется процедура байесовской рандомизации неопределенности, допускающая использование нечисловой, неточной и неполной информации (*ннн-информация*) [Хованов, 1996]. В результате ее применения весовые коэффициенты и композитные показатели превращаются в соответствующие случайные величины. В качестве их числовых оценок используется математическое ожидание, а точность характеризуется стандартным отклонением.

Подготовка исходных данных по уровню заболеваемости для расчета композитного показателя осуществлялась в разработанной авторами системе Geoexpert с помощью обращения и работы с электронными таблицами MS Excel.

Одной из задач в рамках нашего исследования было выявление пространственных особенностей неравенства социальных условий в отношении уровня заболеваемости COVID-19, которая решалась средствами ГИС-технологий. Для визуализации и пространственного анализа массивы значений уровня заболеваемости и композитного показателя, в виде файлов Excel импортировались в виде табличных данных через обменный формат из системы Geoexpert в среду ГИС Mapinfo. В последующем при составлении тематических карт все табличные данные были привязаны к соответствующему tab-файлу границ муниципальных образований. В ходе составления тематических карт были построены оценочные шкалы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Калининградской области ситуация менялась с первой декады марта 2020 г., когда был зарегистрирован первый случай заболевания коронавирусной инфекцией; к середине мая случаи COVID-19 были выявлены во всех муниципальных образованиях области, а к январю 2022 г. число заболевших превысило 82 тыс. чел. (рис. 2). В целом за 2021 г. было зарегистрировано свыше 64 000 новых случаев заболевания. На муниципальном уровне за 2021 г. больше всего случаев заболевания (35 783) было выявлено в областном центре. Меньше всего заболевших выявлено в Янтарном муниципальном округе — 220 чел.¹

В 2021 г. в Калининградской области не только сохранилась, но и увеличилась общая тенденция роста заболеваемости населения коронавирусной инфекцией (рис. 2). Средний уровень заболеваемости COVID-19 по области составил 54 случая на 1 000 чел. По

¹ Электронный ресурс: <http://39.rospotrebnadzor.ru/content/koronavirus-v-cifrah> (дата обращения 01.01.2022)

сравнению с 2020 г., этот показатель в 2021 г. превышен в 3 р. Прослеживается также тенденция к росту как минимальных, так и максимальных показателей уровня заболеваемости, составивших от 5 до 33 и от 22 до 82 случаев заболевания на 1 000 чел. населения соответственно. Как мы видим, особенно сильно выросли минимальные показатели (более чем в 5 р.).

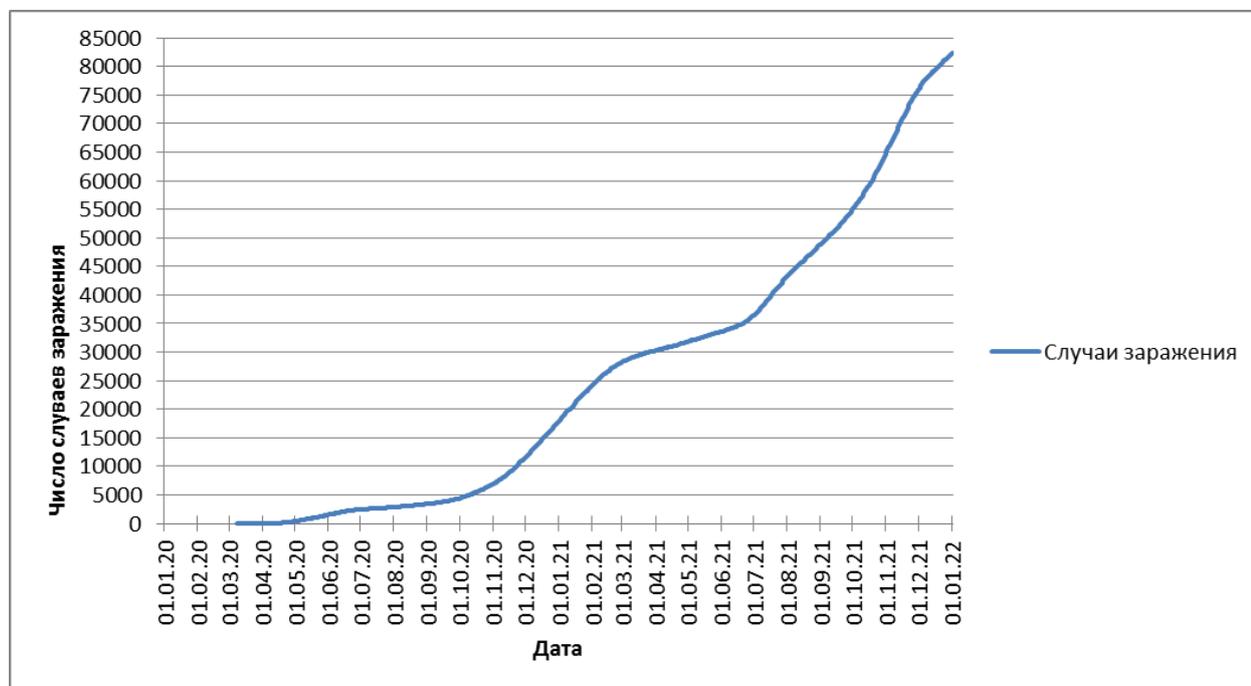


Рис. 2. Общее число случаев заражения COVID-19 в Калининградской области в 2020–2021 гг.

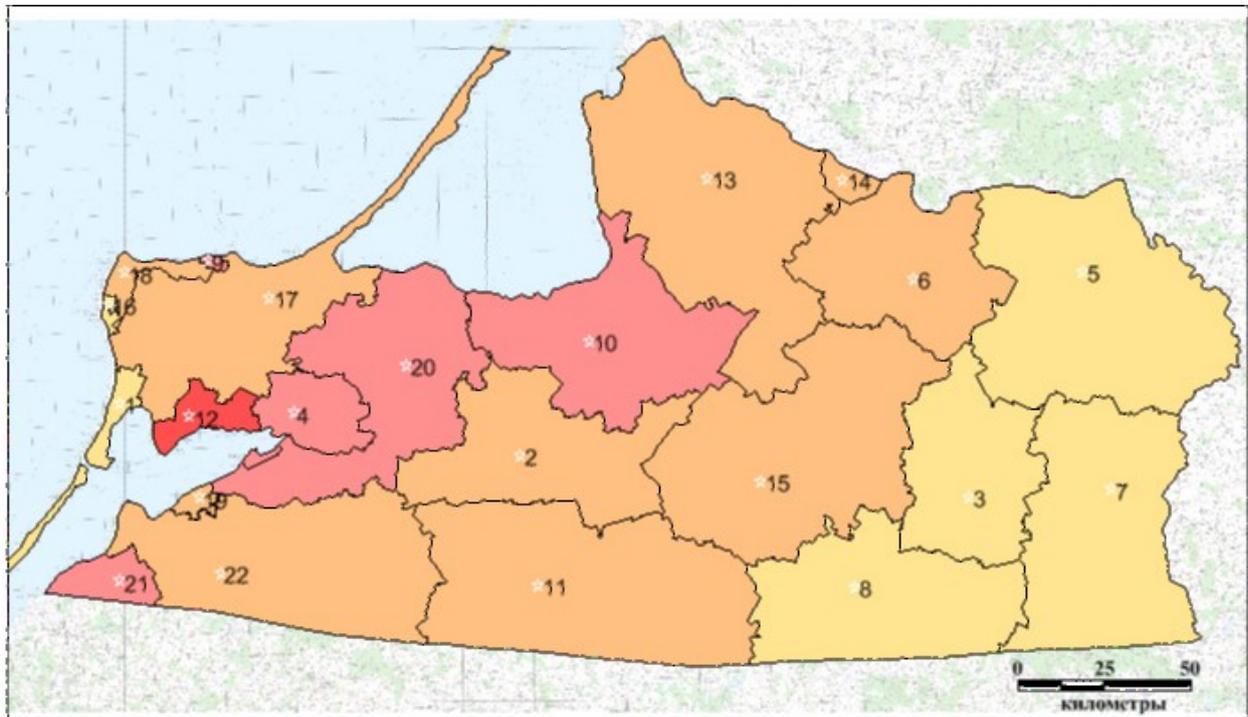
Fig. 2. The total number of cases of COVID-19 infection in the Kaliningrad Region in 2020–2021

Ранжирование территории области по уровню заболеваемости (рис. 3) показало, что в 2021 г. самая сложная эпидемическая ситуация складывалась в большей части муниципалитетов (54 %), где был превышен или близкий к среднему по области уровень заболеваемости. В отличие от 2020 г., когда в целом по области уровень заболеваемости не превышал 22 случая на 1 000 чел., в 2021 г. минимальный уровень заболеваемости был выше максимального значения в первый год пандемии. Если в 2020 г. первенство по заболеваемости было у г. Калининграда (22 случая на 1 000 чел.), то 2021 г. оно перешло Светловскому МО (82 случая на 1 000 чел.) с численностью населения 28,5 тыс. чел.

Сильные изменения эпидемической ситуации произошли не только в количественном отношении, но и в пространственном распространении COVID-19. Если в 2020 г. [Огурцов, Дмитриев, 2022] уровень заболеваемости в пространственном отношении носил пятнистый характер, то в 2021 г. (рис. 3.) на фоне высоких значений уровня заболеваемости прослеживается сглаживание пространственных различий и размывание «пятен». Факт «выравнивания эпидемиологической обстановки» по мере развития эпидемии отмечен также в работе [Панин и др., 2021].

Прослеживается тенденция снижения уровня заболеваемости в широтном направлении как к западу, так и к востоку от муниципалитетов с наиболее неблагоприятной эпидемической ситуацией по COVID-19. Наиболее неблагоприятная ситуация складывается в областном центре и прилегающих к нему муниципалитетах. Здесь значения

уровня заболеваемости превышают 60 случаев на 1 000 чел., что выше среднего значения по области. В географическом отношении наиболее низкие показатели уровня заболеваемости (от 30 до 45 случаев на 1 000 чел.) отмечены в муниципальных округах в восточной части области и частично в небольших муниципалитетах (Балтийский МО, Янтарный МО) на побережье Балтийского моря в западной части.



Номер муниципального городского округа

1 - Балтийский	9 - Пионерский	17 - Зеленоградский
2 - Гвардейский	10 - Полесский	18 - Светлогорский
3 - Гусевский	11 - Правдинский	19 - Ладужинский
4 - Калининград	12 - Светловский	20 - Гурьевский
5 - Краснознаменский	13 - Славский	21 - Мамоновский
6 - Неманский	14 - Советский	22 - Багратионовский
7 - Нестеровский	15 - Черняховский	
8 - Озерский	16 - Янтарный	

Уровень заболеваемости COVID-19

(число случаев на 1000 человек)



Рис. 3. Ранжирование территории Калининградской области по уровню заболеваемости COVID-19 в 2021 г.

Fig. 3. Ranking the territory of the Kaliningrad Region by the incidence of COVID-19 in 2021

На большей части территории Калининградской области (в основном к востоку и частично к западу от Калининграда) сложилась менее напряженная эпидемическая ситуация. Здесь диапазон изменения уровня заболеваемости COVID-19 составил от 45 до 60 случаев заражения на 1 000 чел. В этой группе муниципалитетов частично был превышен средний по области порог заболеваемости по коронавирусу.

На следующем этапе исследований в результате сбора и анализа исходной информации по социальным детерминантам общественного здоровья была разработана информационная модель объектов оценки (муниципалитетов) в виде совокупности значений исходных характеристик (табл. 1) и представленных в табличной форме (табл. 2). В ходе расчетов для оценки весомости отдельных показателей использовалась дополнительная информация. В качестве дополнительной вербальной информации при расчетах использовался ранжированный по уровню заболеваемости COVID-19 в 2021 г. ряд в разрезе муниципальных городских округов Калининградской области (рис. 3). В этой ранжировке эпидемическая ситуация с самым низким уровнем (22 случая на 1 000 чел.) заболеваемости COVID-19 складывается в Янтарном муниципальном округе. Самый высокий уровень заболеваемости (82 случая на 1 000 чел.) отмечен в Светловском МО. В целом это один из возможных оценочных сценариев расчета композитного показателя. Он может быть представлен по степени возрастания уровня заболеваемости COVID-19 от самого низкого до самого высокого в виде следующей системы неравенств (нечисловых приоритетов): Янтарный > Багратионовский > Гвардейский > Калининград > Светловский.

Результаты расчетов визуализированы на тематической карте и ранжированы по величине КП с использованием ГИС Mapinfo (рис. 4).

Социальные условия окружающей среды также претерпели изменения. В первую очередь это касается относительной важности (весомости) влияния различных социальных факторов на пространственную изменчивость заболевания коронавирусной инфекцией. Было установлено, что весомость социальных детерминант, влияющих на COVID-19, меняется с течением времени. В первый год пандемии (2020) тремя наиболее влиятельными (в порядке весомости) предикторами заболеваемости COVID-19 были:

- 1) комфортность условий предоставления медицинских услуг и доступность их получения в амбулаторных условиях;
- 2) доля семей, нуждающихся в улучшении жилищных условий;
- 3) число зарегистрированных преступлений на 1 000 чел.

В 2021 г. к наиболее важным факторам (в порядке весомости) были отнесены:

- 1) доля граждан в общей численности населения, пользующихся социальной поддержкой по ЖКХ;
- 2) число зарегистрированных преступлений на 1 000 человек;
- 3) уровень регистрируемой безработицы.

Этот результат подтверждает выводы, ранее сделанные в работе [Kianfar et al., 2022], и также может свидетельствовать о связи социальных детерминант с политикой, обусловленной социальным дистанцированием и низкой мобильностью граждан. Поскольку в этих условиях население вынуждено большую часть времени проводить в замкнутом пространстве жилья, фактор жилищных условий становится приоритетным, как и состояние преступности с занятостью населения.

В социальном благополучии населения после 2020 г. наметились определенные сдвиги. Если в 2020 г. единственным городским округом, где формируется наиболее благоприятная социальная среда, являлся Славский муниципальный городской округ [Огурцов, Дмитриев, 2022], то в 2021 г. в подавляющем большинстве муниципалитетов отмечены благоприятные изменения социальных условий в плане охраны общественного здоровья (рис. 4). Лишь в 3 из 22 муниципалитетов состояние социальной среды оценивается ниже, причем в Гурьевском МО социальная обстановка стала наиболее неблагоприятной для общественного здоровья. Особо следует отметить инвариантное

состояние территории Славского муниципального округа, поскольку сценарные расчеты 2021 г. не изменили оценку благоприятности социальных условий.

Табл. 2. Социальные детерминанты здоровья
Table 2. Social determinants of health

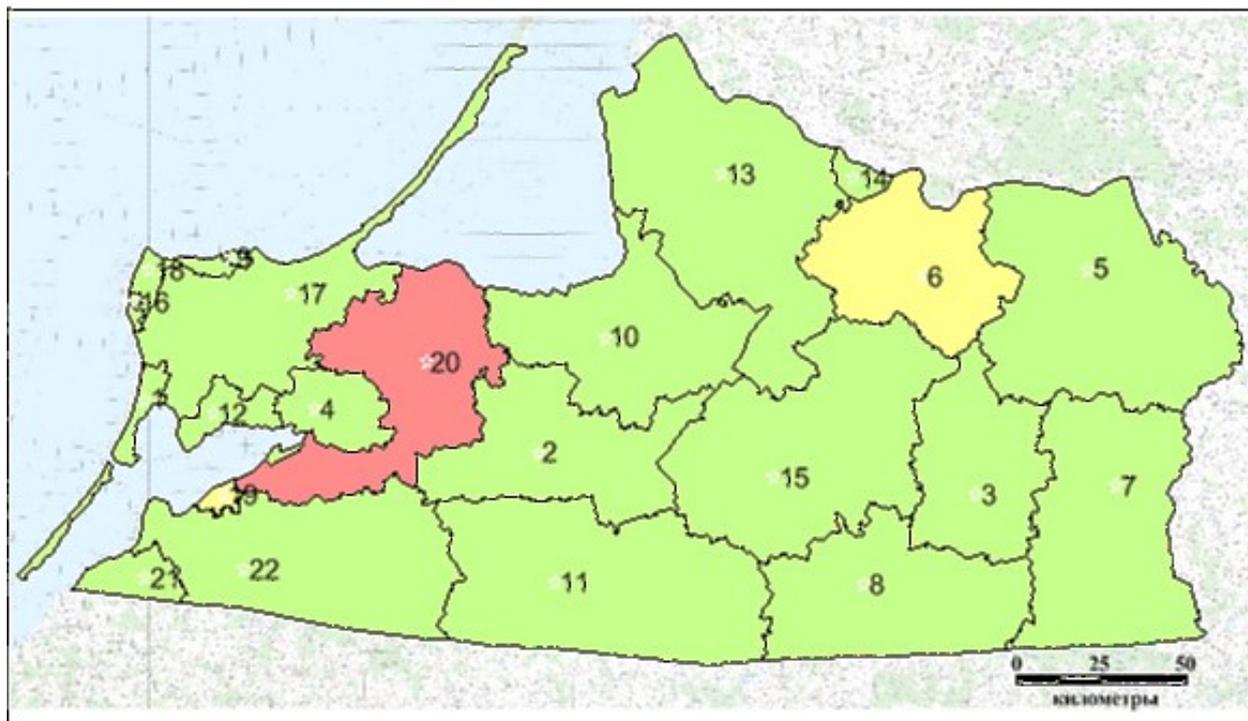
Муниципальный городской округ	Уровень регистрируе- мой безработицы, %	Охват детей дошколь- ным образованием от численности детей соответствующего воз- раста (%)	Число условного (минимального) набора продуктов питания	Доля семей, нуждаю- щихся в улучшении жилищных условий, %	Доля граждан в общей численности населе- ния, пользующихся со- циальной поддержкой по ЖКХ, %	Число зарегистриро- ванных преступлений на 1 000 чел.	Открытость и доступ- ность информации по предоставлению медицинских услуг в амбулаторных услови- ях, баллы	Комфортность усло- вий предоставления медицинских услуг и доступность их полу- чения в амбулаторных условиях, баллы
	1	2	3	4	5	6	7	8
Багратионовский	2,0	51	0,8	96	12	6	90	73
Балтийский	1,4	82	0,8	99	16	3	96,8	96
Гвардейский	1,9	59	0,7	99	14	11	90,4	94
Гурьевский	1,6	82	0,9	99	10	5	97,2	84
Гусевский	1,6	66	0,9	97	16	11	95,6	84
Зеленоградский	1,2	77	1,0	99	13	9	96,8	86
Калининград	1,5	84	1,8	99	16	12	96,4	90,5
Краснознаменский	3,9	35	0,7	99	16	7	98	87
Ладушкинский	1,9	54	1,0	100	30	2	96,4	86
Мамоновский	2,3	64	1,0	92	17	3	95,2	94
Неманский	3,0	51	0,6	98	18	16	91,6	88
Нестеровский	2,3	49	0,8	100	16	11	92,4	95
Озерский	3,5	61	0,6	100	18	10	88,8	86
Пионерский	1,8	84	1,4	99	19	7	90,8	86
Полесский	2,0	56	0,7	97	12	12	89,2	94
Правдинский	2,3	56	0,7	96	17	7	89,6	86
Светловский	1,6	72	1,0	95	17	12	96,8	95
Светлогорский	1,3	77	1,3	100	14	5	90,8	86
Славский	5,7	44	0,6	98	12	8	96,4	95
Советский	1,9	82	0,8	99	17	9	92	85
Черняховский	2,2	61	0,8	100	11	11	96	83
Янтарный	1,1	87	0,9	86	13	7	90,8	86

В пространственном отношении также прослеживается сглаживание социального неравенства. Этот результат может на первый взгляд показаться неожиданным или даже парадоксальным, однако, как отмечено в государственном докладе¹, в условиях напряженной эпидемической ситуации в 2021 г. благодаря реализованным антикризисным мерам и проведению широкой вакцинации в целом удалось обеспечить не только стабильность в социальной экономической сферах, но и сохранить здоровье и

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.

благополучие населения. В этом контексте полученный результат можно считать закономерным.

Проведенный корреляционный анализ еще раз подтвердил существование отрицательной связи величины КП с уровнем заболеваемости населения. В 2021 г. сохранился умеренный по силе характер корреляционных связей ($0,30 < r < 0,49$).



Номер муниципального городского округа

- | | | |
|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1 - Балтийский | 9 - Пионерский | 17 - Зеленоградский |
| 2 - Гвардейский | 10 - Полесский | 18 - Светлогорский |
| 3 - Гусевский | 11 - Правдинский | 19 - Ладушкинский |
| 4 - Калининград | 12 - Светловский | 20 - Гурьевский |
| 5 - Краснознаменский | 13 - Славский | 21 - Мамоновский |
| 6 - Неманский | 14 - Советский | 22 - Багратионовский |
| 7 - Нестеровский | 15 - Черняховский | |
| 8 - Озерский | 16 - Янтарный | |

Шкала интегральной оценки социальных условий



Рис. 4. Ранжирование территории муниципальных городских округов Калининградской области по величинам интегральных показателей социальных детерминант здоровья (по данным за 2021 г.)

Fig. 4. Ranking of the territory of municipal districts of the Kaliningrad Region by the value of the integral indicator of social determinants of health (according to data for 2021)

ВЫВОДЫ

В связи со сложной эпидемической обстановкой, обусловленной пандемией коронавирусной инфекции, расширяются исследования по выявлению и оценке факторов влияющих на распространение COVID-19. Результаты этих исследований указывают на ключевую роль социальных факторов в преодолении «пандемического кризиса», а неравенство социальных условий является одной из причин пространственной неоднородности распространения инфекции.

Опубликованные результаты исследований носят разномасштабный и разнонаправленный характер, но, как правило, за рамками обсуждения остаются вопросы неравенства социальных условий на локальном (муниципальном уровне). Анализ научных публикаций в электронной библиотеке Elibrary дает основание считать данное исследование и его результаты в числе первых в Российской Федерации, в которых рассматриваются вопросы интегральной оценки социальных детерминант общественного здоровья в период пандемии на муниципальном уровне.

Исходя из результатов исследований 2021 г., можно сформулировать следующие выводы:

- 1) Проведенные исследования позволили выявить количественные и пространственные особенности второго года распространения коронавирусной инфекции, тенденции в изменении социальных условий на уровне муниципалитетов Калининградской области, обусловленные федеральными и региональными причинами.
- 2) На фоне повышения уровня заболеваемости, особенностью его пространственного распределения стало выравнивание характера заболеваемости в пределах региона, сопровождающееся сглаживанием в пространстве социальных неравенств.
- 3) Получено подтверждение вывода, сделанного в работе [Kianfar et al., 2022] о том, что весомость социальных детерминант, влияющих на COVID-19, изменяется с течением времени.
- 4) Результаты корреляционного анализа подтверждают наличие отрицательной корреляционной связи между композитным показателем (КП) и уровнем заболеваемости COVID-19.
- 5) Разработанные картографические модели на основе географических информационных систем (ГИС) могут быть полезны для выявления влияния социальной среды на распространение COVID-19 на муниципальном уровне в Калининградской области.
- 6) С точки зрения новизны подхода нами предложено инновационное применение аддитивной модели свертки многих критериев с использованием нечисловой, неточной и неполной информации для оценки социальных детерминант общественного здоровья. Гибкость модельных алгоритмов позволяет:
 - в условиях дефицита количественных данных использовать нечисловую, неточную и неполную информацию, как о критериях оценки (схема синтеза), так и об объектах оценки (схема анализа) и объединять их в единую систему оценки;
 - использовать различные сочетания нечисловой, неточной и неполной информации при расчете весовых коэффициентов и выработке сценариев, отражающих различные варианты развития эпидемического процесса;
 - оценить точность и достоверность полученных результатов и подготовить рекомендации по проведению социальной политики в сфере здравоохранения;
 - ранжировать территории политико-административных образований по благоприятности социальных детерминант общественного здоровья с

выявлением инвариантных состояний, оценки которых стабильны и не изменяется в различных информационных ситуациях и эпидемической обстановке в целом.

- 7) Сопоставление различных расчетных сценариев с использованием АСПИД-метода может дать важную информацию органам власти всех уровней для принятия решений в формировании региональной политики и в разработке необходимых мер в условиях чрезвычайных ситуаций эпидемического характера.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность Институту наук о Земле СПбГУ за помощь в организации работ.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their gratitude to the Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University for their assistance in organizing the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Драпкина О.М., Самородская И.В., Сивцева М.Г., Какорина Е.П., Брико Н.И., Черкасов С.Н., Цинзерлинг В.А., Мальков П.Г. Методические аспекты оценки заболеваемости, распространенности, летальности и смертности при COVID-19. Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2020. Т. 19. № 3. С. 302–309. DOI: 10.15829/1728-8800-2020-2585.

Огурцов А.Н., Дмитриев В.В. Интегральная оценка социальных детерминант общественного здоровья населения Калининградской области (муниципальный уровень) ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. М.: Издательство Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 3. С. 78–90. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-78-90.

Огурцов А.Н., Дмитриев В.В. Социальные детерминанты общественного здоровья в период пандемии COVID-19: интегральная оценка данных на уровне муниципальных образований Калининградской области ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 2. С. 311–320. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-311-320.

Панин А.Н., Рыльский И.А., Тикунов В.С. Пространственные закономерности распространения пандемии COVID-19 в России и мире: картографический анализ. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2021. № 1. С. 62–77.

Сизикова Т.Е., Лебедев В.Н., Борисевич С.В. Природные, биологические и социальные факторы, способствующие возникновению новых подъемов заболеваемости COVID-19 в Российской Федерации. БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение, 2022. Т. 22. № 4. С. 351–360. DOI: 10.30895/2221-996X-2022-22-4-351-360.

Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: Издательство СПбГУ, 1996. 204 с.

Abrams E.M., Szeffler S.J. COVID-19 and the impact of social determinants of health. The Lancet Respiratory Medicine, 2020. V. 8. Iss. 7. P. 659–661. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30234-4.

Alidadi M., Sharifi A. Effects of the built environment and human factors on the spread of COVID-19: A systematic literature review. Science of The Total Environment, 2022. V. 850. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158056.

- Bayode T., Popoola A., Akogun O., Siegmund A., Magidimisha-Chipungu H., Ipingbemi O.* Spatial variability of COVID-19 and its risk factors in Nigeria: A spatial regression method. *Applied Geography*, 2022. V. 138. DOI: 10.1016/j.apgeog.2021.102621.
- Bontempi E., Vergalli S., Squazzoni F.* Understanding COVID-19 diffusion requires an interdisciplinary, multi-dimensional approach. *Environmental Research*, 2020. V. 188. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109814.
- Coccia M.* The impact of first and second wave of the COVID-19 pandemic in society: Comparative analysis to support control measures to cope with negative effects of future infectious diseases. *Environmental Research*, 2021. V. 197. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111099.
- Coker ES., Molitor J., Liverani S., Martin J., Maranzano P., Pontarollo N., Vergalli S.* Bayesian profile regression to study the ecologic associations of correlated environmental exposures with excess mortality risk during the first year of the COVID-19 epidemic in lombardy, Italy. *Environmental Research*, 2023. V. 216. Part 1. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114484.
- Dutta I., Basu T., Das A.* Spatial analysis of COVID-19 incidence and its determinants using spatial modeling: A study on India. *Environmental Challenges*, 2021. V. 4. DOI: 10.1016/j.envc.2021.100096.
- Ehlert A.* The socio-economic determinants of COVID-19: A spatial analysis of German county level data. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2021. V. 78. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101083.
- Figueira J.R., Oliveira H.M., Serro A.P., Colaço R., Froes F., Cordeiro C.R., Diniz A., Guimarães M.* A multiple criteria approach for building a pandemic impact assessment composite indicator: The case of COVID-19 in Portugal. *European Journal of Operational Research*, 2023. V. 309. Iss. 2. P. 795–818. DOI: 10.1016/j.ejor.2023.01.025.
- Kashem S.B., Baker D.M., González S.R., Lee C.A.* Exploring the nexus between social vulnerability, built environment, and the prevalence of COVID-19: A case study of Chicago. *Sustainable Cities and Society*, 2021. V. 75. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103261.
- Kianfar N., Mesgari M-S., Mollalo A., Kaveh M.* Spatio-temporal modeling of COVID-19 prevalence and mortality using artificial neural network algorithms. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 2022. V. 40. DOI: 10.1016/j.sste.2021.100471.
- Mansour S., Al Kindi A., Al-Said A., Al-Said A., Atkinson P.* Sociodemographic determinants of COVID-19 incidence rates in Oman: Geospatial modelling using multiscale geographically weighted regression (MGWR). *Sustainable Cities and Society*, 2021. V. 65. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102627.
- Mishra Sh., Ma H., Moloney G., Yiu Kristy C.Y., Darvin D., Landsman D., Kwong Je.C., Calzavara A., Straus Sh., Chan A.K., Gournis Ef., Rilkoff H., Xia Y., Katz A., Williamson T., Malikov K., Kustra R., Maheu-Giroux M., Sander B., Baral St.D.* Increasing concentration of COVID-19 by socioeconomic determinants and geography in Toronto, Canada: An observational study. *Annals of Epidemiology*, 2022. V. 65. P. 84–92. DOI: 10.1016/j.annepidem.2021.07.007.
- Suligowski R., Ciupa T.* Five waves of the COVID-19 pandemic and green-blue spaces in urban and rural areas in Poland. *Environmental Research*, 2023. V. 216. Part 3. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114662.
- The Lancet. The COVID-19 pandemic in 2023: Far from over. *Lancet*, 2023. V. 401. Iss. 10371. P. 79. DOI: 10.1016/S0140-6736(23)00050-8.
- Zhang Y., Zhang Q., Zhao Y., Deng Y., Zheng H.* Urban spatial risk prediction and optimization analysis of POI based on deep learning from the perspective of an epidemic. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2022. V. 112. DOI: 10.1016/j.jag.2022.102942.

REFERENCES

- Abrams E.M., Szeffler S.J.* COVID-19 and the impact of social determinants of health. *The Lancet Respiratory Medicine*, 2020. V. 8. Iss. 7. P. 659–661. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30234-4.
- Alidadi M., Sharifi A.* Effects of the built environment and human factors on the spread of COVID-19: A systematic literature review. *Science of The Total Environment*, 2022. V. 850. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158056.
- Bayode T., Popoola A., Akogun O., Siegmund A., Magidimisha-Chipungu H., Ipingbemi O.* Spatial variability of COVID-19 and its risk factors in Nigeria: A spatial regression method. *Applied Geography*, 2022. V. 138. DOI: 10.1016/j.apgeog.2021.102621.
- Bontempi E., Vergalli S., Squazzoni F.* Understanding COVID-19 diffusion requires an interdisciplinary, multi-dimensional approach. *Environmental Research*, 2020. V. 188. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109814.
- Coccia M.* The impact of first and second wave of the COVID-19 pandemic in society: comparative analysis to support control measures to cope with negative effects of future infectious diseases. *Environmental Research*, 2021. V. 197. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111099.
- Coker ES., Molitor J., Liverani S., Martin J., Maranzano P., Pontarollo N., Vergalli S.* Bayesian profile regression to study the ecologic associations of correlated environmental exposures with excess mortality risk during the first year of the COVID-19 epidemic in lombardy, Italy. *Environmental Research*, 2023. V. 216. Part 1. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114484.
- Drapkina O.M., Samorodskaya I.V., Sivtseva M.G., Kakorina E.P., Briko N.I., Cherkasov S.N., Zinserling V.A., Malkov P.G.* COVID-19: Urgent questions for estimating morbidity, prevalence, case fatality rate and mortality rate. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2020. V. 19. No. 3. P. 302–309 (in Russian). DOI: 10.15829/1728-8800-2020-2585.
- Dutta I., Basu T., Das A.* Spatial analysis of COVID-19 incidence and its determinants using spatial modeling: A study on India. *Environmental Challenges*, 2021. V. 4. DOI: 10.1016/j.envc.2021.100096.
- Ehlert A.* The socio-economic determinants of COVID-19: A spatial analysis of German county level data. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2021. V. 78. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101083.
- Figueira J.R., Oliveira H.M., Serro A.P., Colaço R., Froes F., Cordeiro C.R., Diniz A., Guimarães M.* A multiple criteria approach for building a pandemic impact assessment composite indicator: The case of COVID-19 in Portugal. *European Journal of Operational Research*, 2023. V. 309. Iss. 2. P. 795–818. DOI: 10.1016/j.ejor.2023.01.025.
- Khovanov N.V.* Analysis and synthesis of indicators at information deficiency. St. Petersburg: St. Petersburg State University Press, 1996. 196 p. (in Russian).
- Kashem S.B., Baker D.M., González S.R., Lee C.A.* Exploring the nexus between social vulnerability, built environment, and the prevalence of COVID-19: A case study of Chicago. *Sustainable Cities and Society*, 2021. V. 75. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103261.
- Kianfar N., Mesgari M-S., Mollalo A., Kaveh M.* Spatio-temporal modeling of COVID-19 prevalence and mortality using artificial neural network algorithms. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 2022. V. 40. DOI: 10.1016/j.sste.2021.100471.
- Mansour S., Al Kindi A., Al-Said A., Al-Said A., Atkinson P.* Sociodemographic determinants of COVID-19 incidence rates in Oman: Geospatial modelling using multiscale geographically weighted regression (MGWR). *Sustainable Cities and Society*, 2021. V. 65. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102627.

Mishra Sh., Ma H., Moloney G., Yiu Kristy C.Y., Darvin D., Landsman D., Kwong Je.C., Calzavara A., Straus Sh., Chan A.K., Gournis Ef., Rilkoﬀ H., Xia Y., Katz A., Williamson T., Malikov K., Kustra R., Maheu-Giroux M., Sander B., Baral St.D. Increasing concentration of COVID-19 by socioeconomic determinants and geography in Toronto, Canada: An observational study. *Annals of Epidemiology*, 2022. V. 65. P. 84–92. DOI: 10.1016/j.annepidem.2021.07.007.

Ogurtsov A.N., Dmitriev V.V. Integrated assessment of social determinants of public health of the population of the Kaliningrad Region (municipal level) InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2020. V. 26. Part 3. P. 78–90 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-78-90.

Ogurtsov A.N., Dmitriev V.V. The social determinants of public health during the COVID-19 pandemic: an integrated assessment of Kaliningrad region data (municipal level) InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2022. V. 28. Part 2. P. 311–320 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-311-320.

Panin A.N., Rylskiy I.A., Tikunov V.S. Spatial patterns of COVID-19 distribution in Russia and the world: Cartographic analysis. *Moscow University Bulletin. Series 5. Geography*, 2021. No. 1. P. 62–77 (in Russian).

Sizikova T.E., Lebedev V.N., Borisevich S.V. Environmental, biological and social factors contributing to new rises in COVID-19 morbidity in Russia. *BIOPreparaty. Profilaktika, diagnostika, lechenie (Biological Products. Prevention, Diagnosis, Treatment)*, 2022. V. 22. No. 4. P. 351–360 (in Russian). DOI: 10.30895/2221-996X-2022-22-4-351-360.

Suligowski R., Ciupa T. Five waves of the COVID-19 pandemic and green-blue spaces in urban and rural areas in Poland. *Environmental Research*, 2023. V. 216. Part 3. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114662.

The Lancet. The COVID-19 pandemic in 2023: Far from over. *Lancet*, 2023. V. 401. Iss. 10371. P. 79. DOI: 10.1016/S0140-6736(23)00050-8.

Zhang Y., Zhang Q., Zhao Y., Deng Y., Zheng H. Urban spatial risk prediction and optimization analysis of POI based on deep learning from the perspective of an epidemic. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2022. V. 112. DOI: 10.1016/j.jag.2022.102942.