

<https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-1-33-40>

Возможности применения геоинформационных технологий в эпидемиологическом надзоре за COVID-19 на региональном уровне

Е. И. Кравченко¹, А. И. Блох^{2,3}, О. А. Пасечник^{*2,3}

¹ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Красноярск

²ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Омск

³ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора, г. Омск

Резюме

Актуальность. Распространение COVID-19 в мире обусловило выраженный интерес к изучению в числе прочих закономерностей территориального распределения случаев заболевания. **Цель.** Изучение пространственного распределения случаев COVID-19 и разработка предложений по применению ГИС-технологий в системе эпидемиологического надзора за инфекцией на региональном уровне. **Материалы и методы.** Исследование проведено на территории закрытого административно-территориального образования г. Зеленогорск Красноярского края. Период исследования включал 57 недель (с 12.04.2020 г. по 18.06.2021 г.), в течение которого было зарегистрировано 4176 случаев COVID-19. Каждый случай заболевания геокодировался по месту проживания заболевших с использованием проекционной системы координат из открытых данных ресурса Open Street Map. Пространственное распределение случаев COVID-19 изучалось с помощью географической информационной системы QGIS Desktop версия 3.28.0. Анализ пространственной автокорреляции проводился с использованием индекса Гетиса-Орда. **Результаты.** С помощью ГИС-технологий проведена оценка плотности распределения случаев COVID-19, обнаружены шесть зон со средней плотностью ядра, наибольшее эпидемиологическое значение имели очаги в северной части города. При оценке кластеризации случаев в пределах указанных территориальных зон было выявлено 11 кластеров, 3 из которых характеризовались наиболее высокой плотностью – 1210,1 случаев на 1 км², 1155,9 и 1116,7 случаев на 1 км². Значение индекса Гетиса-Орда находилось в пределах от 0,00 до 2,576, наибольшее количество случаев было зарегистрировано в территориальных кластерах, расположенных в северной части города. **Выводы.** Полученные на основе современных ГИС-технологий новые знания о наличии «горячих точек» или кластеров на административной территории позволяют скорректировать профилактические меры в микрорайонах с высокой распространенностью инфекции и выработать стратегии для более эффективного контроля COVID-19.

Ключевые слова: COVID-19, эпидемиология, географические информационные системы, заболеваемость, эпидемические очаги, кластеры

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Кравченко Е. И., Блох А. И., Пасечник О. А. Возможности применения геоинформационных технологий в эпидемиологическом надзоре за COVID-19 на региональном уровне. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2024;23(1):33-40. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-1-33-40>

Possibilities of Using Geoinformation Technologies in Epidemiological Surveillance of COVID-19 Infection at the Regional Level

El Kravchenko¹, Al Blokh^{2,3}, OA Pasechnik^{*2,3}

¹Federal Siberian Research Clinical Center under FMBA of Russia, Krasnoyarsk, Russia

²Omsk State Medical University, Omsk, Russia

³Omsk Research Institute of Natural Focal Infections, Omsk, Russia

Abstract

Relevance. The spread of the new coronavirus infection throughout the world has led to expressed interest in studying, among other things, the patterns of territorial distribution of cases of the disease. **Aim.** To investigate the spatial distribution of cases of COVID-19 infection and develop proposals for the use of GIS technologies in the epidemiological supervision system for the new coronavirus infection at the regional level. **Materials and methods.** The study was conducted on the territory of the closed administrative-

* Для переписки: Пасечник Оксана Александровна, д. м. н., доцент, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения, ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, 644050, г. Омск, ул. Мира, д.9, каб.104. +7 (3812) 65-03-88, opasechnik@mail.ru. ©Кравченко Е. И. и др.
** For correspondence: Oksana A. Pasechnik, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Public health and Healthcare, Omsk State Medical University, office104, 9, Mira st, Omsk, 644050, Russia. +7 (3812) 65-03-88, opasechnik@mail.ru. ©Kravchenko El, et al.

territorial entity of Zelenogorsk, Krasnoyarsk Territory. 4176 cases of COVID-19 infection were reported during the study period of 57 weeks (04/12/2020 to 06/18/2021). Each case of the disease was geocoded by the residence of the sick person using a projection coordinate system from the open data of the Open Street Map resource. The spatial distribution of COVID-19 cases was studied with geographic information system QGIS Desktop version 3.28.0. Spatial autocorrelation analysis was carried out using the Getis-Ord index. **Results.** During the application of GIS technologies, the density of distribution of COVID-19 infection cases was estimated, six zones with an average core density were discovered, the outbreaks in the northern part of the city had the greatest epidemiological significance. When assessing the clustering of cases within the specified territorial zones, eleven clusters were identified, three of which were characterized by the highest density of cases - 1210.1 cases per 1 sq. km, 1155.9 and 1116.7 cases per 1 sq. km. The Getis-Ord index value ranged from 0.00 to 2.576, the majority of cases was recorded in territorial clusters located in the northern part of the city. **Conclusions.** New knowledge obtained on the basis of modern GIS technologies about the presence of "hot spots" or clusters in the administrative territory will make the adjustment of preventive measures in micro-areas with a high prevalence of infection possible and develop strategies for more effective control of COVID-19 infection.

Keywords: COVID-19, epidemiology, geographic information systems, morbidity, epidemic foci, clusters
No conflict of interest to declare.

For citation: Kravchenko EI, Blokh AI, Pasechnik OA. Possibilities of using geoinformation technologies in epidemiological surveillance of COVID-19 infection at the regional level. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2024;23(1):33-40 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-1-33-40>

Введение

К началу 2023 г. в мире было зарегистрировано более 650 млн случаев COVID-19 [1]. В отличие от двух относительно недавних эпидемий, вызванных коронавирусами SARS-CoV и MERS-CoV, к пандемии COVID-19 привел коронавирус SARS-CoV-2, для которого характерен быстрый темп распространения по регионам мира. Первая тысяча случаев COVID-19 была выявлена в течение 48 дней от начала регистрации, тогда как случаи атипичной пневмонии – в течение двух с половиной лет, ближневосточного респираторного синдрома – в течение четырех месяцев [2].

Распространение COVID-19 по всему миру обусловило выраженный интерес к изучению фундаментальных свойств возбудителя, патогенеза заболевания и способов специфической профилактики. В то же время с позиций общественного здоровья интерес представляет адресное планирование и реализация противоэпидемических мероприятий в наиболее пораженных регионах и населенных пунктах или его административных единицах [3,4].

В рутинной эпидемиологической практике давно используется традиционное картографирование для ретроспективной оценки территориального распределения случаев различных заболеваний. Обычный подход представляет собой изучение региональных данных, тогда как первичные данные пациентов слабо используются в оперативном анализе в ходе эпидемиологического надзора вне контекста расследования случаев инфекционных заболеваний [2,4].

Геопространственный анализ, основанный на новых информационных технологиях, может помочь обнаружить групповую заболеваемость или потенциальные кластеры, в границах которых происходит активное распространение возбудителя, визуализировать

значительный объем эпидемиологических данных, что применимо при проведении эпидемиологического анализа ситуации и упрощает выработку необходимых организационно-управленческих решений [2,3,5].

Цель нашего исследования – изучение пространственного распределения случаев инфекции COVID-19 и разработка предложений по применению ГИС-технологий в системе эпидемиологического надзора за новой коронавирусной инфекцией на региональном уровне.

Материалы и методы

Исследование проведено на территории закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) г. Зеленогорска Красноярского края, относящегося к моногородам, основанным при градообразующем предприятии. В силу особенностей экономической деятельности город является закрытым, расположен вдали от крупных транспортных узлов, на его территории действует пропускная система, миграционная активность населения низкая.

Период исследования – 57 недель (с 12.04.2020 г. по 18.06.2021 г.), в течение которого было зарегистрировано 4176 случаев COVID-19 среди населения.

Материалом для исследования послужили данные регистрации случаев COVID-19, экстренные извещения о случаях заболевания (форма №058/у «Экстренное извещение об инфекционном заболевании, пищевом, остром профессиональном отравлении, необычной реакции на прививку»). Сведения о численности жителей, зарегистрированных в жилых домах на территории ЗАТО г. Зеленогорска, были получены из открытой базы данных ГИС «ЖКХ» [6].

Каждый случай заболевания геокодировался по месту проживания заболевших. Географические

координаты были получены с использованием широты и долготы центра каждого эпидемического очага. Выходные карты были созданы с использованием проекционной системы координат EPSG: 3276; датум – WGS84 из Open Street Map (<https://www.qgis.org/>).

Пространственное распределение случаев COVID-19 изучалось с помощью географической информационной системы QGIS Desktop версия 3.28.0 (<https://www.qgis.org/>). QGIS Desktop является открытой профессиональной геоинформационной системой, позволяющей визуализировать, управлять, редактировать и анализировать массивы данных, формировать картографическую информацию с размещением различных параметров. Одной из возможностей данной ГИС является построение тепловых карт, отражающих расположение на определенной территории в заданном радиусе точек (эпидемических очагов или случаев заболевания), которые в зависимости от их количества имеют различную плотность расположения («ядра» или «горячие пятна»). Для более детальной визуализации использована оценка ядерной плотности на основе ядра Епанечникова с радиусом, определенным из фактического пространственного распределения случаев COVID-19.

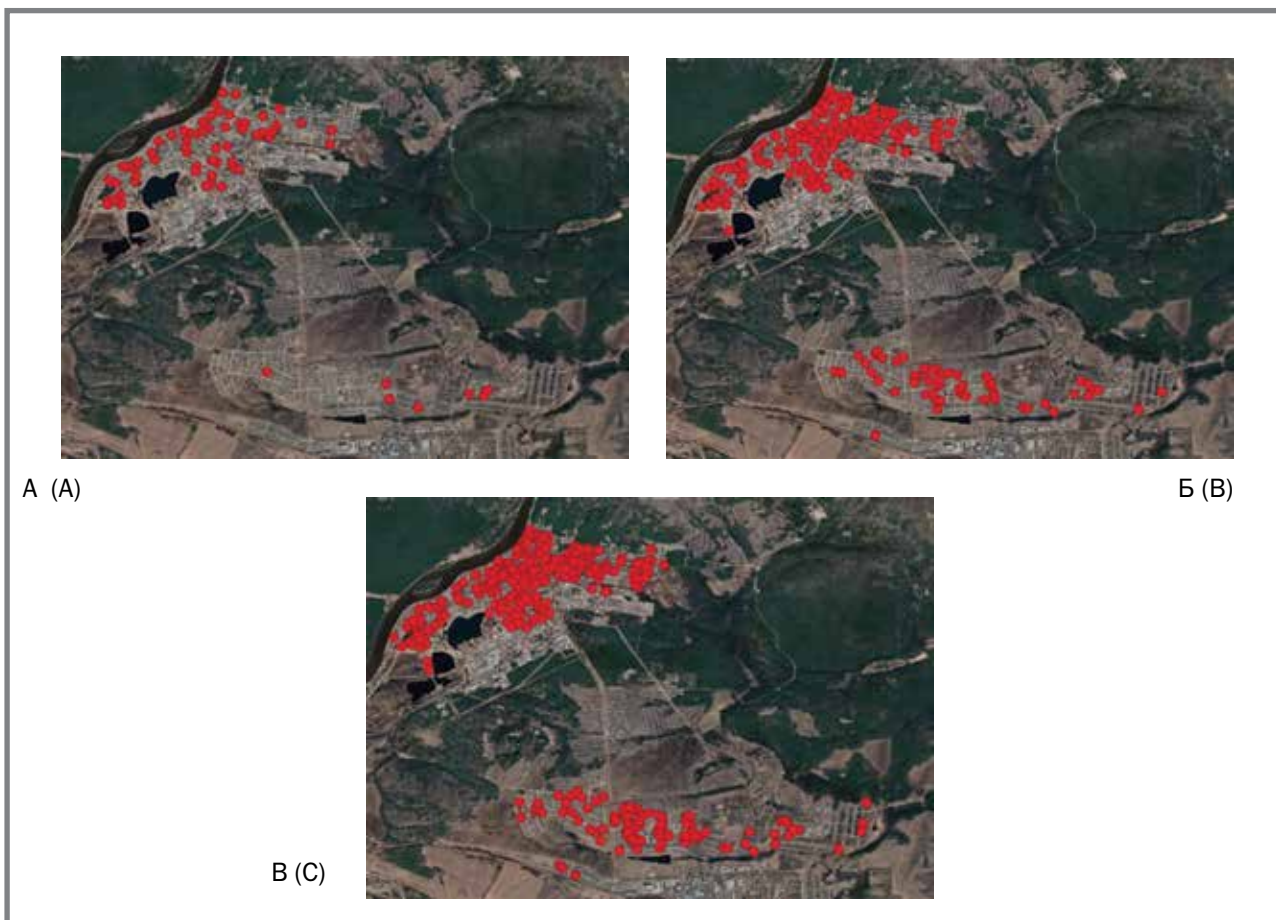
На полученной тепловой карте «горячие» пятна соответствовали наибольшей плотности расположения очагов COVID-19. Для исключения наложения нескольких очагов, находящихся на значительном удалении от «горячего» пятна, проведен анализ пространственной автокорреляции с помощью плагина Visualist путем расчета индекса Гетиса-Орда (Getis-Ord index) [9]. Индекс Гетиса-Орда относится к локальным индексам пространственной автокорреляции и используется для идентификации в пространстве областей или территорий, где группируются высокие или низкие значения анализируемого показателя с учетом географических координат.

Для большей информативности полученных результатов использовался Z-критерий, позволяющий судить о достигнутом уровне статистической значимости. Высокие положительные значения Z-оценки индекса Гетиса-Орда указывали на близкое расположение большого количества очагов COVID-19 и позволяли судить о статистической значимости их пространственной группировки.

Пространственная кластеризация случаев выполнена методом k-средних с автоматическим подбором количества центроидов с оптимизацией

Рисунок 1. Динамика распространения в ЗАТО г. Зеленогорск случаев COVID-19

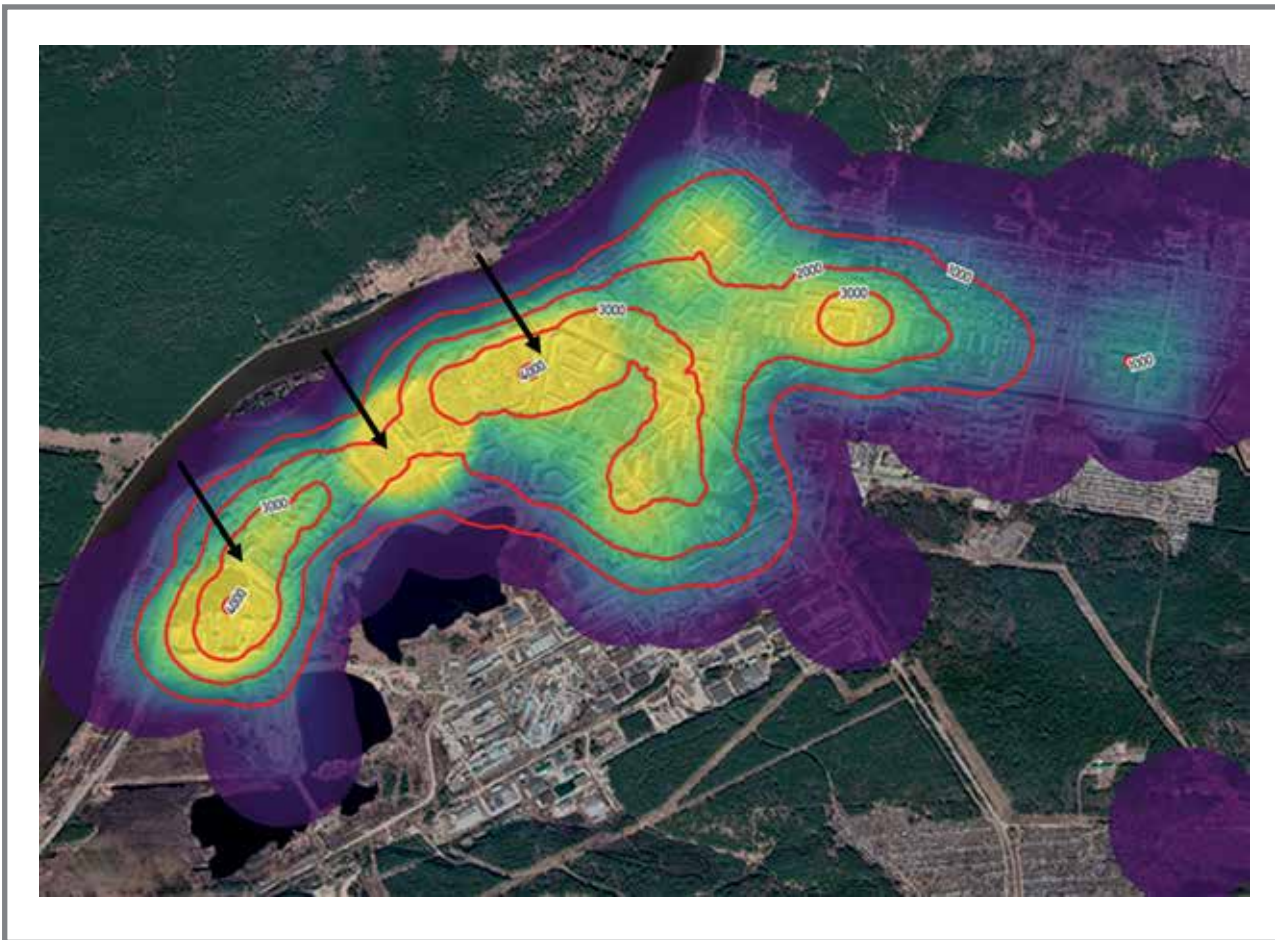
Figure 1. Dynamics of the spread of COVID-19 cases in the closed administrative town of Zelenogorsk



Примечание: А – первые 100 случаев, Б – первые 500 случаев, В – первые 1000 случаев.
Note: A – the first 100 cases, B – the first 500 cases, C – the first 1000 cases.

Рисунок 2. Плотность распределения случаев новой коронавирусной инфекции в северной части ЗАТО г. Зеленогорск

Figure 2. Distribution density of cases of new coronavirus infection in the northern part of the Zelenogorsk city



Примечание: цветом обозначена плотность случаев инфекции («ядер»); черными стрелками отмечены три зоны наибольшей плотности ядра; красные изолинии указывают плотность проживания населения в этой области; цифры внутри изолиний – количество проживающего населения на указанной территории).

Note: color indicates the density of infection cases («kernel»); black arrows mark three zones of the highest core density; red isolines indicate the population density in this area; the numbers inside the isolines indicate the number of people living in the specified territory.

по информационному критерию Акаике (AIC) [7]. С помощью указанного статистического критерия в геоинформационном анализе эпидемиологических данных возможно вычисление оптимального количества кластеров на исследуемой территории.

Принадлежность конкретного очага к кластеру определялась его пространственным расположением, что было необходимо для выявления областей с устойчиво активными факторами риска. При расчете кластеров учитывалась плотность проживающего населения в отдельных микрорайонах, интегрированная из открытых баз данных ГИС «ЖКХ» [6].

Для каждого полученного кластера вычислялась описательная статистика, включающая площадь минимального охватывающего полигона, плотность расположения очагов в кластере, средний возраст заболевших, их распределение по полу.

Результаты

В ходе анализа пространственно-временного распределения случаев заболевания была оценена

динамика регистрации случаев и их территориальное распределение в пределах ЗАТО г. Зеленогорск (рис. 1).

Первые 100 случаев были зарегистрированы с 10.04.2020 г. по 02.07.2020 г. (среднесуточное количество случаев за указанный период – 3,5); регистрация пятисотого случая пришлось на 15.10.2020 г. (среднесуточное количество случаев с 03.07.2020 г. по 15.10.2020 г. – 5,4), а тысячного – спустя две недели (28.10.2020 г., среднесуточное количество случаев – 45,7 с 16.10.2020 г. по 28.10.2020 г.).

К 18.06.2021 г. из анализируемых 4176 случаев COVID-19 подавляющее большинство – 85,6% (3573/4176) располагались в северной части г. Зеленогорска, что обусловило формирование в этой части города трех зон наибольшей плотности очагов COVID-19 (рис. 2).

При оценке плотности распределения случаев COVID-19 на территории ЗАТО г. Зеленогорск выявлено шесть зон со средней плотностью ядра, которые поровну распределились по южной и северной

Рисунок 3. Кластеризация случаев заболевания COVID-19 на территории ЗАТО г. Зеленогорск
Figure 3. Clustering of cases of COVID-19 in the territory of the Zelenogorsk city

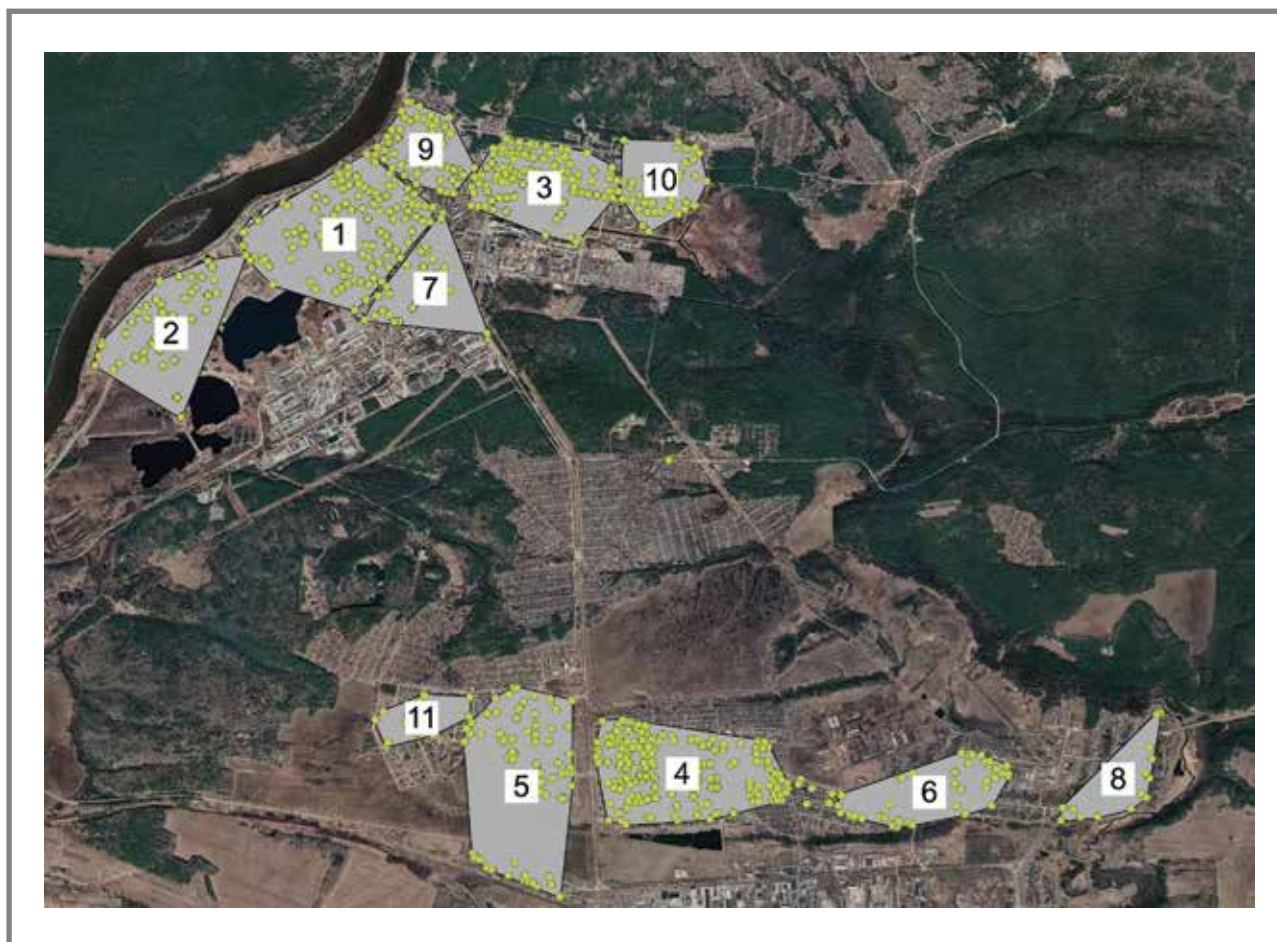


Таблица 1. Распределение случаев инфекции COVID-19 в пространственных кластерах, сформировавшихся на территории ЗАТО г. Зеленогорск в период с 12.04.2020 г. по 18.06.2021 г.
Table 1. Distribution of cases of COVID-19 infection in spatial clusters formed on the territory of the Zelenogorsk city during the period from 04/12/2020 to 06/18/2021

Кластер Cluster	Случаи Cases	Количество случаев на 1 кв.км Number of cases per 1 sq. km	Возраст, лет Age, years		Пол (доля в %) Gender (share in%)		Тяжесть течения (доля, в %) Severity of the current (share, in%)			
			Среднее Average	SD	женский women	мужской men	бессимптомное asymptomatic	легкое mild	средне-тяжелое moderate to severe	тяжелое serious
1	1346	1155,9	54	18	57,5	42,5	6,7	53,9	36,9	2,2
2	902	1116,7	52	17	59,3	40,7	9,3	52,9	35,0	2,1
3	454	654,2	51	18	61,9	38,1	7,9	61,9	27,8	2,2
4	389	376,2	55	18	59,9	40,1	5,9	52,4	39,8	1,8
5	105	87,2	53	18	54,3	45,7	6,7	53,3	38,1	1,9
6	63	121,8	57	17	57,1	42,9	6,3	46,0	41,3	4,8
7	278	573,6	50	18	59,0	40,6	9,0	62,2	27,0	1,4
8	22	73,4	47	18	59,1	40,9	0,0	68,2	27,3	4,5
9	448	1210,1	50	18	56,0	44,0	10,7	58,3	29,5	1,6
10	145	372,1	52	20	55,2	44,8	9,0	55,9	30,3	4,8
11	17	83,3	57	18	64,7	35,3	5,9	58,8	29,4	5,9

частям г. Зеленогорска, однако южные зоны имели относительно более низкую плотность.

Все зоны повышенной плотности ядра совпадали с многоэтажной застройкой, не захватывая частные домохозяйства, что в целом объяснимо с позиций количества жителей, плотности их проживания и частоты контактов. Таким образом, наибольшее эпидемиологическое значение имели очаги в северной части города.

В северной части г. Зеленогорска соседствовали три зоны наибольшей плотности ядра, при этом восточная и западная зоны максимальной плотности ядра лежали там же, где отмечалась максимальная плотность проживания населения, тогда как «центральная» зона оказалась в области со средней плотностью проживания населения.

В центральной зоне располагаются городская центральная площадь, продуктовые магазины, аптеки, парковая зона – места социальной агрегации, деятельность которых подвергалась минимальным ограничениям в начальном периоде распространения COVID-19.

При оценке кластеризации случаев COVID-19 в пределах указанных территориальных зон было выявлено одиннадцать кластеров (рис. 3).

Характеристика пространственных кластеров случаев инфекции COVID-19 представлена в таблице 1.

Было установлено, что наибольшая плотность случаев зарегистрирована в кластерах № 9 (1210,1 случаев на 1 км²), № 1 (1155,9 случаев на 1 км²) и № 2 (1116,7 случаев на 1 км²) – в северной части города.

Половозрастной состав заболевших был сопоставим во всех кластерах, как и структура тяжести клинических проявлений COVID-19.

Еще один вариант использования пространственного анализа в эпидемиологическом надзоре за COVID-19 дает оценка пространственной кластеризации с помощью индекса Гетиса-Орда (рис. 4).

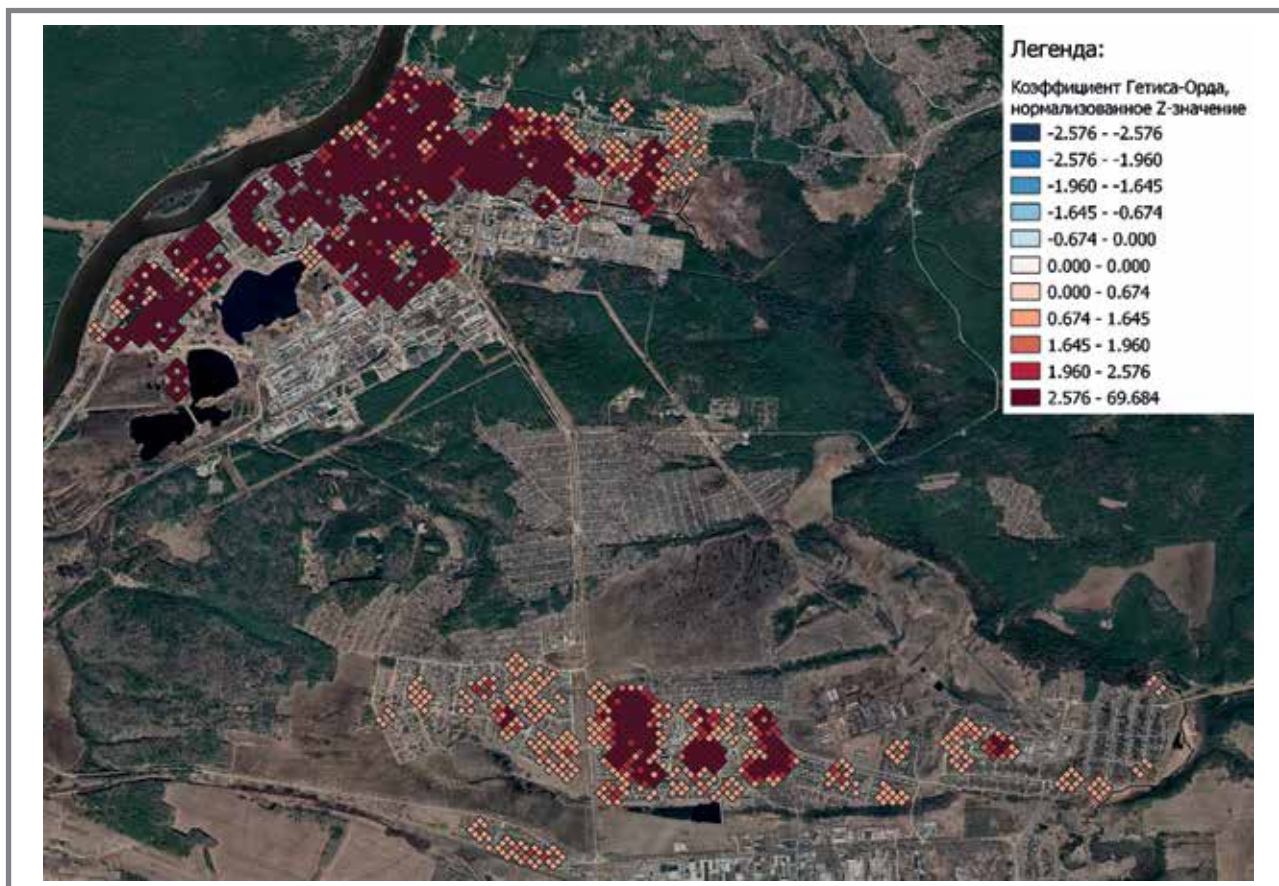
При этом появляется возможность характеристики величины показателя заболеваемости в отдельных территориальных эпидемических очагах (кластерах).

Значение индекса Гетиса-Орда находилось в пределах от 0,00 до 2,576, наибольшее количество случаев было зарегистрировано в территориальных кластерах, расположенных в северной части города.

Предложенный инструмент демонстрирует концентрацию исследуемого показателя, в частности, заболеваемости населения COVID-19, что служит источником дополнительной информации о наиболее неблагоприятной эпидемиологической ситуации в отдельных районах города, требует

Рисунок 4. Графическое отображение эпидемических очагов («горячих точек») инфекции COVID-19 с 12.04.2020 – 18.06.2021 г. на территории ЗАТО г. Зеленогорск (индекс Гетиса-Орда)

Figure 4. Graphic display of epidemic foci ("hot spots") of COVID-19 infection for the period from 04/12/2020 – 06/18/2021 on the territory of the Zelenogorsk city (Getis-Ord index)



первоочередного внимания специалистов, проводящих комплекс первичных противоэпидемических мероприятий, целенаправленного поиска возможных причин и условий, способствующих распространению заболевания, а также внедрению комплекса необходимых профилактических (противоэпидемических) мероприятий.

Обсуждение

Пандемия COVID-19 является первой крупной пандемией цифровой эпохи, она продемонстрировала востребованность регулярной, доступной, простой и прозрачной информации о случаях заболевания, смерти и др. [8], как органами власти и специалистами, принимающими управленческие решения в области общественного здравоохранения, так и населением в целом.

Применение в повседневной эпидемиологической практике различных инструментов и методов пространственного анализа, а также доступных платформ географических информационных систем дает широкий спектр возможностей, которые включают простую и понятную визуализацию данных, мониторинг в режиме реального времени зарегистрированных случаев заболевания, исследование контактов, выявление эпидемических очагов и контроль за распространением инфекции среди населения [9].

ГИС-технологии нашли эффективное применение в эпидемиологическом надзоре на глобальном, национальном и региональном уровнях. В нашей стране они используются в надзоре за многими актуальными инфекционными заболеваниями, например, за ВИЧ-инфекцией, туберкулезом, сибирской язвой, природно-очаговыми инфекциями [5,10,11].

В ходе ответных мер на пандемию COVID-19 геоинформационные технологии позволили быстро создать информационные панели, активно используемые для обмена на глобальном уровне данными о случаях заболевания, летальных исходах, охвате вакцинацией, охвате населения тестированием, уровне госпитализации. Информационные панели Johns Hopkins University [12,13], Всемирной организации здравоохранения [1], Стопкоронавирус.рф, YandexDataLens демонстрировали оперативные данные, характеризующие в том числе и территориальное распределение случаев заболевания [2–4,12].

В системе эпидемиологического надзора среди большого объема данных о случаях заболевания, как правило, используются сведения о месте жительства (регистрации) заболевшего или умершего, но рутинное геокодирование объектов не выполняется, что

существенно ограничивает доступные на практике способы анализа территориального распределения эпидемиологически значимых событий.

Чаще всего анализ сводится к изучению заболеваемости населения по данным форм государственного или ведомственного статистического наблюдения на уровне административных единиц (городских округов и сельских районов), но не внутри них.

Изучение заболеваемости населения на уровне региона на основе точного картирования случаев с использованием геокодирования данных позволит своевременно обнаруживать вспышечную заболеваемость или кластеры, требующие внимания и эпидемиологического расследования для выявления причин и условий их формирования.

Заключение

Таким образом, в исследовании был использован подход к оценке территориального распределения случаев COVID-19 в условиях моногорода на основе геоинформационных технологий. Были установлены особенности плотности распределения очагов, кластеры случаев, своевременное обнаружение которых позволит оптимизировать комплекс противоэпидемических мероприятий в условиях дефицита времени и ресурсов.

Для оптимизации системы эпидемиологического надзора на региональном уровне с учетом цифровизации здравоохранения и введенных в действие государственных информационно-аналитических систем можно рекомендовать создание баз данных геокодирования различных жилых и производственно-хозяйственных объектов на надзорной территории, что позволит быстро получать информацию о территориальном распределении случаев заболевания или других значимых показателях, характеризующих эпидемиологическую ситуацию.

Усиление информационного обеспечения аналитической подсистемы эпидемиологического надзора приведет к оперативному целенаправленному выбору противоэпидемических и профилактических мероприятий, а интеграция системы эпидемиологического надзора с различными государственными открытыми базами данных позволит более точно интерпретировать рассчитанные уровни риска.

Полученные на основе современных ГИС-технологий новые знания о наличии горячих точек, или кластеров на административной территории позволят скорректировать профилактические меры в микрорайонах с высокой распространенностью инфекции и выработать стратегии для более эффективного контроля COVID-19.

Литература

1. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. Доступно на: <https://covid19.who.int/data>. Ссылка активна на 02 декабря 2023.
2. Kamel Boulos M.N., Geraghty E.M. Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *Int J Health Geogr.* 2020 Mar 11;19(1):8. doi: 10.1186/s12942-020-00202-8.

Original Articles

3. Franch-Pardo I, Napoletano B.M., Rosete-Verges F, et al. Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. *The Science of the total environment*. 2020. №739:140033.
4. Блох А. И., Пеневская Н. А., Рудаков Н. В. и др. Геоинформационные системы как инструмент изучения неравномерности распределения случаев COVID-19 в городских условиях. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021. Т.6, №2. С. 16–23.
5. Вьюшков М. В., Зайцева Н. Н., Ефимов Е. И. и др. Гео-информационные технологии в эпидемиологии – актуальное научное направление деятельности ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной. *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. Т. 337, № 4. С. 31–42.
6. Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ): официальный сайт. Доступно на: <https://dom.gosuslugi.ru>. Ссылка активна на 02 декабря 2023.
7. Rossy Q. Visualist: a spatial analysis plugin for crime analysts. *Ecole des sciences criminelles, Lausanne*. 2019. Доступно на: <https://plugins.qgis.org/plugins/visualist/>. Ссылка активна на 20 ноября 2023.
8. Clements A.C.A. Spatial and Temporal Data Visualisation for Mass Dissemination: Advances in the Era of COVID-19. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 2023. Vol.8, №6. P.314.
9. Ahasan R, Alam M.S., Chakraborty T, et al. Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: A systematic review. *F1000 Research*. 2022. №9. P.1379.
10. Блох А. И., Ярусова И. В., Витрив С. В. и др. Применение ГИС-технологий в системе эпидемиологического надзора за лекарственно-устойчивым туберкулезом. *Медицинский альманах*. 2018. Т.55, № 4. С. 75–78.
11. Водяницкая С. Ю., Судьина Л. В., Логвин Ф. В. и др. ГИС-технологии в совершенствовании эпидемиологического надзора за сибирской язвой в Ростовской области. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2016. Т.21, №3. С. 152–156.
12. Freise D, Schiele V, Schmitz H. Housing situations and local COVID-19 infection dynamics using small-area data. *Scientific Reports*. 2023. Vol.13, №1.P.14301.
13. The Johns Hopkins Coronavirus Resource Center. [Internet]. Доступно на: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>. Ссылка активна на 02 декабря 2023.

References

1. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. Available at: <https://covid19.who.int/data>. Accessed: 02 Dec. 2023.
2. Kamel Boulos MN, Geraghty EM. Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *International Journal of Health Geographics*. 2020. Vol. 19, №1. P. 8. doi: 10.1186/s12942-020-00202-8.
3. Franch-Pardo I, Napoletano BM, Rosete-Verges F, et al. Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. *The Science of the total environment*. 2020. №739:140033. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140033.
4. Blokh AI, Peneyevskaya NA, Rudakov NV, et al. Geographic information systems as a part of epidemiological surveillance for COVID-19 in urban areas. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2021. 6 (2):16–23 (In Russ.). doi: 10.23946/2500-0764-2021-6-2-16-23.
5. Vyushkov MV, Zaitseva NN, Efimov EI, et al. Geographic information technologies in epidemiology – an up-to-date research direction of Academician I.N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021.4 (337):31–42 (In Russ.). doi: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-31-42.
6. Gosudarstvennaya informacionnaya sistema zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva (GIS ZhKH): oficial'nyj saj. Rezhim dostupa: svobodnyj. Available at: <https://dom.gosuslugi.ru>. Accessed: 20 Nov 2023.
7. Rossy Q. Visualist: a spatial analysis plugin for crime analysts. *Ecole des sciences criminelles, Lausanne*. 2019. Available at: <https://plugins.qgis.org/plugins/visualist/>. Accessed: 20 Nov. 2023.
8. Clements ACA. Spatial and Temporal Data Visualisation for Mass Dissemination: Advances in the Era of COVID-19. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 2023. 8(6):314. doi: 10.3390/tropicalmed8060314.
9. Ahasan R, Alam MS, Chakraborty T, et al. Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: A systematic review. *F1000Research*. 2022. 9:1379. doi: 10.12688/f1000research.27544.2.
10. Blokh AI, Yarusova IV, Vitriv SV, et al. Primenenie GIS-tehnologiy v sisteme epidemiologicheskogo nadzora za lekarstvenno-ustoychivym tuberkulezom. *Meditinskiy al'manakh*. 2018. 4 (55): 75–78 (In Russ.). doi:10.21145/2499-9954-2018-4-75-78.
11. Vodyanitskaya SYu, Sudina LV, Logvin FV, et al. GIS-technologies in the advancement of epidemiological surveillance for anthrax in the Rostov region. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Epidemiology and Infectious Diseases, Russian Journal* 2016. 21(3): 152–156 (In Russ.). doi: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-152-156.
12. Freise D, Schiele V, Schmitz H. Housing situations and local COVID-19 infection dynamics using small-area data. *Scientific Reports*. 2023. 13(1):14301. doi: 10.1038/s41598-023-40734-0.
13. The Johns Hopkins Coronavirus Resource Center. [Internet]. Available at: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>. Accessed: 20 Nov. 2023.

Об авторах

- **Екатерина Ивановна Кравченко** – заместитель главного врача по эпидемиологической работе, ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России. +7 (923) 351-16-74, terina4ka@mail.ru. ORCID 0000-0003-1078-4411.
- **Алексей Игоревич Блох** – доцент кафедры эпидемиологии, ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; главный научный сотрудник ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора. +7 (923) 678-61-00, mail:spy_spirit@mail.ru. ORCID 000-0002-0756-2271.
- **Оксана Александровна Пасечник** – д. м. н., доцент, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; главный научный сотрудник ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора. +7 (906) 197-41-87, opasechnik@mail.ru. ORCID 0000-0003-1144-5243.

Поступила: 08.12.2023. Принята к печати: 06.01.2024.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Ekaterina I. Kravchenko** – Deputy Chief Physician for Epidemiological Work, Federal Siberian Research Clinical Centre Russian Federation, Krasnoyarsk. +7 (923) 351-16-74, terina4ka@mail.ru. ORCID 0000-0003-1078-4411.
- **Alexey I. Blokh** – Associate Professor of the Department of Epidemiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Omsk State Medical University of the Ministry of Health of Russia; Chief Researcher of the Federal Budgetary Institution «Omsk Research Institute of Natural Focal Infections» of Rosпотребнадзор. +7 (923) 678-61-00, spy_spirit@mail.ru. ORCID 000-0002-0756-2271.
- **Oksana A. Pasechnik** – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor Head of the Department of Public health and Healthcare, Omsk State Medical University; Chief Researcher of the Federal Budgetary Institution «Omsk Research Institute of Natural Focal Infections» of Rosпотребнадзор. +7 (906) 197-41-87, opasechnik@mail.ru. ORCID 0000-0003-1144-5243.

Received: 08.12.2023. Accepted: 06.01.2024.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.