

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-2-16-23>

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ИЗУЧЕНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЕВ COVID-19 В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

БЛОХ А.И.^{1,2}; * ПЕНЬЕВСКАЯ Н. А.^{1,2}, РУДАКОВ Н. В.^{1,2}, МИХАЙЛОВА О. А.³, ФЕДОРОВ А. С.³, САННИКОВ А. В.², НИКИТИН С. В.³

¹ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора, г. Омск, Россия

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

³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области», г. Омск, Россия

Резюме

Цель. Выявление областей пространственной кластеризации случаев COVID-19 в течение первых трех месяцев от начала эпидемии на территории крупного города с населением более 1 млн человек (на примере г. Омск).

Материалы и методы. Материалом исследования послужили данные эпидемиологических исследований случаев COVID-19, подтвержденных методом полимеразной цепной реакции ПЦР на территории г. Омск за период с начала регистрации заболевания по состоянию на 1 июля 2020 года. Для визуализации пространственного распределения создавали теплокарты с Епанечниковым ядром. Для выявления статистически значимых областей кластеризации мест проживания заболевших COVID-19 рассчитывали общий индекс Гетиса-Орда (G_i^*). Анализ геоданных проводили в приложении QGIS 3.14 Pi (qgis.org) с использованием плагина Visualist.

Результаты. Визуальное исследование пространственного распределения мест проживания заболевших COVID-19 на конец анализируемого периода позволяет выделить нескольких зон с повышенной концентрацией, во всех этих зонах отмечена статистически значимая кластеризация. В первую очередь распространение COVID-19 охватывало Советский, Центральный и Кировский районы, а вовлечение

Ленинского и Октябрьского административного районов произошло спустя короткое время. Пристальное рассмотрение эволюции выявленных статистически значимых зон пространственной кластеризации мест проживания заболевших COVID-19 на протяжении периода наблюдения позволило выявить приоритетные зоны, эволюция которых шла быстрее других.

Заключение. Установлено неравномерное пространственно-временное распределение случаев новой коронавирусной инфекции по территории Омска: выявлено тринадцать статистически значимых кластеров во всех административных районах города. Оперативная оценка пространственного распределения случаев COVID-19 с помощью геоинформационных систем, позволяющих создавать карты плотности ядра, имеет огромный потенциал в планировании противоэпидемических мероприятий и может быть выполнена в реальном времени.

Ключевые слова: COVID-19, геоинформационные системы, эпидемиология, SARS-CoV-2.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования

Собственные средства.

Для цитирования:

Блох А.И., Пеньевская Н. А, Рудаков Н. В., Михайлова О. А., Федоров А. С., Санников А. В., Никитин С. В. Геоинформационные системы как инструмент изучения неравномерности распределения случаев COVID-19 в городских условиях. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021;6(2): 16-23. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-2-16-23>

*Корреспонденцию адресовать:

Блох Алексей Игоревич, 644080, г. Омск, ул. Мира, 7, e-mail: spy_spirit@mail.ru

© Блох А.И. и др.

ORIGINAL RESEARCH

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AS A PART OF EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE FOR COVID-19 IN URBAN AREAS

Aleksey I. Blokh^{1,2} **, Natalia A. Penyevskaia^{1,2}, Nikolay V. Rudakov^{1,2}, Olga A. Mikhaylova³, Alexander S. Fedorov³, Alexey V. Sannikov², Sergey V. Nikitin³

¹Omsk Research Institute of Natural Focal Infections, Omsk, Russian Federation

²Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Omsk Region, Omsk, Russian Federation

Abstract

Aim. To identify clustering areas of COVID-19 cases during the first 3 months of pandemic in a million city.

Materials and Methods. We collected the data on polymerase chain reaction verified cases of novel coronavirus infection (COVID-19) in Omsk for the period from April, 15 until July 1, 2020. We have drawn heat maps using Epanechnikov kernel and calculated Getis-Ord general G statistic (Gi*). Analysis of geographic information was carried out in QGIS 3.14 Pi (qgis.org) software using the Visualist plugin.

Results. Having inspected spatial distribution of COVID-19 cases, we identified certain clustering areas. The spread of COVID-19 involved Sovetskiy, Central and Kirovskiy districts, and also

Leninskiy and Oktyabrskiy districts a short time later. We found uneven spatiotemporal distribution of COVID-19 cases infection across Omsk, as 13 separate clusters were documented in all administrative districts of the city.

Conclusions. Rapid assessment of spatial distribution of the infection employing geographic information systems enables design of kernel density maps and harbors a considerable potential for real-time planning of preventive measures.

Keywords: COVID-19, geographic information systems, epidemiology, SARS-CoV-2.

Conflict of Interest

None declared.

Funding

There was no funding for this project.

◀ English

For citation:

Aleksey I. Blokh, Natalia A. Penyevskaia, Nikolay V. Rudakov, Olga A. Mikhaylova, Alexander S. Fedorov, Alexey V. Sannikov, Sergey V. Nikitin. Geographic information systems as a part of epidemiological surveillance for COVID-19 in urban areas. *Fundamental and Clinical Medicine*. (In Russ.). 2021;6(2): 16-23. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-2-16-23>

**Corresponding author:

Dr. Aleksey I. Blokh, 7, Mira Street, Omsk, 644080, Russian Federation, E-mail: spy_spirit@mail.ru
© Dr. Aleksey I. Blokh et al.

Введение

Появление и стремительное распространение COVID-19 стало серьезным испытанием для систем здравоохранения всех стран, принимавших различные модели реагирования на угрозу. Как отмечал Кутырев В.В. с соавт. (2020), в нашей стране с самого начала был взят курс на реализацию стратегии «опережающего реагирования» [1], тем не менее полностью избежать вовлечения всех регионов в эпидемический процесс не удалось. К 1 июля 2020 г. количество выявленных случаев новой коронавирусной инфекции в России составляло 654405, а в мире – 10357662 [2]. Пандемии прошлого

в значительной мере отличались от современной ситуации, в том числе из-за стремительных процессов урбанизации в XX веке, агрегировавших большую часть населения в городах. В этой связи необходимо адаптировать современные системы эпидемиологического надзора и реагирования на угрозы биологической безопасности населения к городским условиям [3]. Развитие вычислительной техники и средств связи сегодня позволяет накапливать и обрабатывать огромные массивы эпидемиологических данных, недоступных в прошлом. Одной из разновидностей таких данных являются геоданные, содержащие сведения о положении со-

бытий и явлений на земной поверхности. Обработка данных геоинформационными системами, реализованными в виде компьютерных приложений, позволяет визуализировать пространственное расположение эпидемиологически значимых событий, сигнализируя о необходимости оперативного реагирования.

Цель исследования

Выявление областей пространственной кластеризации случаев COVID-19 в течение первых трех месяцев от начала эпидемии на территории крупного города с населением более 1 млн человек (на примере г. Омск).

Материалы и методы

Материалом исследования послужили данные эпидемиологических исследований случаев COVID-19, подтвержденных методом полимеразной цепной реакции, на территории г. Омск за период с начала регистрации заболевания до 1 июля 2020 года. Геокодирование проводили в системе координат World Geodetic System 1984 (WGS-84) на основе предварительно обезличенных сведений об адресах проживания заразившихся. Дополнительно по каждому случаю анализировали дату его регистрации (для отслеживания динамики распространения), демографические характеристики, а также эпидемиологический анамнез. По этическим соображениям точное положение очагов COVID-19 не представлено.

Омск был основан в 1716 году, а сегодня это крупный промышленный, научный и культурный центр Западной Сибири с населением 1154507 человек на 1 января 2020 года [4]. Через город проходит Транссибирская железнодорожная магистраль, автодороги федерального значения. Территория города, составляющая 556,9 км², разделена протекающей с юга на север рекой Иртыш: на правом берегу расположены четыре административных округа: Советский, Центральный, Октябрьский, Ленинский, а на левом берегу лишь один – Кировский [4]. Правый и левый берега соединены двумя автодорожными мостами. В Кировском административном округе расположен международный аэропорт имени Дмитрия Карбышева «Омск-центральный». В городе развита система общественного транспорта, представленная автобусами, троллейбусами и трамваями, при этом метро отсутствует [4]. Для изучения нами выбрана территория города без охвата населен-

ных пунктов Омского муниципального района, расположенных вблизи города.

Анализ геоданных проводили в приложении QGIS 3.14 Pi (qgis.org) с использованием плагина Visualist [5]. Для первичной визуальной оценки распределения случаев COVID-19 создавали теплокарты с Епанечниковым ядром радиусом, определенным по Silverman B.W. (1986) [6]. Мы использовали «статичную» теплокарту по состоянию на конец изученного периода, а также «динамическую» панель теплокарт, построенных по состоянию на 15 апреля, 30 апреля, 15 мая, 31 мая, 15 июня и 30 июня соответственно и отражающих распределение плотности ядра того же радиуса, что был принят для построения «статической» теплокарты. В качестве основного метода для выявления областей повышенной («горячие» пятна) и пониженной («холодные» пятна) плотности расположения очагов COVID-19 применяли общий индекс Гетиса-Орда (G_i^*) с соседством по смежности по правилу ферзя на условных решётках с размером ячеек в 0,25 км² (0,5x0,5 км) и 0,01 км² (0,1x0,1 км) в пределах административных границ г. Омск. Условную решётку формировали в проекционной системе координат ESRI:102025, поскольку эта система координат позволяет сохранить площади объектов неискажёнными. Поскольку общий индекс Гетиса-Орда учитывает соседство, то кластеризация как высокой, так и низкой плотности означает, что не только целевая ячейка решётки характеризуется высокой или низкой плотностью расположения случаев, но и соседние с ней ячейки имеют сходные характеристики. Для наглядности результат анализа представлен в виде нормализованных Z-оценок, которые могут быть легко интерпретированы в следующем контексте: абсолютные значения Z-оценки, превышающие 1,64, соответствуют 90% доверительной вероятности; превышающие 1,96 – 95% доверительной вероятности, а превышающие 2,58 – 99% доверительной вероятности соответственно. В свою очередь положительные значения Z-оценки отмечают кластеризацию высокой плотности, а отрицательные – низкой плотности.

Выходные фоновые картограммы представлены в проекционной системе координат EPSG:4326, которая чаще всего используется в неспециализированных целях и более привычна для восприятия. В качестве карты-подложки использованы данные спутниковой карты Google Maps.

Результаты

Динамика распространения новой коронавирусной инфекции в Омской области в анализируемый период описана нами ранее [7]. По данным официальной регистрации, к 1 июля 2020 г. на территории Омской области было выявлено 3780 заболевших COVID-19, из которых 78,0% (2949/3780) проживали в Омске и 22,0% (831/3780) – на территории области.

Поскольку анализ был ограничен случаями COVID-19 в пределах административных границ города Омска, то из общего числа заболевших жителей областного центра (2949) был исключен 71 пациент в связи с отсутствием или неполными данными о месте проживания, что не позволяло геокодировать данные. Значимых отличий между исключёнными и включёнными случаями по возрастно-половым характеристикам не выявлено. Таким образом, в анализ вошли 2878 случаев COVID-19, в том числе 1603 – у женщин и 1263 – у мужчин, не был указан пол – у 12 инфицированных.

Случаи новой коронавирусной инфекции за изученный период были выявлены во всех административных районах Омска. Визуальное исследование пространственного распределения

случаев COVID-19 на конец анализируемого периода позволяет установить, что плотность ядра в целом соответствует местам расселения жителей, но также выделяется несколько зон с повышенной плотностью ядра. Для облегчения идентификации в последующем зоны повышенной плотности ядра были пронумерованы от одного до тринадцати по часовой стрелке (**рисунок 1А**). В шести зонах (3, 4, 7, 8, 12, 13) отмечено уплотнение ядра. Одиннадцать зон (кроме 2 и 3) визуально совпадают с местами расположения медицинских организаций, как специализированных для обслуживания пациентов с COVID-19, так и неспециализированных (**рисунок 1В**). Зоны №2 и №3 с высокой плотностью ядра, выявленные в северо-восточной части Омска, не были расположены в непосредственной близости от какой-либо медицинской организации: предположительно случаи могут быть связаны общими маршрутами следования к ближайшей остановке общественного транспорта или торговой точке. Необходимо отметить, что плотность ядра не позволяет делать выводы о наличии причинно-следственных связей, поскольку является в большей степени описательной техникой, нежели аналитической.

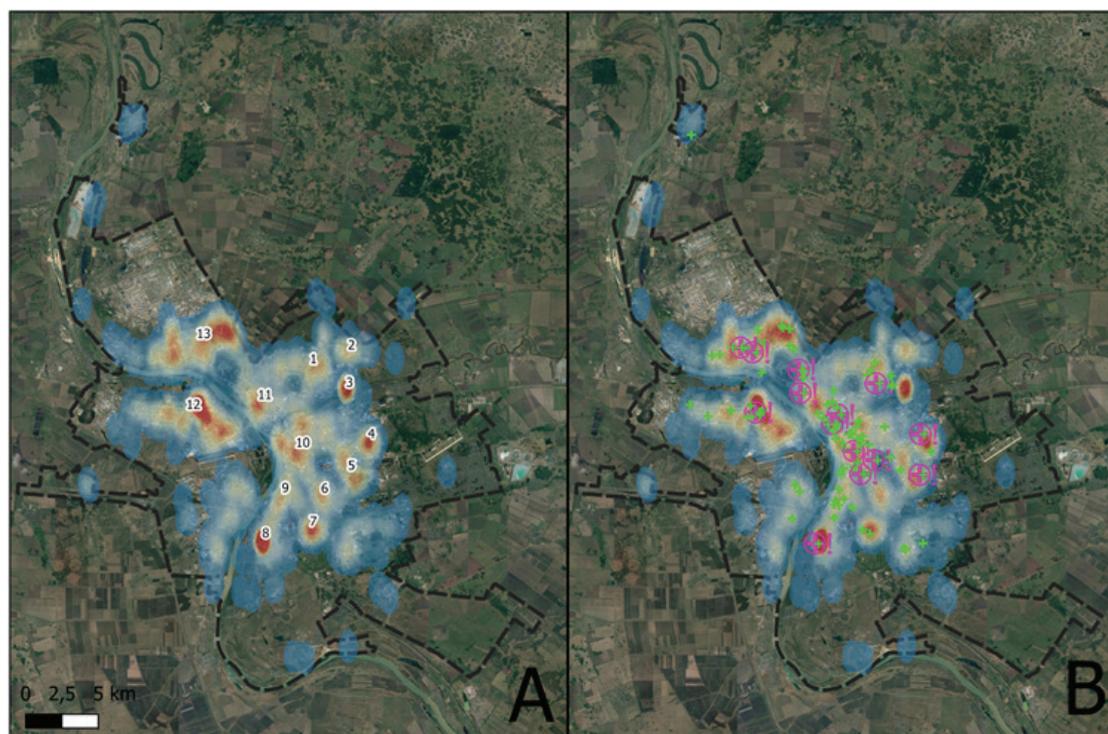


Рисунок 1.

Тепловая карта распределения случаев COVID-19, выявленных до 1 июля в Омске (А), и медицинские организации, не работающие и работающие с инфицированными SARS-CoV-2 (В).

Figure 1.

Heatmap illustrating spatial distribution of COVID-19 cases prior to July, 1 in Omsk (A) along with healthcare facilities, both involved and uninvolved in providing healthcare for patients with SARS-CoV-2 (B).

Медицинские организации:

- ⊕ работающие с COVID-19
- + не работающие с COVID-19

Плотность ядра:

- Минимум
- Максимум

В дальнейшем было установлено, что во всех выявленных зонах высокой плотности ядра количество случаев COVID-19 статистически значимо выше, чем в целом по изученной территории – были идентифицированы так называемые «горячие» пятна во всех тринадцати зонах повышенной плотности ядра (рисунок 2).

Как использование крупной решётки (рисунок 2В), так и использование мелкой решётки (рисунок 2А) для вычисления общего индекса Гетиса-Орда позволило выявить статистически значимые кластеры в тех местах, где визуально отмечена повышенная плотность ядра. В то же время на «мелкой» решётке (рисунок 2А) кластеризация имеет характер точечной, что может свидетельствовать о повышенном риске заражения в местах, где уже проживают заболевшие, вследствие прямого контакта с источниками возбудителя инфекции до их выявления, например, на латентной стадии или при бессимптомном течении.

Динамические изменения плотности ядра позволили установить, что в первую очередь распространение COVID-19 охватывало Советский, Центральный и Кировский районы. Вовлечение Ленинского и Октябрьского административных районов произошло спустя короткое время, что может быть связано с тесными логистическими связями между районами: миграция населения между «спальными» и «промышленными» районами в достаточной мере согласуется с картиной распространения

COVID-19 по территории города. Кроме того, во всех зонах, кроме восьмой, распространение COVID-19 происходило постепенно, вовлекалось всё больше населения – будущие зоны формировались на протяжении длительного времени и присутствуют на всех панелях рисунка 3. Необходимо отметить, что формирование некоторых зон имело прогрессирующий характер (например, зона 8 и восточная часть зоны 12), а в зонах 3, 13 и западной части зоны 12 происходил регресс, отражающий более медленное распространение новой коронавирусной инфекции. Формирование зоны №8 произошло стремительно: на панелях А-Д плотность ядра в зоне достаточно низкая, лишь к 15 июня появляются некоторые признаки уплотнения (рисунок 3Е), а к 30 июня плотность ядра в зоне резко увеличивается (рисунок 3F).

Обсуждение

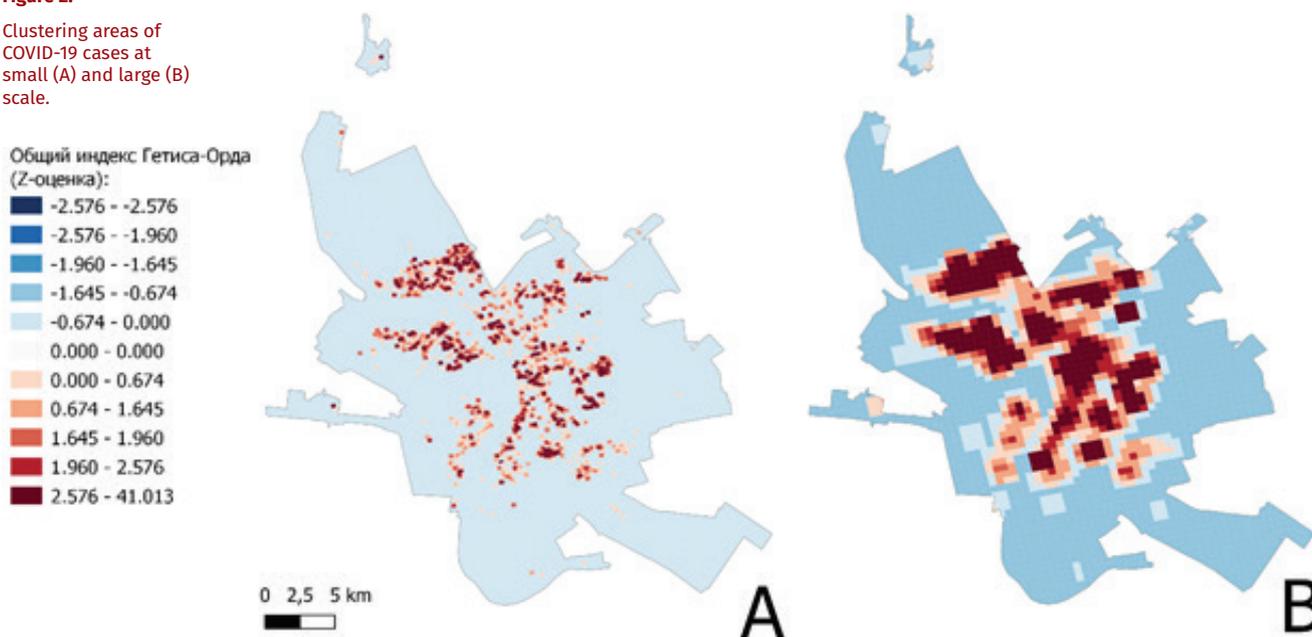
В отечественной литературе в достаточной степени представлены различные исследования территориального распределения случаев COVID-19 на региональном или районном уровне, и лишь в одном [9] описывается точное положение случаев в пространстве. Нами предпринята попытка применения ГИС-технологий (теплокарт) для более пристального изучения пространственно-временной неравномерности распределения случаев новой коронавирусной инфекции на территории крупного города.

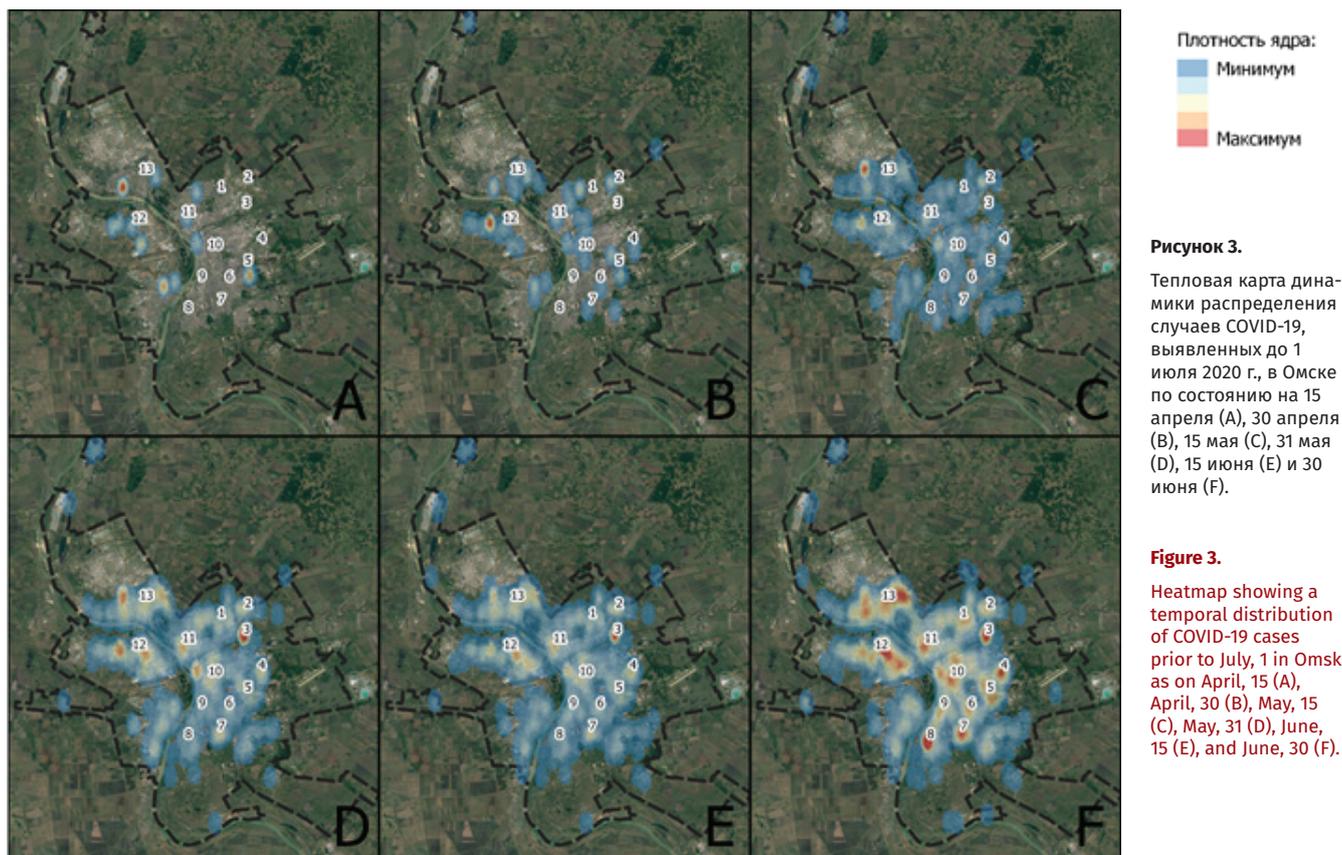
Рисунок 2.

Зоны повышенной плотности расположения случаев COVID-19 на мелкой (А) и крупной (В) решётке.

Figure 2.

Clustering areas of COVID-19 cases at small (A) and large (B) scale.



**Рисунок 3.**

Тепловая карта динамики распределения случаев COVID-19, выявленных до 1 июля 2020 г., в Омске по состоянию на 15 апреля (A), 30 апреля (B), 15 мая (C), 31 мая (D), 15 июня (E) и 30 июня (F).

Figure 3.

Heatmap showing a temporal distribution of COVID-19 cases prior to July, 1 in Omsk as on April, 15 (A), April, 30 (B), May, 15 (C), May, 31 (D), June, 15 (E), and June, 30 (F).

Следует отметить некоторые методологические ограничения настоящего исследования, в первую очередь, использование адресов проживания заражённых вместо мест заражения, однако такова сложившаяся практика с середины 19 века и по сей день [3, 9, 10, 11]. Учёт случаев заболеваний происходит по месту выявления (проживания пациента), а не по месту заражения: первое строго определено, в то время как второе установить не всегда возможно.

Плотность ядра, как методика оценки пространственного распространения случаев COVID-19, является описательной техникой, предназначенной для визуализации данных, и не позволяет в полной мере делать выводы о наличии причинно-следственных связей. Нужно отметить и некоторую субъективность метода, поскольку на сегодняшний день достоверные данные об обычном радиусе перемещения жителей города отсутствуют.

Вместе с тем, выявление пространственной неравномерности распространения случаев COVID-19 позволяет территориально обозначить зоны наибольшего эпидемиологического неблагополучия. Установление причин и условий формирования кластеров требует дополнительных исследований,

включающих анализ плотности населения, расположения всех социально-значимых объектов (а не только медицинских организаций), данных эпиданамнеза каждого заболевшего о возможных местах и источниках заражения и др. Поскольку учет случаев осуществляется по месту проживания заболевших, а не по месту заражения, совпадение центров кластеризации с расположением медицинских организаций может быть объяснено, в том числе, соблюдением принципов территориальной доступности и обеспеченности при выборе места расположения этих объектов в ходе градостроительного проектирования. Иными словами, местоположение медицинских учреждений в определенной мере отражает плотность расселения жителей города, обеспечивая территориально равную доступность медицинской помощи для максимально большого числа пациентов. Более точный ответ на вопрос о наличии связей между теми или иными пространственными объектами и изучаемым процессом позволило бы дать использование географически взвешенной регрессии [3], применение которой, однако, осложнено отсутствием в свободном доступе необходимых исходных данных.

Заключение

Таким образом, статистически значимая кластеризация случаев COVID-19 с помощью геоинформационного картирования позволяет выявлять районы города с наиболее неблагоприятной ситуацией по распространению новой коронавирусной инфекции, требующие первоочередного внимания специалистов, осуществ-

ляющих эпидемиологический надзор. Оперативная оценка пространственного распределения случаев инфекции при наличии отлаженных механизмов обмена данными между заинтересованными министерствами и ведомствами имеет огромный потенциал в планировании противоэпидемических мероприятий и может быть выполнена в реальном времени.

Литература :

1. Кутырев В.В., Попова А.Ю., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В., Сафронов В.А., Карнаухов И.Г., Иванова А.В., Щербаклова С.А. Эпидемиологические особенности новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Сообщение 1: Модели реализации профилактических и противоэпидемических мероприятий. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020;(1):6-13. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-1-6-13>
2. World Health Organization (WHO). Coronavirus disease (COVID-19) Situation Report – 163. Available at: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200701-covid-19-sitrep-163.pdf?sfvrsn=c202f05b_2. Accessed: 27 April, 2021.
3. Li X, Zhou L, Jia T, Peng R, Fu X, Zou Y. Associating COVID-19 Severity with Urban Factors: A Case Study of Wuhan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 7(18):6712. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186712>
4. Омск – город будущего! Ссылка активна на 01.01.2021. <https://admomsk.ru/web/guest/city>. Accessed January 1, 2021.
5. Rossey Q. Visualist: a spatial analysis plugin for crime analysts. *Ecole des sciences criminelles*, Lausanne. – 2019. – Available at: <https://plugins.qgis.org/plugins/visualist/> Accessed: 27 April, 2021.
6. Silverman BW. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. London : Chapman & Hall/CRC; 1986.
7. 7. Блох А.И., Пеневская Н.А., Рудаков Н.В., Лазарев И.И. Эпидемиологический потенциал COVID-19 в Омской области и оценка воз-
8. 8. Wang JF, Meng B, Zheng XY, Liu J, Han W, Wu J, Liu X, Li X, Song X. Analysis on the multi-distribution and the major influencing factors on severe acute respiratory syndrome in Beijing. *Chinese J Epidemiol*. 2005;26(3):164-168.
9. 9. Побединский Г.Г., Сарсков С.А., Вьюшков М.В. Прототип раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19». В сб. : *Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения*. Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием. Пермь ; 2020:394-402. Ссылка активна на 10.05.2021. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44160533_12048623.pdf. Accessed: 27 April, 2021.
10. Brody H, Rip MR, Vinten-Johansen P, Paneth N, Rachman S. Map-making and myth-making in Broad Street: the London cholera epidemic, 1854. *Lancet*. 2000;356(9223):64-68. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02442-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02442-9)
11. Murad A, Khashoggi BF. Using GIS for Disease Mapping and Clustering in Jeddah, Saudi Arabia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020;9(5):328. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050328>

References:

1. Kutyrev VV, Popova AYU, Smolensky VYu, Ezhlova EB, Demina YuV, Safronov VA, Karnaukhov IG, Ivanova AV, Shcherbakova SA. Epidemiological Features of New Coronavirus Infection (COVID-19). Communication 1: Modes of Implementation of Preventive and Anti-Epidemic Measures. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2020;(1):6-13. (In Russ.). <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-1-6-13>
2. World Health Organization (WHO). Coronavirus disease (COVID-19) Situation Report – 163. Available at: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200701-covid-19-sitrep-163.pdf?sfvrsn=c202f05b_2. Accessed: 27 April, 2021.
3. Li X, Zhou L, Jia T, Peng R, Fu X, Zou Y. Associating COVID-19 Severity with Urban Factors: A Case Study of Wuhan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 7(18):6712. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186712>
4. Омск – город будущего! (In Russ.). Available at: <https://admomsk.ru/web/guest/city>. Accessed January 1, 2021.
5. Rossey Q. Visualist: a spatial analysis plugin for crime analysts. *Ecole des sciences criminelles*, Lausanne. – 2019. – Available at: <https://plugins.qgis.org/plugins/visualist/> Accessed: 27 April, 2021.
6. Silverman BW. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. London : Chapman & Hall/CRC; 1986.
7. 7. Blokh AI, Penievskaya NA, Rudakov NV, Lazarev II. Epidemic potential of COVID-19 in Omsk region and assessment of the anti-epidemic measures. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2020;5(3):8-17. (In Russ.). <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-3-8-17>
8. 8. Wang JF, Meng B, Zheng XY, Liu J, Han W, Wu J, Liu X, Li X, Song X. Analysis on the multi-distribution and the major influencing factors on severe acute respiratory syndrome in Beijing. *Chinese J Epidemiol*. 2005;26(3):164-168.
9. 9. Pobedinskiy GG, Sarskov SA, V'yushkov MV. Prototip razdel'a epidemiologicheskogo atlasa «Monitoring zabolevaemosti COVID-19». V sb : *Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'yu naseleniya*. Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem. Perm ; 2020:394-402. (In Russ.). Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44160533_12048623.pdf. Accessed: 27 April, 2021.
10. Brody H, Rip MR, Vinten-Johansen P, Paneth N, Rachman S. Map-making and myth-making in Broad Street: the London cholera epidemic, 1854. *Lancet*. 2000;356(9223):64-68. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02442-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02442-9)
11. Murad A, Khashoggi BF. Using GIS for Disease Mapping and Clustering in Jeddah, Saudi Arabia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020;9(5):328. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050328>

Сведения об авторах

Блох Алексей Игоревич, младший научный сотрудник ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (Россия, 644080, г. Омск, ул. Мира, 7), ассистент кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Россия, 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12).

Вклад в статью: дизайн исследования, анализ данных, написание рукописи.

ORCID: 0000-0002-0756-2271

Пеньевская Наталья Александровна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (Россия, 644080, г. Омск, ул. Мира, 7), профессор кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Россия, 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12).

Вклад в статью: дизайн исследования, написание рукописи.

ORCID: 0000-0002-7220-4366

Рудаков Николай Викторович, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (Россия, 644080, г. Омск, ул. Мира, 7), заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Россия, 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12).

Вклад в статью: анализ данных, написание рукописи.

ORCID: ORCID 0000-0001-9566-9214

Михайлова Ольга Анатольевна, заведующая отделом обеспечения эпидемиологического надзора ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» (Россия, 644116, г. Омск, ул. 27-я Северная, 42а).

Вклад в статью: сбор данных, написание рукописи.

ORCID: 0000-0001-6091-3424

Федоров Александр Сергеевич, заведующий отделением статистического наблюдения и учета инфекционных заболеваний ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» (Россия, 644116, г. Омск, ул. 27-я Северная, 42а).

Вклад в статью: сбор данных, написание рукописи.

ORCID: 0000-0002-9099-1287

Санников Алексей Владимирович, младший научный сотрудник ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора (Россия, 644080, г. Омск, ул. Мира, 7).

Вклад в статью: сбор данных, анализ данных.

ORCID: 0000-0003-3377-5374

Никитин Сергей Владимирович, главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» (Россия, 644116, г. Омск, ул. 27-я Северная, 42а).

Вклад в статью: сбор данных, написание рукописи.

ORCID: 0000-0003-4272-4421

Статья поступила: 06.04.2021г.

Принята в печать: 29.05.2021г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Authors

Dr. Aleksey I. Blokh, MD, Junior Researcher, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Street, Omsk, 644080, Russian Federation), assistant of the Department of Epidemiology, Omsk State Medical University (12, Lenina Street, Omsk, 644099, Russian Federation)/

Contribution: conceived and designed the study; performed a data analysis; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-0756-2271

Prof. Natalia A. Penyevskaya, MD, DSc, Chief Scientific Officer, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Street, Omsk, 644080, Russian Federation); Professor, Department of Epidemiology, Omsk State Medical University (12, Lenina Street, Omsk, 644099, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-7220-4366

Prof. Nikolay V. Rudakov, MD, DSc, Professor, Chief Executive Officer, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Street, Omsk, 644080, Russian Federation), Head of Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University (12, Lenina Street, Omsk, 644099, Russian Federation).

Contribution: performed the data analysis; wrote the manuscript.

ORCID: ORCID 0000-0001-9566-9214

Dr. Olga A. Mikhaylova, MD, Head of the Department of Epidemiological Surveillance, Center for Hygiene and Epidemiology in the Omsk Region (42a, 27th Severnaya Street, Omsk, 644116, Russian Federation).

Contribution: collected the data; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0001-6091-3424

Dr. Alexander S. Fedorov, MD, Head of the Department of Statistics and Registration of Infectious Diseases, Center for Hygiene and Epidemiology in the Omsk Region (42a, 27th Severnaya Street, Omsk, 644116, Russian Federation).

Contribution: collected the data; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-9099-1287

Dr. Alexey V. Sannikov, MD, Junior Researcher, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections (7, Mira Street, Omsk, 644080, Russian Federation).

Contribution: collected the data; performed the data analysis.

ORCID: 0000-0003-3377-5374

Dr. Sergey V. Nikitin, MD, Head of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Omsk Region (42a, 27th Severnaya Street, Omsk, 644116, Russian Federation).

Contribution: collected the data; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0003-4272-4421

Received: 06.04.2021

Accepted: 29.05.2021

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.