

УДК: 528.94

DOI: 10.35595/2414-9179-2023-2-29-29-43

Н.С. Полицинский¹, И.С. Кузнецов², Е.А. Паниди³

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ МЕДИЦИНСКИХ УЧАСТКОВ НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен подход к применению настольных географических информационных систем в целях оптимизации и (частичной) автоматизации процессов обработки и анализа пространственных и непространственных медицинских данных при оценке системы участкового деления на территории обслуживания медицинского учреждения и формирования обновленных (с учетом актуальных показателей заболеваемости и демографических показателей) границ медицинских участков. При обработке пространственных данных использованы программные средства, входящие в состав платформы QGIS (собственно QGIS и модули расширения, в т. ч. разработанный при участии авторов модуль геокодирования данных медицинской статистики GeoMedic). Все использованные в исследовании данные медицинской статистики были предварительно обезличены в соответствии с требованиями российского законодательства. В рамках исследования предложен прототип методики подготовки, анализа и обработки данных о количестве пациентов (потенциальных пациентов), проживающих на обслуживаемой медицинским учреждением территории, совместно с пространственными данными (географической картой) для заданной территории. Исследование реализовано на основе данных противотуберкулезной службы г. Санкт-Петербурга, в работу вовлечены специалисты Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии. Разработанный прототип методических средств позволяют выполнить частично автоматизированную обработку исходных данных с формированием по результатам обработки границ медицинских участков для анализируемой территории. Формирование границ медицинских участков, при этом выполняется с учетом нормативного числа пациентов, наличие которого необходимо обеспечить для формируемых участков. Исследование выполнено в масштабе мегаполиса, на примере г. Санкт-Петербурга (Россия). Анализ данных выполнен для территорий Московского, Петроградского, Приморского и Невского р-нов г. Санкт-Петербурга. По результатам анализа создана и визуализирована на карте сетка границ медицинских участков. Предложенный в рамках исследования прототип методики может быть применен при анализе существующих схем участкового деления и их обновлении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медицинские пространственные данные, управление пространственными данными, социально значимые заболевания

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Университетская наб., д. 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034,
e-mail: nik.polit@mail.ru, st086803@student.spbu.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Университетская наб., д. 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034,
e-mail: ilya.kuznetsov.ilya@gmail.com, st062514@student.spbu.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава РФ, Лиговский пр-т, д. 2/4, Санкт-Петербург, Россия, 191036, *e-mail:* ilya.kuznetsov.ilya@gmail.com, st062514@student.spbu.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Университетская наб., д. 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034,
e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

Nikita S. Politsinsky¹, Ilia S. Kuznetsov², Evgeny A. Panidi³

AUTOMATION APPLIED TO MEDICAL LOT DELINEATION, CASE STUDY OF ST. PETERSBURG CITY

ABSTRACT

The article describes an approach to the desktop geographic information system application to optimization and (partial) automation of the spatial and non-spatial medical data processing and analysis when estimating the grid of medical lots in an area of medical service, and when forming (considering current morbidity and demographic indicators) updated boundaries of medical lots. Software tools of the QGIS platform were used to process spatial data (QGIS itself and its extension modules, including the GeoMedic module designed with the participation of the authors for medical statistics data geocoding). All medical statistics data used in the study were previously depersonalized in accordance with the requirements of Russian laws. A methodology prototype is elaborated for preparation, analysis, and processing of the data on patients (potential patients) number in the medical service area, together with spatial data (geographical map) of this area. The data of the St. Petersburg city tuberculosis service were used for experimental purposes in the study. Specialists of the St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology are involved in the work. Developed methodological toolset prototype ensures partially automated processing of initial data with the formation of boundaries of the medical lots in the analyzed area of medical service. Formation of the boundaries is carried out taking into account the normative number of patients, which must be ensured for the formed lots. The study was performed on the city scale, on the example of St. Petersburg (Russia). Data analysis was performed for the Moskovsky, Petrogradsky, Primorsky and Nevsky Administrative Districts of St. Petersburg. A grid of medical lot boundaries was formed and mapped in the results of the performed analysis. The methodology prototype proposed in the result of the conducted study can be applied in the analysis of existing schemas of medical lots and their updating.

KEYWORDS: medical geospatial data, geospatial data management, socially valuable diseases

ВВЕДЕНИЕ

Медико-географические исследования [Чистобаев, Семенова, 2013; Gordon, Womersley, 1997; Schweikart, Kistemann, 2013] давно и прочно заняли место в ряду средств обеспечения противодействия социально значимым заболеваниям, в число которых входит туберкулез. Такого рода исследования, характеризующаясь сложностью и комплексностью, вовлекают специалистов различных направлений и отраслей теоретической и практической медицины и географии [Лесных, Мельникова, 2019]. В свою очередь, по мере совершенствования исследовательского инструментария как медицины, так и географии,

¹ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 7/9, Universitetskaya emb., St. Petersburg, Russia, 199034, e-mail: nik.polit@mail.ru, st086803@student.spbu.ru

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 7/9, Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia, e-mail: ilya.kuznetsov.ilya@gmail.com, st062514@student.spbu.ru
St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, Ministry of Health of the Russian Federation, 2/4, Ligovskij blvd., St. Petersburg, 191036, Russia, e-mail: ilya.kuznetsov.ilya@gmail.com, st062514@student.spbu.ru

³ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 7/9, Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia, e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

появляются возможности применения новых, более совершенных и передовых методов информатизации и анализа данных (в т. ч. пространственных данных), накапливаемых в сфере здравоохранения [Голованова, 2020; Плиева, 2020; Коровка и др., 2021; Franch-Pardo et al., 2020]. При этом, в соответствии с действующей нормативно-правовой базой^{1,2}, геоинформационные средства прямо обозначены в качестве средств обеспечения медицинских (медико-географических) исследований и мониторинга: «...проведение фундаментальных и практических исследований, направленных на обеспечение раннего выявления новых и известных патогенов, а также развитие молекулярной эпидемиологии и создание геоинформационных систем для оперативного реагирования на биологические угрозы».

Работа по осуществлению амбулаторного лечения пациентов построена по территориально-участковому принципу. Территориальный врачебный участок является основной структурной единицей медицинского учреждения. Обслуживаемая территория делится на участки, как правило, с определенным количеством населения. Участковые врач и медицинская сестра несут ответственность за проведение всех лечебных и профилактических мероприятий на территории данного участка. Выделение участков выполняют руководители медицинских учреждений, с учетом условий оказания первичной медико-санитарной помощи на обслуживаемой территории.

В практике работы медицинских служб деление участков не всегда происходит исключительно по числу жителей. Классическими методами деления на зоны медицинского обслуживания являются:

1. *Деление по числу жителей в доме* — самый популярный вариант, при этом нужно знать число жителей в доме, которое в современных условиях возможно только оценить (приблизленно и опосредованно), в т. ч. по сведениям из открытых источников.
2. *Деление по числу выявленных на территории случаев заболевания*, когда оцениваются данные о случаях заболевания в жилых и производственных очагах на исследуемой территории, и, в зависимости от положения очага, он относится к конкретному участку (в таком случае каждому врачу отдается та территория, на которой регистрируется ежегодно или ежеквартально примерно равное число больных. Часто этот метод совмещают с первым, выполняя деление на основе относительных показателей, оценивая число больных на 1000 чел. населения).
3. *Деление по жилой площади*, когда делят всю отданную под застройку и застроенную территорию на участки равные или близкие по площади жилья на их территории (такой способ используется исключительно редко).

Несмотря на проверенную годами работоспособность системы участкового деления медицинских организаций, она сталкивается с рядом серьезных проблем, которые затрудняют эффективное и качественное оказание медицинской помощи населению. Так, А.В. Шульмин в своем исследовании проводит оценку основных факторов функционирования системы врачебных участков на основе анкетирования участковых врачей-терапевтов [Шульмин, 2013]. Согласно ему, одной из главных проблем участкового деления является неравномерное распределение медицинских работников по территории. В некоторых районах возникают перегрузки, а в других — нехватка квалифицированных врачей. Это связано с недостаточным количеством медицинских работников и отсутствием

¹ Указ Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»

² Decree of the Russian Federation President No. 97 dated by March 11, 2019 “Toward fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the domain of chemical and biological safety for the up to 2025 period and beyond”

единой методики участкового деления. Фактор численности прикрепленного населения к участку и изменение численности обслуживаемого населения большинство респондентов выделили как имеющие «сильную» и «очень сильную» степень влияния на нагрузку. На деле соответствие размера участка нормативному зачастую не выполняется, причем как в большую, так и в меньшую стороны. Кроме того, участковое деление сталкивается с проблемами, связанными с инфраструктурой. Влияние географических особенностей и транспортной доступности участков на нагрузку участковых врачей выделили около 30 % опрошенных. Несмотря на то, что на эти факторы нет установленного норматива, при формировании участка они требуют учета в целях обеспечения удобства функционирования территориальной системы здравоохранения и работы врачей.

В настоящем исследовании решение проблемы автоматизации участкового деления рассматривается на примере участков обслуживания врачей-фтизиатров. Рекомендованные штатные нормативы туберкулезного диспансера в соответствии Приказом Минздрава России^{1,2} составляют:

- Для амбулатории (врач-фтизиатр участковый):
 - ☐ 0,4 на 10 тыс. прикрепленного городского населения;
 - ☐ 0,75 на 10 тыс. прикрепленного сельского населения;
- Для стационара (врач-фтизиатр лечащий):
 - ☐ 1 на 30 коек (для больных без бактериовыделения);
 - ☐ 1 на 20 коек (для больных с бактериовыделением);
 - ☐ 4,75 на 30 коек (для обеспечения круглосуточной работы).

Данные нормативы, как правило, не выполняются, что связано со сложностью отслеживания текущего прикрепленного населения и трудозатратностью обновления разделения на участки обслуживания.

На каждый участок составляется паспорт^{3,4}, он включает: названия улиц, номера домов, указания на компактность, радиус обслуживания, численность населения (взрослых, подростков, неорганизованного населения), санитарное состояние участка, наличие общежитий. Указывается контингент и социальный состав, преобладающий на участке, количество инвалидов (Отечественной войны, труда, детства), наличие мелких предприятий и число работающих в них. Приказом Минздравсоцразвития РФ^{5,6} при этом определено, что органы управления здравоохранением муниципальных образований осуществляют организацию медицинского обслуживания населения по участковому принципу с учетом критериев территориальной (в т.ч. транспортной) доступности врачебной помощи.

¹ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 ноября 2012 г. № 932н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи больным туберкулезом»

² Order of the Russian Federation Ministry of Health No. 932n dated by November 15, 2012 “On approval of the Procedure for medical care providing to tuberculosis patients”

³ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 7 декабря 2005 г. № 765 «Об организации деятельности врача-терапевта участкового». Приложение № 2. Учетная форма № 030/у-тер «Паспорт врачебного участка (терапевтического)»

⁴ Order of the Russian Federation Ministry of Health and Social Development No. 765 dated by December 7, 2005 “On the organization of a lot physician operation”. Appendix No. 2. Registration form No. 030/u-ter “Passport of the medical lot (physician’s)”

⁵ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 15 мая 2012 г. № 543н «Об утверждении Положения об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению»

⁶ Order of the Russian Federation Ministry of Health and Social Development No. 543n dated by May 15, 2012 “On approval of the Regulations on the organization of primary health care of adults”

Таким образом, при формировании участков медицинского обслуживания для обеспечения равных условий работы участковых врачей и медицинских сестер следует учитывать не только численность населения, но и протяженность участка, тип застройки, удаленность от места расположения медицинского учреждения, наличие автотранспорта и другие факторы. Из этого очевидно, что выделение участков обслуживания медицинских организаций является сложной задачей, требующей комплексного подхода, и как задача зонирования и внешне и по содержанию является в т. ч. задачей пространственного анализа, что допускает привлечение в процессе ее решения также и геоинформационных средств и методов. Однако привлечение географических информационных систем (ГИС) в данном случае предполагает разработку и применение новых методов зонирования территории, учитывающих специфику процессов медицинского обслуживания. Настоящие исследование и публикация посвящены разработке подобного рода методических средств, обеспечивающих автоматизацию (ГИС-автоматизацию) процессов участкового деления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подготовка исходных данных при выполнении зонирования с разделением территории на медицинские участки предполагает выполнение на первом шаге геокодирования (почтовых) адресов, находящихся в зоне обслуживания медицинского учреждения (участковых врачей медицинского учреждения). Задача геокодирования обусловлена тем, что, очевидным образом, участковые врачи обслуживают только жилые дома, и использование для анализа зон обслуживания картографических данных общего назначения (слоев строений и сооружений) оказывается невозможным в связи с наличием в них большого количества «лишних» объектов. Информация же об обслуживаемых медицинскими учреждениями адресах в администрациях этих учреждений хранится в подавляющем большинстве случаев в форме табличных или текстовых массивов, без сформированной, требуемой обычно в ГИС, геометрической составляющей.

Из перечня адресов, использованного в исследовании для предварительного анализа существующей в Санкт-Петербурге системы участкового деления, 2874 (97 %) успешно геокодированы, остальные 81 адрес (вероятно) были указаны с существенными ошибками, не позволяющими идентифицировать адрес даже вручную, т. к. в адресной базе данных Санкт-Петербурга такие адреса не существовали. В рамках рассматриваемого в настоящей публикации исследования использованы адреса, отнесенные к зонам обслуживания Невского (ПТД № 14), Приморско-Петроградского (ПТД № 3) и Московского (ПТД № 17) районных туберкулезных диспансеров Санкт-Петербурга. Информация об адресах обслуживания является публично доступной. Персональные данные пациентов в настоящем исследовании ни в каком виде не использовались. После выполнения геокодирования был выполнен ручной контроль и выборочная корректировка положения геокодированных точек, т. к. не во всех случаях достигнутой геометрической точности геокодирования было достаточно для обеспечения дальнейших изысканий (рис. 1).

Для первичного анализа существующей ситуации выполнена (в ручном режиме) векторизация границ участков по геокодированным адресным точкам. В качестве картографической основы использованы данные OpenStreetMap^{1,2} (рис. 2). Границы участков восстановлены по участкам дорог и рек, не допускалось пересечение зданий границами участков. В границы участков не включались территории, на которых полностью отсутствовали адреса обслуживания, такие как крупные парки и промышленные зоны.

¹ Карта мира OpenStreetMap. Электронный ресурс: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения 30.03.2023)

² OpenStreetMap world map. Web resource: <https://www.openstreetmap.org> (accessed 30.03.2023)

Восстановленные таким образом границы медицинских участков позволили выявить значимые особенности существующего зонирования. Не все участки имеют простую (с геометрической точки зрения) форму, присутствует большое количество анклавных частей (рис. 3).

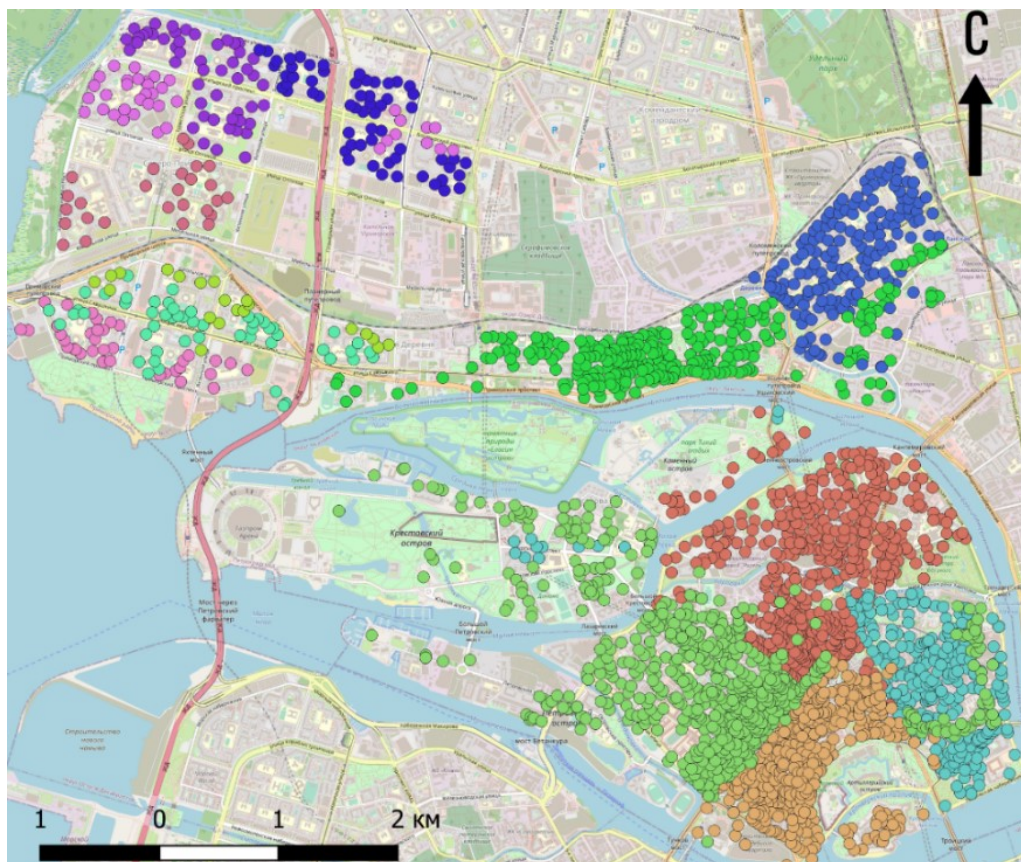


Рис. 1. Результат геокодирования адресов обслуживания Приморско-Петроградского туберкулезного диспансера; цвет точек обозначает принадлежность к медицинскому участку. Картографическая основа OpenStreetMap

Fig. 1. The result of the service addresses geocoding for Primorsko-Petrogradskij tuberculosis dispensary; the color of dots indicates belonging to a medical lot. OpenStreetMap data is used as a base map

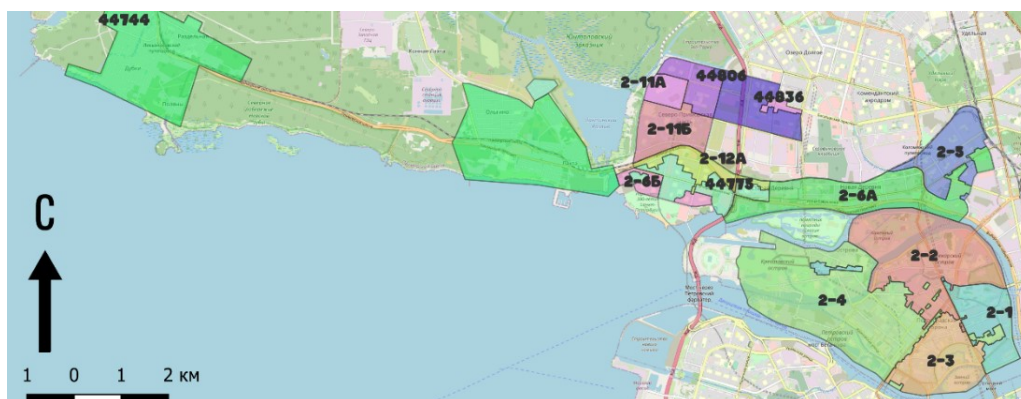
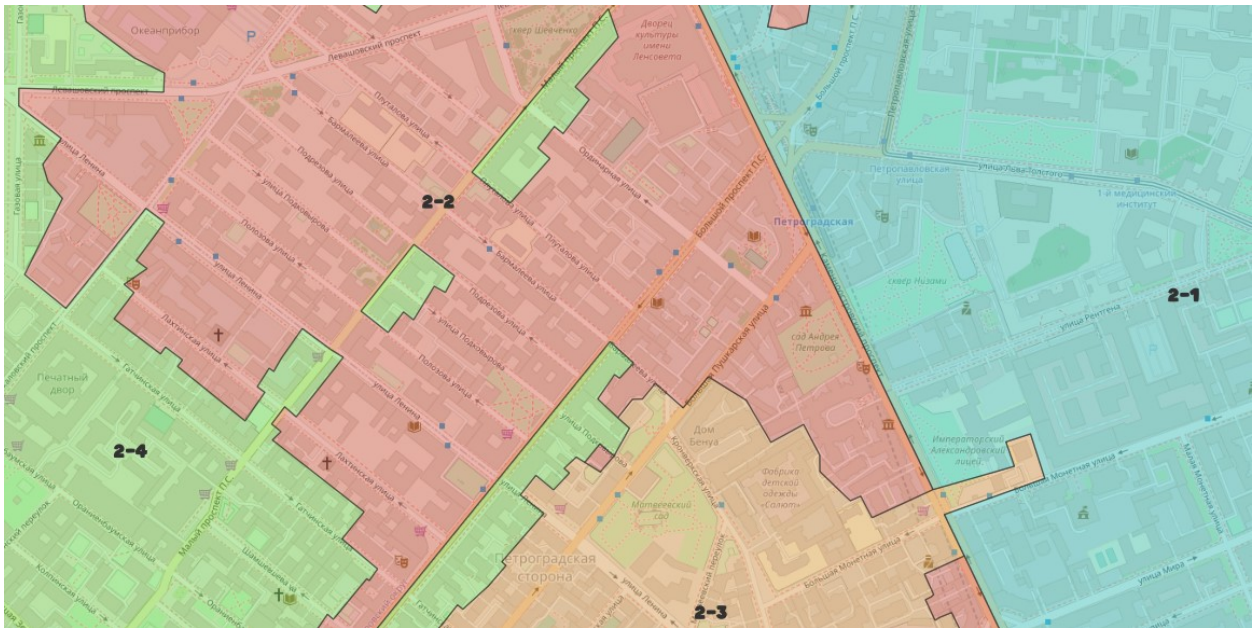


Рис. 2. Участковое деление Приморско-Петроградского туберкулезного диспансера. Картографическая основа OpenStreetMap

Fig. 2. Lot divisioning of the Primorsko-Petrogradskij tuberculosis dispensary. OpenStreetMap data is used as a base map



*Рис. 3. Проблема анклавов при разграничении медицинских участков.
Картографическая основа OpenStreetMap
Fig. 3. The problem of enclaves appearing when delimitating medical lots.
OpenStreetMap data is used as a base map*

В некоторых случаях улицы (например, Чапаева и Мал. Посадская) отнесены сразу к двум медицинским участкам, что неприемлемо с точки зрения существующих правил выделения медицинских участков. В последнем случае, вероятно, речь идет о технических ошибках при заполнении и перезаполнении соответствующих форм и списков, выполняемом периодически медицинскими специалистами.

Дальнейший анализ позволил выявить и количественно охарактеризовать также и проблему неравномерной нагрузки на участковых врачей. Норматив нагрузки на участкового врача фтизиатра, как указано выше, 0,4 на 10 тыс. прикрепленного городского населения, что в приведенном виде составляет 25 тыс. населения на участок. На примере участкового деления Московского района (рис. 4) хорошо видны существующие диспропорции нагрузки (рис. 5).

Диаграмма сформирована по результатам наложения точечного слоя (центроидов) жилых домов, содержащего в составе атрибутов данные о количестве жильцов, на полигоны существующих медицинских участков. С помощью пространственного объединения и агрегирования точек по зонам рассчитано общее количество людей, проживающих на территории каждого участка. Она наглядно демонстрирует неудовлетворительность существующей ситуации. Нет ни одного участка, где бы соблюдался норматив. Только два участка (239-1 и 235-1) имеют нагрузку меньше норматива. Среднее превышение норматива составило 16 848 чел., тогда как максимальное отклонение — 30 тыс. чел. Необходимо отметить, что при данном количестве участков и прикрепленного населения невозможно полное соблюдение норматива, однако может быть достигнуто равномерное распределение населения по участкам.

На основе проведенного анализа возможно сделать вывод о том, что существующее в настоящее время участковое деление не отвечает потребностям фтизиатрической службы и не способствует удобству обслуживания данных территорий медицинскими специалистами. Врачи ощущают в ходе своей повседневной работы проблему перегрузки участка населением. К тому же особенности географического положения и транспортной

доступности медицинских участков усложняют работу врачей, когда им приходится выезжать по адресам пациентов. Обслуживаемое население также страдает от этих проблем. Все это происходит вследствие того, что значение параметров, по которым происходит выделение зон обслуживания (число жителей или число выявленных случаев туберкулеза) изменяется год от года. Другими словами, нагрузка на врачей значительно изменяется во времени, а пересмотр границ медицинских участков в силу, главным образом, своей трудоемкости, выполняется существенно реже, чем того требует динамика численности населения и заболеваемости. Такие выводы лишь подтверждают актуальность и востребованность инструментов для автоматизации зонирования территории при выделении медицинских участков.

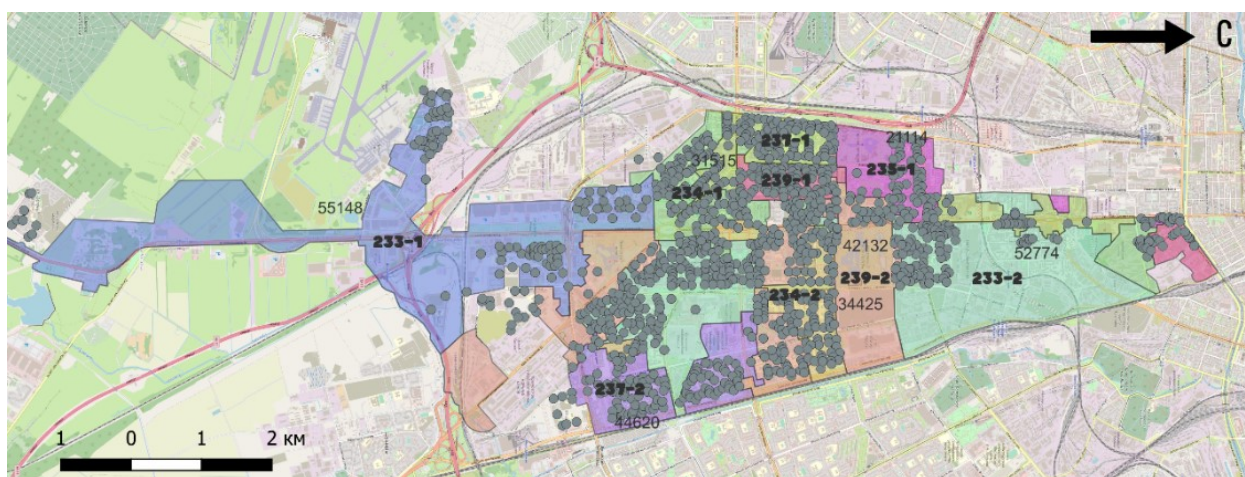


Рис. 4. Результат геокодирования адресов обслуживания и границы медицинских участков туберкулезного диспансера Московского района. Картографическая основа OpenStreetMap
 Fig. 4. The service addresses geocoding result and the medical lots boundaries for the Moscow District tuberculosis dispensary. OpenStreetMap data is used as a base map

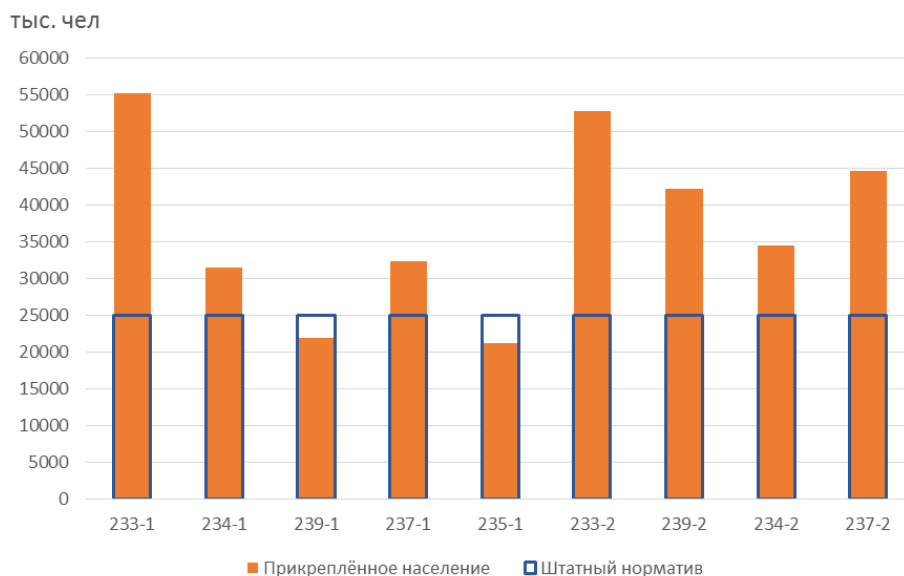


Рис. 5. Нагрузка (число жителей) на медицинские участки Московского района
 Fig. 5. Workload (number of residents) of medical lots of the Moskovskij District

В туберкулезном диспансере № 14 работа по обновлению границ участков проведена в сентябре 2022 г. При этом сотрудниками диспансера была применена в т. ч. картографическая визуализация данных. С помощью веб-ресурса «Яндекс.Карты» были визуализированы границы ранее существовавших медицинских участков Невского района, после чего сотрудники формировали участки также визуально, ориентируясь на месячную нагрузку на врача-фтизиатра. Полученные на первом этапе границы участков были итеративно откорректированы для выравнивания нагрузки. В результате были получены границы участков, используемые в работе в настоящее время (рис. 6). Проведенная специалистами диспансера работа в целом успешна, нагрузка на врачей распределена сравнительно равномерно (рис. 7), с небольшими отклонениями. Участковое деление представлено, кроме прочего, в (карто)графическом виде, удобном для врачей и пользователей. Однако при этом было затрачено большое количество рабочего времени и ручного труда сотрудников, совершалось много промежуточных вычислений для пересчета нагрузки.

Экспериментальные работы по автоматизации выделения границ медицинских участков в настоящем исследовании проводились, в первую очередь, для территории Невского района, что позволило оценить также и потенциал ГИС-автоматизации при выполнении зонирования путем сравнения полученных результатов с существующей, недавно обновленной вручную сеткой границ медицинских участков.

При выполнении исследования были обозначены 3 основных критерия формирования участков:

- по возможности правильная форма (участок должен тяготеть к округлой или прямоугольной форме с 4-мя вершинами и примерно равными длиной и шириной);
- участок не должен располагаться на 2-х берегах реки;
- участок не должен пересекать крупные транспортные магистрали.

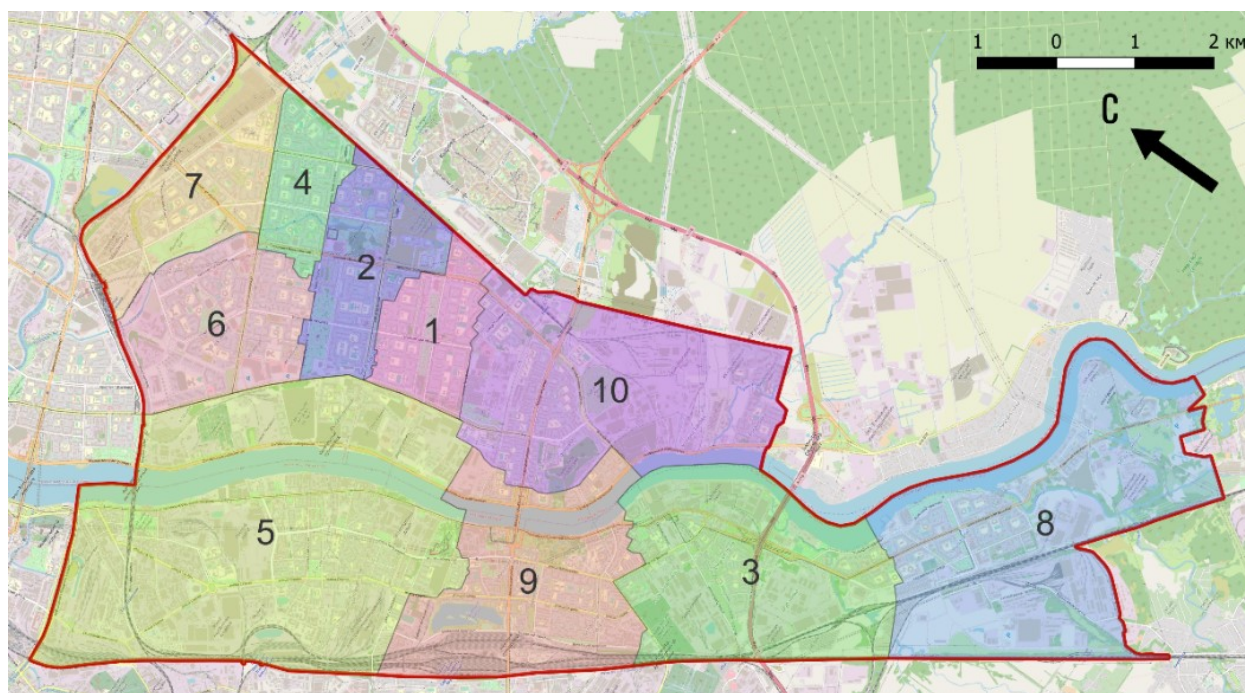


Рис. 6. Обновленная сетка медицинских участков Невского района.

Картографическая основа OpenStreetMap

Fig. 6. Updated grid of the medical lots in the Nevskij District.

OpenStreetMap data is used as a base map

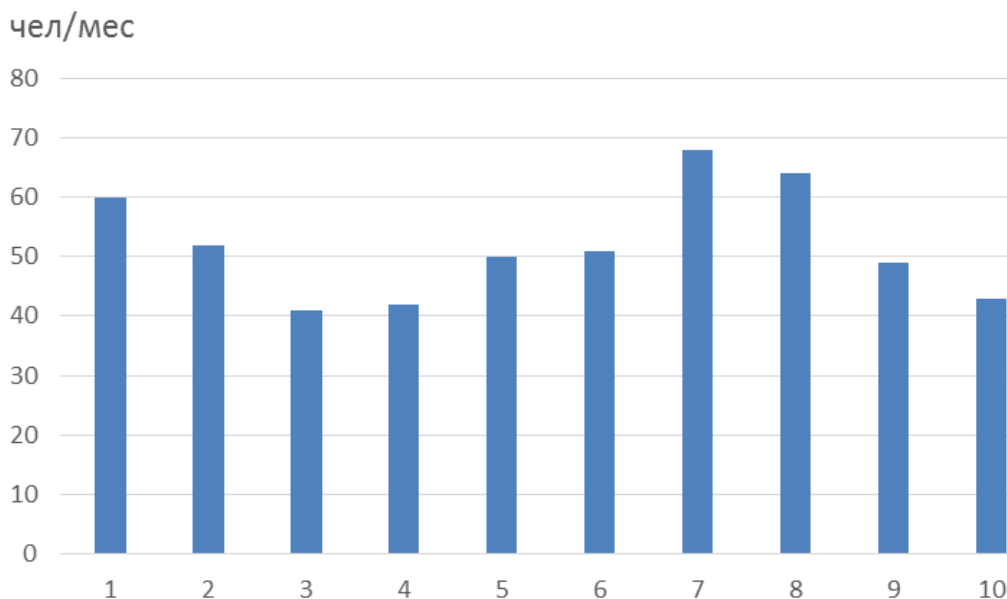


Рис. 7. Нагрузка участковых врачей после обновления сетки медицинских участков Невского района
Fig. 7. The workload of lot therapists after updating of the medical lots grid in the Nevskij District

На существующем этапе исследования поставлена и решена задача полуавтоматического выделения участков. При разработке методики выделения границ участков использованы данные о случаях туберкулеза в Невском районе имеющиеся в распоряжении Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии (НИИФ). В рамках исследования эти данные использовались и обрабатывались в деперсонифицированном виде в соответствии с федеральным законодательством^{1,2}. Разделение участков выполнялось на основе учета числа случаев заболевания (числа пациентов).

Для формирования полигонов участков использовалась сетка кварталов, сформированная, в свою очередь, на основе дорожного графа, доступного в составе данных OpenStreetMap. Данные OpenStreetMap получены (загружены) с использованием модуля QGIS QuickOSM^{3,4}. При формировании сетки кварталов использовались все типы дорог, кроме мелких внутриквартальных проездов и пешеходных дорожек. Дополнительно для выделения кварталов использовались картографические слои железных дорог и рек. Все слои были объединены в один линейный слой. Выделенная таким образом сеть полигональных кварталов пересекалась с точечным слоем геокодированных случаев заболевания туберкулезом, в результате чего каждый квартал получил весовой параметр (количество случаев туберкулеза). Таким образом был сформирован массив данных на основе которого в дальнейшем, путем объединения полигонов кварталов формировались полигоны медицинских участков. Численность случаев туберкулеза для медицинских участков при этом рассчитывалась автоматически как сумма случаев, указанных в атрибутах кварталов.

¹ Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ

² Federal Law “On Personal Data” dated by 27.07.2006 No. 152-FZ

³ Настольная геоинформационная система QGIS. Электронный ресурс: <https://qgis.org> (дата обращения 30.03.2023)

⁴ QGIS desktop geographic information system. Web resource: <https://qgis.org> (accessed 30.03.2023)

Для отображения и анализа данных в исследовании использовалась свободно распространяемая настольная ГИС QGIS^{1,2} версии 3.20, а также ранее разработанный с участием авторов модуль геокодирования очагов социально-значимых инфекционных заболеваний GeoMedic^{3,4} [Kuznetsov et al., 2020]. Выполнено геокодирование 2 955 адресов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование для формирования полигонов медицинских участков сетки кварталов позволило также исключить прохождение границ участков по зданиям и случаи двоякого восприятия, когда жилой дом мог быть отнесен сразу к двум участкам.

Первоначально сформированная на основе дорожного графа сетка кварталов потребовала дополнительной обработки. Была проведена генерализация полигонального слоя, удалены малые по площади объекты (рис. 8). Таким образом была сформирована и подготовлена для дальнейшей обработки сетка кварталов, состоящая из 262 полигонов с присвоенным атрибутом числа случаев заболеваний туберкулезом (рис. 9).

На следующем этапе было проведено выделение границ медицинских участков полуавтоматическим способом. Необходимо было разбить район на 10 фтизиатрических участков. При общем числе больных в районе в 3 523 чел. равная нагрузка на каждого врача достигается при примерно 350 больных на один участок. Формирование участков проводилось с помощью встроенных функций в QGIS. В частности, использована панель инструментов «Статистика». Выделялись полигоны и отслеживалось суммарное значение атрибута (числа случаев заболевания). При достижении значения 350 объекты объединялись. Таким образом были сформированы фтизиатрические участки (рис. 10). Эмпирическим методом установлено, что при данных входных параметрах и при условии, что участок не должен располагаться на 2-х берегах р. Невы, остается участок с сильным отклонением от среднего числа пациентов, приходящихся на один участок (266).

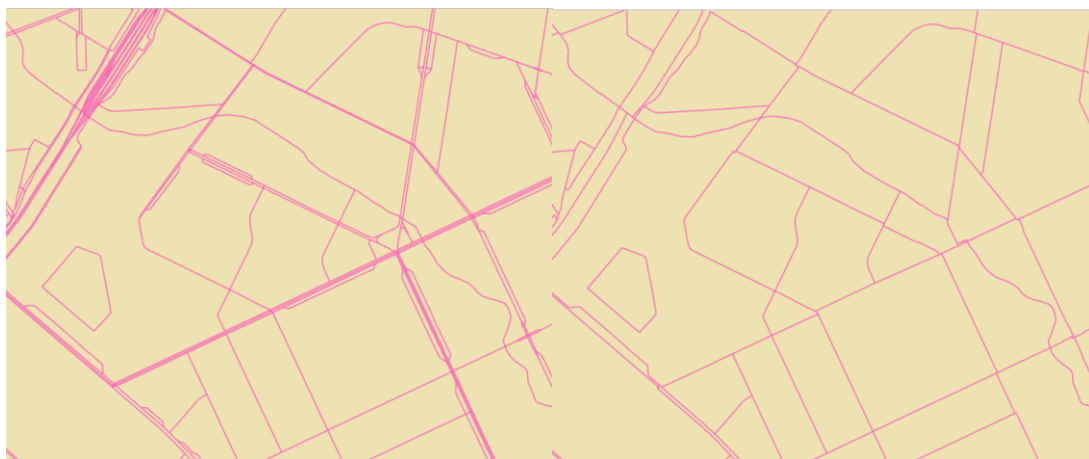


Рис. 8. Пример генерализации (справа) первоначально сгенерированной (слева) сетки кварталов при формировании границ медицинских участков

Fig. 8. The example of generalization result (right image) of the initially generated (left image) grid of blocks when forming the boundaries of medical lots

¹ Модуль QGIS QuickOSM. Электронный ресурс: <https://plugins.qgis.org/plugins/QuickOSM/> (дата обращения 30.03.2023)

² QuickOSM QGIS plugin. Web resource: <https://plugins.qgis.org/plugins/QuickOSM/> (accessed 30.03.2023)

³ Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020665320, 26.11.2020

⁴ Certificate of the computer program registration 2020665320, 26.11.2020

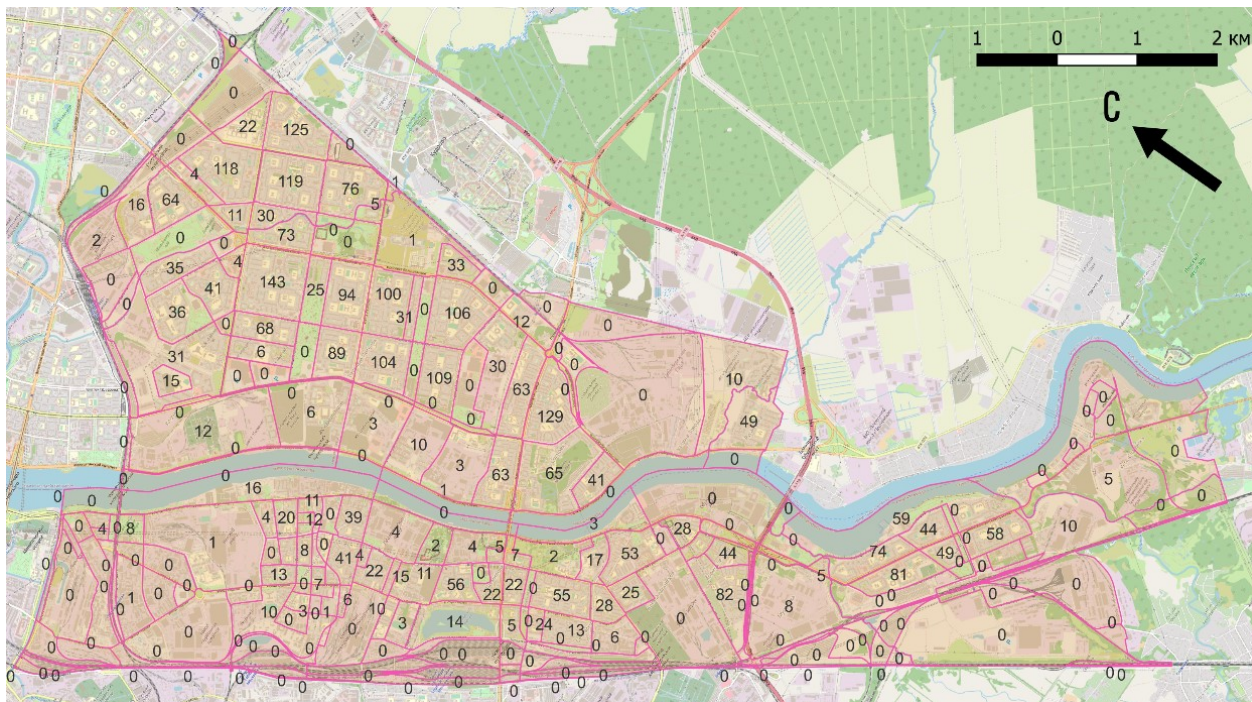


Рис. 9. Сетка генерализованных кварталов с присвоенными значениями количества больных (числа на карте). Картографическая основа OpenStreetMap
Fig. 9. Grid of generalized blocks with assigned values of amount of the patients (numbers on the map). OpenStreetMap data is used as a base map

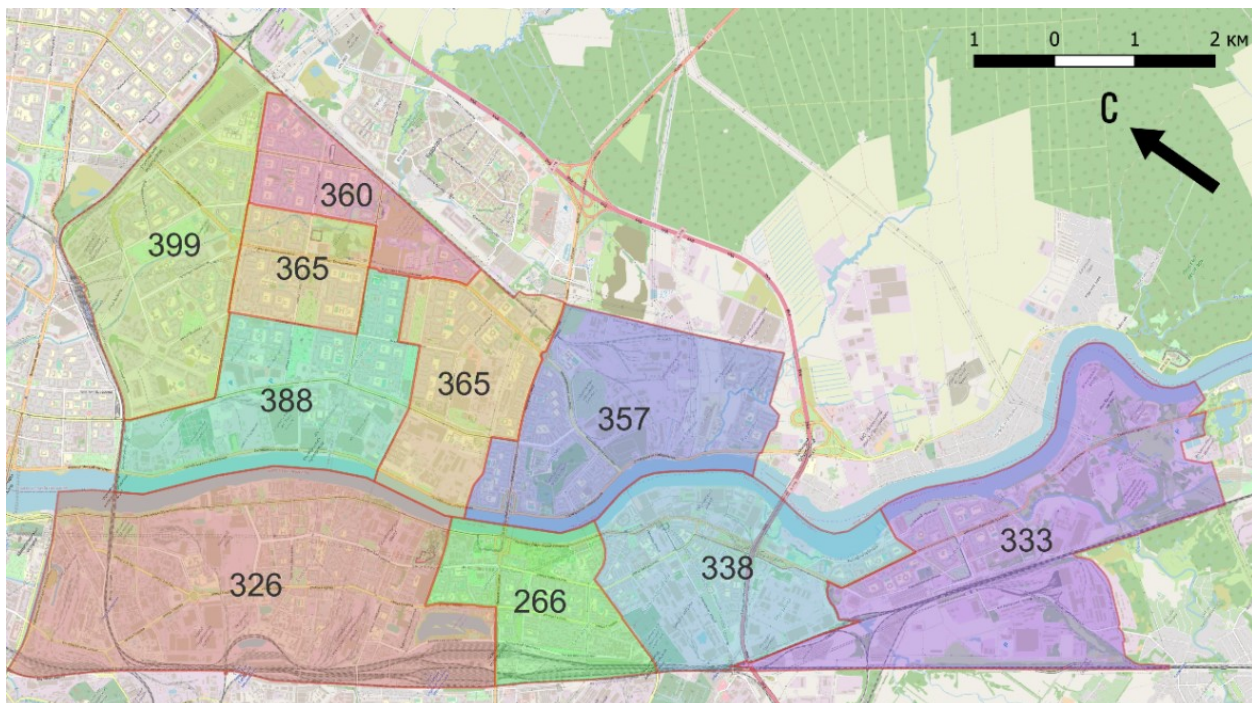


Рис. 10. Результат полуавтоматического выделения границ медицинских участков для Невского района. Картографическая основа OpenStreetMap
Fig. 10. The result of semi-automatic delineation of the medical lots boundaries for the Nevskij District. OpenStreetMap data is used as a base map

Выполненное таким образом зонирование исключает итерации в определении границ участков (потребовавшее существенных трудозатрат ранее, при выполнении зонирования специалистами туберкулезного диспансера) и позволило получить в целом более равномерное распределение числа случаев заболевания по участкам, а также исключило ряд ситуаций, связанных с расположением участков на двух берегах реки при отсутствии в непосредственной близости переправы через реку (что хорошо видно при сравнении рис. 6 и 10).

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования подтверждено существование в системе участкового деления городской противотуберкулезной службы ряда достаточно стандартных проблем, связанных с диспропорциями в нагрузке на медицинских сотрудников, ошибками при формировании, передаче и публикации данных о составе медицинских участков, а также с геометрическими и географическими особенностями конфигурации границ фтизиатрических участков, усложняющими по меньшей мере перемещение врачей по территории участков при выезде (выходе) к пациентам на дом. На основе первичного анализа особенностей участкового деления выработан общий подход и сформулирован первоначальный перечень требований к формированию границ фтизиатрических участков на основе учета количества пациентов (существующих или потенциальных) и анализа географической ситуации на территории обслуживания, автоматизированного в среде настольной ГИС.

Проведенные экспериментальные работы наглядно продемонстрировали, что даже применение частичной ГИС-автоматизации позволяет существенно оптимизировать и ускорить процесс формирования сетки границ фтизиатрических участков, обновленной с учетом актуальной эпидемиологической и/или демографической ситуации. Разработанный прототип методики формирования участков протестирован на примере Невского района Санкт-Петербурга. Полученные результаты «слепого» (выполненного не практикующим медиком) формирования участков наглядно демонстрируют сопоставимость с результатами неавтоматизированного выделения участков, выполняемого квалифицированными специалистами. Являясь при этом лишь частично автоматизированной, методика допускает существенную вариабельность при анализе данных и формировании участковых границ, и таким образом предположительно имеет существенный потенциал для реального практического применения практикующими медицинскими специалистами или под контролем таких специалистов. С учетом достижимой, при использовании предложенных в исследовании решений, экономии временных и трудовых затрат, выполненные разработки могут быть применены при формировании системы регулярного контроля и обновления участкового деления на территориях, обслуживаемых фтизиатрическими и иными медицинскими учреждениями. В перспективе предложенный прототип методики выделения границ может быть доработан, в т. ч. с повышением уровня автоматизации обработки данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Голованова М.Н. Совершенствование противотуберкулезных мероприятий с помощью компьютерной программы мониторинга очагов туберкулеза. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Ярославль: Ярославский государственный медицинский университет, 2020. 137 с.

Коровка В.Г., Галкин В.Б., Паниди Е.А., Кузнецов И.С., Бельтюков М.В., Соколов Е.Г., Пантелеева О.В., Воронов Д.В., Козлов В.В., Федоров С.В., Яблонский П.К. Возможности геоинформационных технологий для улучшения качества мониторинга очагов социально

значимых инфекций. Профилактическая медицина, 2021. Т. 24. № 10. С. 7–13. DOI: 10.17116/profmed2021241017.

Лесных С.И., Мельникова О.В. Создание баз данных и визуализация текущей эпидемиологической информации для целей медико-экологического мониторинга региона. География и природные ресурсы, 2019. № 40 (2). С. 115–121. DOI: 10.1134/S1875372819020033.

Плиева С.Л. Прогнозирование рецидивов туберкулеза органов дыхания в современных условиях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Москва: Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования, 2020. 137 с.

Чистобаев А.И., Семенова З.А. Медико-географическое картографирование в бывшем СССР и современной России. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, 2013. № 4. С. 109–112.

Шульмин А.В. Оценка основных факторов функционирования системы врачебных участков, по мнению организаторов здравоохранения и врачей-терапевтов участковых. Сибирское медицинское обозрение, 2013. № 1. С. 78–81.

Franch-Pardo I., Napoletano B.M., Rosete-Verges F., Billa L. Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. Science of the Total Environment, 2020. V. 739. Art. 140033. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140033.

Gordon A., Womersley J. The use of mapping in public health and planning health services. Journal of Public Health, 1997. V. 19 (2). P. 139–147. DOI: 10.1093/oxfordjournals.pubmed.a024601.

Kuznetsov I., Panidi E., Kolesnikov A., Kikin P., Korovka V., Galkin V. GIS-based infectious disease data management on a city scale, case study of St. Petersburg, Russia. International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020. V. XLIII-B3-2020. P. 1463–1467. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1463-2020.

Schweikart J., Kistemann T. Kartographie der Gesundheit. Kartographische Nachrichten, 2013. V. 63(1). P. 3–11.

REFERENCES

Chistobayev A.I., Semenova Z.A. Medico-geographical mapping in the former USSR and modern Russia. Vestnik of Saint-Petersburg University. Series 7. Geology. Geography, 2013. V. 4. P. 109–112 (in Russian).

Franch-Pardo I., Napoletano B.M., Rosete-Verges F., Billa L. Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. Science of the Total Environment, 2020. V. 739. Art. 140033. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140033.

Golovanova M.N. Improvement of anti-tuberculosis actions using a computer program for monitoring tuberculosis foci. Dissertation for the degree of PhD of medical sciences. Yaroslavl: Yaroslavl State Medical University, 2020. 137 p. (in Russian).

Gordon A., Womersley J. The use of mapping in public health and planning health services. Journal of Public Health, 1997. V. 19 (2). P. 139–147. DOI: 10.1093/oxfordjournals.pubmed.a024601.

Korovka V.G., Galkin V.B., Panidi E.A., Kuznetsov I.S., Bel'tyukov M.V., Sokolovich E.G., Panteleeva O.V., Voronov D.V., Kozlov V.V., Fedorov S.V., Yablonskij P.K. Potential of geoinformation technologies to improve the monitoring of socially significant infections outbreaks. Preventive Medicine, 2021. V. 24 (10). P. 7–13 (in Russian). DOI: 10.17116/profmed2021241017.

Kuznetsov I., Panidi E., Kolesnikov A., Kikin P., Korovka V., Galkin V. GIS-based infectious disease data management on a city scale, case study of St. Petersburg, Russia. *International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2020. V. XLIII-B3-2020. P. 1463–1467. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1463-2020.

Lesnykh S.I., Mel'nikova O.V. Generation of databases and visualization of current epidemiological information for purposes of a medical-ecological monitoring of a region. *Geography and Natural Resources*, 2019. V. 40 (2). P. 115–121 (in Russian). DOI: 10.1134/S1875372819020033.

Plieva S.L. Prediction of respiratory tuberculosis relapses in modern conditions. Dissertation for the degree of PhD of Medical Sciences. Moscow: Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, 2020. 137 p. (in Russian).

Schweikart J., Kistemann T. Mapping health and health care [Kartographie der Gesundheit]. *Kartographische Nachrichten*, 2013. V. 63 (1). P. 3–11 (in German).

Shulmin A.V. Evaluation of main factors of the medical sector system functioning, according to healthcare managers and therapists in the districts. *Siberian Medical Review*, 2013. V. 1. P. 78–81 (in Russian).
