

УДК: 528.94

DOI: 10.35595/2414-9179-2025-3-31-73-81

И. С. Кузнецов¹

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Туберкулез, являясь аэрогенным и социально значимым заболеванием, может выступать в качестве модели при выборе методов пространственной оценки распространения других воздушно-капельных заболеваний (таких как COVID-19 и др.). Современная противотуберкулезная служба в России строится по территориальному принципу: за одной административной единицей закрепляется одно или несколько противотуберкулезных учреждений, в задачи которых входит проведение эпидемиологической оценки распространения заболеваний на территории. Обмен данными между соседними территориями ограничен. Это затрудняет проведение междисциплинарных исследований для территорий агломераций. Целью данного исследования являлось первичное изучение пространственных особенностей распространения туберкулеза на территориях агломерации Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а также определение территорий риска распространения туберкулеза. В качестве источника сведений о случаях туберкулеза использовался Федеральный регистр больных туберкулезом двух субъектов. Сведения о больных включали в себя как впервые выявленные случаи, так и рецидивы туберкулеза. Выдвинута гипотеза о существовании на границе Санкт-Петербурга «скрытых» территорий риска, связанных с мегаполисом, но административно находящихся в Ленинградской области. Основным методом определения территорий риска был выбран метод пространственной автокорреляции, в основе которого лежит индекс Морана. Программная обработка данных выполнялась средствами программных продуктов с открытым исходным кодом (NextGIS, GeoDa). В конечном итоге были определены территории потенциального риска распространения туберкулеза из числа муниципалитетов, входящих в Санкт-Петербургскую агломерацию и определена пространственная взаимосвязь между территориями с различными показателями в абсолютных случаях туберкулеза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картография, геоинформационное картографирование, медицинская география, медицинские ГИС, медицинские геоданные

Илья S. Kuznetsov²

GEOSPATIAL ANALYSIS OF TUBERCULOSIS DISTRIBUTION ZONE IN ST. PETERSBURG AND LENINGRAD REGION

ABSTRACT

Tuberculosis, being an aerogenic and socially significant disease, can act as a model when choosing methods for spatial assessment of the spread of other airborne diseases (such as COVID-19, etc.). The modern tuberculosis service in Russia is based on the territorial principle: one or

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7/9, Санкт-Петербург, Россия, 199034, *e-mail*: ilya.kuznetsov.ilya@gmail.com

² Saint Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia, *e-mail*: ilya.kuznetsov.ilya@gmail.com

more tuberculosis institutions are assigned to one administrative unit, whose tasks include conducting an epidemiological assessment of the spread of diseases in the territory. Data exchange between neighboring territories is limited. This makes it difficult to conduct interdisciplinary research for the territories of agglomerations. The purpose of this study was to primarily study the spatial features of the spread of tuberculosis in the territories of the agglomeration of St. Petersburg and the Leningrad Region, as well as to determine the risk areas for the spread of tuberculosis. The Federal Register of Tuberculosis Patients of two subjects was used as a source of information on tuberculosis cases. Information about patients included both newly diagnosed cases and recurrences of tuberculosis. A hypothesis has been put forward about the existence of “hidden” risk territories on the border of St. Petersburg, associated with the metropolis, but administratively located in the Leningrad Region. The main method of determining risk territories was the spatial autocorrelation method based on the Moran index. Software data processing was performed using open source software products (NextGIS, GeoDa). In the end, the territories of potential risk of tuberculosis spread were identified from among the municipalities of the St. Petersburg agglomeration and the spatial relationship between the territories with different indicators in absolute cases of tuberculosis was determined.

KEYWORDS: cartography, geoinformation mapping, medical geography, medical GIS, geodata in medicine

ВВЕДЕНИЕ

Пандемия COVID-19 продемонстрировала, что, несмотря на высокий уровень развития современной медицины, угроза крупных эпидемий остается актуальной. Исследования, направленные на применение методов пространственного анализа в ГИС, позволили определить характер и пространственно-временные закономерности распространения заболеваний в глобальном масштабе [Bertazzon, 2014]. Геоинформационное моделирование стало ключевым инструментом управления медицинскими ресурсами, а в период пандемии COVID-19 особую значимость приобрела оптимизация расположения пунктов тестирования и вакцинации [Carbajales-Dale, 2023].

Картографирование трансмиссивных заболеваний (например, малярии) основано на данных дистанционного зондирования и анализе природных факторов [Tatem, 2021]. Однако наибольшее влияние на качество жизни населения густонаселенных территорий оказывают социально значимые нетрансмиссивные инфекции: туберкулез, хронические вирусные гепатиты и ВИЧ-инфекция. Данные заболевания наносят существенный экономический ущерб Российской Федерации. Так, по данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, общий объем прямых медицинских затрат (экономическое бремя) на борьбу с рядом социально значимых заболеваний составили 486,8 млрд руб. (129,5 — туберкулез, 276,1 — ВИЧ-инфекция, 81,2 — гепатиты В и С)¹. Кроме того, отмечается, что сложность проведения профилактических мероприятий для социально значимых заболеваний, в первую очередь ВИЧ-инфекции, заключается в высокой инерции — профилактические меры оказывают влияние с заметным запозданием. Напротив, четко выстроенная профилактика туберкулеза среди населения, отработанные порядки и стандарты медицинской помощи уменьшают число запущенных форм туберкулеза среди впервые выявленных больных [Зинченко, 2018].

В настоящее время отмечается позитивная тенденция изменения эпидемической ситуации по туберкулезу, обусловленная как благоприятным социальным положением

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 424 с.

населения Российской Федерации, так и успехами государственной политики по борьбе с туберкулезом [Нечаева, 2018]. К концу 2021 г. по решению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) Россия была исключена из списка стран с высоким уровнем распространения туберкулеза. Северо-западный регион России традиционно остается одним из самых благополучных по туберкулезу [Галкин, 2019]. Так, например, в 2024 г. в Санкт-Петербурге был вновь обновлен исторический минимум по заболеваемости туберкулезом: зарегистрировано 912 случаев диагноза туберкулеза (в 2023 г. — 992 случая)¹. Аналогичную картину можно наблюдать и в Ленинградской обл.: число впервые выявленных случаев заболевания туберкулезом в 2020 г. составило 408 чел. (в 2017 — 672, 2018 — 546, 2019 — 496).

Благоприятная эпидемиологическая ситуация в ближайшие годы создаст предпосылки для перехода к оценке заболеваемости не только в границах каждого субъекта, но и для агломерации в целом. По мере роста агломерации Санкт-Петербурга будет расти и маятниковая миграция населения, что позволит обеспечить население не только рабочими местами, но и качественной медицинской помощью [Вульфович, 2023]. Геоинформационный анализ территорий, направленный на определение зон потенциального риска, может служить дополнительным способом оценки эпидемиологической обстановки в регионе [Куликова, 2023]. Санкт-Петербургская агломерация включает в себя ряд территорий, находящихся в границах двух субъектов. Если большинство исследователей сходятся во мнении, что все территории Санкт-Петербурга включаются в агломерацию, то к выделению границ агломерации на территории Ленинградской обл. существует несколько подходов [Лачининский, 2021]. В рамках данного исследования в качестве агломерации рассматривались все муниципальные образования, входящие в состав Санкт-Петербурга и Ленинградской обл.

Отечественная система противотуберкулезной помощи в России сохранила в своей основе советскую систему оказания медицинской помощи. Медицинская, в особенности профилактическая, помощь осуществляется по территориальному принципу. Такой принцип имеет как достоинства (например, при территориальной организации оказания медицинской помощи проще проводить профилактические мероприятия), так и недостатки. В частности, территориальная система сбора информации подразумевает определенную информационную изоляцию соседних субъектов и делает невозможным сравнение даже отдельных территорий в составе разных субъектов, которые имеют общую границу. Выявление пространственных особенностей распространения заболеваний в агломерации позволит установить территории, наиболее приоритетные для проведения противоэпидемических мероприятий служб двух регионов.

Цели исследования: изучить пространственные особенности распространения туберкулеза для территорий, входящих в зону агломерации Санкт-Петербурга, доказать наличие пространственной связи в выявленных случаях заболевания в границах агломерации, установить связь между численностью постоянно проживающего населения с количеством выявляемых случаев заболевания. До настоящего времени комплексный пространственно-статистический анализ агломерации не проводился.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прежде чем описывать материалы исследования, важно отметить существенное различие в организации противотуберкулезных служб г. Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. Фтизиатрическая служба Санкт-Петербурга де-юре состоит из 12 независимых противотуберкулезных диспансеров, которые самостоятельно собирают информацию в пределах своих зон ответственности. Однако де-факто сбор и обработка

¹ Информационный бюллетень Городского организационно-методического отдела фтизиатрической службы № 7 «Эпидемическая ситуация по туберкулезу в Санкт-Петербурге в 2024 году»

статистических сведений осуществляется в Городском противотуберкулезном диспансере на базе единого организационно-методического отдела. Противотуберкулезная служба Ленинградской обл. подчиняется местным больницам, которые и осуществляют сбор сведений на местах. Таким образом, в качестве источника информации некорректно использовать сведения, полученные из журналов извещений о зарегистрированных случаях туберкулеза, поскольку учет больных может осуществляться организациями по-разному. Именно по этой причине в качестве источника был определен Федеральный регистр больных туберкулезом (ФРБТ) для каждого субъекта, поскольку в него вносятся уже зарегистрированные случаи туберкулеза. Кроме того, благодаря ФРБТ можно однозначно установить, в каком регионе пациент получает медицинскую помощь.

Временным промежутком исследования был выбран период 2020–2023 гг. Все данные были обезличены в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». Учитывая низкие значения в числе выявленных случаев, вместо анализа данных за каждый год сведения были объединены в объединенную выборку. Для каждого муниципального образования агломерации было посчитано абсолютное количество случаев туберкулеза (включая рецидивы).

Геокодирование и агрегация данных были выполнены с использованием российской геоинформационной системы NextGIS с открытым исходным кодом. Всего было геокодировано 10 411 случаев туберкулеза (6 135 случая в Санкт-Петербурге, 4 276 случаев в Ленинградской обл.). В данном исследовании под численностью населения понимается усредненное значение постоянной численности населения за период с 2020 по 2023 гг. для муниципальных образований Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. Статистическая обработка и пространственный анализ были выполнены с использованием GeoDa. Абсолютные величины для муниципальных образований были стандартизированы путем вычитания среднего значения функции из каждого значения и последующего деления на стандартное отклонение (Z-оценка нормализации). Весовой коэффициент для построения ассоциативных связей в GeoDa определялся итеративно путем подбора оптимальных значений. В качестве основного метода определения пространственной автокорреляции был определен индекс Морана [Moran, 1950]. На основе индекса Морана и графической интерпретации локального индекса пространственной автокорреляции (Local Indicators of Spatial Association, LISA) выявлена пространственная взаимосвязь между территориями с разными показателями. Аналогичная методика использовалась при исследовании пространственной неравномерности среди заболевших туберкулезом, пневмонией и COVID-19 в муниципальных образованиях г. Санкт-Петербурга [Кузнецов, 2025].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пространственный и статистический анализ показал, что общее распределение в числе регистрируемых случаев туберкулеза в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской обл. неравномерно (индекс Морана — 0,299). Были установлены несколько кластеров с высокими и низкими значениями стандартизированной оценки числа случаев туберкулеза (при $p < 0,05$). В городской черте Санкт-Петербурга к территориям с большим числом случаев заболевания и высокой пространственной связью можно отнести 72 из 111 муниципальных образований (64,9 % всех муниципалитетов города). Примечательно, что в Санкт-Петербурге существуют территории, которые могут быть интерпретированы как зоны с низким числом случаев туберкулеза и достоверной степенью пространственной связи (например, Чкаловское, Петровский, Кронверское, Аптекарский остров и др.). Территории с низкими значениями общего числа выявленных случаев и достоверной пространственной связью на территории г. Санкт-Петербурга не представлены.

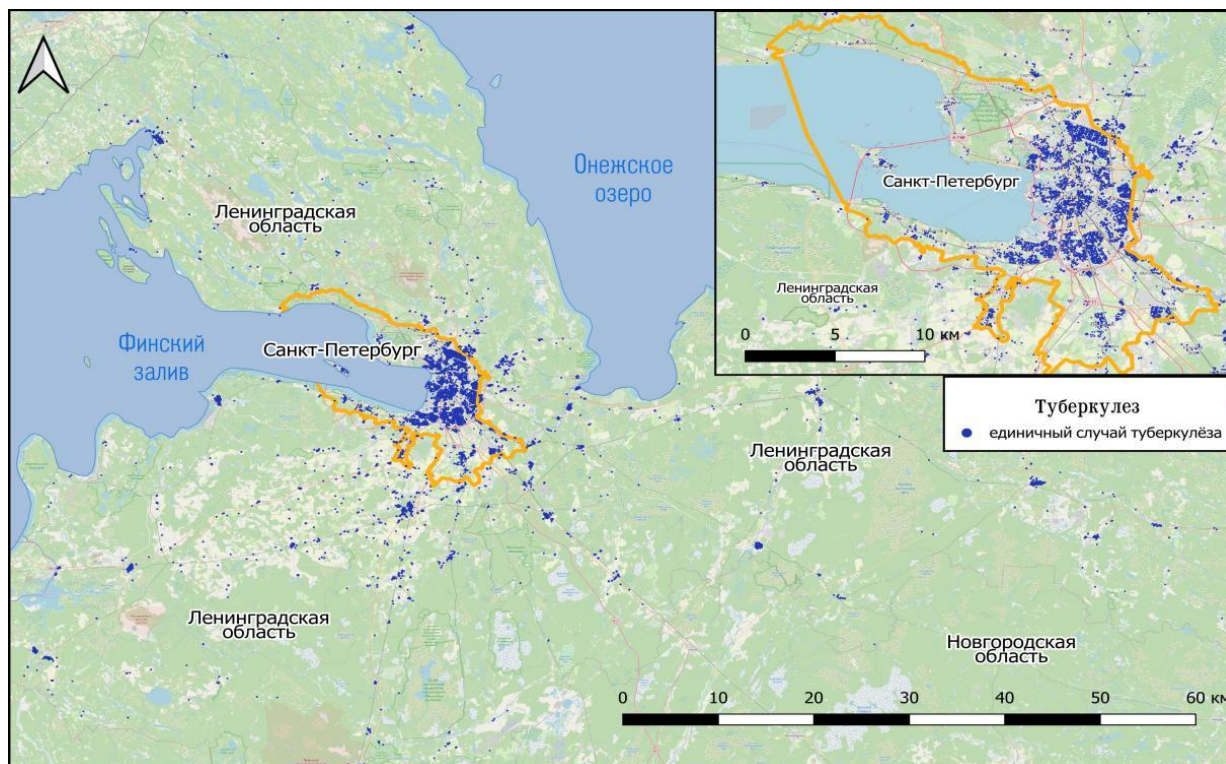


Рис. 1. Случаи заболевания туберкулезом на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской обл.
Fig. 1. Cases of tuberculosis in St. Petersburg and the Leningrad Region

В отличие от Санкт-Петербурга, в Ленинградской обл. пространственная картина иная. Территориям, наиболее удаленным от г. Санкт-Петербурга, соответствует кластер с низкими значениями зарегистрированных случаев туберкулеза. Как правило, это территории с низкой численностью и плотностью населения (п. Назия, с. Глажево, Сясьстрой и др.). Ряд территорий с большей численностью населения имеют большее количество выявленных случаев туберкулеза (Бокситогорск, Тихвин, Тосно, Сосновый Бор и др.).

Численность населения играет существенную роль в выявлении новых случаев туберкулеза. Коэффициент корреляции (k) между среднегодовой численностью населения и числом зарегистрированных случаев — 0,94 (ДИ при $p = 0,001$ 0,94; 0,93; 0,95). Коэффициент корреляции рассчитан с помощью программного обеспечения Microsoft Excel (функция КОРРЕЛ). Статистическая карта пространственной корреляции для численности населения в Ленинградской обл. совпадает со статистической картой числа случаев туберкулеза, однако в Санкт-Петербурге ситуация отличается. Подтвердилось предположение о том, что населенные пункты вокруг Санкт-Петербурга, расположенные административно в Ленинградской обл., можно отнести к территориям с высоким риском распространения туберкулеза. Дополнительно установлено, что вокруг г. Санкт-Петербурга существуют районы с низким уровнем выявляемых случаев туберкулеза, хотя сами территории можно отнести к территориям с высокой численностью и плотностью населения. Существует пять территорий внутри агломерации (муниципальный округ Чкаловское, Бугры, Сертолово, п. Металлострой, п. имени Тельмана), которые можно отнести к территориям с высокой численностью населения, однако в них регистрируется небольшое число случаев туберкулеза, и установить достоверную (при $p < 0,05$) пространственную корреляцию в 2 из 5 поселений (Бугры, Сертолово) не представляется возможным.

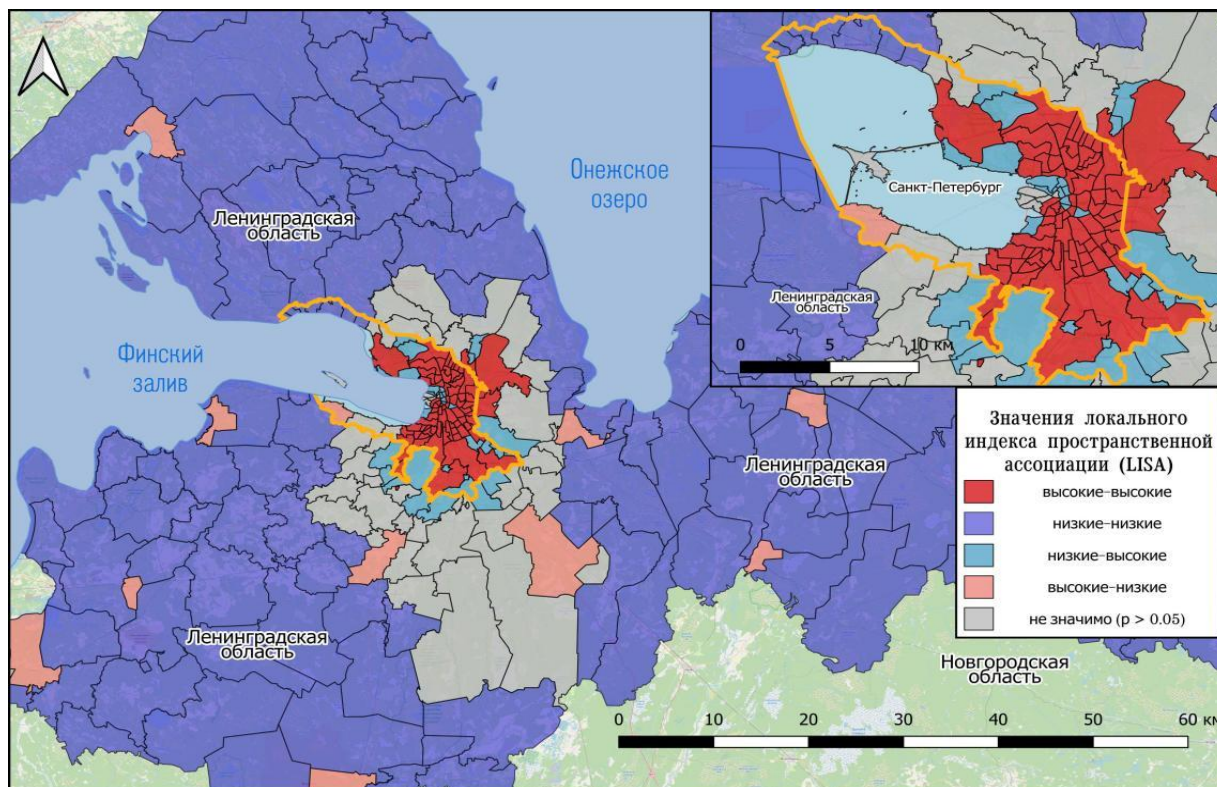


Рис. 2. Результат локального индекса пространственной автокорреляции (LISA) числа случаев туберкулеза для территорий Санкт-Петербурга и Ленинградской обл.
 Fig. 2. Result of the local index of spatial autocorrelation (LISA) of the number of tuberculosis cases for the territories of St. Petersburg and the Leningrad Region

Существуют густонаселенные территории с малым числом зарегистрированных случаев туберкулеза (Бугры, Сертолово, пос. Металлострой, пос. имени Тельмана). В этих населенных пунктах сильная пространственная автокорреляция между численностью населения и количеством случаев заболевания не может быть объяснена исключительно демографическими факторами и требует дополнительного изучения в других агломерациях страны сопоставимого размера.

ВЫВОДЫ

На основании комплексного геопространственного анализа были получены статистически достоверные результаты, имеющие значимость для эпидемиологического мониторинга и планирования профилактических мероприятий.

Изучены пространственные особенности распространения туберкулеза для муниципальных образований Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. Впервые на основе актуальных данных проведено детальное изучение пространственной неоднородности распространения туберкулеза на уровне муниципальных образований г. Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. Установлено, что выявление случаев туберкулеза носит выраженный кластерный характер, что подтверждается глобальным индексом пространственной автокорреляции.

Существует пространственная корреляция между отдельными муниципалитетами г. Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. по числу случаев туберкулеза. Густонаселенные районы, окружающие современный Санкт-Петербург, могут быть включены в оценку заболеваемости туберкулезом населения города на основании существующей простран-

венно-статистической корреляции между отдельными территориями Ленинградской обл. В первую очередь к наиболее густонаселенным поселениям, имеющим положительную пространственную связь с г. Санкт-Петербургом, следует отнести Муринское, Всеволожское и Заневское городские поселения.

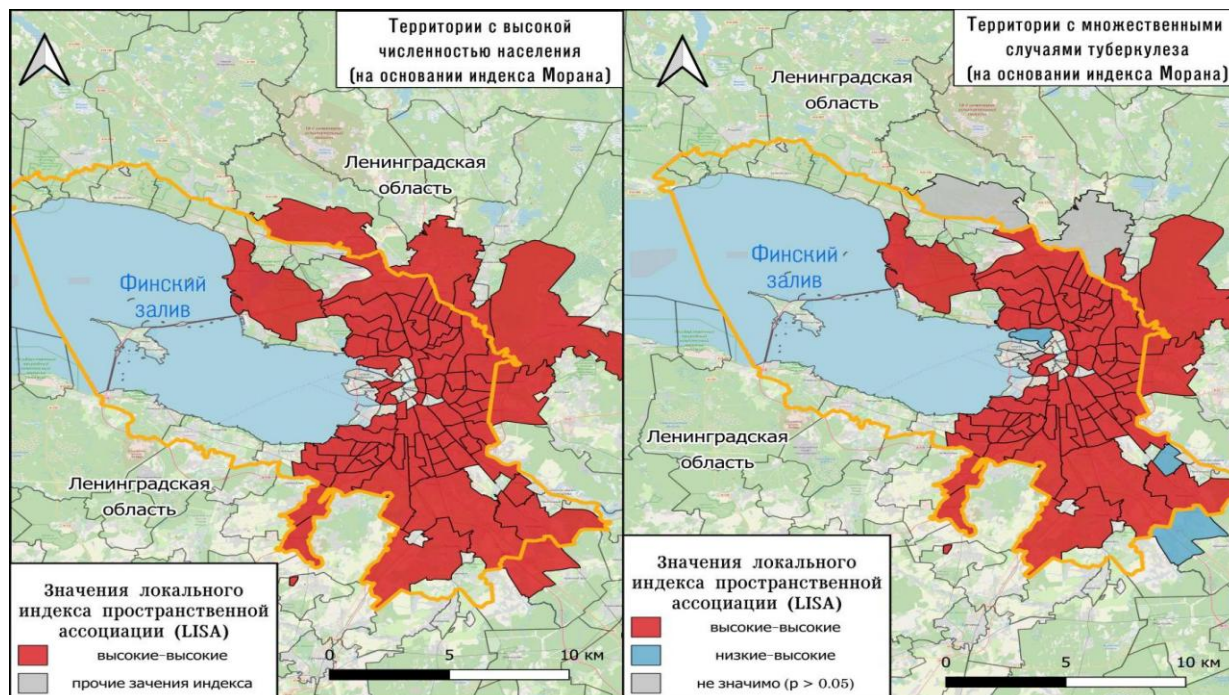


Рис. 3. Отличия в пространственной кластеризации между густонаселенными территориями и территориями с множественными случаями туберкулеза
Fig. 3. Differences in spatial clustering between densely populated areas and areas with multiple tuberculosis cases

Установлена связь между численностью постоянно проживающего населения и числом выявляемых случаев заболевания ($k = 0,94$). Например, население городского поселения Мурино за 2020–2023 гг. увеличилось на 39 672 чел., что создает предпосылки для дальнейшего увеличения распространенности туберкулеза.

Построена геостатистическая модель распространения туберкулеза на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской обл., выявлены «скрытые» территории риска, административно принадлежащие Ленинградской обл. Построенная модель позволила идентифицировать «скрытые» территории повышенного эпидемиологического риска в Ленинградской обл., не выявляемые традиционными методами эпиднадзора. Эти зоны требуют приоритетного внимания служб здравоохранения как г. Санкт-Петербурга, так и Ленинградской обл. При недостаточной профилактической работе медицинских учреждений подобные территории рискуют стать новыми территориями риска, которые будут «скрыты» от противотуберкулезной службы Санкт-Петербурга административными барьерами. В настоящее время не создано единых региональных регистров, позволяющих обмениваться первичной информацией на уровне организаций.

Стабильная эпидемиологическая обстановка в двух регионах позволяет в дальнейшем интенсифицировать изучение эпидемиологических вопросов распространения заболеваний в масштабе агломерации Санкт-Петербурга, включая ряд территорий Ленинградской обл. Полученные результаты указывают на необходимость построения интегриро-

ванной системы эпидемиологического мониторинга агломерации Санкт-Петербурга, которая будет учитывать пространственную динамику возникновения случаев туберкулеза. Кроме того, дальнейшее изучение роли транзитных миграционных потоков позволит наиболее точно спрогнозировать распространение других социально значимых заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вульфович Р. М. Развитие Санкт-Петербургской агломерации: проблемы и перспективы. Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. XXII Национальная научная конференция с международным участием. Вып. 18. Ч. 2. М.: ИНИОН РАН, 2023. С. 171–174.

Галкин В. Б., Стерликов С. А., Баласаняц Г. С., Яблонский П. К. Динамика распространенности туберкулеза с множественной лекарственной устойчивостью и ВИЧ-инфекцией в Северо-Западном регионе России. Медицинский альянс, 2019. № 2. С. 7–23.

Зинченко Ю. С., Басанцова Н. Ю., Старшинова А. Я., Умутбаева Г. Б., Чурилов Л. П. Туберкулез сегодня: основные направления исследований по профилактике, диагностике и лечению. Российские биомедицинские исследования, 2018. Т. 3. № 4. С. 24–34.

Кузнецов И. С., Полицинский Н. С., Куланин П. А., Галкин В. Б., Паниди Е. А., Воронов Д. В., Пантелеев А. М., Яблонский П. К. Определение пространственной взаимосвязи между случаями заболеваний, передающихся аэрогенным путем, в различных муниципальных образованиях Санкт-Петербурга. Медицинский альянс, 2025. Т. 13. № 2. С. 6–16. DOI: 10.3642/2/23076348-2025-13-2-6-16.

Куликова И. Б., Кузнецов И. С., Коровка В. Г., Бельтюков М. В., Галкин В. Б., Соколова О. П., Паниди Е. А., Яблонский П. К. Геоинформационные методы поиска территорий повышенного риска распространения социально значимых инфекций в мегаполисах (на примере туберкулеза). Медицинский альянс, 2023. № 4. С. 14–23. DOI: 10.36422/23076348-2023-11-4-14-27.

Лачининский С. С., Сорокин И. С. Пространственная структура и особенности развития поселений Санкт-Петербургской агломерации. Балтийский регион, 2021. Т. 13. № 1. С. 48–69. DOI: 10.5922/2079-8555-2021-1-3.

Нечаева О. Б. Эпидемическая ситуация по туберкулезу в России. Туберкулез и болезни легких, 2018. Т. 96. № 8. С. 15–24. DOI: 10.21292/2075-1230-2018-96-8-15-24.

Bertazzon S. GIS and Public Health. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2014. V. 3. P. 868–870. DOI: 10.3390/ijgi3030868.

Carbajales-Dale P., Annan-Coultas D., Joseph A., Thompson M., Jafarifiroozabadi R., Limber S. P., Holaday B., Mihandoust S. Using GIS to Improve Public Health Emergency Response in Rural Areas During the COVID-19 Crisis: A Case Study of South Carolina, US. Transactions in GIS, 2023. V. 27. P. 975–995. DOI: 10.1111/tgis.13069.

Moran P. A. P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. Biometrika, 1950. V. 37. No. 1. P. 17–23. DOI: 10.1093/biomet/37.1-2.17.

Tatem A. J., Campbell J., Guerra-Arias M. et al. Mapping Malaria Risk in Africa for 2019. Nature Scientific Data, 2021. V. 8. No. 1. P. 91. DOI: 10.1038/s41597-021-00872-4.

REFERENCES

Bertazzon S. GIS and Public Health. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2014. V. 3. P. 868–870. DOI: 10.3390/ijgi3030868.

Carbajales-Dale P., Annan-Coultas D., Joseph A., Thompson M., Jafarifiroozabadi R., Limber S. P., Holaday B., Mihandoust S. Using GIS to Improve Public Health Emergency Response

in Rural Areas During the COVID-19 Crisis: A Case Study of South Carolina, US. *Transactions in GIS*, 2023. V. 27. P. 975–995. DOI: 10.1111/tgis.13069.

Galkin V. B., Sterlikov S. A., Balasanyants G. S., Yablonsky P. K. Dynamics of Multidrug-Resistant Tuberculosis and HIV Co-Infection Prevalence in Northwestern Russia. *Medical Alliance*, 2019. No. 2. P. 7–23 (in Russian).

Kulikova I. B., Kuznetsov I. S., Korovka V. G., Beltyukov M. V., Galkin V. B., Sokolova O. P., Panidi E. A., Yablonsky P. K. Geoinformation Methods for Searching Territories at Increased Risk of Spreading Socially Significant Infections in Megacities (Using Tuberculosis as an Example). *Medical Alliance*, 2023. No. 4. P. 14–23 (in Russian). DOI: 10.36422/23076348-2023-11-4-14-27.

Kuznetsov I. S., Politsinsky N. S., Kulanin P. A., Galkin V. B., Panidi E. A., Voronov D. V., Panteleev A. M., Yablonsky P. K. Identification of the Spatial Relationship Between Cases of Aerogenically Transmitted Diseases in Various Municipalities of St. Petersburg. *Medical Alliance*, 2025. V. 13. No. 2. P. 6–16 (in Russian). DOI: 10.36422/23076348-2025-13-2-6-16.

Lachininsky S. S., Sorokin I. S. Spatial Structure and Development Features of Settlements in St. Petersburg Agglomeration. *Baltic Region*, 2021. V. 13. No. 1. P. 48–69 (in Russian). DOI: 10.5922/2079-8555-2021-1-3.

Moran P. A. P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 1950. V. 37. No. 1. P. 17–23. DOI: 10.1093/biomet/37.1-2.17.

Nechaeva O. B. Epidemiological Situation of Tuberculosis in Russia. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2018. V. 96. No. 8. P. 15–24 (in Russian). DOI: 10.21292/2075-1230-2018-96-8-15-24.

Tatem A. J., Campbell J., Guerra-Arias M. et al. Mapping Malaria Risk in Africa for 2019. *Nature Scientific Data*, 2021. V. 8. No. 1. P. 91. DOI: 10.1038/s41597-021-00872-4.

Vulfovich R. M. Development of St. Petersburg Agglomeration: Problems and Prospects. *Russia: Development Trends and Prospects. Yearbook. XXII National Scientific Conference with International Participation. Iss. 18. Pt. 2. Moscow, 2023. P. 171–174 (in Russian).*

Zinchenko Yu. S., Basantsova N. Yu., Starshinova A. Ya., Umutbaeva G. B., Churilov L. P. Tuberculosis Today: Main Research Directions in Prevention, Diagnosis and Treatment. *Russian Biomedical Research*, 2018. V. 3. No. 4. P. 24–34 (in Russian).